

山形県環境科学研究センター一年報

第 23 号

平成27年度

平成28年11月

山形県環境科学研究センター

目 次

I 環境科学研究センターの概要

1 沿 革	1
2 施設の概要	1
3 組織及び職員配置	
(1) 組 織	2
(2) 職員配置	2
4 主要機器	3

II 業務概要

1 環境企画部	4
2 大気環境部	10
3 水 環 境 部	13
4 環境化学部	17
5 調査結果	
(1) 平成 27 年度水生生物による水質調査結果	19
(2) 平成 27 年度ブナ・ナラ豊凶調査結果	23
(3) 平成 27 年度環境大気常時監視測定結果	25
(4) 平成 27 年度有害大気汚染物質モニタリング調査結果	36
(5) 平成 27 年度酸性雨大気汚染調査結果	37
(6) 平成 27 年度航空機騒音測定結果	38
(7) 平成 27 年度環境大気常時監視 (PM2.5 成分分析) 結果	40
(8) 公共用水域水質測定	42
(9) 地下水水質測定結果	46
(10) 平成 27 年度環境中ダイオキシン類調査結果	50
(11) 平成 27 年度環境中の放射性物質調査結果	56

III 調査研究報告

(1) 木質バイオマスボイラー燃焼灰中の六価クロムに関する研究	59
(2) 最上川中流部水質調査結果	69
(3) トリクロロエチレンによる広域的地下水汚染の改善事例	74

IV ノート

(1) 山形県における酸性雨の長期変動とその特徴	79
(2) 大沢川における底質の放射能調査	84

V 発表・諸活動

1 学会等への発表	87
2 JICA 草の根技術協力事業	87
3 職員の講師派遣	88
4 学会及び会議等出席	90
5 職員技術等研修	91
6 来所・利用団体等	92
7 出版物等の編集・発行状況	93

I 環境科学研究センターの概要

1 沿革

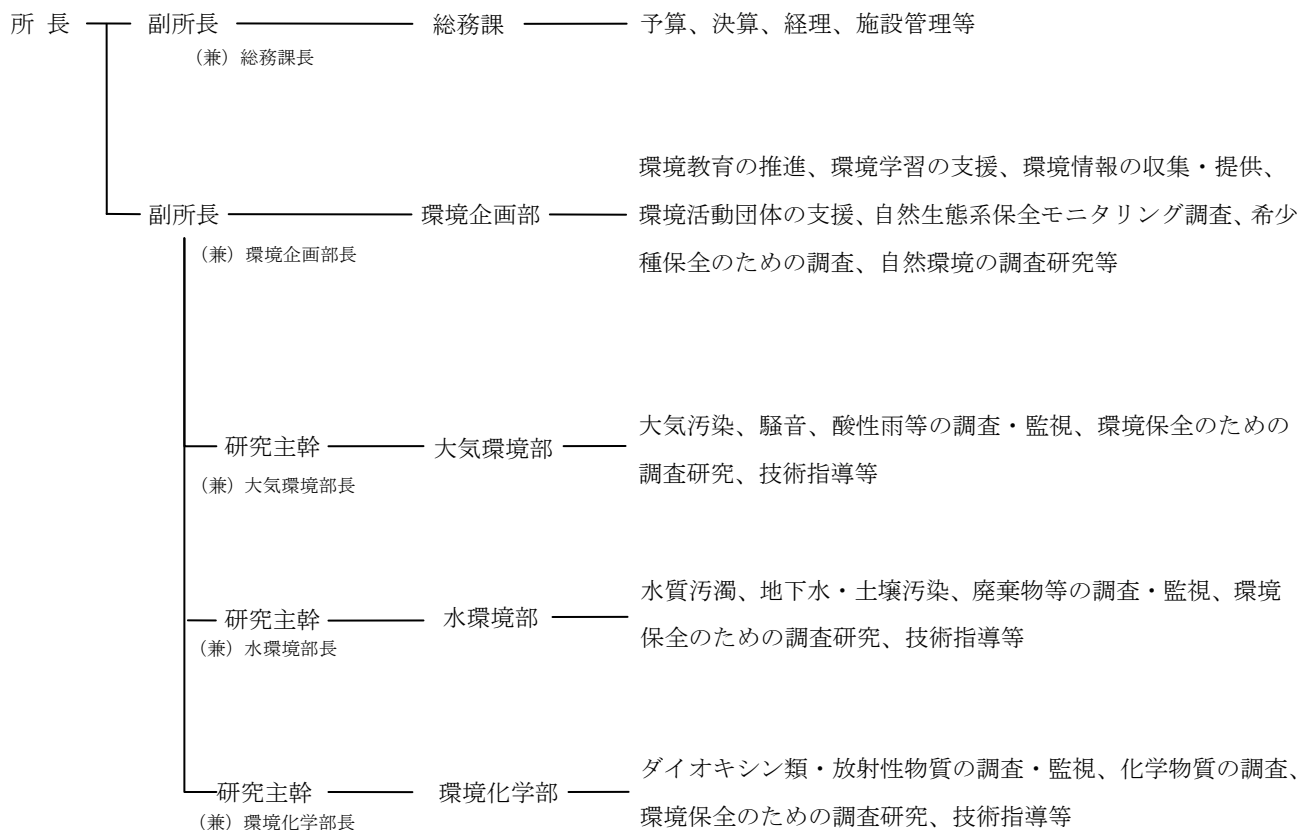
昭和 48 年 4 月	「山形県公害センター」(山形市十日町)が設置される。 総務課、大気科、水質科の 1 課 2 科制
49 年 4 月	特殊公害科が新設され、1 課 3 科制となる。(54 年 3 月、特殊公害科は廃止)
55 年 4 月	1 課 2 科制から 1 課 2 部制(総務課、大気部、水質部)に組織が改正される。
平成 5 年 4 月	環境情報部が設置され、1 課 3 部制となる。
6 年 4 月	「山形県環境保全センター」に名称が変更される。
11 年 4 月	環境化学部が新設され、1 課 4 部制となる。
15 年 4 月	「山形県環境科学研究センター」に組織が改正され、村山市に移転。 総務課、環境企画部、大気環境部、水環境部、環境化学部の 1 課 4 部制
26 年 12 月	防災機能強化としての太陽光発電設備(発電能力 20Kw/h、蓄電能力 15Kwh)が設置される。

2 施設の概要

所在地	山形県村山市楯岡笛田三丁目 2 番 1 号
敷地面積	11,847.43m ²
延床面積	3,646.39m ²
事務棟	888.22m ²
1 階	所長室、事務室(総務課)、会議室、文献資料室
2 階	事務室、大気環境監視室(テレメーター室)
研究棟	1,416.40m ²
1 階	第 1 機器分析室、第 2 機器分析室、第 1 化学研究室、第 2 化学研究室、ダイオキシン分析施設(ケミカルハザード施設)、データ解析室
2 階	大気研究室、第 3 機器分析室、第 4 機器分析室、第 1 前処理室、第 1 水質・廃棄物研究室、第 2 水質・廃棄物研究室
環境情報・自然環境棟	917.04m ²
	環境情報室、セミナー室、実験室、実習室、資機材保管庫、自然環境研究室、自然環境作業室、環境大気自動測定局(村山局)
付属棟	424.73m ²

3 組織及び職員配置

(1) 組織 (平成 28 年度)



(2) 職員配置

(平成 28 年 4 月 1 日現在)

職名	現計	総務課	環境企画部	大気環境部	水環境部	環境化学部
所長	1	1				
副所長	2	1	1			
研究主幹	3			1	1	1
総務課長	(1)	(1)				
部長	(4)		(1)	(1)	(1)	(1)
総務専門員	1	1				
環境企画専門員	1		1			
研究企画専門員	4		2	1	1	
主任専門研究員	1				1	
庶務係長	(1)	(1)				
専門研究員	4			1	1	2
研究員	5			2	2	1
合計	22(6)	3(2)	4(1)	5(1)	6(1)	4(1)

備考：1 ()内は兼務者数である。

2 嘱託職員は、総務課 2 人、環境企画部 1 人、環境化学部 1 人である。

4 主要機器

(平成28年3月31日現在)

品名	型式	数量	購入年度
分光蛍光光度計	日立 650-10S	1	S57
ガスクロマトグラフ	島津 GC-9A	1	S61
ガスクロマトグラフ	島津 GC-15A	1	H2
分光光度計	日本分光 Ubest-55	1	H3
環境騒音測定装置	リオン NA-33	1	H3
航空機騒音レベル処理装置	リオン SV-72A	1	H4
分光光度計	日立 U-3300	1	H5
ヘッドスペースオートサンプラー	パーキンエルマー HS-40	1	H5
ガスクロマトグラフ	島津 GC-17A	1	H6
顕微鏡生物観察計測システム	オリンパスBX50	1	H7
超音波洗浄装置	シャープ MU-624	1	H8
高速液体クロマトグラフ	島津 LC-VP	1	H9
マイクロウェーブ分解装置	マイルストーンゼネラル ETHOS900	1	H12
窒素酸化物自動測定装置	東亜ディーケーケー GLN-154, 254, 354	14	H12, 15, 21
オキシダント自動測定装置	東亜ディーケーケー GUX-153, 253, 353	8	H12, 15, 21
高分解能ガスクロマトグラフ質量分析装置	日本電子 JMS-700D	1	H13
中分解能ガスクロマトグラフ質量分析装置	日本電子 JMS-GCMATE2	1	H13
ガスクロマトグラフ質量分析装置	島津 GCMS-QP2010	1	H13
高速溶媒抽出装置	日本ダイオネクス ASE-300	1	H13
ダイオキシシン用排ガス測定装置	濁川理化工業 NGZ-6DS他	1	H13
CO-O ₂ 連続測定装置	島津 CGT-7000	1	H13
煙道排ガスダスト採取装置	環境テクノシステム KF-8808III	1	H17
イオンクロマトグラフ	ダイオネクス ICS-1000	1	H18
煙道排ガス分析計	堀場ポータブルガス分析計 PG-250	1	H20
ICP発光分光分析装置	パーキンエルマー Optima7300DV	1	H21
ガスクロマトグラフ質量分析装置	島津 GCMS-QP2010Plus	1	H21
液体クロマトグラフ質量分析装置	日本ウオーターズ ACQUITY UPLC TQD	1	H21
二酸化硫黄・浮遊粒子状物質自動測定装置	東亜ディーケーケー GFS-327	12	H21
浮遊粒子状物質自動測定装置	東亜ディーケーケー DUB-357	4	H21
オキシダント校正用自治体基準器	東亜ディーケーケー OZ-200, GUX-353	1	H23
ゲルマニウム半導体検出器	キャンベラジャパン GC2520	1	H23
ガスクロマトグラフ質量分析装置	島津 GCMS-QP2010 Ultra	1	H23
微小粒子状物質自動測定装置	東亜ディーケーケー FPM-377-1, 2	13	H23, 25
一酸化炭素自動測定装置	東亜ディーケーケー GFC-351	1	H24
ガスクロマトグラフ質量分析装置 (キャニスター濃縮導入装置)	島津 GCMS-QP2010 Ultra (ジーエルサイエンス ACS-2100)	1	H24
非メタン炭化水素自動測定装置	東亜ディーケーケー GHC-355	1	H24
PM2.5成分分析用サンプラー	サーモフィッシャーサイエンティフィック FRM-2025i	4	H25
ICP質量分析装置	サーモフィッシャーサイエンティフィック iCAP Qc	1	H25
炭素分析装置	東京ダイレック CAA-202M-D	1	H25
環境大気常時監視テレメータシステム	神鋼エンジニアリング &メンテナンス製	1	H25
恒温恒湿チャンバー	ヤマト科学製	1	H25
ダスト採取装置	マルニサイエンス社製 M2-700DS	1	H27

II 業務概要

1 環境企画部

県民、民間団体、事業者等への環境情報の提供、環境教育・環境学習の推進、環境学習施設の管理運営を行うほか、自然環境部門において、自然生態系保全モニタリング調査及び保全対策、自然環境保全活動に関する普及・啓発を行うとともに、自然環境に関する調査研究を実施している。

《環境学習部門》

1 環境情報の提供

- (1) ホームページ及びブログによる情報の発信
環境科学研究センターのホームページ及び環境企画課の「つなぐ環境やまがた通信ブログ」(<http://tsunakanyamagata.n-da.jp/>)において、施設の利用案内を行ったほか、イベント開催や環境学習支援機能に係る情報を発信した。
- (2) 小中学校及び教育委員会への情報提供
県内の小中学校 33 校及び全市町村の教育委員会を訪問し、学校や公民館等における出前環境教室や環境情報・自然環境棟で行う環境教室のメニューを紹介した。

2 環境学習用教材等の貸出及び環境情報相談等

環境関連の図書や資料、DVD、CD-ROM 等の閲覧・貸出及び環境パネル、環境学習用教材・器材の貸出を行ったほか、環境に関する相談への対応等を行った（表 1）。

表 1 環境学習用教材・器材等の利用状況

項目	件数等		
図書、ビデオ、CD-ROM、DVD の貸出	29 件 (26)	図書	25 冊 (53)
		CO-ROM、DVD	4 枚 (6)
パネル、環境器材等の貸出	19 件 (26)		
施設（セミナー室、実験室等）の利用等	13 件 (26)		
環境相談	14 件 (37)		

※（ ）内の数字は平成 26 年度

3 環境学習施設の利用・見学等

環境情報・自然環境棟を開放し（午前 9 時から午後 5 時まで、土日祝祭日及び年末年始の休日を除く）、見学者を受け入れるとともに、図書・資料の閲覧・貸出及びインターネットによる環境情報の検索等の利用のほか、希望団体にはセミナー室での環境教室や実験室での環境科学実験を行った（表 2）。

表 2 環境情報・自然環境棟利用者数

区分	小学生以下	中学生	高校生	成人	合計
人数	866	14	11	965	1,856

4 教員を対象とした環境教材研修

平成 27 年 7 月 31 日に村山市新任教員を対象とした研修を開催し、11 名が参加した。

内容 研究棟・メガソーラー発電所見学
DNA採取実験
講師 環境科学研究センター職員

5 環境地域づくり担い手連携推進セミナー

環境保全に取り組んでいるNPO、環境学習支援団体等を対象に、環境に係る講演の聴講及び活動内容等に係る情報交換を行うことにより、指導者間のネットワークを構築してそれぞれの活動の充実を図ることを目的としたセミナーを開催し、25名が参加した。

期日 平成27年10月29日

講演 「子どもを核とした環境地域づくり」
～こどもエコクラブの活用～

講師 川村研治氏、東尚子氏
(公益財団法人日本環境協会)

6 野外環境教室（水生生物調査）

身近な河川の水質の状況を知るとともに、水環境の保全の大切さを学ぶことを目的として、小・中学校、高校、一般市民などに参加を呼びかけて、水生生物調査を実施した。

平成27年度は、66団体、延べ1,946名が参加して県内の55河川、108地点で調査が行われた。参加者に調査方法のテキスト、水生生物の写真入り下敷きを配布したほか、調査器材の貸出や指導者講習会を実施した。（詳細は19～20ページ参照）

また、調査結果をとりまとめ、河川水質マップポスター（A1判カラー）を作成し、参加団体等に配布した。（詳細は22ページ参照）

7 親子で楽しむ環境科学体験デー

環境月間の一環として、環境への関心を深めるとともに、環境科学研究センターの業務や施設を県民に知っていただくことを目的に平成27年6月27日に体験デーを開催し、延べ428名の参加があった。

(1) 環境科学実験・体験コーナー

「むにゅむにゅスライムをつくろう」、「割れないシャボン玉であそぼう」、「ジャンボビー玉コースターであそぼう」、「里山と水辺のいきものをしらべよう」、「ストレス解消大声大会」、「リサイクル工作にチャレンジ」、「オキナグサのバイオ体験」、「エアバッグとペットボトルキャップでコサージュをつくろう」、「手作り太陽光パネルに挑戦」等の実験・体験コーナーを設置した。

(2) 展示コーナー

ブナ・山野草、水辺のいきもの、自動車部品のリサイクル製品、有機EL、手作り電気自動車及びこどもエコクラブ壁新聞を展示した。

(3) 施設見学会

研究棟施設及びメガソーラー発電所の見学会を行った。

8 夏休み親子科学教室

子どもの創造性を育み、次代の科学技術を担う青少年を育成するため、県の各試験研究機関において体験型学習教室を開催している。

環境科学研究センターでは、平成27年8月6日に「夏休み親子リサイクル紙すき教室」を開催し、10名の親子が参加した。

9 出前環境教室等の実施

学校、企業、団体等が実施する環境に関する講演会や学習会等の講師を派遣した。

(1) 環境アドバイザー

環境に関する専門的な知識を有する人材として県が委嘱した環境アドバイザーを31回派遣した(1,795名参加)。(表3)

(2) 地球温暖化防止活動推進員

地球温暖化に関する専門的な知識を有する人材として県が委嘱した地球温暖化防止活動推進員を40回派遣した(1,176名参加)。(表4)

(3) 環境教室(職員による出前講座)

学校等の団体からの申込により、環境科学研究センターのセミナー室や実験室で行う環境に関する学習会や実験教室を15回(423名参加)、職員を講師として学校等に派遣する出前講座を38回(1,374名参加)実施した。

10 イベント等への参加・協力

県、市町村等が開催する環境イベント等に出展し、出前講座の実施、再生可能エネルギーに係る実験装置の展示、牛乳パックを利用したりサイクル工作教室等を行った。

(1) 村山市ふるさと教育の森

期日 平成27年6月2～4日

場所 村山市大字山の内国有林地内

(2) 風車村エコランド

期日 平成27年8月9日

場所 庄内町風車村

(3) 第17回環境フェアつるおか

期日 平成27年9月27日

場所 鶴岡市小真木原公園総合体育館

(4) 第4回ゆざ商工フェア

期日 平成27年9月27日

場所 遊佐町トレーニングセンター

(5) 河北町環境フェア2015

期日 平成27年10月3日

場所 河北町どんがホール

(6) 第15回まるだし尾花沢ふれあいまつり

期日 平成27年10月11～12日

場所 尾花沢市文化体育施設サルナート

(7) やまがた環境展2015

期日 平成27年10月24～25日

場所 山形国際交流プラザ

(8) 小国町再エネ・フェス2015

期日 平成27年11月7日

場所 小国町中央商店街

11 こどもエコクラブの支援

平成27年度は2クラブ(クラブ員27名、サポーター7名)が登録し活動した。

環境地域づくり担い手連携推進セミナーと連携し、環境学習支援団体にこどもエコクラブの紹介・周知を行った。

表3 環境アドバイザー派遣事業(平成27年度)

No	申請者	派遣日	内容	氏名	参加者数
1	長井市衛生組合連合会	5月28日	ごみの分別について	大岩敏男	92
2	村山市教育委員会①	6月2日	森の木について	山田寛爾	195
3	村山市教育委員会②	6月3日	森の木について	山田寛爾	156
4	村山市教育委員会③	6月4日	森の木について	山田寛爾	337
5	大江町中央公民館	6月14日	どきどき自然体験塾	山田寛爾	25
6	酒田市衛生組合連合会	7月9日	庄内海岸沿岸の現状について	守屋元志	108
7	社会福祉法人ほのぼの会	7月29日	せっけん講座初級編	山崎多代里	15
8	天童市イバラトミヨ保存会	8月4日	環境とイバラトミヨなどの関係について	山田寛爾	35
9	山形市南こどもクラブ	8月6日	ネイチャーゲーム	白川広之	46
10	金山町立有屋小学校	8月28日	金山川の水生生物調査	遠藤弘夫	9
11	神町地区環境衛生組合連絡協議会	9月10日	楽しんで得して豊かに暮らそう	橋本聡	40
12	尾花沢市立常盤小学校	9月13日	温水ため池の生物調べ	山田寛爾	18
13	イオン東根店チアーズクラブ	9月19日	環境草木染め	山田寛爾	15
14	長井市西根地区公民館	9月22日	せっけんと合成洗剤、どっち？	山崎多代里	60
15	寒河江市立白岩小学校	10月2日	ネイチャーゲーム	白川広之	20
16	河北町衛生組合連合会	10月3日	身近なことでできる環境保全	大岩敏男	35
17	湯田川地区自治振興会	10月24日	ネイチャーゲーム	白川広之	25
18	山形地方森林組合	10月29日	木質バイオマスエネルギーについて	荒井正幸	120
19	天童市立成生小学校	11月6日	イバラトミヨ学習会	山田寛爾	25
20	米沢市緑の少年団運営協議会	11月10日	緑の循環について	三浦秀一	57
21	有限会社渡辺商店	11月19日	太陽光、光熱費削減、カーシェアリングについて	荒井正幸	17
22	山形県弁護士会	12月11日	放射性廃棄物と環境アセスメントについて	大岩敏男	13
23	寒河江市立白岩小学校	12月24日	エコクッキング	上野和子	23
24	上山市衛生組合連合会	1月28日	光熱費25%削減セミナー	荒井正幸	76
25	寒河江市立幸生小学校	2月10日	冬の森林探検	三森和裕	23
26	株式会社ヌフコ山形	2月17日	IPCC第5次評価報告書とCOP21パリ協定	安西和夫	20
27	最上地区衛生組織連絡協議会	2月19日	最近の地球温暖化について	大岩敏男	40
28	NECエンベデッドプロダクツ株式会社	2月25日	省エネ講習会	安西和夫	40
29	遊佐町立藤崎小学校	2月29日	雷と森林について	山田寛爾	79
30	酒田地区電力安産推進協議会送電分科会	3月2日	山形県の環境について	大岩敏男	15
31	川西町立玉庭小学校	3月2日	環境に関する学習	橋本聡	16
合 計					1,795

表4 地球温暖化防止活動推進員派遣事業(平成27年度)

No	申請者	派遣日	内容	氏名	参加者数
1	遊佐町地球温暖化地域協議会	4月28日	講演:ゆざ町省エネ節電所について	平靖夫	23
2	遊佐町地球温暖化地域協議会	5月30日	講演:地球温暖化の現状	小谷卓	40
3	天童市立津山小学校	6月6日	エコキャンドル作り	横尾渡	43
4	NECエンベデッドプロダクツ株式会社米沢工場	6月16日	講演:地球温暖化について	御田伸一	42
5	川西町食生活改善推進協議会	6月24日	環境にやさしい生活(省エネ)	御田伸一	20
6	山形市立蔵王第一小学校	6月27日	リサイクル工作	加藤智一 佐竹良廣 大仲幸裕 宗片匡史	108
7	月よう会	7月9日	講演:地球温暖化による異常気象が	御田伸一	10
8	大蔵村立大蔵小学校	7月14日	地球温暖化を止めるために / エコキャンドル作り	東浦永子	23
9	天童市立天童南部小学校	7月22日	地球温暖化を止めるために	松田信男 那須桂子	98
10	遊佐町地球温暖化地域協議会	9月27日	地球温暖化の現状仕組みについて ブース解説・省エネ相談の実施	平靖夫	200
11	庄内町狩川公民館	10月21日	リサイクル工作	齋藤春奈	69
12	小国グリーンエナジー合同会社	11月7日	再エネ関連の展示と説明	山田寛爾	100
13	遊佐町地球温暖化地域協議会	11月14日	遊佐町エコチャレンジの総括助言指導	平靖夫	27
14	休暇村羽黒	11月24日	地球温暖化の防止	小谷卓	10
15	NPO法人環境ネットやまがた	11月27日	リサイクルキャンドル作り	田村泰弘	70
16	NPO法人環境ネットやまがた	12月4日	リサイクルキャンドル作り	三澤佑一	10
17	NPO法人環境ネットやまがた	12月8日	リサイクルキャンドル作り	田村泰弘	30
18	NPO法人環境ネットやまがた	12月10日	リサイクルキャンドル作り	宗方匡史	55
19	楯岡小学校5年なかよし会	12月14日	クリスマスリース作り	山田寛爾	17
20	広川悠太	12月24日	うちエコ診断	安孫子秀人	1
21	佐藤智子	1月13日	うちエコ診断	鈴木伸二	1
22	土田芳昭	1月19日	うちエコ診断	大仲幸裕	1
23	東笛田サロン	1月20日	リサイクル工作	横尾渡	7
24	上山市立南小学校	1月21日	リサイクルキャンドル作り	田村泰弘	35
25	石垣ひろ子	1月30日	うちエコ診断	工藤時雄	1
26	永沢晃	2月8日	うちエコ診断	小野幹夫	1
27	大山英将	2月8日	うちエコ診断	小野幹夫	1
28	清水幹也	2月12日	うちエコ診断	安孫子秀人	1
29	本間美香	2月12日	うちエコ診断	安孫子秀人	1
30	鈴木夕佳	2月15日	うちエコ診断	大仲幸裕	1
31	柴田正樹	2月17日	うちエコ診断	吉見正則	1
32	道の駅寒河江	2月27日	再生可能エネルギーモデル展示	小野幹夫	50
33	工藤順子	2月27日	うちエコ診断	小野幹夫	1
34	道の駅寒河江	2月28日	再生可能エネルギーモデル展示	小野幹夫	50
35	犬飼弘一	2月28日	うちエコ診断	小野幹夫	1
36	伊藤公	3月17日	地球温暖化の防止について	大仲幸裕	23
37	石井優子	3月17日	うちエコ診断	大仲幸裕	1
38	早坂潔	3月17日	うちエコ診断	大仲幸裕	1
39	安達茂	3月17日	うちエコ診断	大仲幸裕	1
40	鶴岡市大山百寿会	3月18日	うちエコ診断	小谷卓	1
合 計					1,176

《自然環境部門》

1 自然生態系保全モニタリング調査

自然環境の異変等を早急に察知し、その原因を解明して保全対策につなげるため、山岳森林地域や里山の自然環境モニタリング調査を行った。

平成27年度も県内各地域において、生態系区分毎に、絶滅危惧種や希少種等の生息・生育について6月～9月に調査を実施した。

(1) 調査項目

各調査地の動植物について調査した。

また、風穴は温度の調査も併せて行った。

(2) 調査結果

各調査地（表5）において、動植物の県絶滅危惧種等を複数確認できた。

表5 調査地

区分	調査地の名称	行政区
中小山岳	瀧山	山形市
河川・溪流	赤芝峡	小国町
湿原・湿地	谷地平	飯豊町
草地・風穴	黒伏、吾妻牧場	東根市、米沢市

2 ブナ・ナラ豊凶調査

動植物の生息・生育動向に大きな影響を与えるブナ、ミズナラ、コナラの豊凶について、県内30箇所、36林分（ブナ16林分、ミズナラ9林分、コナラ11林分）において、5月～11月に現地調査を実施した。

ブナの豊凶予測は、11箇所豊作の予測、

豊凶結果も12箇所豊作となり、概ね予測どおり全県下で豊作と判定された。また、健全種子の数が豊作の中でも特に多く確認され、10年ぶりの大豊作となった。

ミズナラの豊凶結果は、豊作が3箇所並作と凶作が2箇所ずつとなり、全体ではやや豊作寄りとなった。

コナラの豊凶結果も、豊作が5箇所、並作が2箇所、凶作が3箇所ずつとなり、全体ではやや豊作寄りとなった。（詳細は23～24ページ参照）

3 希少種保全対策

(1) イバラトミヨ（特殊型）

山形県の絶滅危惧種ⅠA類に選定されているイバラトミヨ（特殊型）について、東根市「イバラトミヨ生息地保存連絡協議会」からの依頼を受けて、生息数や営巣数に関する調査を5月～10月に行うとともに、保全対策について検討した。

また、天童市「イバラトミヨ生息地保存連絡協議会」からの依頼を受けて、生息数に関する調査を10月に行うとともに、今後の対策等についての検討も行った。

(2) ヒシモドキ

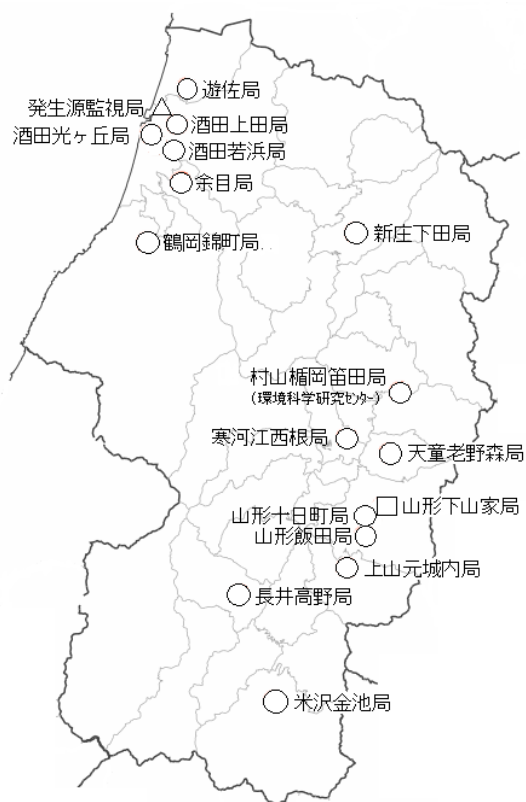
山形県の絶滅危惧種ⅠA類に選定されているヒシモドキの保全を図るため、村山市・村山産業高校と共同で7月～11月にかけて調査を行った。これまで数個体の確認に留まっていたが、数十個体を確認でき、復活の兆しの傾向が見られた。

2 大気環境部

大気汚染防止法に基づく環境大気の常時監視、有害大気汚染物質モニタリング調査、工場・事業場のばい煙測定、酸性雨に関する調査及び騒音に関する各種調査・測定を主な業務としている。また、これらに関連する調査研究を実施している。

1 環境大気の監視

環境大気の常時監視は、テレメータシステムにより図1に示した16測定局（発生源監視局を除く）で行った。



凡 例	
○	一般環境大気測定局 15局
□	自動車排出ガス測定局 1局
△	発生源監視局 1局

この図は、国土地理院「地理院地図」(<http://maps.gsi.go.jp/>)を加工し作成した。

図1 環境大気常時監視測定地点図

一般環境大気測定局は、県中央部の村山地区に6局、火力発電所等が立地している庄内地区に6局、県南部の置賜地区に2局及び県北東部の最上地区（新庄市）に1局の計15局設置しており、また、自動車排出ガス測定局は村山地区に1局設置している。

各測定局における測定項目及び環境基準達成状況は、表6のとおりであり、測定データは、環境科学研究センターを經由しデータセンターに常時伝送され、パソコンや携帯電話を通じてリアルタイムで情報提供している。

平成27年度の結果は、二酸化硫黄、浮遊粒子状物質、微小粒子状物質及び一酸化炭素については、全ての測定局で環境基準を達成した。

なお、二酸化窒素については、評価可能なすべての測定局において環境基準を達成した。

光化学オキシダントについては、全ての測定局で環境基準を達成できなかった。なお、全国の一一般測定局における平成26年度の光化学オキシダントの環境基準達成率は、0%である。

（詳細は25～35ページ参照）

表6 環境大気常時監視測定局における測定項目及び環境基準達成状況

区分	地区	測定局	用途地域	測定項目							
				二酸化硫黄	浮遊粒子状物質	二酸化窒素	光化学オキシダント	微小粒子状物質		一酸化炭素	炭化水素
								長期基準	短期基準		
一般環境大気	村山	山形十日町	商	○	○	○	×	○	○		
		山形飯田	住		○	○					
		天童老野森	住		○	○		○	○		
		上山元城内	住		○	○		○	○		
		寒河江西根	住	○	○	○	×	○	○		
	村山楯岡笛田	住	○	○	○	×	○	○			
	置賜	米沢金池	住	○	○	○	×	○	○		
		長井高野	住	○	○	○	×	○	○		
	庄内	酒田若浜	住	○	○	○	×				
		酒田光ヶ丘	住	○	○	○		○	○		
		酒田上田	未	○	○	○					
		遊佐	住	○	○	○		○	○		
		余目	住	○	○	○		○	○		
	最上	鶴岡錦町	住	○	○	—※	×	○	○		
最上	新庄下田	住	○	○	○	×	○	○			
排ガ自動車	村山	山形下山家	住		○	○		○	○	○	□
総測定局数				12	16	16	8	13		1	1

○:環境基準達成 ×:環境基準非達成 □:環境基準なし

※:機器故障により環境基準の評価に必要な年間測定時間が確保できなかった。

2 有害大気汚染物質モニタリング調査

毎月1回（アルデヒド類は隔月）モニタリング調査を実施した。

平成27年度は、ベンゼン等19物質について、山形十日町、酒田若浜及び天童市中里の3地点で調査を行った。測定結果は、環境基準が定められているベンゼン、ジクロロメタン、テトラクロロエチレン及びトリクロロエチレンは、すべて環境基準を達成した。（詳細は36ページ参照）

表7 平成27年度立入検査施設数

管轄総合支庁	ボイラー	廃棄物焼却炉	乾燥炉その他	計
村山	1	6	0	7
最上	1	1	0	2
置賜	1	2	0	3
庄内	1	2	0	3
計	4	11	0	15

表8 大気汚染防止法に基づくばい煙発生施設

届出数（平成27年度末現在）

管轄総合支庁	ボイラー	廃棄物焼却炉	乾燥炉その他	施設数合計	工場・事業場数
村山	1,089	26	74	1,189	537
最上	120	8	10	138	76
置賜	440	8	62	510	227
庄内	456	12	38	506	251
計	2,105	54	184	2,343	1,091

3 ばい煙測定

工場・事業場から排出されるばい煙に係る排出基準の遵守状況を監視するため、15施設（表7）に対し測定を行った結果、1施設で排出基準を超過した。

なお、大気汚染防止法に基づく主なばい煙発生施設の届出数は、表8のとおりである。

4 酸性雨大気汚染調査

酸性雨（pH5.6以下の雨）の実態を把握するため、山形市及び村山市の2地点で降水を一定期間（原則として2週間）毎に採取し、表9のとおりpHなど11項目の測定、分析を行った。

pHの年平均値は、山形市 5.04、村山市 4.88であった。（詳細は37ページ参照）

表9 調査項目

調査地点名 (所在地)	調査項目	採取周期
山形十日町 (山形市)	pH、電気伝導率、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、降下物量	2週間
村山楯岡笛田 (村山市)		

5 航空機騒音環境基準監視

山形空港周辺における航空機騒音に係る環境基準の達成状況を監視するため、山形空港周辺4地点（東根市）で、7日間の連続測定を行った。

平成27年度の監視結果は、山形空港周辺の時間帯補正等価騒音レベル（ L_{den} ）が43～49 dBと、全地点で環境基準（62dB）を達成した。（詳細は38～39ページ参照）

表10 平成27年度山形空港騒音監視結果

監視地点 No.	L_{den} (7日間)	環境基準
1	46	62
5	49	
6	49	
8	43	

6 発生源常時監視

酒田共同火力発電株式会社との公害防止協定に基づき、同社発電所に設置している発生源監視局（図1）において、テレメータシステムでばい煙の排出状況等の常時監視を実施した。監視項目は表11のとおりであり、平成27年度は、公害防止協定値を遵守した。

表11 発生源監視項目

発生源監視局	監視項目
酒田共同火力発電所 1号ボイラー及び 2号ボイラー	硫黄酸化物濃度及び排出量 窒素酸化物濃度及び排出量 酸素濃度、排出ガス温度、発電出力

7 やまがた酸性雨ネットワーク事業の支援

酸性雨に係る調査研究等を実施している大学等の高等教育機関、公設試験研究機関及び行政機関等で構成する、やまがた酸性雨ネットワーク（平成13年7月設立、会長：山形大学理学部教授 柳澤文孝）において、県民参加の酸性雨調査や情報交換等の交流会を実施した。

8 PM2.5成分分析

平成27年度は、表12のとおり2地点において、微小粒子状物質（PM2.5）を四季にそれぞれ14日間、24時間のサンプリングを行い、成分分析を行った。県内のPM2.5の主要成分は、炭素成分とイオン成分であった。

表12 測定地点及び調査項目

測定地点名	調査項目
村山楯岡笛田	質量濃度、イオン成分、炭素成分、無機元素成分
鶴岡錦町	

3 水環境部

水質汚濁防止法に基づく公共用水域及び地下水の水質測定、工場・事業場排水の分析、産業廃棄物や最終処分場放流水等の分析及び湖沼の酸性雨影響調査等の水環境に関する調査研究を主な業務としている。

1 公共用水域水質測定

公共用水域の水質汚濁の状況を把握するため、山形県公共用水域水質測定計画に基づき、県（71地点）、国土交通省（22地点）及び山形市（10地点）が分担して計103地点で常時監視を実施した。平成27年度の結果は、表13のとおりである。（詳細は 42～45ページ参照）

環境科学研究センターは、カドミウムなどの健康項目その他について測定監視を行った。

表13 公共用水域水質測定結果

水域名	健康項目		生活環境項目	
	測定地点数	基準超過地点数	測定地点数	基準超過地点数
河川	40	1 *1	76	0
湖沼	9	0	9	0
海域	8	0	18	3 *2
合計	57	1	103	3

※ 基準超過項目 *1：カドミウム *2：COD

2 酒田港水質調査

近年、酒田港に流入する河川のBODが減少しているにもかかわらず、港内のCODは年々増加し、環境基準値を超過する地点が多くなっている。図1に示す調査地点のうち、特にNo. 6、7、8、9の地点はCOD75%値が増加傾向にある。このため、平成24年度から原因調査を行っている。

これまでの調査結果から、酒田港内のCOD上昇の原因は、防波堤延長により閉鎖性が高まり、流入河川由来のCODや栄養塩類が滞留しやすくなったことに加え、プランクトンの増殖による内部生産が増加したことによると考えられる。

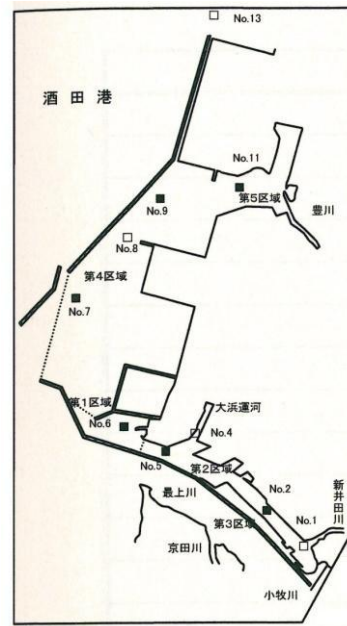


図1 酒田港内の調査地点図

3 水生生物保全に係る類型指定

平成25年度から、県内河川中のLASやノニルフェノールの分析を開始し、平成26年度から水生生物の保全に係る水質環境基準の類型指定を順次行っている。

環境省が示す常時監視等の処理基準に従い、魚介類の生息状況や産卵場所等に関する情報を収集し、その状況に応じて類型指定を行っている。平成27年度までに指定した8河川のうち、最上小国川を「生物特A類」に、寒河江川等7河川を「生物A類」に当てはめている。

4 水質汚濁事故に係る水質分析

水質汚濁事故の発生件数は表14のとおりである。

平成27年度は、平成28年1月に酒田北港付近で発生した貨物船座礁に伴う燃料油流出事故について、酒田港内外の海水及び酒田港への流入河川（豊川・新井田川）水中のノルマルヘキサン抽出物質を原則として月1回、定期的に分析を行ったが、全期間をとおして検出されなかった。

表14 水質汚濁事故の発生件数

区分	油流出	魚類へい死	その他	計
H23年度	229	7	62	298
H24年度	195	26	46	267
H25年度	169	21	33	223
H26年度	148	14	25	187
H27年度	120	7	23	150

5 地下水水質測定

(1) 水質測定計画に基づく調査

山形県地下水水質測定計画に基づき、山形市と分担して地下水の水質測定を実施した。平成27年度は、地域の全体的な状況を把握するための概況調査及び長期的な水質変化を監視するための継続監視調査を実施した。

環境科学研究センターでは、地下水の環境基準項目について測定を行った。平成27年度の結果は表15のとおりである。

表15 地下水水質測定地点数

調査区分	市町村数	調査地点数	環境基準超過地点数
概況調査	9(山形市、最上地区)	35	0
継続監視調査	16	48	26
合計	23市町村	83	26

ア 概況調査

山形市及び最上地区の9市町村35地点で調査したところ、環境基準値を超過する地点は無かった。

イ 継続監視調査

山形市等16市町村の48地点で調査したところ、砒素については2市2町の13地点で環境基準を超過した。また、揮発性有機塩素化合物についてはトリクロロエチレンが1市1地点で、テトラクロロエチレンが2市4地点で、1,2-ジクロロエチレンが1市1町2地点で、塩化ビニルモノマーが1市2町3地点で、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素については2市1町1村の4地点で、ふっ素については1市の1地点で環境基準を超過した。なお、基準超過井戸については総合支庁で飲用指導を行っている。（詳細は46～49ページ参照）

(2) 地下水汚染対策

ア 東根市蟹沢地区における揮発性有機塩素化合物による地下水汚染対策

東根市蟹沢地区において、地下水の汚染物質（トリクロロエチレン等）の濃度変動や汚染の広がりを把握するため、一般井戸4地点、観測井戸7地点の計11地点で年2回水質調査を実施した。平成23年度以降、濃度は急激に低下しており、平成27年度は全ての地点で環境基準を達成した。

イ 東根市東根甲地区における六価クロムによる地下水汚染

東根市東根甲地区において、地下水の汚染物質（六価クロム）の濃度変動を把握するため、一般井戸2地点の水質調査を実施した。平成22年度以降は環境基準値以下で推移しているが、平成27年

度についても全ての地点で環境基準を達成した。

ウ 米沢市大町・中央地区における揮発性有機塩素化合物による地下水汚染対策

米沢市大町・中央地区において、地下水の汚染物質（テトラクロロエチレン等）の濃度変動を把握するため、定期的に一般井戸9地点の水質調査を実施した。平成27年度は、テトラクロロエチレンが5地点で環境基準値を超過した。汚染発覚以降、経年的には緩やかな濃度の低下傾向見られるが、なお環境基準値超過の状況が続いている。

エ 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素による地下水汚染対策

硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素による広域的な地下水汚染が確認されている東根市神町・天童市川原子地区7地点及び鶴岡市下川・酒田市浜中・遊佐町藤崎地区14地点の一般井戸について、定期的に水質調査を実施した。

東根市神町・天童市川原子地区では、平成27年度は全ての地点で環境基準を達成した。全体的な濃度推移も経年的に低下傾向にあり、平成22年度以降は継続して環境基準を達成しており、硝酸性窒素削減対策の効果が表れている。

鶴岡市西郷・酒田市浜中・遊佐町藤崎地区では5地点で環境基準値を超過した。これらの地点では濃度の変動が大きく、今後もその推移を注視する必要がある。

6 特定事業場の排水分析

水質汚濁防止法の排水基準の遵守状況を監視するため、延べ111の特定事業場排水について分析を行った（表16）。

表16 排水分析特定事業場数

業種及び施設	事業場数	不適事業場数
畜産農業	8	
保存食料品製造業	12	
飲料製造業	2	
紡績業	6	1
採石業	3	1
砂利採取業	2	
水道施設	2	
表面処理施設	16	1
電気めっき施設	13	1
し尿処理施設	9	
下水道終末処理施設	14	
その他	17	
計	104	4

分析の結果、4事業場（3.8%）が排水基準を超過していた。排水基準不適合事業場は、紡績業・繊維製品製造・加工業が1件（SS）、砕石業が1件（pH、銅含有量、溶解性鉄含有量、溶解性マンガン含有量、カドミウム及びその化合物）、酸・アルカリ表面処理施設が1件（BOD）及び電気めっき施設が1件（ノルマルヘキサン抽出物質含有量）であった。なお、水質汚濁防止法及び県生活環境保全条例に基づく県内の排水基準の適用を受ける特定事業場数は表17のとおりである。

表17 水質汚濁防止法及び県生活環境保全条例に基づく排水基準適用特定事業場数（平成27年度末現在）

号番号	業種及び施設	村山	最上	置賜	庄内	計
1の2	畜産農業	25	6	39	35	105
2	畜産食料品製造業	6			4	10
4	保存食料品製造業	17	1	7	4	29
10	飲料製造業	5		6	6	17
17	豆腐製造業	2		3	1	6
18の2	冷凍食品製造業	7	1			8
19	紡績業	5		3	3	11
59	採石業	4	2	5	1	12
60	砂利採取業	2	5	7	3	17
65	表面処理施設	17	2	18	6	43
66	電気めっき施設	5	2	4	6	17
66の3	旅館業	16	20	36	30	102
67	洗濯業	3		3	2	8
72	し尿処理施設	25	17	34	60	136
73	下水道終末処理施設	7	8	5	13	33
その他		18	5	24	32	79
	計	164	69	194	206	633

また、公害防止協定の遵守状況を把握するため、酒田共同火力発電所の排水のpH、COD、SS、ふっ素及びノルマルヘキサン抽出物質の5項目について年2回の分析を行ったところ、結果はすべて公害防止協定値を遵守していた。

7 廃棄物対策

(1) 産業廃棄物抜取検査及び放流水等の分析

産業廃棄物最終処分場の監視及び排出事業者の指導を目的として、最終処分場に搬入された産業廃棄物の抜取検査を行うとともに、最終処分場の放流水・浸透水の水質分析を行い、維持管理の状況を確認した。

平成27年度は、抜取検査を6処分場について年5回実施した。分析の結果、「カドミウム又はその化合物」が1処分場で基準を超過していた。

放流水・浸透水は18処分場について年2回実施した結果、すべての検体で基準を下回っていた。

(2) 廃棄物関連調査

平成27年度は不法投棄箇所1か所について、水質検査を行った結果、環境基準値未満であった。

8 酸性雨モニタリング（陸水）調査（環境省委託事業）

本調査は、酸性雨による陸水生態系への中長期の影響を把握することを目的として、平成5年度から継続して戸沢村の今神御池で実施している。調査概要は、表18のとおりである。平成27年度のpHは5.63～6.71（平均6.17）で、過去5年間のデータと比較して変動の範囲内であり、酸性沈着の明確な影響は確認されなかった。

表18 酸性雨モニタリング（陸水）調査の概要

調査数	4回（6月、7月、9月、10月）
調査地点	湖心（水質及び底質）
調査項目（水質）	水温、pH、電気伝導率、アルカリ度（pH4.8）、 NH_4^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 、 K^+ 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NO_2^- 、 Cl^- 、プランクトン、透明度、外観（湖水色、試料水色）、COD、 PO_4^{3-} 、溶存態全A1、クロロフィルa、DO 但し、透明度は表層のみ実施、溶存態A1、 NO_2^- 、 PO_4^{3-} は、6月のみ実施。 底質調査は5年に1回、27年度は7月に実施

4 環境化学部

ダイオキシン類対策特別措置法に基づく環境監視及び事業場の排ガス測定を主な業務としている。

また、平成24年度から、放射性物質検査を開始し、水道水、河川、土壌及び廃棄物等の分析を行っている。

1 ダイオキシン類対策推進事業

(1) 環境中ダイオキシン類調査

環境基準の達成状況を把握するため、表19に示す調査に係る分析を行った。平成27年度の結果は、全て環境基準を達成した。

なお、試料の採取は、大気については当センターが、その他は総合支庁環境課が行った。

表 19 環境調査の件数と環境基準達成率

	大気	水質	底質	地下水	土壌	計
地点数	4	11	11	2	9	37
検体数	8	11	11	2	9	41
達成率 (%)	100	100	100	100	100	100

※環境基準の達成は、大気2回/年、その他1回/年で評価している。

(2) ダイオキシン類発生源検査

排出基準の遵守状況を把握するため、表20に示す検査に係る分析を行った。平成27年度の結果は、排ガス16検体のうち4検体、ばいじん3検体のうち1検体が基準を超過した。

特定事業場の排出水、産業廃棄物最終処分場の放流水は、全て基準を遵守した。

なお、試料の採取は、排ガスについては当セン

ターが、その他は総合支庁環境課が行った。

表 20 発生源検査の件数

管轄 総合 支庁	排ガス (廃棄物 焼却炉)	排出水 (特定 施設)	ばいじん (廃棄物 焼却炉)	最終 処分場 放流水	計
村山	8(1)		2	4	14(1)
最上	2				2
置賜	2(1)		1(1)	3	6(2)
庄内	4(2)	1		1	6(2)
計	16(4)	1	3(1)	8	28(5)

※()は基準超過数

2 化学物質環境実態調査 (環境省委託事業)

平成14年度から環境省の「化学物質環境実態調査」を受託し、最上川河口において河川水及び底質の調査(試料採取)を行った。

また、村山野川において河川水中のヒドラジン、鮭川において河川水中の銀及びその化合物の測定を行った。

調査結果は、「平成28年度版化学物質と環境」(環境省環境安全課)で公表される予定である。

3 放射線量測定事業

平成23年3月に発生した東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故により、環境中に放射性物質が放出され、山形県においても沈着が確認された。健康及び生活環境への影響を把握するため、表21に示すとおり、水道水、河川水及び底質、土壌、廃棄物等の放射性物質濃度を測定した。平成27年度の結果は、全て基準値を下回った。

表 21 平成 27 年度放射能測定結果

試料	測定 件数	基準超 過件数	基準値等*1
水道水	489	0	10 Bq/kg
水浴場水	7	0	10 Bq/L
土壌	12	—	なし
河川・湖沼水	77	—	なし
河川・湖沼底質	77	—	なし
県外廃棄物*2	32	0	埋立 4,000 Bq/kg 焼却 200 Bq/kg
処分場放流水等	56	0	$^{134}\text{Cs}/60 + ^{137}\text{Cs}/90$ ≤ 1
廃棄物焼却施設 排ガス	5	0	$^{134}\text{Cs}/20 + ^{137}\text{Cs}/30$ ≤ 1
計	755	0	—

*1 : ^{134}Cs と ^{137}Cs の合計

*2 : 県独自基準

4 環境放射能水準調査（原子力規制庁委託事業）

原子力規制庁の委託業務として全国で実施している環境放射能水準調査について、衛生研究所と業務分担し、環境科学研究センターでは空間放射線量率調査及び土壌の核種分析調査を行った。

5 調 査 結 果

(1) 平成27年度水生生物による水質調査の結果

(環境企画部)

1 調査目的及び参加状況

「水生生物による水質調査」は、川にすむ生き物の調査を通じて川の水質を把握する活動であり、これを通して河川を含めた水環境の保全の普及啓発を図るものである。

今年度は66団体、延べ1,946人の参加があり、昨年度の64団体、延べ1,762人と比較して2団体増加し、参加者も184人増加した。市町村別の参加団体数は表1のとおりで、23市町村からの参加があった(国土交通省実施分を含む)。

また、参加団体の内訳は表2のとおりであり、学校としての参加が過半数を占めている。

表1 市町村別参加団体数

市町村名	団体数	市町村名	団体数	市町村名	団体数	市町村名	団体数
山形市	12	新庄市	6	米沢市	1	鶴岡市	10
上山市	2	金山町	1	長井市	5	酒田市	1
天童市	2	最上町	4	南陽市	1	三川町	0
山辺町	0	舟形町	0	高畠町	1	庄内町	2
中山町	1	真室川町	1	川西町	0	遊佐町	1
寒河江市	3	大蔵村	0	小国町	0		
河北町	0	鮭川村	0	白鷹町	0		
西川町	1	戸沢村	1	飯豊町	1		
朝日町	0						
大江町	1						
村山市	7						
東根市	1						
尾花沢市	0						
大石田町	0						
村山	30	最上	13	置賜	9	庄内	14

合計 23市町村 66団体

※寒河江市の1団体は、2つの小学校合同での参加である。

※飯豊町の1団体には、3つの小学校が参加している。

表2 参加団体の内訳

区分	団体数	割合(%)	区分	団体数	割合(%)
小学校	21	31.8	各種団体	9	13.6
中学校	7	10.6	公共団体	3	4.5
その他の学校	10	15.2	観察会	4	6.1
子供会等	5	7.6	個人	3	4.5
こどもエコクラブ	0	0.0	その他	4	6.1

2 調査河川及び調査地点

調査河川は表3のとおりであり、55河川（昨年度は46河川）の延べ108地点（昨年度は117地点）で調査が行われた。

水系別でみると最上川水系が最も多く、44河川の92地点となっている。

表3 調査河川及び地点数（県分）

水系	河川名	地点数	水系	河川名	地点数
最上川水系	最上川	8	最上川水系	猿山沢	1
	堀立川	1		倉津川	1
	羽黒川	1		白水川	1
	砂川	1		千座川	1
	鬼面川	1		小松沢川	2
	織機川	9		樽石川	1
	(大久保農村公園)	1		滝津川	1
	置賜白川	5		沢の目川	1
	撞木川	1		最上白川	3
	月布川	1		刃場川	1
	須川	1		最上小国川	1
	思川	1		鮭川	1
	蔵王川	1		金山川	2
	酢川	1		安楽城小国川	1
	不動川	1		土内川	1
	龍山川	1		朴沢川	1
	村山犬川	2		升形川	2
	馬見ヶ崎川	6		戸前川	6
	滑川	1		指首野川	4
	村山高瀬川	2		立谷沢川	2
立谷川	4	中野俣川	1		
寒河江川	6	藤島川	1		
			最上川水系	(河川数 44)	92
赤川水系	赤川	4	赤川水系	少連寺川	1
	大鳥川	1		谷定川	1
	大山川	3	赤川水系	(河川数 5)	10
月向川水系	滝淵川	1	月向川水系	(河川数 1)	1
日向川水系	日向川	1	日向川水系	荒瀬川	1
			日向川水系	(河川数 2)	2
温海川水系	温海川	1	温海川水系	(河川数 1)	1
鼠ヶ関川水系	鼠ヶ関川	1	鼠ヶ関川水系	(河川数 1)	1
荒川水系	横川	1	荒川水系	(河川数 1)	1

※大久保農村公園は、池で実施したもの。

3 調査結果

結果を水質階級別にまとめると表4のとおり。

表4 水質階級の内訳

水質階級	件数	割合 (%)		
		27年度	26年度	25年度
I きれいな水	92	85.2	78.6	75.2
II ややきれいな水	5	4.6	8.5	10.9
III きたない水	6	5.6	8.5	9.0
IV とてもきたない水	1	0.9	3.4	2.0
指標生物なし	4	3.7	0.9	2.0
合計件数	108			

※四捨五入による端数処理のため、割合の合計が100%にならない場合がある。

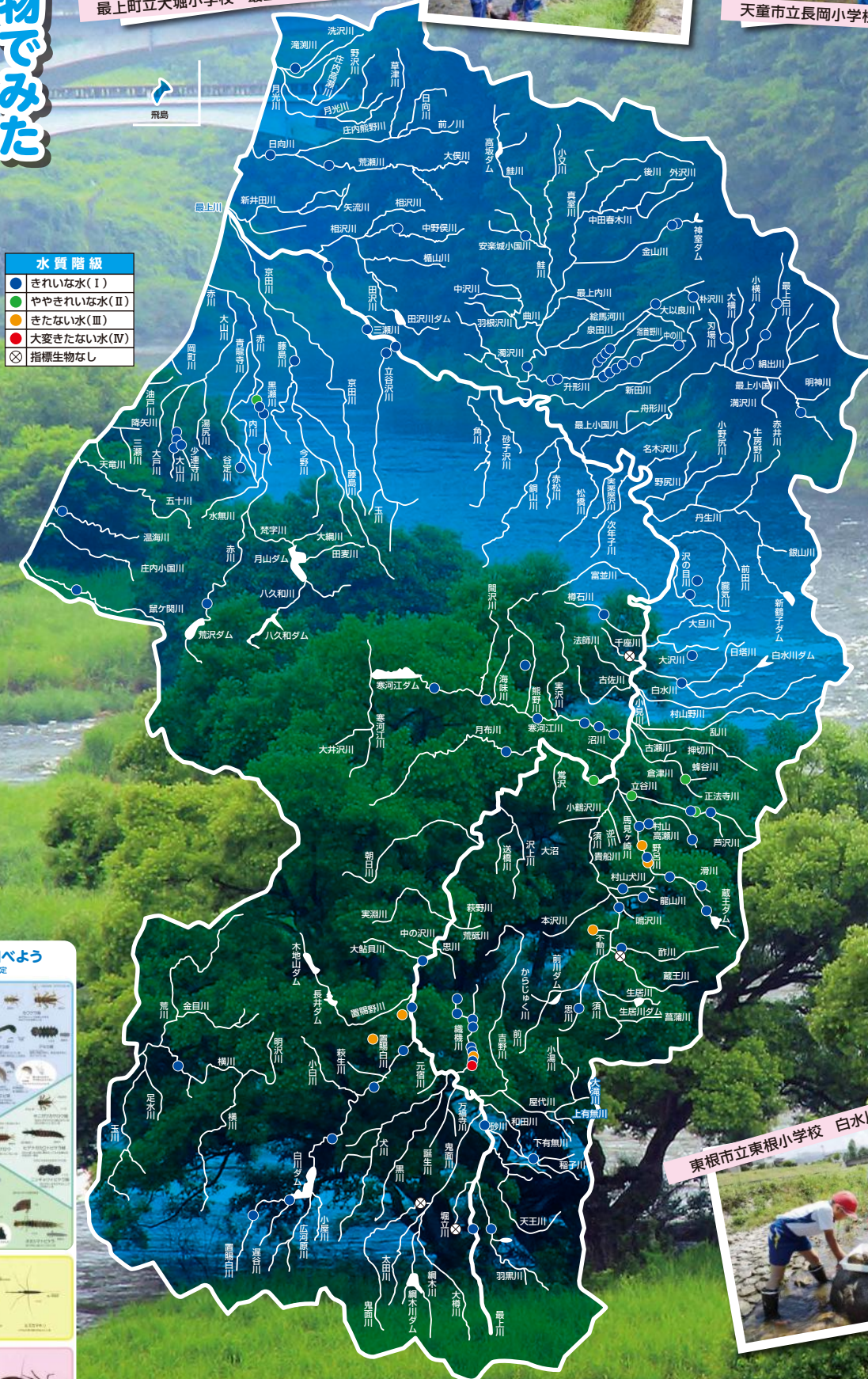
【環境省によって決められている指標生物】

水質階級	種類数	指標生物
I きれいな水	10種類	アミカ類、ナミウズムシ、カワゲラ類、サワガニ、ナガレトビケラ類、ヒラタカゲロウ類、ブユ類、ヘビトンボ、ヤマトビケラ類、ヨコエビ類
II ややきれいな水	8種類	イシマキガイ、オオシマトビケラ、カワニナ類、ゲンジボタル、コオニヤンマ、コガタシマトビケラ類、ヒラタドロムシ類、ヤマトシジミ
III きたない水	6種類	イソコツブムシ類、タニシ類、ニホンドロソコエビ、シマイシビル、ミズカマキリ、ミズムシ
IV とてもきたない水	5種類	アメリカザリガニ、エラミミズ、サカマキガイ、ユスリカ類、チョウバエ類

平成27年度

山形県の河川水質マップ

水生生物でみた



水質階級	
●	きれいな水(I)
●	ややきれいな水(II)
●	きたない水(III)
●	大変きたない水(IV)
⊗	指標生物なし

参加団体

- 山形市立第四中学校科学部
- 山形県立山形東高等学校科学部
- 此方学区子ども会育成連合野外研修部
- 村山市立権崎小学校
- 金山町立有屋小学校
- 最上町立東法田小学校
- 最上町立赤倉小学校
- 上郷地区子ども会
- 鶴岡市立倉前小学校
- 山形県立鶴岡南高等学校科学部
- 山形県立鶴岡工業高等学校環境化学科
- 鶴岡市立第一小学校
- 鶴岡東高等学校理科3年A組
- 鶴岡市立第一中学校
- 山形市立山寺小学校
- 東川町立三好小学校
- 最上町立大堀小学校
- 戸沢市立戸沢中学校
- おのたけ川をきれいにする会
- 鶴岡市立五輪小学校
- 水辺のむらさき会
- 日本大学山形高等学校生物部
- 山形県立庄内総合高等学校
- 山形市立第一中学校科学部・パソコン部
- 鶴岡アタゴの会
- 形利川に親しむ会
- (社) 築港千手山古見庵東海科社
- (社会福祉法人) 双葉荘 (中) 高校生
- 小松沼環境楽園入 with 母子父子会
- こどもと自然のこども会 (南小中学校4年生)
- ユ山の自然を守る会
- 谷地地域保全会
- 山形県立新庄北高等学校科学部
- 鶴岡市立つづ
- 東根市立東根小学校
- ふしよ小学校
- 白川ダムビジョン推進会議
- 鶴岡市立第一小学校
- 鶴岡市立第二小学校
- 鶴岡市立第三小学校
- 村山市立戸沢小学校
- 山形市立南中学校科学部
- 山形県立山形南高等学校
- 新庄市立形小学校
- 特定非営利活動法人環境ネットやまがた
- 及び山形工業専門学校
- 平野地区環境保全会
- 石黒寛史
- 山形市立西郷第一小学校PTA
- 山形県立水沢商業高等学校COSクラブ
- 谷津建設株式会社
- 西川町立西川小学校
- 東川町立東川小学校及び白岩小学校
- 次江町教育委員会
- 環境科学探究センター
- 「科学を愛する環境科学体験隊」(参加者)
- 村山教育委員会
- 「GOGO」(ちややま体験隊) (2121科学隊)
- 佐藤謙一(鶴岡)
- 特定非営利活動法人まちづくりNPOセンター
- 山形県立庄内商業高等学校環境科学科
- 天童市立南小中学校
- 和野小学校エコクラブ
- 東洋環境開発株式会社
- 庄内町立立川中学校
- いちご会
- 長井市立長井小学校
- 長井市教育委員会
- 中山町立中山中学校
- 鶴岡市立鶴岡南中学校
- 国士文庫省山形河川環境事務所
- 国士文庫省庄内河川環境事務所
- 及びインターンシップ参加者
- 山形県環境科学センター

川の生きものを調べよう

水生生物による水質判定

1. 水生昆虫類 (水生昆虫類)

2. 水生甲殻類 (水生甲殻類)

3. 水生植物 (水生植物)

4. 水生動物 (水生動物)



このマップは、環境省及び国土交通省が主催する「全国水生生物調査」に参加いただいた県民の方々の協力のもとに作成したものです。水生生物調査は、川にすむ生き物を観察することで、川の水質や環境の大切さを学習するものです。平成27年度の水質調査は、66団体、延べ1,946人が参加し、県内55河川の108地点で行われました。

作成：山形県環境科学研究センター 〒995-0024 村山市榎岡笹田三丁目2-1 TEL.0237-52-3124

リサイクル適正 (A) この図解は、印刷用紙へのリサイクルできます。

(2) 平成 27 年度ブナ・ナラ豊凶調査結果

(環境企画部)

1 調査の目的

森林の更新や野生動物の生息動向に大きな影響を与えるブナ・ナラ等堅果類の豊凶をモニタリングし、森林生態系の異変を早急に察知するとともに、原因を解明する。

2 調査結果

(1) ブナ

県内 16 林分で調査した結果、県内のほとんどの豊作となった（表 1）。

豊凶基準：豊作（200 個/ m² 以上）・並作（50 個/ m² 以上 200 個/ m² 未満）・凶作（50 個/ m² 未満）

	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27
湯の台					0	19	3	0	9	0	140	0	243
羽黒山					27	0	39	0	84	0	10	8	136
関川					121	0	265	0	381	0	3	1	110
沼の台					0	11	0	0	0	0	48	0	343
西小俣	2	0	284	0	3	6	0	0	78	0	63	1	207
与蔵峠	28	0	353	0	0	12	0	0	2	0	346	0	416
鍋越峠	1	0	458	0	1	14	0	1	2	0	105	0	298
弓張平	1	0	244	0	5	7	6	0	33	0	94	0	332
入田沢					14	0	0	0	158	0	30	0	366
月山自然博物館	177	0	406	0	14	85	20	0	234	0	209	0	970
花立峠	3		163		2	16	0	0	0	0	91	0	276
黒伏	1		356		1	16	1	0	92	0	246	0	429
蔵王(鳥兜)	2		402		39	1	105	0	11	0	327	0	150
駒立					15	1	1	0	280	0	1	0	160
徳網					17	1	16	0	508	0	13	0	497
葉山					0	14	1	0	4	0	138	0	0

(2) ミズナラ

県内 7 林分で調査した結果、豊作 3 箇所、並作 2 箇所、凶作 2 箇所となり、全体として豊作の傾向が見られた。（表 2）

豊凶基準：豊作（20 個/ m² 以上）・凶作（5 個/ m² 未満）・並作（5 個/ m² 以上 20 個/ m² 未満）

	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27
西小俣	27	5	1	1	3	1	12	1					
日山	27	22	18	1	28	7	7	1					
弓張平	29	15	28	1	13	2	18	19	27	19	7	1	126
花立峠	4	7	9		19	5	16	5	0	5	16	2	0
鍋越峠	10	39	2	1	21	2	54	5	33	63	0	1	18
黒伏	25	29	11		51	3	40	25	20	55	0	1	106
沼山					4	4	41	0	1	4	0	47	8
蔵王温泉					28	12	101	1	12	3	8	14	65
源流の森					16	2	7	26	12	12	35	2	4

(3) コナラ

県内 10 林分で調査した結果、豊作 5 箇所、並作 2 箇所、凶作 3 箇所となり、全体として豊作の傾向が見られた。(表 3)

豊凶基準：豊作 (40 個/ m²以上)・並作 (20 個/ m²以上、40 個/ m²未満)・凶作 (20 個/ m²未満)

表3 コナラの健全種子数

	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27
眺海の森	60	21	155	41	44	89	9	187	38
西荒屋	3	85	84	56	6	59	4	35	44
秋山	83	30	36	37	9	110			
庭月	31	7	31	31	28	28	31	46	35
判屋	55	0	35	20	0	21	34	42	3
鶴子	73	22	145	14	39	65	15	1	117
堂の前	37	19	76	14	2	50	0	0	140
大谷	15	27	0	49	0	86	0	9	14
古竜沼	25	3	20	15	1	61	1	49	103
健康の森	8	1	2	9	23	24	58	10	51
源流の森	36	2	11	27	18	27	24	5	6
		豊作			並作		凶作		

(3) 平成27年度環境大気常時監視測定結果

(大気環境部)

1 平成27年度の大気汚染の状況

平成27年度環境大気常時監視測定計画に基づき実施した測定結果の概要は、次のとおりである。

(1) 二酸化硫黄（12測定局）

12測定局における日平均値の2%除外値は表1のとおり0.001ppm～0.002ppmであり、長期的評価により全ての測定局において環境基準（日平均値0.04ppm以下）を達成した。

表1 二酸化硫黄の測定結果

(単位：ppm)

市町村	測定局	令別表第3の区分	用途地域	有効測定日数	測定時間 (時間)	年平均値 (ppm)	1時間値が0.1ppmを超えた時間数とその割合		日平均値が0.04ppmを超えた日数とその割合		1時間値の最高値 (ppm)	日平均値の2%除外値 (ppm)	日平均値が0.04ppmを超えた日が2日以上連続したことの有無 (有×・無○)	環境基準の長期的評価による日平均値が0.04ppmを超えた日数 (日)
				(日)			(時間)	(%)	(日)	(%)				
山形市	山形十日町	14-2	商	365	8,701	0.001	0	0.0	0	0.0	0.007	0.002	○	0
寒河江市	寒河江西根	100	住	366	8,707	0.001	0	0.0	0	0.0	0.012	0.002	○	0
村山市	村山橋岡菅田	100	未	366	8,713	0.000	0	0.0	0	0.0	0.004	0.001	○	0
米沢市	米沢金池	100	住	363	8,653	0.000	0	0.0	0	0.0	0.004	0.001	○	0
長井市	長井高野	100	住	365	8,705	0.000	0	0.0	0	0.0	0.007	0.001	○	0
酒田市	酒田若浜	15	住	366	8,702	0.000	0	0.0	0	0.0	0.006	0.001	○	0
	酒田光ヶ丘	15	住	366	8,710	0.000	0	0.0	0	0.0	0.008	0.001	○	0
	酒田上田	15	未	366	8,698	0.000	0	0.0	0	0.0	0.004	0.001	○	0
遊佐町	遊佐	100	住	366	8,705	0.000	0	0.0	0	0.0	0.006	0.001	○	0
庄内町	余目	100	住	366	8,708	0.000	0	0.0	0	0.0	0.004	0.001	○	0
鶴岡市	鶴岡錦町	100	住	366	8,706	0.000	0	0.0	0	0.0	0.005	0.001	○	0
新庄市	新庄下田	100	住	355	8,483	0.000	0	0.0	0	0.0	0.005	0.001	○	0

※「環境基準の長期的評価による日平均値が0.04ppmを超えた日数」とは、日平均値の高い方から2%の範囲の日平均値を除外した後の日平均値のうち0.04ppmを超えた日数である。ただし、日平均値が0.04ppmを超えた日が2日以上連続した延日数のうち、2%除外該当日に入っている日数分については除外しない。

(2) 浮遊粒子状物質（16測定局）

16測定局における日平均値の2%除外値は表2のとおり0.031mg/m³~0.046 mg/m³であり、長期的評価により全ての測定局において環境基準（日平均値0.10mg/m³以下）を達成した。

表2 浮遊粒子状物質の測定結果

（単位：mg/m³）

市町村	測定局	用途地域	有効測定日数	測定時間	年平均値	1時間値が0.20 mg/m ³ を超えた時間数とその割合		日平均値が0.10 mg/m ³ を超えた日数とその割合		1時間値の最高値	日平均値の2%除外値	日平均値が0.10mg/m ³ を超えた日が2日以上連続したことの有無	環境基準の長期的評価による日平均値が0.10 mg/m ³ を超えた日数
			(日)	(時間)	(mg/m ³)	(時間)	(%)	(日)	(%)	(mg/m ³)	(mg/m ³)	(有×・無○)	(日)
山形市	山形十日町	商	361	8,695	0.015	0	0.0	0	0.0	0.106	0.039	○	0
	山形飯田	住	363	8,723	0.017	0	0.0	0	0.0	0.120	0.041	○	0
天童市	天童老野森	住	362	8,718	0.015	0	0.0	0	0.0	0.099	0.036	○	0
上市市	上山元城内	住	364	8,738	0.014	0	0.0	0	0.0	0.110	0.037	○	0
寒河江市	寒河江西根	住	364	8,735	0.014	0	0.0	0	0.0	0.126	0.035	○	0
村山市	村山橋岡笛田	未	358	8,660	0.014	0	0.0	0	0.0	0.082	0.037	○	0
米沢市	米沢金池	住	361	8,674	0.015	0	0.0	0	0.0	0.096	0.039	○	0
長井市	長井高野	住	364	8,731	0.014	0	0.0	0	0.0	0.164	0.031	○	0
酒田市	酒田若浜	住	364	8,724	0.014	0	0.0	0	0.0	0.094	0.038	○	0
	酒田光ヶ丘	住	364	8,734	0.015	0	0.0	0	0.0	0.102	0.041	○	0
	酒田上田	未	363	8,714	0.013	0	0.0	0	0.0	0.089	0.038	○	0
遊佐町	遊佐	住	364	8,729	0.013	0	0.0	0	0.0	0.085	0.036	○	0
庄内町	余目	住	364	8,732	0.014	0	0.0	0	0.0	0.116	0.040	○	0
鶴岡市	鶴岡錦町	住	364	8,727	0.015	0	0.0	0	0.0	0.170	0.046	○	0
新庄市	新庄下田	住	353	8,496	0.014	0	0.0	0	0.0	0.072	0.032	○	0
山形市	山形下山家(自排)	住	364	8,737	0.015	0	0.0	0	0.0	0.123	0.040	○	0

※「環境基準の長期的評価による日平均値が0.10mg/m³を超えた日数」とは、日平均値の高い方から2%の範囲の日平均値を除外した後の日平均値のうち0.10mg/m³を超えた日数である。ただし、日平均値が0.10mg/m³を超えた日が2日以上連続した延日数のうち、2%除外該当日に入っている日数分については除外しない。

(3) 二酸化窒素（16測定局）

16測定局における日平均値の年間98%値は表3のとおり一般局では0.004ppm～0.022ppm、自排局では0.028ppmであり、評価可能なすべての測定局において環境基準（日平均値0.06ppm以下）を達成した。

表3 二酸化窒素の測定結果 (単位：ppm)

市町村	測定局	用途地域	有効測定日数	測定時間	年平均値	1時間値の最高値	1時間値が0.2ppmを超えた時間数とその割合		1時間値が0.1ppm以上0.2ppm以下の時間数とその割合		日平均値が0.06ppmを超えた日数とその割合		日平均値が0.04ppm以上0.06ppm以下の日数とその割合		日平均値の年間98%値	98%値評価による日平均値が0.06ppmを超えた日数
			(日)	(時間)	(ppm)	(ppm)	(時間)	(%)	(時間)	(%)	(日)	(%)	(日)	(%)	(ppm)	(日)
山形市	山形十日町	商	360	8,611	0.009	0.047	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.022	0
	山形飯田	住	365	8,708	0.009	0.042	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.020	0
天童市	天童老野森	住	358	8,543	0.007	0.043	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.018	0
上山市	上山元城内	住	366	8,712	0.005	0.035	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.013	0
寒河江市	寒河江西根	住	365	8,692	0.004	0.039	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.012	0
村山市	村山橋岡笛田	未	365	8,719	0.004	0.030	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.011	0
米沢市	米沢金池	住	363	8,650	0.005	0.048	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.015	0
長井市	長井高野	住	365	8,704	0.004	0.040	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.011	0
酒田市	酒田若浜	住	366	8,701	0.003	0.036	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.007	0
	酒田光ヶ丘	住	366	8,697	0.003	0.032	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.007	0
	酒田上田	未	365	8,691	0.002	0.019	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.004	0
遊佐町	遊佐	住	366	8,702	0.002	0.030	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.005	0
庄内町	余目	住	366	8,702	0.004	0.031	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.008	0
鶴岡市	鶴岡錦町	住	249	5,961	0.005	0.039	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.012	0
新庄市	新庄下田	住	287	6,842	0.004	0.042	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.014	0
山形市	山形下山家(自排)	住	366	8,707	0.014	0.052	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.028	0

※「98%値評価による日平均値が0.06ppmを超えた日数」とは、1年間の日平均値のうち低い方から98%の範囲にあって、かつ、0.06ppmを超えたものの日数である。

(4) 光化学オキシダント（8測定局）

8測定局における昼間の1時間値の最高値は0.089ppm～0.103ppmであり、全ての測定局において環境基準（1時間値0.06ppm以下）を超え、昼間の1時間値が0.06ppmを超えた日数は、表4のとおり46日～68日で酒田若浜局が最も多かった。（全国の環境基準超過率 100%（平成26年度））

表4 光化学オキシダントの測定結果

（単位：ppm）

市町村	測定局	用途地域	昼間測定日数	昼間測定時間	昼間の1時間値の年平均値	昼間の1時間値が0.06ppmを超えた日数と時間数		昼間の1時間値が0.12ppmを超えた日数と時間数		昼間の1時間値の最高値	昼間の日最高1時間値の年平均値
			(日)	(時間)	(ppm)	(日)	(時間)	(日)	(時間)	(ppm)	(ppm)
山形市	山形十日町	商	366	5,414	0.037	65	439	0	0	0.095	0.049
寒河江市	寒河江西根	住	366	5,415	0.036	62	412	0	0	0.090	0.047
村山市	村山楯岡笛田	未	366	5,430	0.036	52	340	0	0	0.094	0.046
米沢市	米沢金池	住	365	5,400	0.038	62	452	0	0	0.089	0.049
長井市	長井高野	住	306	4,516	0.035	46	320	0	0	0.093	0.044
酒田市	酒田若浜	住	366	5,426	0.042	68	472	0	0	0.096	0.050
鶴岡市	鶴岡錦町	住	366	5,424	0.040	61	437	0	0	0.103	0.049
新庄市	新庄下田	住	357	5,283	0.036	54	370	0	0	0.098	0.047

※昼間とは、5時から20時までの時間帯をいう。したがって、昼間の1時間値は、6時から20時までである。

(5) 微小粒子状物質 (PM2.5) (13測定局)

13測定局における年平均値は表5のとおり $8.7\mu\text{g}/\text{m}^3\sim 11.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、長期的評価のうち長期基準に対して全ての測定局において環境基準(年平均値 $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下)を達成した。

また、日平均値の年間98%値は $24.6\mu\text{g}/\text{m}^3\sim 33.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、長期的評価のうち短期基準に対して、全ての測定局において環境基準(日平均値 $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下)を達成した。

表5 微小粒子状物質 (PM2.5) の測定結果

(単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

市町村	測定局	用途地域	有効測定日数	年平均値	日平均値の年間98%値
			(日)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
山形市	山形十日町	商	361	10.7	28.0
天童市	天童老野森	住	360	11.4	33.3
上山市	上山元城内	住	364	9.7	27.6
寒河江市	寒河江西根	住	364	9.4	24.9
村山市	村山楯岡笛田	未	362	9.0	29.1
米沢市	米沢金池	住	361	8.7	24.6
長井市	長井高野	住	363	9.3	25.9
酒田市	酒田光ヶ丘	住	360	9.3	27.0
遊佐町	遊佐	住	364	9.0	25.0
庄内町	余目	住	363	9.8	29.4
鶴岡市	鶴岡錦町	住	363	10.6	31.6
新庄市	新庄下田	住	352	10.0	27.8
山形市	山形下山家(自排)	住	364	11.3	30.3

(6) 一酸化炭素 (自動車排出ガス測定局)

日平均値の2%除外値は表6のとおり0.5ppmであり、長期的評価により環境基準(日平均値10ppm以下)を達成した。

表6 一酸化炭素の測定結果

(単位: ppm)

市町村	測定局	用途地域	有効測定日数	測定時間	年平均値	8時間値が20ppmを超えた回数とその割合		日平均値が10ppmを超えた日数とその割合		1時間値が30ppm以上となったことがある日数とその割合		1時間値の最高値	日平均値の2%除外値	日平均値が10ppmを超えた日が2日以上連続したことの有無	環境基準の長期的評価による日平均値が10ppmを超えた日数
			(日)	(時間)	(ppm)	(回)	(%)	(日)	(%)	(日)	(%)	(ppm)	(ppm)	(有×・無○)	(日)
山形市	山形下山家	住	366	8,730	0.2	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	0.5	○	0

※「環境基準の長期的評価による日平均値が10ppmを超えた日数」とは、日平均値の高い方から2%の範囲の日平均値を除外した後の日平均値のうち10ppmを超えた日数である。ただし、日平均値が10ppmを超えた日が2日以上連続した延日数のうち、2%除外該当日に入っている日数分については除外しない。

(7) 非メタン炭化水素（自動車排出ガス測定局）

非メタン炭化水素について、午前6時～9時の3時間平均値の最高値は表7のとおり0.30ppmCであり、指針値（光化学オキシダント生成防止のための大気中濃度として午前6時～9時の3時間平均値が0.20ppmC～0.31ppmC以下）の0.20ppmCを超えた日数が11日（3.1%）あった。

表7 非メタン炭化水素の測定結果 (単位：ppm)

市町村	測定局	用途地域	測定時間	年平均値	6～9時 における 年平均値	6～9時 測定日数	6～9時3時間平均値		6～9時3時間平均値が 0.20ppmCを超えた 日数とその割合		6～9時3時間平均値が 0.31ppmCを超えた 日数とその割合	
							最高値	最低値	(日)	(%)	(日)	(%)
			(時間)	(ppmC)	(ppmC)	(日)	(ppmC)	(ppmC)	(日)	(%)	(日)	(%)
山形市	山形下山家	住	8,562	0.10	0.11	356	0.30	0.04	11	3.1	0	0.0

(8) まとめ

一般環境大気測定局15局及び自動車排出ガス測定局1局において測定を行った。

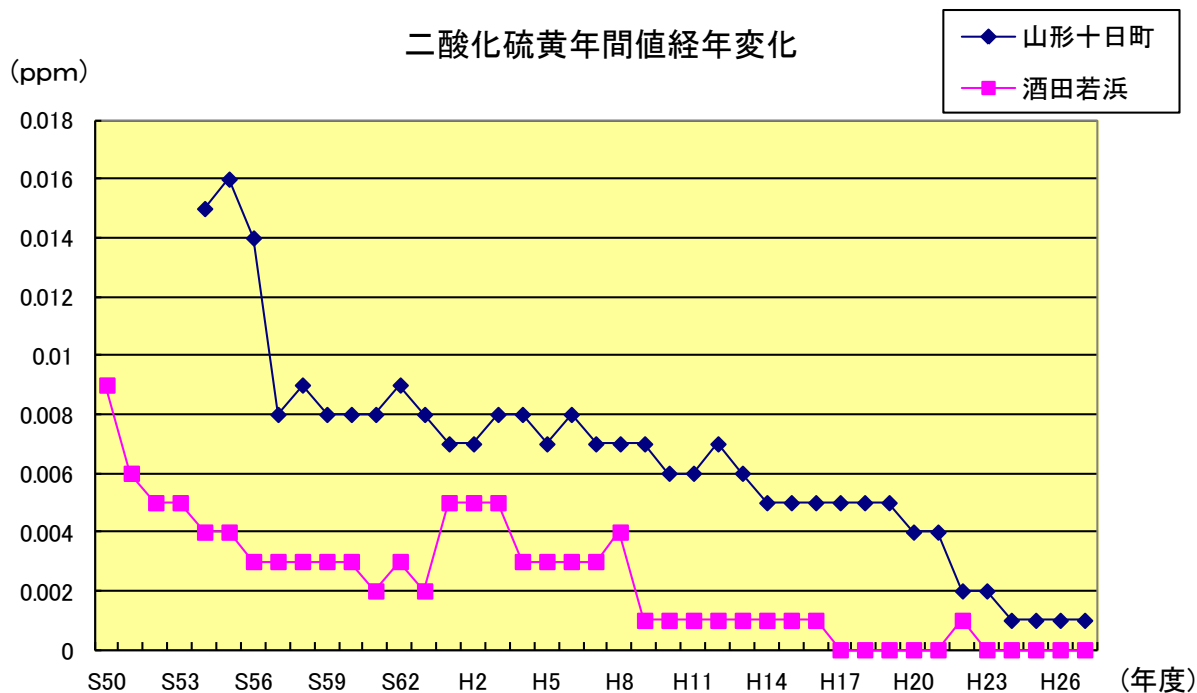
二酸化硫黄、浮遊粒子状物質、微小粒子状物質及び一酸化炭素については、長期的評価によりすべての測定局において環境基準を達成した。なお、二酸化窒素については、評価可能なすべての測定局において環境基準を達成した。

光化学オキシダントについては、全ての測定局において環境基準を達成できなかった。

2 大気汚染の経年変化

山形県では、酒田若浜局で昭和50年度から、山形十日町局で昭和54年度から、山形下山家局で平成6年度から環境大気の監視測定を行っており、その経年的推移は次のとおりである。

(1) 二酸化硫黄年間値経年変化（年平均値）



(単位: ppm)

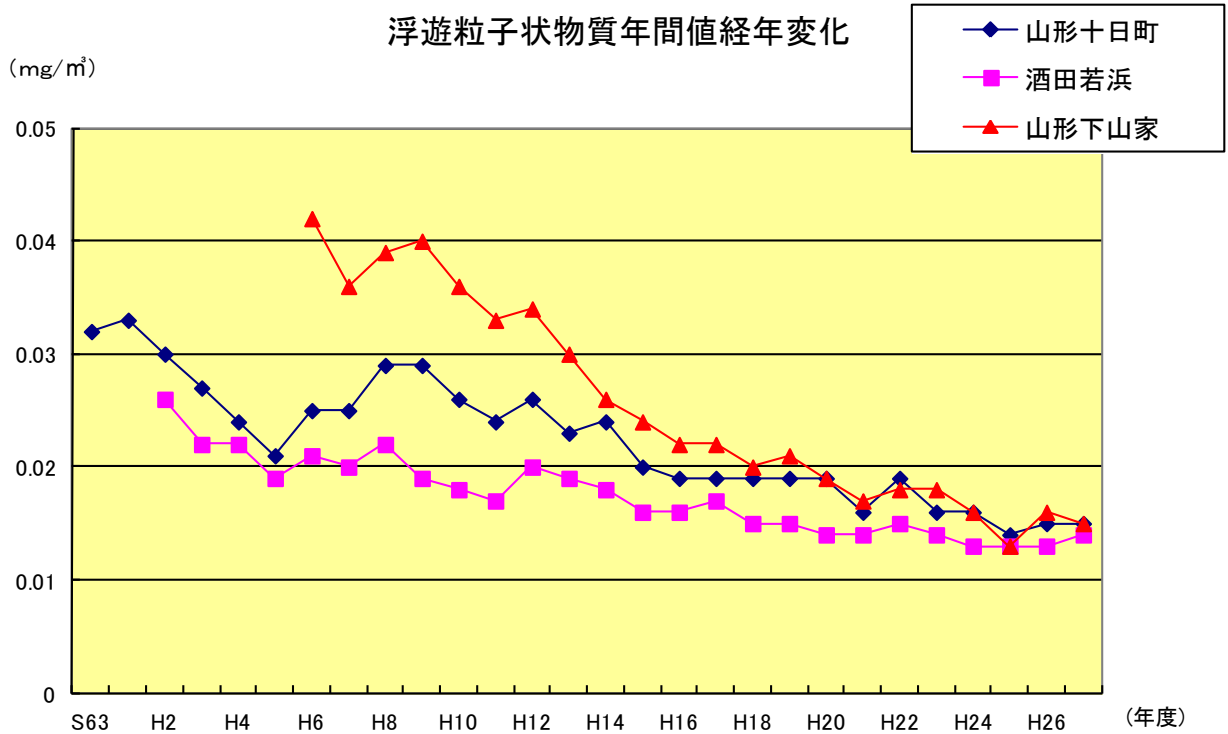
年度	S50	S51	S52	S53	S54	S55	S56	S57	S58	S59	S60	S61
山形十日町	—	—	—	—	0.015	0.016	0.014	0.008	0.009	0.008	0.008	0.008
酒田若浜	0.009	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002

年度	S62	S63	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10
山形十日町	0.009	0.008	0.007	0.007	0.008	0.008	0.007	0.008	0.007	0.007	0.007	0.006
酒田若浜	0.003	0.002	0.005	0.005	0.005	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.001	0.001

年度	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22
山形十日町	0.006	0.007	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.002
酒田若浜	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001

年度	H23	H24	H25	H26	H27
山形十日町	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001
酒田若浜	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

(2) 浮遊粒子状物質年間値経年変化 (年平均値)



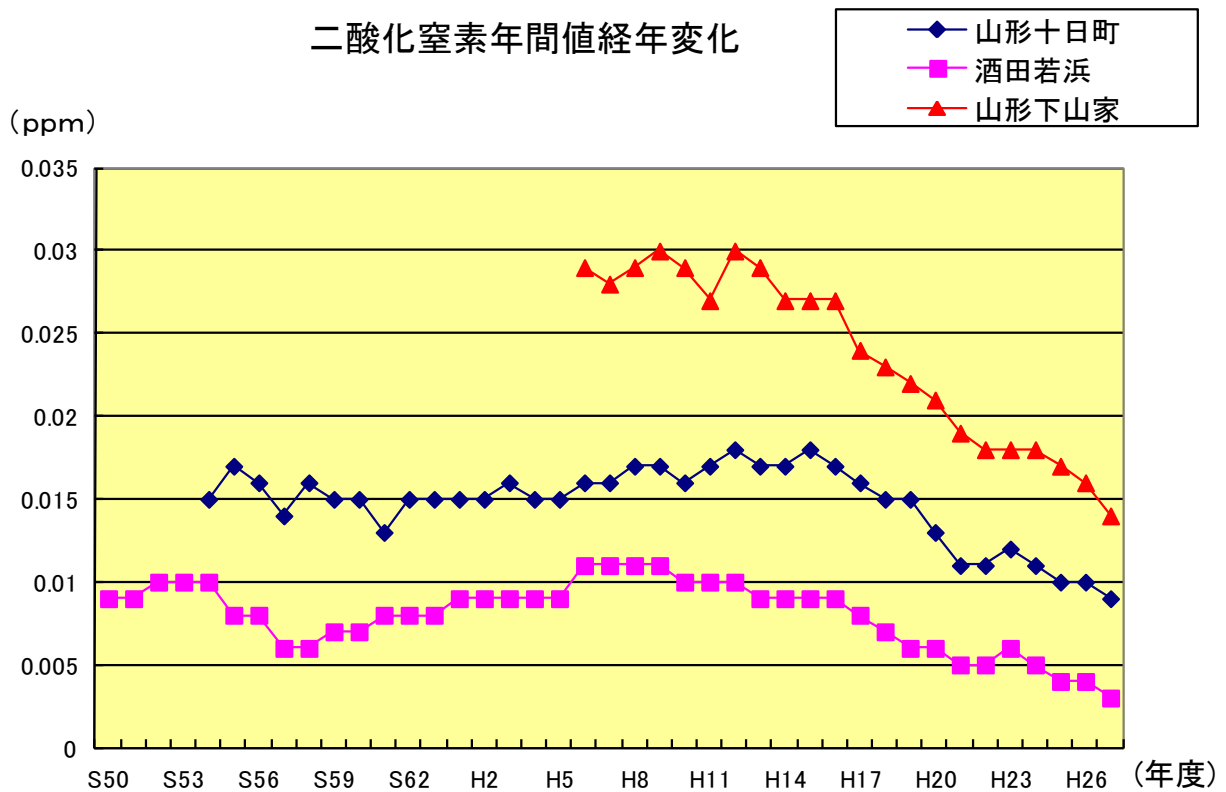
(単位:mg/m³)

年度	S63	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10
山形十日町	0.032	0.033	0.030	0.027	0.024	0.021	0.025	0.025	0.029	0.029	0.026
酒田若浜	—	—	0.026	0.022	0.022	0.019	0.021	0.020	0.022	0.019	0.018
山形下山家	—	—	—	—	—	—	0.042	0.036	0.039	0.040	0.036

年度	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21
山形十日町	0.024	0.026	0.023	0.024	0.020	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.016
酒田若浜	0.017	0.020	0.019	0.018	0.016	0.016	0.017	0.015	0.015	0.014	0.014
山形下山家	0.033	0.034	0.030	0.026	0.024	0.022	0.022	0.020	0.021	0.019	0.017

年度	H22	H23	H24	H25	H26	H27
山形十日町	0.019	0.016	0.016	0.014	0.015	0.015
酒田若浜	0.015	0.014	0.013	0.013	0.013	0.014
山形下山家	0.018	0.018	0.016	0.013	0.016	0.015

(3) 二酸化窒素年間値経年変化



(単位:ppm)

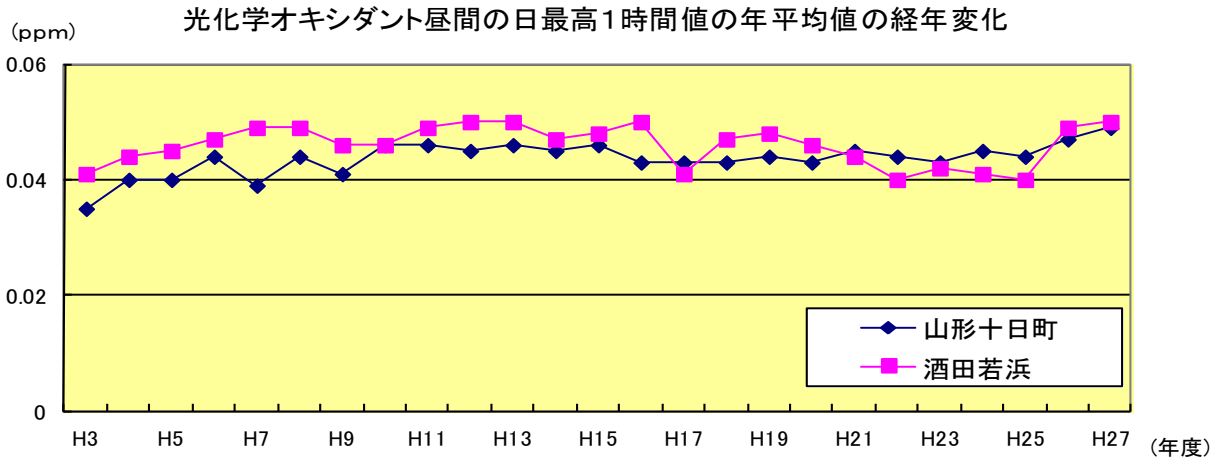
年度	S50	S51	S52	S53	S54	S55	S56	S57	S58	S59	S60	S61
山形十日町	—	—	—	—	0.015	0.017	0.016	0.014	0.016	0.015	0.015	0.013
酒田若浜	0.009	0.009	0.010	0.010	0.010	0.008	0.008	0.006	0.006	0.007	0.007	0.008
山形下山家	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

年度	S62	S63	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10
山形十日町	0.015	0.015	0.015	0.015	0.016	0.015	0.015	0.016	0.016	0.017	0.017	0.016
酒田若浜	0.008	0.008	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.011	0.011	0.011	0.011	0.010
山形下山家	—	—	—	—	—	—	—	0.029	0.028	0.029	0.030	0.029

年度	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22
山形十日町	0.017	0.018	0.017	0.017	0.018	0.017	0.016	0.015	0.015	0.013	0.011	0.011
酒田若浜	0.010	0.010	0.009	0.009	0.009	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005
山形下山家	0.027	0.030	0.029	0.027	0.027	0.027	0.024	0.023	0.022	0.021	0.019	0.018

年度	H23	H24	H25	H26	H27
山形十日町	0.012	0.011	0.010	0.010	0.009
酒田若浜	0.006	0.005	0.004	0.004	0.003
山形下山家	0.018	0.018	0.017	0.016	0.014

(4) 光化学オキシダント昼間の日最高1時間値の年平均値の経年変化



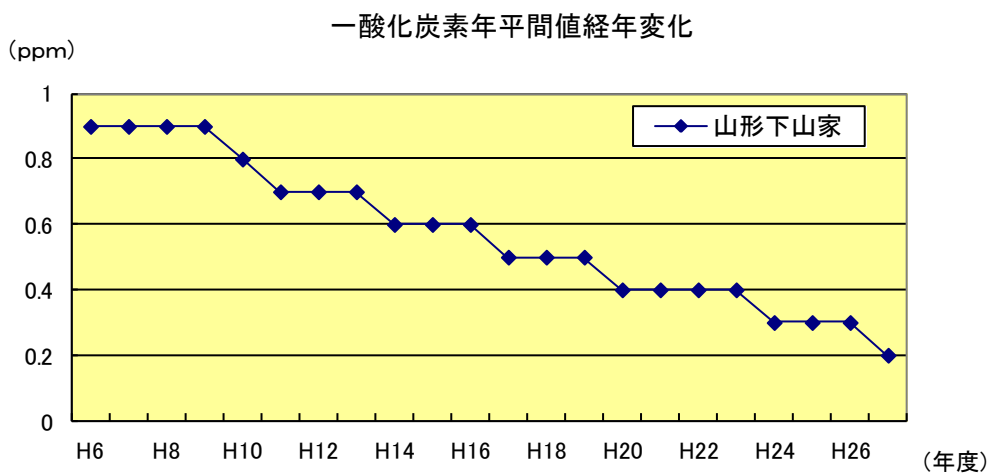
(単位：ppm)

年度	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12
山形十日町	0.035	0.040	0.040	0.044	0.039	0.044	0.041	0.046	0.046	0.045
酒田若浜	0.041	0.044	0.045	0.047	0.049	0.049	0.046	0.046	0.049	0.050

年度	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22
山形十日町	0.046	0.045	0.046	0.043	0.043	0.043	0.044	0.043	0.045	0.044
酒田若浜	0.050	0.047	0.048	0.050	0.041	0.047	0.048	0.046	0.044	0.040

年度	H23	H24	H25	H26	H27
山形十日町	0.043	0.045	0.044	0.047	0.049
酒田若浜	0.042	0.041	0.040	0.049	0.050

(5) 一酸化炭素測定値経年変化 (年平均値)

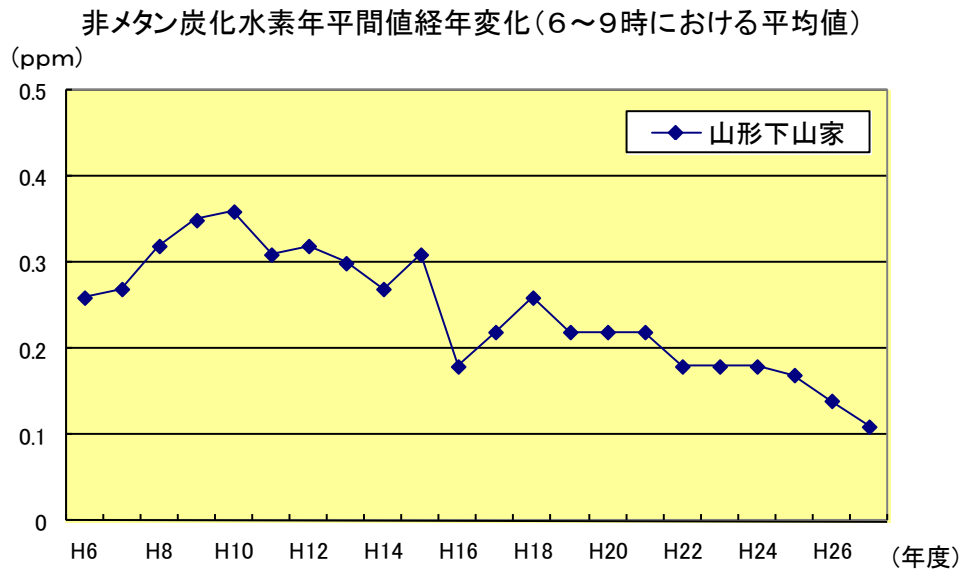


(単位：ppm)

年度	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21
山形下山家	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4

年度	H22	H23	H24	H25	H26	H27
山形下山家	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2

(6) 非メタン炭化水素年間値経年変化（6～9時における平均値、年平均値）



(単位：ppm)

年度	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21
山形下山家	0.26	0.27	0.32	0.35	0.36	0.31	0.32	0.30	0.27	0.31	0.18	0.22	0.26	0.22	0.22	0.22

年度	H22	H23	H24	H25	H26	H27
山形下山家	0.18	0.18	0.18	0.17	0.14	0.11

(4) 平成27年度有害大気汚染物質モニタリング調査結果

(大気環境部)

大気汚染防止法第18条の24及び第22条の規定により、有害大気汚染物質による大気の汚染状況を把握するため実施した。

1 平成27年度調査結果

ベンゼン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン及びジクロロメタンの4物質については環境基準が設定されている。平成27年度の結果を環境基準と比較すると、表1のとおりであり、いずれも環境基準を達成した。また、環境基準値が設定されていない物質のうち指針値が設定されている測定物質についても、全て指針値を下回った。

表1 平成27年度測定結果

(単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、重金属類は ng/m^3)

対象物質	測定地点の年平均値			環境基準値
	山形十日町 (山形市)	酒田若浜 (酒田市)	天童市中里 (天童市)	
ベンゼン	0.94	0.72	0.98	3
ジクロロメタン	1.2	0.67	3.0	150
テトラクロロエチレン	0.056	0.037		200
トリクロロエチレン	1.4	0.063	2.0	200
塩化ビニルモノマー	0.024	0.022		(10)
クロロホルム	0.21	0.18		(18)
1,2-ジクロロエタン	0.15	0.13		(1.6)
1,3-ブタジエン	0.075	0.052		(2.5)
アクリロニトリル	0.013	0.010		(2)
水銀及びその化合物	2.2	2.3		(40)
ニッケル化合物	1.1	1.3		(25)
ヒ素及びその化合物	2.0	1.9		(6)
マンガン及びその化合物	16	8.0		(140)

※基準値の()は指針値を示す。

(5) 平成27年度酸性雨大気汚染調査結果

(大気環境部)

酸性雨とは、一般に水素イオン濃度(pH)が5.6以下の雨水をいい、大気汚染物質である硫黄酸化物や窒素酸化物が原因となり生じている。

本調査は、県内における雨水や雪等の汚染状況を把握することにより、今後の酸性雨対策に資することを目的として、山形市(平成3年度から)及び村山市(平成27年度から)において実施している。

1 pH及びイオン成分濃度等

pH、電気伝導率(EC)及びイオン成分濃度の年平均値(降水量による加重平均)は表1のとおりであり、pHは山形市が5.04(4.49~5.67)^(注-1)、村山市が4.88(4.45~5.18)であった。全国平均値は4.72(4.60~5.21)^(注-2)であり、両地点とも全国平均値よりやや高い値であった。

NO_3^- 、 NH_4^+ 、 nss-SO_4^{2-} は山形市と村山市で同程度の値であったが、 nss-Ca^{2+} は山形市より村山市の方が低かった。

(注-1)範囲は、年間に採取された試料についての最低値及び最高値を示した(以下、同じ)。

(注-2)「全国平均値」とは環境省の越境大気汚染・酸性雨長期モニタリング報告書(平成26年3月)から引用した値であり、範囲は、各地点の平均値の最低値及び最高値を示した。なお、環境省の越境汚染・酸性雨長期モニタリング調査は、本県で行っている調査とは調査期間、捕集方法が異なることから同一条件ではないが、参考として比較している。

表1 pH、EC及びイオン成分濃度の年平均値

地点	pH	EC	SO_4^{2-}	NO_3^-	Cl^-	NH_4^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	nssSO_4^{2-}	nssCa^{2+}
		$\mu\text{S/cm}$	$\mu\text{eq/l}$									
山形市	5.04	14.8	28.5	16.4	36.8	20.6	32.5	13.9	8.7	1.7	24.6	12.4
村山市	4.88	17.9	27.7	15.4	56.0	17.1	48.0	9.8	12.3	2.2	22.0	7.7

※「nss」は non-sea-saltの略で、海塩に由来しないイオン濃度を表す。

2 各イオン成分の沈着量(水溶性)

各イオン成分の沈着量(当量濃度と降水量の積)を表2に示した。

H^+ 沈着量について、村山市は山形市の約2倍の値を示したが、全国平均値は $35.4\text{meq/m}^2/\text{y}$ ($9.4\sim 93.3\text{meq/m}^2/\text{y}$)であり、両地点ともに全国平均値より低い値を示した。酸性成分(nss-SO_4^{2-} 、 NO_3^-)及び中和成分(NH_4^+ 、 nss-Ca^{2+})については、山形市と村山市でほぼ同程度であった。山形市の年沈着量は、全ての項目で平成3年度の観測以降、最低の値となった。

表2 イオン成分の年沈着量(水溶性)

地点	H^+	SO_4^{2-}	NO_3^-	Cl^-	NH_4^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	nssSO_4^{2-}	nssCa^{2+}
	$\text{meq/m}^2/\text{y}$										
山形市	7.9	24.6	14.2	31.8	17.8	28.1	12.0	7.5	1.5	21.2	10.7
村山市	14.4	30.0	16.6	60.5	18.4	51.8	10.6	13.3	2.3	23.7	8.3

(6) 平成27年度航空機騒音測定結果

(大気環境部)

平成27年度山形空港航空機騒音測定結果

山形空港周辺地域における航空機騒音の測定結果は表1のとおりで、平成27年度は各監視地点で環境基準（時間帯補正等価騒音レベル（ L_{den} ）62dB以下）を達成した。なお、各監視地点を図1に、測定結果の経年変化を図2及び表2に示した。

表1 山形空港航空機騒音監視結果

監視地点	測定日別測定結果 (L_{den} (dB))								L_{den} (dB) (7日間)
	11/3~11/9	45.0	43.3	46.3	46.8	45.6	45.8	45.7	
地点1	11/3~11/9	45.0	43.3	46.3	46.8	45.6	45.8	45.7	46
地点5	11/3~11/9	46.6	50.7	49.7	48.9	47.2	48.1	47.7	49
地点6	11/3~11/9	48.1	48.9	50.3	49.7	49.9	49.0	48.6	49
地点8	11/3~11/9	30.7	46.3	46.2	44.3	43.9	31.9	41.1	43

※ L_{den} (7日間)は、測定期間(7日間)の L_{den} のパワー平均値である。



図1 山形空港周辺航空機騒音監視地点

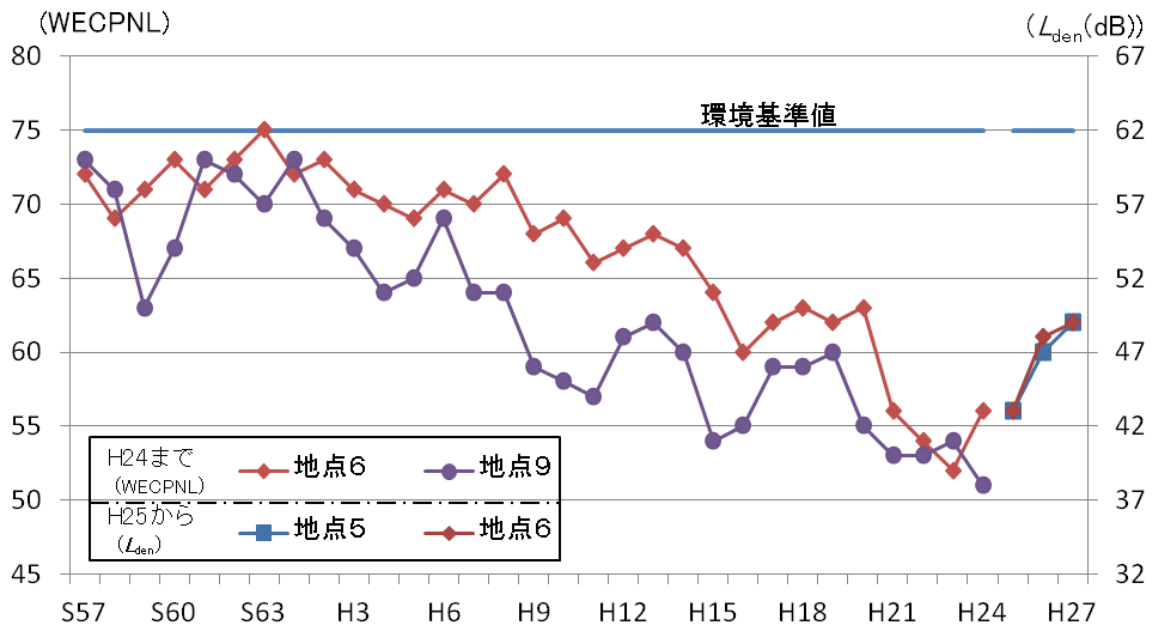


図2 山形空港航空機騒音測定結果の経年変化図

表2 山形空港航空機騒音測定結果の経年変化表

(WECPNL)

年度	S57	S58	S59	S60	S61	S62	S63	H1	H2	H3
地点6	72	69	71	73	71	73	75	72	73	71
地点9	73	71	63	67	73	72	70	73	69	67

年度	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13
地点6	70	69	71	70	72	68	69	66	67	68
地点9	64	65	69	64	64	59	58	57	61	62

年度	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24
地点6	67	64	60	62	63	62	63	56	54	52	56
地点9	60	54	55	59	59	60	55	53	53	54	51

(L_{den}(dB))

年度	H25	H26	H27
地点5	43	47	49
地点6	43	48	49

(7) 平成27年度環境大気常時監視 (PM_{2.5}成分分析) 結果

(大気環境部)

大気汚染防止法第22条の規定に基づき、微小粒子状物質 (PM_{2.5}) の成分分析を行った。概要は以下のとおりである。

1 測定地点

測定地点は下表のとおりである。

測定地点名	所在地	備考
村山楯岡笛田	村山市楯岡笛田3丁目2-1	環境科学研究センター敷地内
鶴岡錦町	鶴岡市錦町6-60	山形県鶴岡第5職員アパート敷地内

2 測定頻度及び測定時期

四季ごとに14日間、各日0時から翌日の0時まで24時間の試料採取を実施した。

春季：平成27年5月7日(木)～5月20日(水)

夏季：平成27年7月22日(水)～8月4日(火)(※)

秋季：平成27年10月21日(水)～11月3日(火)

冬季：平成28年1月20日(水)～2月2日(火)

(※) 鶴岡：7月24日～8月6日

3 調査項目等

調査項目、測定項目及び各調査項目の測定方法は下表のとおり。

調査項目	測定項目	測定方法
質量濃度	質量濃度	フィルター捕集-質量法
炭素成分分析	有機炭素成分 (OC1、OC2、OC3、OC4) 無機炭素成分 (EC1、EC2、EC3) 炭化補正值 (OCpyro) ：計8項目	サーマルオプティカル・リフレクタンス法
無機元素成分分析	ナトリウム Na、アルミニウム Al、カリウム K、カルシウム Ca、スカンジウム Sc、チタン Ti、バナジウム V、クロム Cr、マンガン Mn、鉄 Fe、コバルト Co、ニッケル Ni、銅 Cu、亜鉛 Zn、ヒ素 As、セレン Se、ルビジウム Rb、モリブデン Mo、アンチモン Sb、セシウム Cs、バリウム Ba、ランタン La、セリウム Ce、サマリウム Sm、ハフニウム Hf、タングステン W、タンタル Ta、トリウム Th、鉛 Pb ：計29項目	酸分解/ICP-MS法
イオン成分分析	硫酸イオン SO ₄ ²⁻ 、硝酸イオン NO ₃ ⁻ 、塩化物イオン Cl ⁻ 、ナトリウムイオン Na ⁺ 、カリウムイオン K ⁺ 、カルシウムイオン Ca ²⁺ 、マグネシウムイオン Mg ²⁺ 、アンモニウムイオン NH ₄ ⁺ ：計8項目	イオンクロマトグラフ法

4 測定結果

質量濃度の平均値は村山で $11.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、鶴岡で $11.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。PM_{2.5} の主要成分は、村山・鶴岡ともに炭素成分とイオン成分であった。また、村山と鶴岡の成分濃度を比較すると、炭素成分濃度は村山の方が高く、イオン成分濃度は鶴岡の方が高い傾向にあった。

季節別に見ると、炭素成分濃度は村山・鶴岡ともに春季に高く、夏季から冬季にかけて漸減する傾向にあった。また、イオン成分濃度は村山・鶴岡ともに夏季に高くなる傾向にあった。

(単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

		質量濃度	炭素成分	無機元素成分	イオン成分	その他成分
村山	春季	13.7	5.0	0.67	5.8	2.9
	夏季	14.6	4.5	0.31	7.6	2.5
	秋季	10.1	4.7	0.39	2.9	2.5
	冬季	5.6	1.9	0.19	3.3	0.4
	年間	11.0	4.0	0.41	4.9	2.1
鶴岡	春季	13.9	4.2	0.61	6.2	3.5
	夏季	15.7	3.7	0.34	9.3	2.7
	秋季	9.2	3.9	0.46	2.9	2.4
	冬季	6.0	2.0	0.28	3.3	0.8
	年間	11.2	3.5	0.43	5.4	2.3

注1) イオン成分と無機元素成分に一部重複する項目があることから、質量濃度から炭素成分とイオン成分を差し引いたものをその他成分とした。

注2) 端数処理の関係で各成分の合計が質量濃度と異なる場合がある。

注3) 検出下限値未満の値は、検出下限値の 1/2 として扱い算出した。

注4) 夏季の集計は、村山・鶴岡ともにサンプリングを行った7月24日～8月4日のデータを使用した。

(8) 公共用水域水質測定結果

(水環境部)

1 平成 27 年度公共用水域の結果

平成27年度公共用水域水質測定計画に基づき、国土交通省、県及び山形市が分担して58河川、103地点の水質測定を行った。

(1) 「人の健康の保護に係る環境基準」に定める項目（健康項目）について

57 地点（河川 40 地点、湖沼 9 地点、海域 8 地点）において測定した結果、カドミウムは 1 地点（背坂川）で環境基準値を超過したが、その他の地点では環境基準を達成した。

なお、カドミウムの環境基準は、平成 23 年度に 0.01mg/L から 0.003mg/L に強化されたが、背坂川における過去 5 年間の測定値は同程度の濃度で推移している。

(2) 「生活環境の保全に関する環境基準」に定める項目（生活環境項目）について

81 水域 103 地点（河川 76 地点、湖沼 9 地点、海域 18 地点）で測定した。このうち、類型指定している 53 水域中、3 地点（酒田港 No6、7、9）でCODが環境基準値を超過したが、その他の地点では環境基準を達成した。

なお、「水生生物の保全に係る環境基準」に定める項目（水生生物項目）については、類型指定を行っている 4 水域 4 地点で測定し、全ての地点で環境基準を達成した。

(3) 要監視項目について

ダイアジノン、フェニトロチオン、イソプロチオランについて、10 河川 10 地点で年 1 回又は年 2 回測定した結果、検出された項目はなかった。

(4) きれいな川・汚れた川

BOD値が低いきれいな河川及びBOD値が高い汚れた河川は、それぞれ表 1 及び表 2 のとおりである。汚れた河川はいずれも市街地を流れる中小河川である。

表 1 きれいな川（BOD75%値による順位）

単位：mg/L

平成 27 年度				<参考>平成 26 年度			
順位	BOD 値	河川名	地点名（所在地）	順位	BOD 値	河川名	地点名（所在地）
	<0.5	須川	睦合橋（山形市）	1	<0.5	鮭川	八千代橋（真室川町）
		寒河江川 上流	高瀬橋（西川町）			赤川	東橋（鶴岡市）
		寒河江川 下流	溝延橋（河北町）			羽黒川	羽黒川橋（米沢市）
		日向川	日向橋（酒田市）				
		荒川	赤芝発電所（小国町）				
		馬見ヶ崎 川	妙見寺（山形市）				

	立谷沢川	東雲橋（庄内町）
	立谷川	山寺橋（山形市）

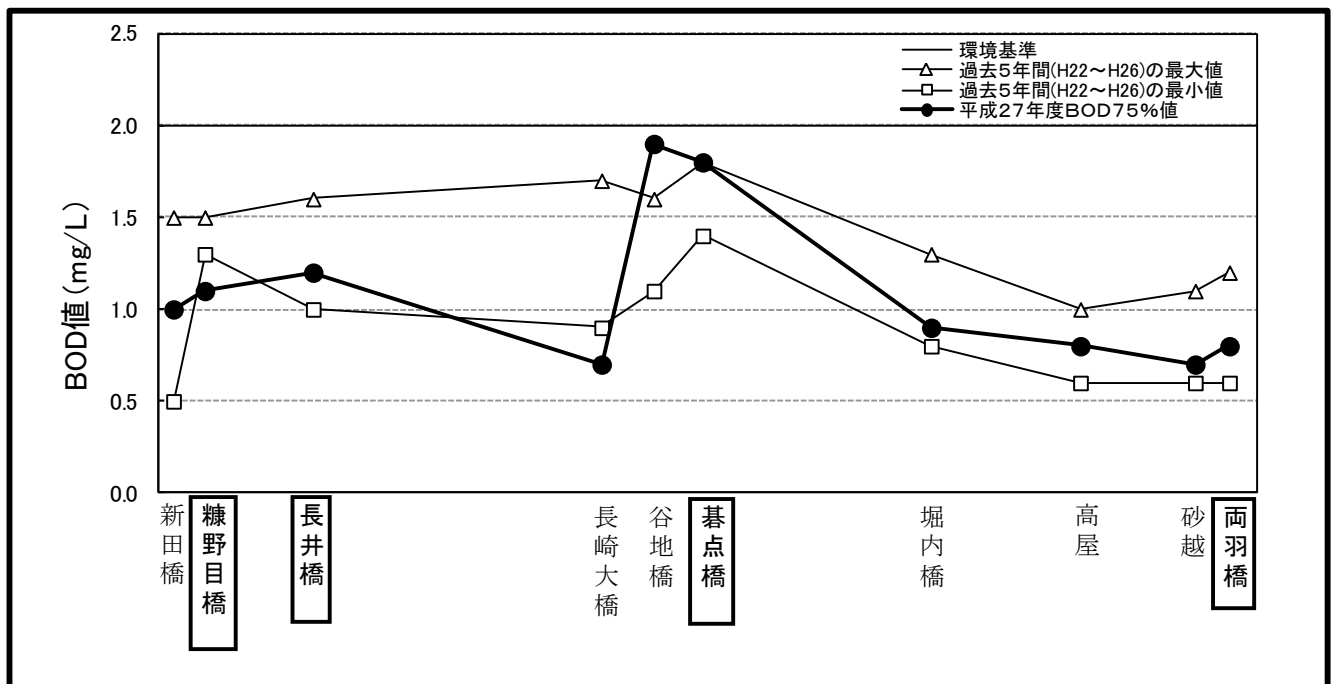
表2 よごれた川（BOD75%値による順位）

単位：mg/L

平成27年度				<参考>平成26年度			
順位	BOD値	河川名	地点名（所在地）	順位	BOD値	河川名	地点名（所在地）
1	15	逆川	逆川橋（山形市）	1	14	逆川	逆川橋（山形市）
2	2.6	升形川	升形橋（新庄市）	2	4.7	沼川	最上川合流前（寒河江市）
3	2.4	沼川	最上川合流前（寒河江市）	3	2.9	小牧川	中島橋（酒田市）

(5) 最上川の水質

最上川の水質をBOD75%値で縦断的にみると、図1及び表3のとおりであり、すべての地点で、環境基準（2mg/L）を達成した。



□ は、環境基準地点を示す。
横軸は地点間の流路距離に対応している。

図1 最上川の水質（BOD値）縦断変化図

表3 最上川の水質（BOD値）

単位：mg/L

測定地点名 (環境基準値)	新田橋	糠野目橋※	長井橋※	長崎大橋	谷地橋	基点橋※	堀内橋	高屋	砂越	両羽橋※
	(2.0)									
平成27年度BOD75%値	1.0	1.1	1.2	0.7	1.9	1.8	0.9	0.8	0.7	0.8
過去5年間（H22～H26）の最大値	1.5	1.5	1.6	1.7	1.6	1.8	1.3	1.0	1.1	1.2
過去5年間（H22～H26）の最小値	0.5	1.3	1.0	0.9	1.1	1.4	0.8	0.6	0.6	0.6

※印は環境基準地点

2 主要河川の水質の経年変化

(1) 最上川

最上川の環境基準地点におけるBOD75%値は図2のとおりである。最上川の水質（BOD値）は、平成元年度以降、上流部（糠野目橋）および下流部（両羽橋）においては長期的に改善の傾向にある。中流部（基点橋）においては、近年徐々に悪化する傾向がみられたが、ここ数年は改善されてきている。

平成22年度から平成27年度まで行った最上川中流部水質調査については、69ページを参照されたい。

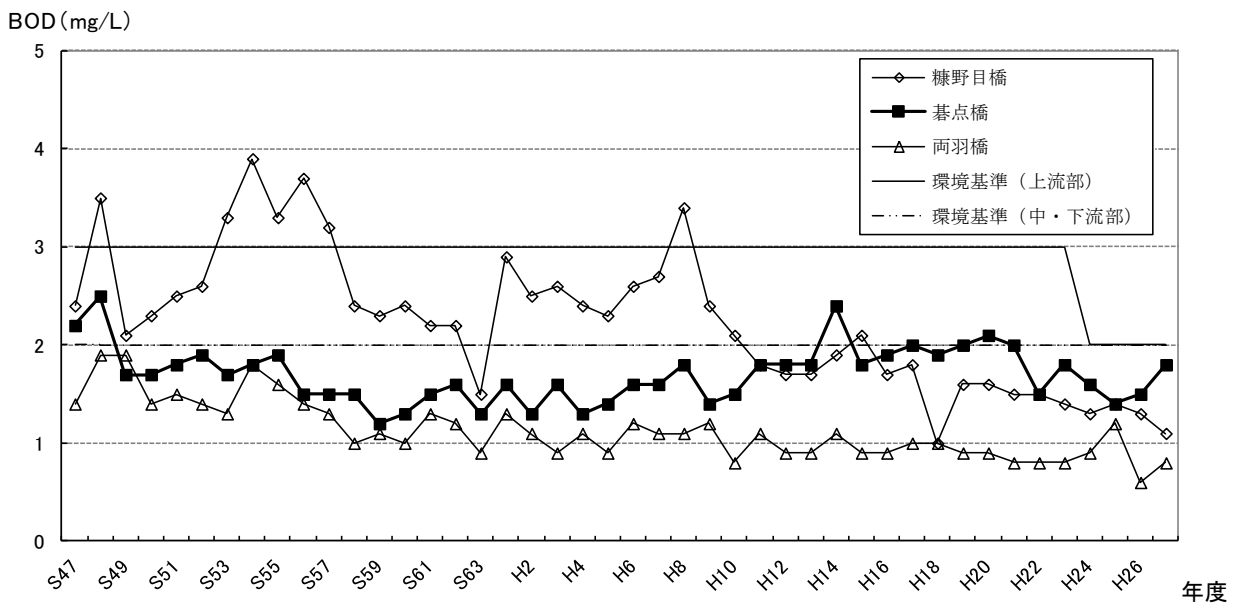


図2 最上川の水質（BOD値）経年変化図

(2) 赤川

赤川の環境基準地点におけるBOD75%値は図3のとおりである。赤川の水質は上流部(東橋)、中流部(蛾眉橋)及び下流部(新川橋)ともに良好な状態が継続している。

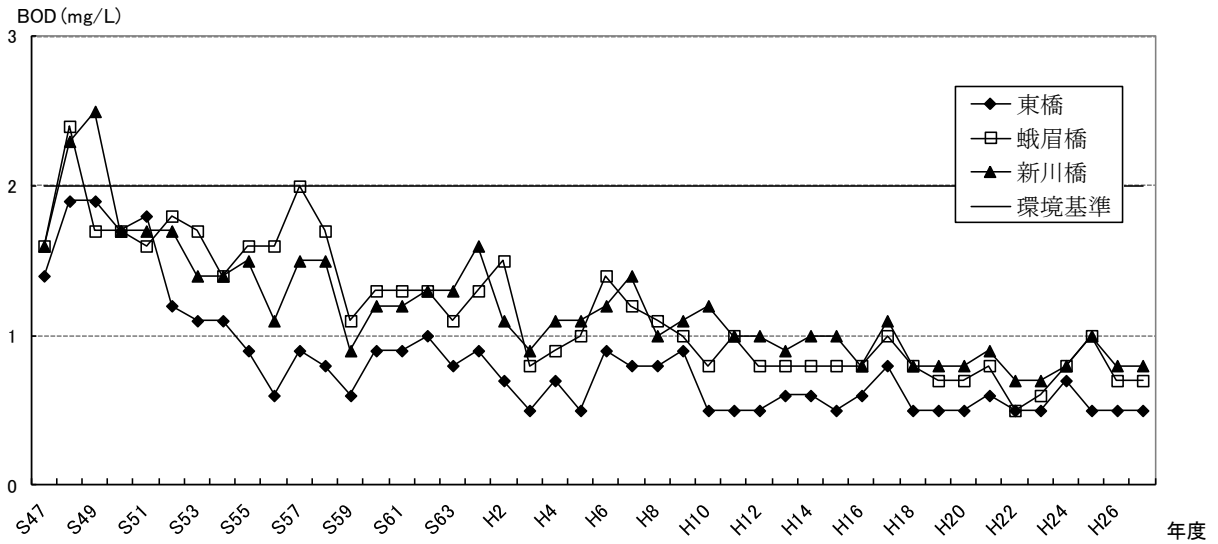


図3 赤川の水質 (BOD値) 経年変化図

(9) 地下水水質測定結果

(水環境部)

1 地下水水質測定計画に基づく調査

(1) 調査の種類

ア 概況調査

地域の全体的な地下水の水質状況を把握するために行う。県内を村山、庄内、最上、置賜の4地区に分け4年で一巡する(ただし、山形市は別途計画)。

イ 汚染井戸周辺地区調査

概況調査等により新たに確認された汚染について、その汚染範囲を把握するために行う。

ウ 継続監視調査

汚染井戸周辺地区調査等により確認された汚染について、継続的な監視を行う。

ただし、砒素、ほう素及びふっ素の汚染については、その原因が自然的要因によるものであり、測定値の変動の少ない地点については概ね4年で一巡する。

(2) 調査地点

表1 地下水水質測定計画調査地点数

調査区分	市町村数	調査地点数
① 概況調査	9 (山形市及び最上地区)	35 (0)
② 汚染井戸周辺地区調査	0	0 (0)
③ 継続監視調査	16	48 (26)
合計	23市町村	83 (26)

※調査地点数の()は、環境基準超過地点数

(3) 測定項目

測定項目は、表2のとおり人の健康の保護に関する環境基準が定められている27項目とした。

表2 水質測定項目

カドミウム、全シアン、鉛、六価クロム、砒素、総水銀、PCB、ジクロロメタン、四塩化炭素、塩化ビニルモノマー、1,2-ジクロロエタン、1,1-ジクロロエチレン、1,2-ジクロロエチレン、1,1,1-トリクロロエタン、1,1,2-トリクロロエタン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、1,3-ジクロロプロペン、チウラム、シマジン、チオベンカルブ、ベンゼン、セレン、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素、ふっ素、ほう素、1,4-ジオキサン
--

(4) 調査結果

ア 概況調査結果

山形市及び庄内地区の9市町村35地点で調査したところ、環境基準値を超過した地点はなかった。

イ 継続監視調査結果

山形市等16市町村の48地点で実施した。

(7) 砒素

砒素については、表3のとおり2市2町の13地点で環境基準値を超過した。

表3 砒素の環境基準超過地点

(単位：mg/L)

調査地区		測定結果		環境基準
		平成27年度	<参考>平成26年度	
米沢市	木場町	0.017	0.009	0.01以下
	信夫町	0.42	0.45	
	成島町	0.30	0.42	
	万世町	0.063	0.052	
	笹野本町	0.043	0.037	
	小野川	0.017	0.014	
	長手	0.024	0.018	
南陽市	三間通	0.099	—*	
	梨郷	0.042	0.035	
高畠町	福沢	0.025	—*	
川西町	上小松1	0.025	—*	
	堀金	0.024	0.013	
	吉田	0.012	0.010	

※4年ごとの測定であり、前回調査は平成23年度

(イ) 揮発性有機塩素化合物

揮発性有機塩素化合物については、表4のとおり、トリクロロエチレンが1市の1地点で、テトラクロロエチレンが2市の4地点で、1,2-ジクロロエチレンが1市1町の2地点で、塩化ビニルモノマーが1市2町の3地点で環境基準値を超過した。

表4 揮発性有機塩素化合物の環境基準超過地点

(単位：mg/L)

調査地区		項目名	測定結果		環境基準
			平成27年度	<参考>平成26年度	
寒河江市	中央工業団地	トリクロロエチレン	0.026	0.069	0.01以下
東根市	三日町	テトラクロロエチレン	0.017	0.0096	0.01以下
米沢市	大町	テトラクロロエチレン	0.019	0.040	0.01以下
	中央		0.020	0.027	
	花沢		0.035	0.013	
長井市	今泉	塩化ビニルモノマー	0.017	0.019	0.002以下
		1,2-ジクロロエチレン	0.12	0.097	0.04以下
高畠町	根岸	塩化ビニルモノマー	0.041	0.0024	0.002以下
		1,2-ジクロロエチレン	0.059	0.007	0.04以下
白鷹町	荒砥乙	塩化ビニルモノマー	0.0025	0.0009	0.002以下

(ウ) 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素

硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素については、表5のとおり2市1町1村の4地点で環境基準値を超過した。

表5 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素の環境基準超過地点 (単位：mg/L)

調査地区		測定結果		環境基準
		平成27年度	<参考>平成26年度	
大蔵村	作之巻	14	15	10以下
南陽市	砂塚	14	21	
鶴岡市	下川	12	13	
遊佐町	藤崎	19	2.2	

(エ) ふっ素

ふっ素については、表6のとおり山形市の1地点で環境基準を超過した。

表6 ふっ素の環境基準超過地点 (単位：mg/L)

調査地区		測定結果		環境基準
		平成27年度	<参考>平成26年度	
山形市	新開	1.0	1.0	0.8以下

2 地下水汚染対策調査

(1) 調査の概要

事業者等が地下水対策を行っている地区において、水質の推移を把握するため継続して調査を行った。

(2) 調査地点

表7 地下水汚染対策調査地点数

調査地区	市町村数	調査地点数
東根市蟹沢地区	1	11 (0)
東根市東根甲地区	1	2 (0)
東根市神町・天童市川原子地区	2	7 (0)
米沢市大町・中央地区	1	9 (5)
鶴岡市西郷・酒田市浜中・遊佐町藤崎地区	3	14 (5)
地点数計		43 (10)

※調査地点数の()は、環境基準超過地点数

(3) 調査結果

ア 東根市蟹沢地区

一般井戸4地点、観測井戸7地点の11地点で揮発性有機塩素化合物の測定を行ったところ、全ての地点で環境基準を達成した。平成23年度以降、急激に濃度が低下しており、近年は概ね環境基準値以下で推移している。

イ 東根市東根甲地区

一般井戸2地点で六価クロムの測定を行ったところ、全ての地点で環境基準を達成した。なお、平成22年度以降は継続して環境基準を達成している。

ウ 東根市神町・天童市川原子地区

一般井戸7地点で硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素の測定を行ったところ、全ての地点で環境基準を達成した。施肥管理、生活排水処理施設の整備、畜産排泄物管理などの対策の効果により、平成22年度以降は環境基準値以下で推移している。

エ 米沢市大町・中央地区

一般井戸9地点で揮発性有機塩素化合物の測定を行ったところ、表8のとおりテトラクロロエチレンが5地点で環境基準値を超過した。

表8 米沢市大町・中央地区の環境基準超過地点 (単位:mg/L)

調査地区		項目名	測定結果		環境基準
			平成27年度	<参考>平成26年度	
米沢市	川井小路	テトラクロロエチレン	0.012	0.014	0.01以下
	大町5		0.019	0.040	
	中央3		0.020	0.027	
	中央5		0.017	0.019	
	春日1		0.029	0.041	

オ 鶴岡市西郷・酒田市浜中・遊佐町藤崎地区

一般井戸14地点で硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素の測定を行ったところ、表9のとおり5地点で環境基準値を超過した。濃度は経年的にほぼ横ばいで推移しており、環境基準値超過の状況が続いている。また、調査時期により濃度の変動が大きい地点もあり、今後もその推移を注視する必要がある。

表9 鶴岡市西郷・酒田市浜中・遊佐町藤崎地区の環境基準超過地点 (単位:mg/L)

調査地区 (地点番号)		項目名	測定結果		環境基準
			平成27年度	<参考>平成26年度	
鶴岡市	下川(鶴21)	硝酸性窒素 及び亜硝酸 性窒素	12	13	10以下
酒田市	浜中(酒5-2)		14	14	
	浜中(酒11)		12	12	
遊佐町	庄泉(遊38)		12	14	
	藤崎(遊48)	19	2.2		

(10) 平成 27 年度環境中ダイオキシン類調査結果

(環境化学部)

ダイオキシン類対策特別措置法に基づき実施した、県内環境中のダイオキシン類の調査結果は以下のとおりである。

なお、毒性等量の算出は世界保健機関（WHO）の毒性等価係数（TEF：2006 年）を用い、定量下限値未満の数値の取扱いについては、次のとおりとした。

- ① 大気、公共用水域（水質及び底質）及び地下水については、検出下限値以上の数値はその測定濃度を用い、検出下限値未満の数値は検出下限値の 1/2 の値を用いて各異性体の毒性等量を算出した。
- ② 土壌については、定量下限値未満の数値を 0 として毒性等量を算出した。

1 大気

大気環境は、一般環境調査として山形十日局、寒河江市役所、尾花沢市役所、米沢検診センターの 4 地点において、年 2 回調査を行った。その結果、いずれも環境基準（0.6pg-TEQ/m³以下）を達成した。

環境省がまとめた「平成 26 年度ダイオキシン類に係る環境調査結果」（以下「全国調査」という。）では、一般環境の平均値は 0.020pg-TEQ/m³であり、今回調査した全ての地点で、全国調査の平均値より低い値であった。

また、調査開始当初の調査結果と比較すると、山形十日町局が平成 11 年度の約 1/7（図 1）、寒河江市役所が平成 11 年度の約 1/8、尾花沢市役所が平成 14 年度の約 1/2、米沢検診センターが平成 15 年度と同程度であった。

大気中のダイオキシン類測定結果

(単位:pg-TEQ/m³)

区分	測定地点名	採取年月日	測定値	年平均値
一般環境	山形十日町局 (山形市十日町)	H27. 8. 4 ~ 11(夏季)	0.012	0.014
		H27.12. 3 ~ 10(冬季)	0.015	
一般環境	寒河江市役所 (寒河江市中央)	H27. 8. 5 ~ 12(夏季)	0.010	0.013
		H27.12. 1 ~ 8(冬季)	0.015	
一般環境	尾花沢市役所 (尾花沢市若葉町)	H27. 8. 5 ~ 12(夏季)	0.021	0.017
		H27.12. 1 ~ 8(冬季)	0.013	
一般環境	米沢検診センター (米沢市西大通)	H27. 8. 4 ~ 11(夏季)	0.015	0.016
		H27.12. 3 ~ 10(冬季)	0.016	
			環境基準	0.6

**** 参考 ****

<全国調査との比較>

(単位:pg-TEQ/m³)

	平均値	最小値	～	最大値
大気平均値(最小値～最大値)	0.015	0.013	～	0.017
平成26年度全国調査	0.021	0.0036	～	0.42
〃 (一般環境)	0.020	0.0037	～	0.42

注) 数値は、年2回以上の調査が実施された地点のものである。

<過去の測定結果>

(単位:pg-TEQ/m³)

測定地点名	年度	測定値				年平均値	備考
		春季	夏季	秋季	冬季		
山形十日町局	H11	-	0.13	-	0.072	0.10	24時間採取/年2回
	H12	0.034	0.051	0.030	0.044	0.040	24時間採取
	H15	0.029	0.029	0.020	0.032	0.028	
	H17	0.016	0.019	0.019	0.022	0.019	
	H19	0.012	0.015	0.027	0.036	0.022	
	H21	0.012	0.011	0.012	0.019	0.014	
	H23	0.0092	0.011	0.012	0.021	0.013	
	H25	0.0099	0.012	0.0084	0.017	0.012	
寒河江市役所	H11	-	0.081	-	0.13	0.11	24時間採取/年2回
	H16	0.015	0.018	0.030	0.025	0.022	
	H24	0.011	0.010	0.013	0.011	0.011	秋/冬:寒河江市総合福祉保健センター
尾花沢市役所	H14	0.033	0.020	0.049	0.029	0.033	
	H22	0.0085	0.024	0.012	0.019	0.016	
米沢検診センター	H15	0.019	0.019	0.025	0.018	0.020	
	H24	0.020	0.019	0.018	0.011	0.017	

注1) H11～14年度の調査は、分析業者に委託して実施。平成11、12年度の調査は試料採取方法・測定頻度が異なる。

注2) 毒性等量の算出には、平成19年度以前はWHO-TEF(1998)、平成20年度以降はWHO-TEF(2006)を用いている。

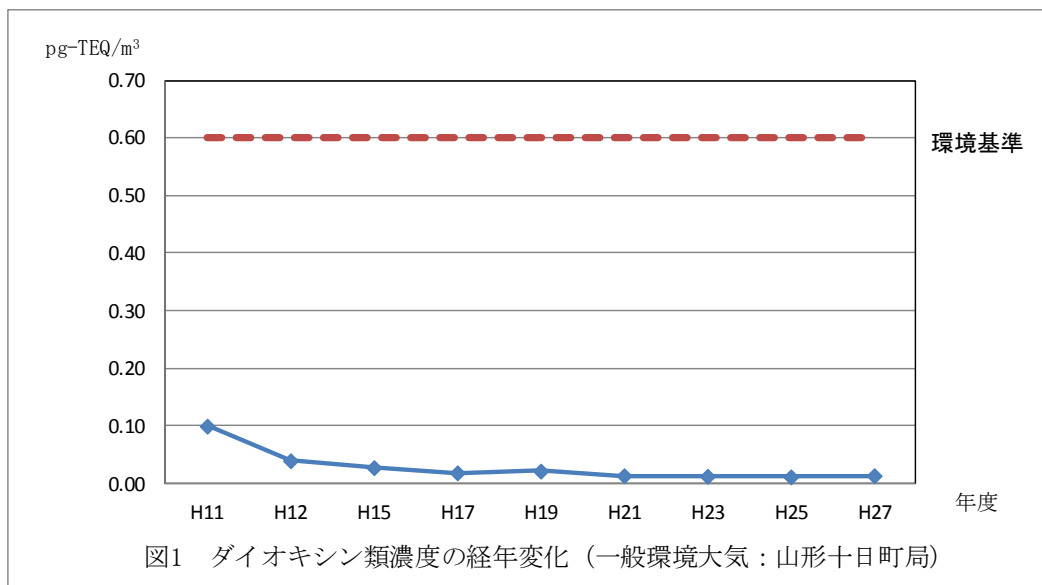


図1 ダイオキシン類濃度の経年変化 (一般環境大気：山形十日町局)

2 公共用水域水質

河川9地点及び湖沼2地点の計11地点で調査を行った。その結果、いずれも環境基準（1pg-TEQ/L以下）を達成した。

これら公共用水域水質11地点の平均値（0.18pg-TEQ/L）は、平成26年度の全国調査の平均値（0.18pg-TEQ/L）と同程度であった。

また、これら地点について過去の調査結果と比較すると、前回測定値より高い地点はあるものの、試料採取時期や水量などの状況による変動も考えられ、経年的な傾向では変動の範囲内である。

公共用水域水質のダイオキシン類測定結果

（単位：pg-TEQ/L）

区分	水域名	地点名	所在地(又は位置)	採取年月日	測定値
河川	堀立川	芦付橋	米沢市中田町地内	H27.6.19	0.25
河川	須川	睦合橋	山形市蔵王成沢地内	H27.7.8	0.26
河川	立谷川	灰塚橋	山形市大字灰塚地内	H27.7.8	0.16
河川	寒河江川	溝延橋	河北町大字溝延地内	H27.7.8	0.062
河川	最上小国川	舟形橋	舟形町舟形地内	H27.6.26	0.32
河川	升形川	升形橋	新庄市大字升形地内	H27.10.22	0.062
河川	新井田川	浜田橋	酒田市東栄町地内	H27.7.9	0.38
河川	内川	西三川橋	鶴岡市大宝寺町地内	H27.7.9	0.29
河川	荒川	赤芝発電所	小国町大字玉川地内	H27.6.24	0.077
湖沼	水窪ダム	ダムサイト	米沢市大字三沢字水窪地内	H27.6.19	0.046
湖沼	蔵王ダム	ダムサイト	山形市大字上宝沢地内	H27.7.7	0.049
環境基準					1

***** 参考 *****

<全国調査との比較>

（単位：pg-TEQ/L）

	平均値	最小値 ~ 最大値
河川の平均値(最小値～最大値)	0.21	0.062 ~ 0.38
H26年度全国調査 平均値(最小値～最大値)	0.20	0.012 ~ 2.1
湖沼の平均値(最小値～最大値)	0.048	0.046 ~ 0.049
H26年度全国調査 平均値(最小値～最大値)	0.20	0.015 ~ 1.6
公共用水域全体の平均値(最小値～最大値)	0.18	0.046 ~ 0.38
H26年度全国調査 平均値(最小値～最大値)	0.18	0.012 ~ 2.1

<これまでの調査結果>

河川

(単位:pg-TEQ/L)

水域名	地点名	H15	H18	H21	H24
堀立川	芦付橋	0.29	0.27	0.18	0.37
須川	睦合橋	0.19	0.25	0.13	0.19
立谷川	灰塚橋	0.046	0.089(H19)	0.27	0.10
寒河江川	溝延橋	0.056	0.086	0.042	0.047
最上小国川	舟形橋	0.089	0.11	0.090	0.10
升形川	升形橋	0.42	0.36	0.29	0.27
新井田川	浜田橋	0.36	0.36	0.46	0.43
内川	西三川橋	0.90	0.76	0.42	0.77
荒川	赤芝発電所	0.095	0.059	0.043	0.066

湖沼

水域名	地点名	H16	H18	H20	H22	H24
水窪ダム	ダムサイト	0.029	0.043	0.029	0.027	0.026
蔵王ダム	ダムサイト	0.028	0.040	0.021	0.023	0.027

(注) 毒性等量の算出には、平成19年度以前はWHO-TEF(1998)、平成20年度以降はWHO-TEF(2006)を用いている。

3 公共用水域底質

河川9地点及び湖沼2地点の計11地点で調査を行った。その結果、いずれも環境基準(150pg-TEQ/g以下)を達成した。

全国調査と比較すると、公共用水域底質11地点の平均値は3.7pg-TEQ/gであり、全国調査の平均値(6.4pg-TEQ/g)の約1/2であった。

また、これら地点について過去の調査結果と比較すると、前回測定値より高い地点はあるものの、経年的な傾向では変動の範囲内である。

公共用水域底質のダイオキシン類測定結果

(単位:pg-TEQ/g)

区分	水域名	地点名	所在地(又は位置)	採取年月日	測定値
河川	堀立川	芦付橋	米沢市中田町地内	H27.6.19	0.61
河川	須川	睦合橋	山形市蔵王成沢地内	H27.7.8	7.2
河川	立谷川	灰塚橋	山形市大字灰塚地内	H27.7.8	0.17
河川	寒河江川	溝延橋	河北町大字溝延地内	H27.7.8	0.37
河川	最上小国川	舟形橋	舟形町舟形地内	H27.6.26	0.86
河川	升形川	升形橋	新庄市大字升形地内	H27.6.26	6.2
河川	新井田川	浜田橋	酒田市東栄町地内	H27.7.9	6.0
河川	内川	西三川橋	鶴岡市大宝寺町地内	H27.7.9	0.97
河川	荒川	赤芝発電所	小国町大字玉川地内	H27.6.24	14
湖沼	水窪ダム	ダムサイト	米沢市大字三沢字水窪地内	H27.6.19	2.3
湖沼	蔵王ダム	ダムサイト	山形市大字上宝沢地内	H27.7.7	2.1
環境基準					150

***** 参考 *****

< 全国調査との比較 >

(単位:pg-TEQ/g)

	平均値	最小値 ~ 最大値
河川の平均値(最小値~最大値)	4.0	0.17 ~ 14
H26年度全国調査 平均値(最小値~最大値)	5.7	0.068 ~ 660
湖沼の平均値(最小値~最大値)	2.2	2.1 ~ 2.3
H26年度全国調査 平均値(最小値~最大値)	8.9	0.17 ~ 42
公共用水域全体の平均値(最小値~最大値)	3.7	0.17 ~ 14
H26年度全国調査 平均値(最小値~最大値)	6.4	0.068 ~ 660

< これまでの調査結果 >

河川

(単位:pg-TEQ/g)

水域名	地点名	H12	H15	H18	H21	H24
堀立川	芦付橋	0.042	0.23	0.81	3.4	0.79
須川	睦合橋	0.036	9.0	7.5	2.1	0.38
立谷川	灰塚橋	0.83	0.33	0.20	1.1	0.14
寒河江川	溝延橋	0.010	0.74	0.27	0.82	2.2
最上小国川	舟形橋	0.035	0.47	0.43	1.0	2.7
升形川	升形橋	0.18	4.0	0.69	0.69	1.7
新井田川	浜田橋	1.6	6.2	2.8	1.3	1.3
内川	西三川橋	0.92	0.86	0.55	1.0	1.8
荒川	赤芝発電所	9.7	0.16	11	8.9	2.9

湖沼

水域名	地点名	H14	H16	H18	H20	H22	H24
水窪ダム	ダムサイト	4.0	6.2	6.5	4.6	5.4	4.5
蔵王ダム	ダムサイト	3.1	2.8	3.6	1.9	2.0	1.5

(注) 毒性等量の算出には、平成19年度以前はWHO-TEF(1998)、平成20年度以降はWHO-TEF(2006)を用いている。

4 地下水

地下水概況調査の2地点で調査を行った。ダイオキシン類濃度は、それぞれ0.048pg-TEQ/L(新庄市萩野)、0.047pg-TEQ/L(新庄市升形)であり、いずれも環境基準(1pg-TEQ/L以下)を達成した。

これら2地点の平均値は0.048 pg-TEQ/Lであり、全国調査の平均値(0.050pg-TEQ/L)と同程度であった。

地下水のダイオキシン類測定結果

(単位:pg-TEQ/L)

調査地点		採取年月日	測定値
新庄市	萩野	H27.8.20	0.048
新庄市	升形	H27.8.20	0.047
		環境基準	1

**** 参考 ****

<全国調査との比較>

(単位:pg-TEQ/L)

	平均値	最小値 ~ 最大値
地下水の平均値(最小値~最大値)	0.048	0.047 ~ 0.048
H26年度全国調査平均値(最小値~最大値)	0.050	0.012 ~ 1.0

5 土壌

発生源周辺調査9地点のダイオキシン類濃度は、0.052(山辺中学校)~6.5(余目第三公民館)pg-TEQ/gであり、いずれも環境基準(1000pg-TEQ/g以下)を達成し、調査指標値(環境基準が達成されている場合であって、他媒体への影響等の調査を開始する目安となる値)の250pg-TEQ/gも下回っていた。

これら土壌9地点の平均値は1.4pg-TEQ/gであり、全国調査における発生源周辺状況把握調査の平均値(4.0pg-TEQ/g)の約1/3であった。

土壌中のダイオキシン類測定結果

単位(pg-TEQ/g)

区分	調査地点	地点名	採取年月日	測定値
発 生 源 周 辺	山辺町大寺	大寺ふれあい公園	H27.10.28	1.4
	山辺町山辺	山辺愛宕山森林公園	H27.10.28	0.74
	山辺町山辺	山辺町立山辺中学校	H27.10.28	0.052
	米沢市大字赤崩	直江堤公園	H27.10.6	3.1
	米沢市大字関根	敬師児童遊園	H27.10.6	0.33
	米沢市直江石堤	学校法人九里学園高等学校野球場	H27.10.6	0.060
	庄内町廿六木三ツ車	山形県立庄内総合高等学校	H27.10.5	0.31
	庄内町廿六木三百地	庄内町立余目第三小学校	H27.10.5	0.17
	庄内町余目字藤原野	余目第三公民館	H27.10.5	6.5
			環境基準	1000

参考

<全国調査との比較>

(単位:pg-TEQ/g)

	平均値	最小値 ~ 最大値
発生源周辺の平均値(最小値~最大値)	1.4	0.052 ~ 6.5
平成26年度全国調査 土壌全体の平均値(最小値~最大値)	2.3	0 ~ 100
” (一般環境把握調査)	1.6	0 ~ 57
” (発生源周辺状況把握調査)	4.0	0 ~ 100

(11) 平成 27 年度環境中の放射性物質調査結果

(環境化学部)

平成 23 年 3 月に発生した東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故により、環境中に人工放射性物質が放出され、山形県においても、ヨウ素 131 (I-131)、セシウム 134 (Cs-134) 及びセシウム 137 (Cs-137) などが検出された。県では公共用水域における水質、底質（河床等の泥）及び土壌の放射性物質の状況を把握するために、平成 24 年度から県内全域において調査を実施している。平成 27 年度の結果は以下のとおりである。

なお、試料採取は「放射能測定法シリーズ 16 環境試料採取法」（昭和 58 年 文部科学省）に、試料の前処理は「放射能測定法シリーズ 13 ゲルマニウム半導体検出器等を用いる機器分析のための試料の前処理法」（昭和 57 年 文部科学省）に、核種分析は「放射能測定法シリーズ 7 ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」（平成 4 年 文部科学省）に準拠した。空間放射線量率の測定には日立アロカメディカル株式会社製シンチレーションサーベイメータ TCS-171B を用いた。核種分析にはキャンベラジャパン株式会社製ゲルマニウム半導体核種分析装置 GC-2520（相対効率 28.8%）を用い、I-131、Cs-134 及び Cs-137 を測定した。

1 公共用水域

(1) 調査概要

調査地点は昨年と同じ 77 地点とし、河川水及び底質を調査した。なお、調査地点は、平成 24 年度の調査結果をもとに、底質中の放射性セシウム濃度が高かった地点を中心に、最上川水系、赤川水系、その他水系の本川及び支川の 33 河川の上流域、中流域、下流域及び湖沼から平成 25 年に 77 地点を選定している。河川水は前処理せずに、底質は乾燥後、粒径 2 mm 以下のものを核種分析した。また、試料採取と併せて、採取地点近傍の地上 1 m 高さの空間放射線量率を測定した。

(2) 空間放射線量率測定結果

空間放射線量率は 0.03～0.10 μ Sv/h の範囲で、平均値は 0.06 μ Sv/h であった。

(3) 核種分析結果

ア 河川水

I-131、Cs-134 及び Cs-137 は、すべての地点でいずれも検出下限値（約 1 Bq/L）未満であった。

イ 底質

I-131はいずれの地点も検出下限値（約10Bq/kg-dry）未満であった。放射性 Cs 合計の最高値は、湖沼が770 Bq/kg-dry、河川が269Bq/kg-dry であり、湖沼のほうが高い傾向にあった（表1）。

検出下限値（Cs-134、Cs-137 それぞれ約 10Bq/kg-dry）未満の地点は、河川と湖沼を合わせて 10 地点あった。

地域ごとに比較すると、放射性 Cs 合計の平均値が高い順に、置賜地方

表 1. 河川及び湖沼の底質中の放射性 Cs 濃度

放射性 Cs 濃度 (Bq/kg-dry)	河川	湖沼
401 ~	0	5
301 ~ 400	0	1
201 ~ 300	1	0
101 ~ 200	10	2
検出 ~ 100	46	2
検出下限値未満	9	1
合計	66	11

96Bq/kg-dry、村山地方 93Bq/kg-dry、最上地方 63Bq/kg-dry、庄内地方 6 Bq/kg-dry であった。

次に、各年度の上流、中流、下流及び湖沼における底質中の平均 Cs-137 濃度及び放射性 Cs 合計の平均値を図 1 に示した。河川では、上流、中流、下流はいずれも減少傾向である。特に、Cs 合計値の減少が大きい。これは Cs-134 の減少が大きいことである。物理的減衰以上に減少している地点が多いことから、上流では山林から流入する放射性物質は減少しており、堆積している底質は中流へ移動していると考えられる。また、湖沼は変動が大きく、一定の傾向は見られなかった。

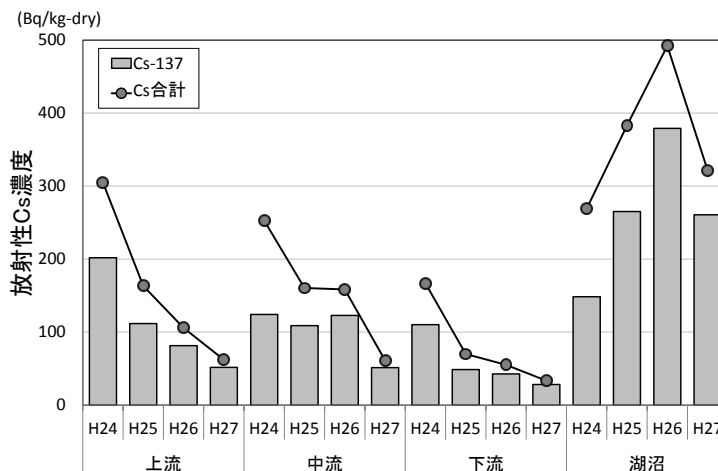


図 1. 底質中平均放射性 Cs 濃度の経年変化

2 土壌

(1) 調査概要

土壌の調査は、山形大学と県が共同で実施した。調査地点は、昨年と同じ30地点とした。

なお、調査地点は、平成24年度及び25年度の調査結果をもとに、各地域の検出状況を考慮して、平成26年度に30地点を選定している。試料は地表から 5 cm (表層)、5~10cm (下層) の 2 層とし、乾燥後、粒径 2 mm 以下のものを測定した。また、採取地点の地表面から 50cm と 1 m の高さで、それぞれ空間放射線量率を測定した。

(2) 空間放射線量率測定結果

空間放射線量率は地上 50cm 高さで 0.04~0.11 μ Sv/h、地上 1 m 高さで 0.05~0.11 μ Sv/h であった。事故発生前の平成 20 年度の山形市における地上 1 m 高さの空間放射線量率は 0.07~0.09 μ Gy/h ($\approx \mu$ Sv/h) であり^{*1}、今回の調査結果はその値と同程度であった。

(3) 核種分析結果

I-131 は、全ての地点で検出下限値 (約 10Bq/kg-dry) 未満であった。放射性 Cs の合計値の最大は、表層で 670 Bq/kg-dry であった。検出下限値 (Cs-134、Cs-137 それぞれ約 10Bq/kg-dry) 未満の地点は、表層では 4 地点あり、下層では 9 地点あった (表 2)。表層は下層よりも高い値を示した。地域ごとに比較

表 2. 表層及び下層の区分ごとの地点数

放射性 Cs 濃度 (Bq/kg-dry)	表層 (地表 ~ 5 cm)	下層 (5 ~ 10 cm)
301 ~	2	0
201 ~ 300	3	1
101 ~ 200	9	4
検出 ~ 100	12	16
検出下限値未満	4	9
合計	30	30

すると、放射性 Cs 合計の平均値が高い順に、村山地方 201Bq/kg-dry、置賜地方 82Bq/kg-dry、

庄内地方 10Bq/kg-dry、最上地方 9 Bq/kg-dry であった。

調査開始時から放射性 Cs 濃度が増加した地点は、表層で 6 地点、下層で 9 地点あり、減少した地点は、表層で 21 地点、下層で 16 地点と、減少した地点が多かった。表層で放射性 Cs 濃度が増加した原因は、雨水などにより周囲の放射性 Cs が流れ込み集積したと考えられ、減少の原因は、物理的な減衰のほか、ウェザリング効果（雨水などの自然現象による除去作用）が考えられる。一方、下層での増加は、表層からの浸透が考えられる。

3 まとめ

山形県内の公共用水域及び土壌の放射性物質調査の結果、空間放射線量率の最大値は 0.11 μ Sv/h であり、追加被ばく線量年間 1 mSv に自然放射線量分を加えた 0.23 μ Sv/h^{*2} の半分程度の値であった。

核種分析の結果、I-131 は全ての試料で検出下限値未満であった。放射性 Cs の合計値は、水質は検出下限値未満、底質は最大値 770Bq/kg-dry、土壌は最大値 670Bq/kg-dry であった。底質及び土壌表層で、500Bq/kg-dry を超える地点がいくつかあるが、全調査地点の 7 割は 100Bq/kg-dry 以下であり、全体としては減少傾向である。

今回の結果から、放射線の影響は小さく、人の健康には影響しないと考えられる。

【参考文献】

- ※1：山形県における放射能調査（伊藤ら，第 51 回環境放射能調査研究成果論文抄録集，文部科学省，2009）
- ※2：平成 23 年 10 月 10 日災害廃棄物安全評価検討会・環境回復検討会 第 1 回合同検討会資料 追加被ばく 1 ミリシーベルトの考え方

III 調查研究報告

(1) 木質バイオマスボイラー燃焼灰中の 六価クロムに関する研究

Study of hexavalent chromium in the combustion ash from woody biomass boilers

沼澤 聡明
Toshiaki NUMAZAWA

キーワード 木質バイオマスボイラー；燃焼灰；六価クロム；溶出試験

Key Words woody biomass boilers ; combustion ash ; hexavalent chromium ; elution test

要 旨

近年、持続可能な循環型社会の実現に向け、再生可能エネルギーが注目されており、木質バイオマスエネルギーの導入に向けた動きも加速している。一方、木質バイオマスボイラー等の燃焼灰から、産業廃棄物の埋立処分に係る判定基準(1.5 mg/L以下)を超える六価クロムが検出されており、処理費用の負担増加や灰の有効利用等の支障となっている。

本研究では、環境庁告示第13号に準拠した溶出試験により、県内の木質バイオマスボイラーから生じる燃焼灰中の六価クロムの実態を調査した結果、判定基準を超過する六価クロムが検出されたボイラーもあった。また、ボイラーの運転状況や灰中の成分等を総合的に解析した結果、燃焼温度が六価クロムの生成・溶出要因であることが分かり、適正な炉内温度管理により、六価クロムの生成・溶出が抑制されることを確認した。

1. はじめに

近年、持続可能な循環型社会の実現に向け、再生可能エネルギーが注目されている。国では、東日本大震災に伴い発生した東京電力福島第一原子力発電所の事故を機にエネルギー政策が大きく見直され、再生可能エネルギーの導入に向けた動きが加速しているところである¹⁾。また、本県においても「山形県エネルギー戦略」が策定され、これまで活用が十分ではなかった再生可能エネルギーを中心としたエネルギー供給基盤の整備が進められている²⁾。

再生可能エネルギーのうち、木質バイオマスは、カーボンニュートラルなエネルギーであるばかりでなく、間伐材の有効利用や森林の整備など、林業の振興や中山間地域への経済効果をもたらす役割を担うことに加え、地域分散型のエネルギー源として期待されている。

一方、木質バイオマスの利用拡大に伴い、燃焼灰の増加も見込まれるが、事業活動により生じた燃焼灰は産業廃棄物として処分しなければならず、その処理費用は木質バイオマスの普及拡大に対して少なからず負の影響を及ぼしている。また、木質燃焼灰中に高濃度の六価クロムが含まれる事例が全国から報告されている^{3), 4)}。本県が過去に実施した調査においても、県内の木質バイオマスボイラーの燃焼灰から

「金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める省令(昭和48年総理府令第5号)」の別表第一の基準(以下「判定基準」という。)である1.5 mg/Lを超える六価クロムが検出された。判定基準を超過した燃焼灰は、不溶化処理等により基準を遵守したうえで埋立処分する必要がある、これにより処理費用のさらなる増大を招くこととなる。今後、木質バイオマスボイラーの普及拡大により、灰の発生量の増加が予想されることから、早急な対応が必要である。

また一方、国が主導する規制緩和の一環として、木質バイオマスボイラーから生じる燃焼灰の取扱いを見直す内容の通知が出され、これにより燃焼灰の有効活用の促進が期待される⁵⁾。しかし、前述したような高濃度の六価クロムが含まれる燃焼灰の事例等もあることから、燃焼灰の有効活用が促進されていくためには、その安全性が担保されることが重要となる。

以上のことから、本研究では、燃焼灰の処理費用削減や有効利用の促進に寄与するための知見を得ることを目的として、県内の木質バイオマスボイラーから生じる燃焼灰中の六価クロムの実態を把握し、ボイラーの運転状況や灰中の成分等を総合的に解析することにより、六価クロムの生成・溶出の抑制方法等について検討したので報告する。

2. 実験方法

2.1 試料及びボイラー運転状況調査

県内で稼動中の木質バイオマスボイラーから発生する燃焼灰を試料とした。燃焼灰は、炉下に生じたものを主灰、サイクロン等により集じんされたものを飛灰とし、平成25年7月から28年3月までの期間に採取した。また、試料を採取した各ボイラーについて、製造元、燃焼能力、燃料の種類、使用開始時期及び燃焼温度等の運転状況についてヒアリングするとともに、実機の確認を行った。

2.2 燃焼灰の溶出試験

溶出試験は、環境庁告示第13号⁶⁾に準拠した。溶出液中の六価クロムの分析は、ジフェニルカルバジド吸光光度法又はICP発光分光分析法(以下「ICP-AES法」という。)を用いた。また、溶出液中の全クロム及びその他の成分の分析は、ICP-AES法及びイオンクロマトグラフ法を用いた。なお、分析に用いた装置を以下に示した。

- ・分光光度計(日本分光製 Ubest-55)
- ・ICP発光分光分析装置(Perkin Elmer社製 Optima 7300DV)
- ・イオンクロマトグラフ(Thermo Fisher Scientific社製 ICS-1000)

2.3 燃焼灰及び木質燃料の成分含有量分析

全クロム及びその他の成分の含有量は、試料をマイクロ波試料前処理装置(Milestone社製 ETHOS900)により分解し、ICP-AES又はICP-MS(Thermo Fisher Scientific社製 iCAP Q)により分析した。

2.4 高濃度の六価クロムが検出されたボイラーに関する調査

六価クロム溶出濃度が高かったボイラーについて、定期的に燃焼灰を採取して溶出試験を行うとともに、炉内温度のデータを入手し、解析した。

2.5 燃焼灰の再加熱試験

電気マッフル炉(ADVANTEC製 KM-600)を用いて燃焼灰を再度加熱し、放冷後に溶出試験を行った。なお、試験条件は、加熱温度を550～950℃まで100℃刻みに5段階、加熱時間を2時間とした。また、水分及び熱しゃく減量は、平成2年衛環22号環境衛生局水道環境部環境整備課長通知に準拠した。すなわち、水分は試料を105±5℃で恒量まで乾燥させた時の減量分、熱しゃく減量は試料をさらに600±25℃で3時間加熱した時の減量分とした。

2.6 実機を用いた燃焼試験(実証試験)

木質ペレットボイラー実機の炉内設定温度を約1ヶ月間ごとに変動させ、その時々発生した燃焼灰について溶出試験を行った。なお、炉内設定温度は550～850℃まで100℃刻みに4段階とした。

3. 結果及び考察

3.1 木質バイオマスボイラー運転状況

ボイラーの運転状況調査結果を表1に示した。17施設21基のボイラーについて調査したところ、製造元は全6社で、燃焼能力は80～1,950 kWと幅が大きかった。また、木質ペレットボイラーは13基、木質チップ・バークボイラーは8基であった。なお、木質ペレットは全3社の製品が使用されていた。燃焼温度は、不明のボイラーを除くと、350～1,200℃と大きな幅があった。

3.2 燃焼灰からの六価クロム溶出試験

燃焼灰種別(主灰・飛灰)の六価クロム溶出濃度を表2に示した。全277試料について分析したところ、6施設7基の灰(25検体)から、判定基準(1.5 mg/L以下)を超える六価クロムを検出した。また、六価クロムは主灰において高濃度になる傾向にあり、飛灰は全て判定基準値以下であった。

各ボイラー主灰の六価クロム溶出濃度を表1に示した。判定基準を超過する六価クロムが検出されたボイラーはA社製の木質チップ・バークボイラーに多く、且つ燃焼温度が比較的高い傾向にあった。

3.3 六価クロム溶出濃度と燃焼灰及び木質燃料中の全クロム含有量との比較

3.3.1 各ボイラーにおける分析結果

各ボイラーにおける主灰の六価クロム溶出濃度と主灰及び木質燃料中の全クロム含有量を表3に示した。結果の比較には、溶出試験において産業廃棄物の埋立処分に係る判定基準を超過したボイラーNo.3-1、No.8及びNo.9、対照として木質チップ・バークボイラーのNo.2、木質ペレットボイラーのNo.5-1を用いた。

六価クロム溶出濃度と灰中の全クロム含有量に着目したところ、判定基準を大きく超過する六価クロム溶出濃度が検出されたNo.8及びNo.9は、灰中の全クロム含有量も比較的高値であったが、六価クロム溶出濃度が低かったNo.5-1の全クロム含有量もNo.8と同程度であった。一方、判定基準を超える六価クロムが検出されたNo.3-1の灰中の全クロム含有量は、他の試料と比べて少なかった。全クロム含有量の違いは、試料間で最大5倍程度であり、六価クロム溶出濃度の40～340倍と比べて非常に小さいことが分かった。これらの結果から、主灰試料間の全クロム含有量には大きな差異がなく、六価クロム溶出濃度は必ずしも灰中の全クロム含有量に依存しないことが分かった。また、木質燃料間の全クロム含有量にも大きな差異は認められなかったことから、六価クロム溶出濃度は木質燃料中のクロム含有量には依存しないことが示唆された。なお、分析に供した木質燃料中の全クロム含有量は、一般社団法人日本木質ペレット協会が定める木質ペレット品質規格(10 mg/kg以下)⁷⁾の範囲内であった。

表1 ボイラーの運転状況調査結果

ボイラー No.	ボイラー 製造元	燃焼能力 (kW)	燃料※	使用 開始	燃焼温度 (°C)	主灰のCr(VI)溶出濃度 (mg/L) ※()内は平均値
1	A社	1,500	①	H21	350~500	<0.05 ~ 0.18 (0.09)
2	A社	1,500	①	H18	350~500	<0.05 ~ 0.31 (0.13)
3-1	A社	900	①	H24	600	0.82 ~ 2.5 (1.7)
3-2		700		H19	600	0.74 ~ 1.8 (1.1)
3-3		550		H18	600	0.22 (-)
4	B社	290	②	H18	—	<0.05 ~ 0.13 (0.06)
5-1	B社	580	②	H17	—	0.08 ~ 0.50 (0.26)
5-2		580		H17	—	0.09 ~ 0.64 (0.27)
6	C社	83	②	H23	—	0.05 ~ 0.69 (0.32)
7	D社	1,946	①	H23	800~1,200	<0.05 ~ 0.08 (0.06)
8	A社	450	①	H20	550~1,000	0.23 ~ 16.7 (3.0)
9	A社	110	③	H19	—	<0.05 ~ 21.2 (2.4)
10	C社	83	④	H25	—	<0.05 (<0.05)
11	A社	80	⑤	H23	—	<0.05 ~ 1.4 (0.69)
12-1	C社	83	③	H24	—	0.17 (-)
12-2		83		H24	—	<0.05 (-)
13	E社	—	⑤	H21	800	4.0 (-)
14	B社	232	⑤	H15	—	<0.05 ~ 0.40 (0.17)
15	F社	522	⑤	H16	—	0.38 ~ 0.97 (0.67)
16	A社	450	①	H26	500~750	0.22 ~ 3.4 (0.54)
17	A社	700	⑤	H27	550~850	0.56 ~ 1.6 (1.2)

※木質燃料の種類は以下の通り

- ① 破砕・切削チップ、パーク(主にスギ), ② X社製全木ペレット(クロマツ等), ③ Y社製全木ペレット(スギ・広葉樹)
④ Y社製ホワイトペレット(スギ・広葉樹), ⑤ Z社製全木ペレット(針葉樹・広葉樹)

表2 燃焼灰種別(主灰・飛灰)の六価クロム溶出濃度

灰種別	六価クロム溶出 濃度(mg/L)	検体数	基準超過 試料数	基準超過 基数
主灰	<0.05 ~ 21.2	150	25	7
飛灰	<0.05 ~ 1.2	126	0	0
主灰・飛灰混合	<0.05	1	0	0

表3 主灰の六価クロム溶出濃度と主灰及び木質燃料中の全クロム含有量の分析結果

ボイラー No.	採取日	主灰		木質燃料	灰分率 (%)
		Cr(VI)溶出濃度 (mg/L)	T-Cr含有量 (mg/kg)	T-Cr含有量 (mg/kg)	
2	H25.11.29	0.06	179	2.6	1.5
3-1	H25.10.3	2.5	85	5.5	6.5
5-1	H25.7.16	0.22	243	2.8	1.2
8	H26.1.30	10.6	208	3.0	1.4
9	H26.3.3	21.2	468	1.8	0.4
産廃埋立判定基準		1.5以下	—	—	

3.3.2 ボイラーNo.9における分析結果

今回の調査において、最も高い六価クロム溶出濃度(21.2 mg/L)が検出されたボイラーNo.9における主灰の六価クロム溶出濃度の推移を図1に示した。全調査期間のうち、六価クロム溶出濃度が判定基準を超過したのは、平成26年2～3月のごく短い期間のみであった。

先行文献では、燃焼灰中の六価クロムが高濃度になった要因として、燃焼炉材であるステンレス由来のクロムが混入していたことが示されている^{3), 4)}。このことから、No.9の灰試料のうち、六価クロムの溶出濃度が高い試料と低い試料の成分含有量を比較し、木質燃料以外からのクロムの混入について検証することとした。

ボイラーNo.9主灰の溶出試験における溶出液中の各成分濃度を表4に、灰中の成分含有量を表5に示した。結果の比較には、高濃度の六価クロムが検出された運転期間(H26.2.24～3.10, 3検体)と、それ以前の期間(H26.2.3～2.17, 3検体)及び翌年の運転期間(H27.1.16～1.30, 3検体)の分析結果を用いた。全クロムに注目すると、溶出濃度及び含有量は、六価クロムが高濃度であった期間に顕著に高くなっていた。ステンレス等由来の六価クロムが検出された先行文献の事例では、全クロムとともにニッケルが検出されていたが、今回の調査においても灰中の全クロム及びニッケル含有量の増加が見られた(図1)。このことから、ステンレス等炉材由来のクロムの混入があった可能性が示唆された。また、他成分では、マンガン、セレン及び亜鉛の含有量についても増加が見られた。聞き取り調査の結果、非運転期間の平成26年8月にボイラーメーカーによる定期メンテナンスを実施したことが分かった。これ以降の運転期間においては、六価クロム溶出濃度は判定基準値以下で推移しており、灰中のニッケル含有量も明らかに低下した。詳しいメンテナンス内容については不明ではあるが、炉材の補修や交換により炉材由来成分の灰中への混入が抑えられたものと推測する。

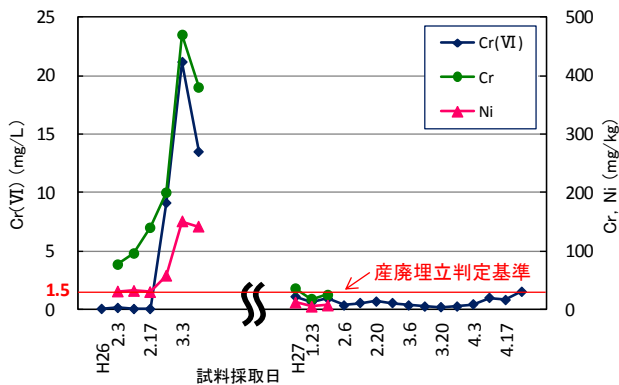


図1 ボイラーNo.9における主灰の六価クロム溶出濃度及び全クロム、ニッケル含有量の推移

3.4 高濃度の六価クロムが検出されたボイラーに関する調査

今回調査したボイラーの中で六価クロム溶出濃度が高かったボイラーNo.8を対象として、定期的に燃焼灰を採取して溶出試験を行った。平成25年度及び26年度の六価クロム溶出濃度の推移を図2に示した。六価クロム溶出濃度は、平成25年度においては判定基準を大きく超過していたが、26年度においては判定基準を超過する場合はあるものの概ね基準値未満で推移した。

ここで、聞き取り調査により、平成25年度と26年度の炉内温度に違いがあった可能性が示唆されたことから、ボイラー運転期間中の炉内温度のデータを入手し、六価クロム溶出濃度との経時推移の関係について比較、解析することとした。ボイラーNo.8における平成25年度及び26年度の日間平均炉内温度と六価クロム溶出濃度の推移を図3に示した。六価クロム溶出濃度が高かった平成25年度の炉内温度は、26年度と比較すると温度変動が激しく、且つ高い温度となる場合が多かった。また、平成25年度の燃焼灰はクリンカー状になる傾向にあり、炉内温度は局部的にさらに高くなっていたことも推定された。

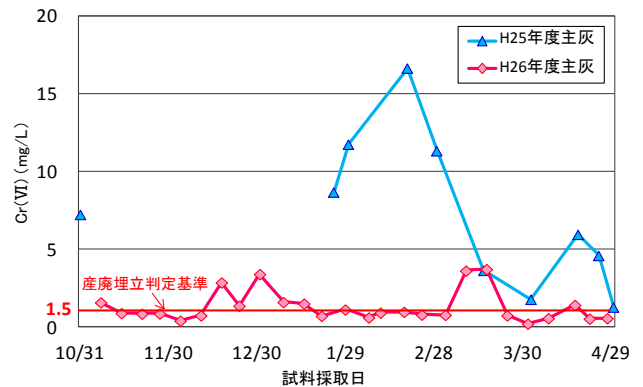


図2 ボイラーNo.8における主灰の六価クロム溶出濃度の推移

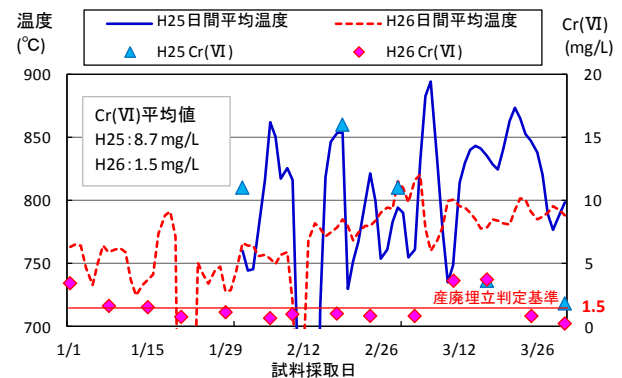


図3 ボイラーNo.8における日間平均炉内温度と六価クロム溶出濃度の推移

表4 ボイラーNo.9主灰の溶出試験における溶出液中の各成分濃度

		No.9								
		H26.2.3	H26.2.10	H26.2.17	H26.2.24	H26.3.3	H27.3.10	H27.1.16	H27.1.23	H27.1.30
溶出量 (mg/L)	Al	170	170	130	7.5	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	As	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Ba	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	1.1	1.2	0.22	0.21	0.29
	Ca	17	5.3	18	7.8	150	150	96	85	86
	Cd	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Co	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Cr	2.1	2.7	6.3	8.9	21	13	1.0	0.55	0.86
	Cu	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Fe	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	K	9,200	12,000	10,000	9,900	9,200	8,900	4,500	3,400	3,800
	Mg	0.3	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Mn	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Na	240	300	280	230	160	150	4,000	4,600	5,300
	Ni	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Pb	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Se	0.43	0.87	1.9	2.7	5.8	3.4	N.D.	N.D.	N.D.
	Zn	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Cr(VI)	0.14	N.D.	N.D.	9.1	21.2	13.5	1.1	0.62	0.94

表5 ボイラーNo.9主灰の溶出試験における灰中の成分含有量

		No.9								
		H26.2.3	H26.2.10	H26.2.17	H26.2.24	H26.3.3	H26.3.10	H27.1.16	H27.1.23	H27.1.30
含有量 (mg/kg)	Al	20,000	20,000	16,000	11,000	4,800	6,600	3,000	1,500	1,200
	As	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Ba	3,600	3,400	3,500	2,900	1,800	2,500	1,400	1,200	1,300
	Ca	300,000	270,000	280,000	310,000	310,000	350,000	480,000	490,000	470,000
	Cd	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Co	5	5	4	5	7	7	4	4	5
	Cr	77	96	140	200	470	380	36	18	25
	Cu	100	90	110	110	120	120	37	27	29
	Fe	15,000	13,000	13,000	9,000	5,100	6,200	2,400	1,300	1,500
	K	120,000	110,000	120,000	93,000	80,000	81,000	36,000	28,000	30,000
	Mg	42,000	38,000	36,000	46,000	58,000	63,000	17,000	13,000	13,000
	Mn	4,100	3,800	4,300	14,000	26,000	28,000	2,600	1,100	970
	Na	4,300	4,200	4,400	3,100	2,100	2,300	34,000	38,000	44,000
	Ni	31	32	30	58	150	140	12	5	7
	Pb	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Se	N.D.	8	13	300	720	740	N.D.	N.D.	N.D.
	Si	2,800	3,100	1,000	920	620	810	7,800	6,300	5,100
	Zn	78	110	120	220	300	240	130	180	170

表6 主灰中の水分及び熱しゃく減量

ボイラーNo.	水分(%)	熱しゃく減量(%)
No.2	0.2	0.3
No.3-1	0.3	1.6
No.5-1	1.8	6.6
No.8(H25年度)	0.4	0.2
No.8(H26年度)	0.5	0.4
No.16	0.5	0.5
No.17	1.0	1.8

3.5 燃焼灰の再加熱試験

3.4の結果から、六価クロムの生成・溶出に炉内温度が関わっている可能性が示唆されたため、段階的に設定した温度条件で燃焼灰を再加熱し、溶出試験を行うことでその検証を行った。

試験に用いた燃焼灰中の水分及び熱しゃく減量を表6に示した。その結果、水分は0.2~1.8%、熱しゃく減量は0.2~6.6%であり、再加熱時、水分や有機物の減少にともなう灰の見かけ上の濃縮はほとんど無視できる又は少ないことを確認した。

再加熱による六価クロム溶出濃度の変化を図4に示した。溶出濃度は、概ね加熱温度が高くなるにつれて増加する傾向にあり、特に750℃以上で増加幅が大きかった。また、加熱前に判定基準値以下であった試料についても、加熱によって濃度が増加し、基準を超過するものもあった。

再加熱前後における各成分溶出濃度を表7に示した。全クロム濃度は、六価クロムと同様に加熱温度が高くなるにしたがって増加する傾向にあった。また、概ね全ての灰中の全クロム濃度と六価クロム濃度はほぼ同値であったことから、溶出したクロムはほぼ六価クロムであることが確認された。また、再加熱前後における各成分含有量の変化を表8に示した。各成分の含有量を比較すると、加熱の前後において含有量が大きく増減した成分はなく、加熱による成分の揮散は確認されなかった。なお、全クロムの含有量についても加熱前後での増減はなかった。これらのことから、灰中に含まれるクロムが、加熱されたことで水溶性の六価クロムに形態が変化した結果、六価クロム溶出濃度が増加したものと考えられる。

但し、ボイラーNo.2とNo.5-1の燃焼灰は、再加熱により他の試料とは異なる六価クロムの溶出挙動を示した。No.2の燃焼灰は、再加熱による六価クロム溶出濃度の増加が見られなかった。溶出液中の他の成分に注目すると、No.2の灰ではカルシウムイオンの濃度が他の試料と比べて15~20倍程度高かった(表7, 図5)。また、ボイラー

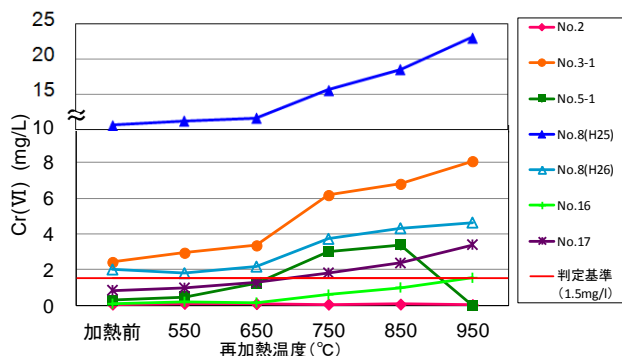


図4 再加熱による六価クロム溶出濃度の変化

No.5-1の燃焼灰では、950℃再加熱後に急激な六価クロム溶出濃度の減少が確認されたが、逆にカルシウムイオンの濃度は明らかに増加した(表7, 図6)。一方、灰中のカルシウム含有量については、両試料とも再加熱前後における変化は認められなかった(表8)。白水ら及び水原らは、燃焼温度条件によってカルシウム塩やカルシウムを含むクロム化合物の組成が変化することを報告している^{8), 9), 10)}。これらのことから、燃焼の過程で灰中のカルシウム塩等の組成に変化が起こり、これが六価クロムの生成・溶出に影響を与えた可能性が示唆された。

3.6 実機を用いた燃焼試験(実証試験)

燃焼温度が六価クロム生成・溶出の要因であることが3.4及び3.5の結果から示唆されたことから、ボイラー実機を用いて実証試験を行うこととした。

実証試験には、ボイラーNo.17を用いた。ボイラー炉内設定温度及び試験期間を表9に示した。炉内の設定温度を1ヶ月おきに変動させ、その各運転期間で灰試料を定期的に採取し、溶出試験を行った。

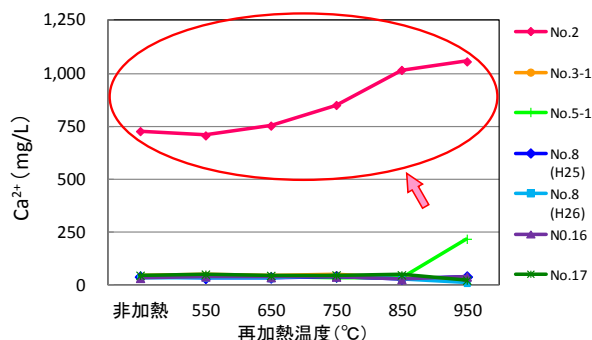


図5 再加熱によるカルシウムイオン溶出濃度の変化(No.2)

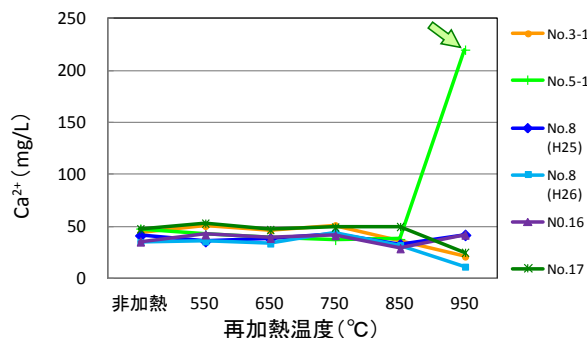


図6 再加熱によるカルシウムイオン溶出濃度の変化(No.5-1)

表9 No.17における炉内設定温度及び試験期間

炉内設定温度(°C)	試験期間
550	H28.3.1~H28.3.25
650	H27.12.10~H28.1.6
750	H28.1.6~H28.2.1
850	H28.2.1~H28.3.1

表7 再加熱前後における各成分の溶出濃度

単位はすべて (mg/L)

	No.2						No.3-1						No.5-1						No.8(H25年度)					
	非加熱	550℃	650℃	750℃	850℃	950℃	非加熱	550℃	650℃	750℃	850℃	950℃	非加熱	550℃	650℃	750℃	850℃	950℃	非加熱	550℃	650℃	750℃	850℃	950℃
Al	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	46	190	150	210	750	1,200	150	280	350	130	31	3.0	85	190	190	80	57	150
As	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Ba	3.2	2.7	4.6	9.4	7.1	5.8	0.07	N.D.	N.D.	0.06	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.05	N.D.	1.2	0.35	0.69	0.73	0.27	0.80	0.07
Ca	730	710	750	850	1,000	1,000	44	50	46	51	36	21	48	42	39	37	38	220	41	36	38	43	33	42
Cd	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Co	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Cr	0.11	0.17	0.10	0.08	0.05	0.05	2.5	2.8	3.1	6.2	6.8	8.1	0.27	0.46	1.2	2.8	3.4	N.D.	10.1	10.9	11.2	14.7	17.0	22.0
Cu	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Fe	0.53	0.18	0.20	0.23	0.38	0.17	0.08	0.13	0.12	0.23	0.21	0.18	0.06	0.07	0.07	0.09	0.04	0.05	0.30	0.50	0.54	0.34	0.34	0.37
K	1,400	1,000	800	570	160	84	7,900	7,400	7,500	7,700	8,400	6,300	4,400	4,200	5,800	4,700	5,900	3,100	22,000	21,000	21,000	22,000	23,000	23,000
Mg	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Mn	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	N.D.	N.D.	0.27	3.0	53	98	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	55	N.D.	N.D.	0.05	0.05	7.9	30	65
Na	92	120	150	97	44	30	650	650	710	760	880	630	990	900	1400	880	1400	820	380	380	390	440	570	570
Ni	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Pb	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Se	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Zn	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Cr(VI)	0.06	0.10	0.08	0.05	0.06	N.D.	2.4	2.9	3.3	6.2	6.8	8.1	0.27	0.47	1.2	3.0	3.4	N.D.	10.6	11.2	11.5	15.6	18.5	23.0

	No.8(H26年度)						No.16						No.17					
	非加熱	550℃	650℃	750℃	850℃	950℃	非加熱	550℃	650℃	750℃	850℃	950℃	非加熱	550℃	650℃	750℃	850℃	950℃
Al	64	150	150	67	40	200	40	95	98	72	21	16	540	650	590	480	800	1,200
As	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Ba	0.42	0.43	0.54	0.09	0.30	N.D.	0.61	0.32	0.35	0.30	0.51	0.16	0.06	0.09	0.08	0.18	0.08	N.D.
Ca	35	36	34	44	32	11	36	42	39	42	29	42	48	53	47	49	50	25
Cd	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Co	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Cr	1.9	1.8	2.2	3.2	3.6	4.1	0.28	0.28	0.26	0.61	0.90	1.2	1.4	1.5	1.4	1.8	2.4	3.4
Cu	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Fe	0.26	0.41	0.43	0.23	0.28	0.33	0.26	0.36	0.43	0.30	0.24	0.32	0.33	0.35	0.27	0.30	0.31	0.27
K	19,000	19,000	20,000	19,000	21,000	21,000	23,000	22,000	22,000	23,000	25,000	25,000	6,500	6,900	6,900	7,300	6,700	5,400
Mg	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Mn	N.D.	N.D.	N.D.	1.7	13	55	0.08	0.08	0.08	0.06	1.6	24	N.D.	N.D.	N.D.	0.92	7.1	22
Na	360	360	390	440	540	660	480	450	460	550	620	760	140	150	160	190	170	160
Ni	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Pb	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Se	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Zn	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Cr(VI)	2.0	1.8	2.2	3.7	4.3	4.6	0.08	0.19	0.15	0.59	0.99	1.5	0.84	0.97	1.3	1.8	2.4	3.4

表8 再加熱前後における各成分含有量

	No.2			No.3-1			No.5-1			No.8(H25年度)			
	非加熱	750℃	950℃	非加熱	750℃	950℃	非加熱	750℃	950℃	非加熱	750℃	950℃	
Al	33,000	36,000	40,000	25,000	27,000	32,000	18,000	17,000	28,000	5,600	5,800	8,200	
As	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
Ba	830	900	940	1,700	1,700	1,800	440	420	540	3,000	3,200	2,900	
Ca	230,000	250,000	240,000	220,000	240,000	270,000	250,000	240,000	290,000	220,000	240,000	260,000	
Cd	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
Co	11	12	13	9	8	9	11	10	11	3	2	3	
Cr	69	77	67	77	110	110	250	260	220	280	280	330	
Cu	120	140	130	1,400	1,700	1,700	130	120	150	210	230	260	
含有量 (mg/kg)	Fe	24,000	26,000	27,000	19,000	21,000	23,000	12,000	14,000	15,000	10,000	11,000	13,000
	K	65,000	58,000	58,000	100,000	100,000	100,000	78,000	70,000	63,000	210,000	230,000	220,000
	Mg	21,000	21,000	22,000	30,000	32,000	36,000	53,000	46,000	52,000	31,000	33,000	38,000
	Mn	640	690	740	3,600	3,700	4,000	6,800	5,900	7,400	3,900	4,200	4,400
	Na	5,200	6,500	8,000	10,000	11,000	12,000	20,000	17,000	23,000	3,400	4,300	5,100
	Ni	17	18	18	26	29	33	33	39	36	40	40	48
	Pb	N.D.	N.D.	N.D.	8	6	6	14	23	29	N.D.	N.D.	N.D.
	Se	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Si	710	1,300	1,200	2,900	1,800	2,300	4,100	3,400	3,700	2,900	2,300	2,800
	Zn	59	71	69	110	130	170	200	230	180	6	9	9
【参考】 溶出濃度 (mg/L)	Cr(VI)	0.06	0.05	N.D.	2.4	6.2	8.1	0.27	3.0	N.D.	10.6	15.6	23.0

	No.8(H26年度)			No.16			No.17			
	非加熱	750℃	950℃	非加熱	750℃	950℃	非加熱	750℃	950℃	
Al	8,600	5,900	6,600	5,300	4,500	5,600	27,000	30,000	32,000	
As	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
Ba	2,100	2,100	2,000	1,800	1,800	1,800	2,100	2,300	2,400	
Ca	260,000	260,000	270,000	220,000	220,000	240,000	260,000	290,000	300,000	
Cd	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
Co	1	1	2	3	3	3	11	12	12	
Cr	51	55	56	23	21	22	120	120	120	
Cu	180	180	200	210	200	220	130	140	140	
含有量 (mg/kg)	Fe	5,600	5,000	5,900	4,100	3,400	3,800	26,000	29,000	32,000
	K	190,000	200,000	190,000	190,000	200,000	200,000	93,000	92,000	92,000
	Mg	36,000	37,000	39,000	43,000	42,000	47,000	39,000	44,000	46,000
	Mn	1,700	1,700	1,800	540	540	590	1,600	1,800	1,800
	Na	3,700	4,500	5,600	4,200	5,000	6,600	1,800	2,300	2,900
	Ni	12	12	14	11	11	17	23	25	26
	Pb	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Se	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Si	570	600	930	19,000	19,000	19,000	1,700	1,900	2,600
	Zn	61	65	78	8	9	12	59	61	58
【参考】 溶出濃度 (mg/L)	Cr(VI)	2.0	3.7	4.6	0.08	0.59	1.5	0.84	1.8	3.4

ボイラーNo.17における日間最高炉内温度と六価クロム溶出濃度の推移を図7及び表10に示した。六価クロム溶出濃度は、炉内設定温度が高くなるにしたがって増加する傾向にあり、特に750℃以上で増加幅が大きかった。これは、3.5で述べたマッフル炉による再加熱試験の結果と一致しており、燃焼温度が六価クロム生成・溶出要因であることが分かった。また、適正な炉内温度管理により、六価クロムの生成・溶出が抑制されることを確認した。

なお、各炉内設定温度における溶出液中の成分濃度を表11に、燃焼灰中の含有量を表12に示したが、溶出液中の成分濃度及び含有量に顕著な傾向は見られなかった。

表10 ボイラーNo.17における炉内設定温度と六価クロム溶出濃度

炉内設定温度(°C)	【平均】Cr(VI)溶出濃度(mg/L)
550	0.77
650	0.84
750	1.3
850	1.5

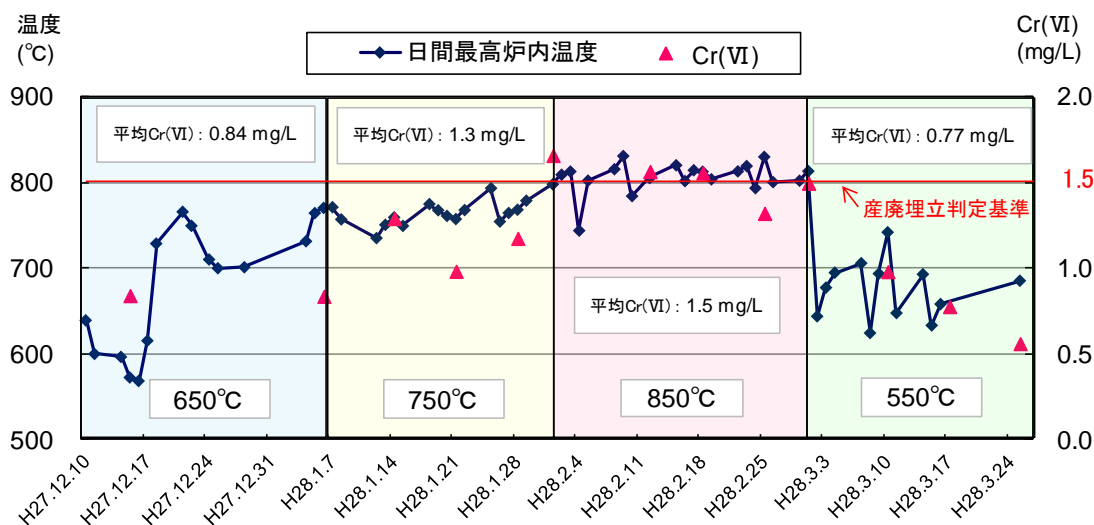


図7 ボイラーNo.17における日間最高炉内温度と六価クロム溶出濃度の推移

表11 各炉内設定温度における溶出液中の各成分濃度

単位はすべて (mg/L)

	No.17			
	550°C	650°C	750°C	850°C
	H28.3.17	H28.1.6	H28.1.28	H28.2.18
Al	540	540	350	590
As	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Ba	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Ca	25	33	27	27
Cd	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Co	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Cr	0.78	1.4	1.6	1.5
Cu	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Fe	0.23	0.33	0.23	0.27
K	4700	7000	7100	5900
Mg	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Mn	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Na	110	160	200	170
Ni	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Pb	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Se	0.30	0.32	0.37	0.32
Zn	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Cr(VI)	0.78	0.84	1.2	1.6

表12 各炉内設定温度における燃焼灰中の各成分含有量

	No.17				
	550°C	650°C	750°C	850°C	
	H28.3.17	H28.1.6	H28.1.28	H28.2.18	
Al	30,000	27,000	30,000	29,000	
As	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
Ba	2,200	2,100	1,600	1,500	
Ca	300,000	260,000	250,000	280,000	
Cd	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
Co	8	11	8	7	
Cr	80	120	110	100	
Cu	110	130	120	130	
Fe	26,000	26,000	29,000	27,000	
K	77,000	93,000	110,000	92,000	
Mg	43,000	39,000	40,000	39,000	
Mn	2,900	1,600	1,200	1,200	
Na	2,900	1,800	3,800	3,600	
Ni	24	23	23	20	
Pb	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
Se	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
Si	4,900	1,700	3,400	3,600	
Zn	39	59	64	61	
【参考】 溶出濃度 (mg/L)	Cr(VI)	0.78	0.84	1.2	1.6

4. まとめ

- ・県内で稼働中の21基のボイラーの燃焼灰について溶出試験を行ったところ、7基から産業廃棄物の埋立処分に係る判定基準(1.5 mg/L以下)を超える六価クロムを検出した。また、燃焼灰中の六価クロム溶出濃度は、飛灰よりも主灰において高濃度になる傾向を示した。
- ・主灰及び木質燃料中の全クロム含有量は、試料間で大きな差異は認められず、灰の六価クロム溶出濃度は必ずしもこれらに依存しないことが分かった。
- ・高濃度の六価クロムが検出されたボイラーNo.9では、六価クロム溶出濃度の増加とともに主灰中の全クロム及びニッケル含有量にも増加傾向が見られたことから、ステンレス等炉材由来のクロムの混入があった可能性が示唆された。
- ・燃焼温度の詳細データが記録されているボイラーNo.8について解析した結果、燃焼温度が高く且つ変動が激しい運転期において六価クロムが生成・溶出しやすい傾向にあった。
- ・灰の再加熱試験結果から、六価クロム溶出濃度は加熱温度が高くなるにつれて増加する傾向にあり、特に750℃以上で顕著であった。
- ・燃焼の過程で灰中のカルシウム塩等の組成に変化が起こり、これが六価クロムの生成・溶出に影響を与えた可能性が示唆された。
- ・適正な炉内温度管理により、六価クロムの生成・溶出が抑制されることを確認した。
- ・実機を用いた燃焼試験における六価クロムの溶出挙動は、灰の再加熱試験の結果と一致しており、燃焼温度が六価クロム生成・溶出要因であることが分かった。

5. 引用文献

- 1) 経済産業省・資源エネルギー庁:エネルギー基本計画, 2014
- 2) 山形県:山形県エネルギー戦略, 2012
- 3) 岩手県:木質ペレットの燃焼灰対応試験中間報告, 2005
- 4) 十川紘一, 山村貞雄:木質ペレット燃焼灰を適正かつ安全に有効利用するための調査研究, 高知県環境研究センター所報26, 17-23, 2009
- 5) 環境省:「規制改革実施計画」において平成25年6月中に講ずることとされた措置(バイオマス資源の焼却灰関係)について(通知), 2013
- 6) 環境庁:産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法, 環境庁告示第13号, 1973
- 7) 一般社団法人日本木質ペレット協会:木質ペレット品質規格, 2011
- 8) 白水真和, 佐藤健, 辻哲夫:木質系燃焼灰の安全性評価と有効利用の可能性, 土木学会中部支部研究発表会抄録, 2010
- 9) 水原詞治, 占部武生, 山口明良, 前田朋之:廃棄物熔融炉用クロム含有耐火物からの6価クロム化合物の生成機構に関する基礎的研究, 廃棄物資源循環学会論文誌, 21, 5, 170-177, 2010
- 10) 水原詞治, 占部武生, 山口明良, 前田朋之:廃棄物の熔融処理に伴う耐火物および熔融スラグからのCr(VI)の溶出挙動, 廃棄物資源循環学会論文誌, 23, 2, 77-84, 2012

謝辞

本研究で使用した灰試料のサンプリングや炉内温度のデータ提供にご協力いただいた、各ボイラー施設の管理担当者並びにボイラーメーカー担当者の方々に深謝いたします。

<報 告>

(2) 最上川中流部水質調査結果について

Investigation of water quality in the middle reaches of the Mogami River

渡辺 知也・佐藤 勉・安部 悦子・辻 浩子・会田 健*・鎌水いずみ**・田中 恵子・沼澤 聡明
・西塚 一茂***・草苺 裕樹・早坂 翔*・武田 圭右・平塚 達也

Tomoya WATANABE, Tsutomu SATO, Etsuko ABE, Hiroko TSUJI, Takeshi AITA, Izumi YARIMIZU,
Keiko TANAKA, Toshiaki NUMAZAWA, Kazushige NISHIZUKA, Yuki KUSAKARI, Sho HAYASAKA,
Keisuke TAKEDA, Tatsuya HIRATSUKA

キーワード ①N-BOD ②アンモニア態窒素 ③硝化作用

Key Words N-BOD ; ammonia nitrogen ; nitrification

要 旨

最上川中流部の基点橋において、平成10年度以降BOD75%値が上昇傾向にあり、平成14年度及び平成20年度に環境基準値(2.0mg/L)を超過した。そのため、平成22~27年度に、水質悪化の原因調査及び継続モニタリング調査を実施した。その結果、基点橋において、夏季に硝化による酸素消費(N-BOD)がBOD値を押し上げる要因となっていることが分かった。また、N-BODの影響は基点橋より約12km下流で最大になっていた。N-BODの上昇に影響を与えるアンモニア態窒素(NH₄-N)濃度があり¹⁾、基点橋におけるNH₄-N負荷量を解析したところ、下水道施設由来の占める割合が大きい結果となった。下水道施設が実施した硝化促進運転の試行運転に合わせて河川水質の影響を調べた結果、NH₄-N濃度が低減され、結果としてN-BOD低減の可能性が示唆された。

1. はじめに

最上川は全長229km、流域面積7千km²(県の総面積の約75%)であり、流域人口は県総人口の約8割を占める。最上川の環境基準は平成23年度に上流部の類型が変更されたため、全域でA類型(BOD 2.0mg/L以下)である。水質の監視は新田橋(米沢市)から両羽橋(酒田市)まで10地点で行っている。

最上川の水質は、生活排水対策及び事業場排水対策等により長期的には改善の傾向にある。しかし、平成10年度以降に中流部の基点橋においてはBODが上昇し、平成14年度及び20年度には環境基準値を超過した(図1)。このため、平成22~27年度に、基点橋におけるBOD上昇の原因調査等を実施した。

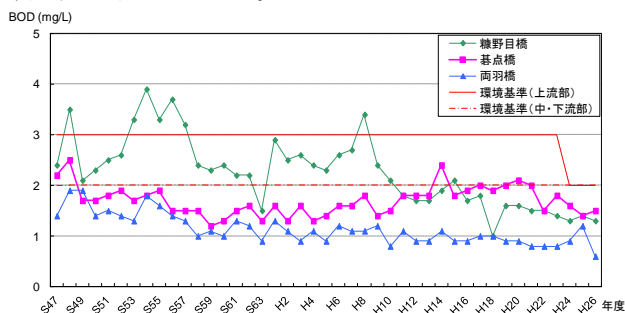


図1 最上川のBOD75%値の経年変化

2. BOD上昇の原因調査(平成22, 23年度)

調査地点図を図2に示す。最上川本川(長崎大橋, 谷地橋, 基点橋, 堀内橋)及びその間に流入する14支川について、流量, BOD, C-BOD(有機物の酸化分解に伴う酸素消費量), N-BOD(硝化に伴う酸素消費量), アンモニア態窒素(NH₄-N), 亜硝酸態窒素(NO₂-N), 硝酸態窒素(NO₃-N)等を測定した。



図2 調査地点図
(国土地理院の電子地形図に追記)

なお、C-BODは検体に硝化抑制剤としてアリルチオ尿素を添加して測定し、N-BODはBODからC-BODを差し引いた値とした。

調査の結果、夏季(平成22年7~9月)に、環境基準点である基点橋のBODが2.0mg/Lを超過した(図3)。

*水大気環境課, **村山総合支庁環境課, ***最上総合支庁環境課

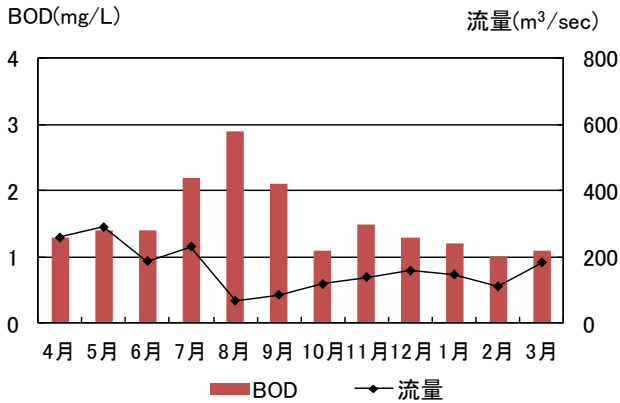


図3 基点橋のBODと流量 (H22年度)

また、平成22年5～12月に長崎大橋より上流の最上川本川、長崎大橋から基点橋の間で流入する13河川によるBOD負荷量及び流量を解析した(図4)。なお、基点橋の負荷量(又は流量)から各流入河川等の負荷量(又は流量)の合計値を差引いた値を「その他」として集計している。その結果、BOD高濃度時(7～9月)、低濃度時(5,6,10～12月)のいずれも長崎大橋上流、須川及び「その他」の占める割合が大きく、これらの合計は全体の約80%であった。ただし、各支川のBOD負荷量の合計値がBOD高濃度時と低濃度時でほぼ等しいのに対し、「その他」の負荷量はBOD高濃度時に大幅に増加しており、基点橋のBOD上昇には、「その他」が影響していると推定された。

「その他」の負荷量増加の要因を検討するため、平成22年6～8月にN-BODについて解析を行ったところ、基点橋

におけるN-BODは、7月に0.9mg/L、8月に1.4mg/L、9月に0.9mg/Lで、いずれもBODを押し上げて環境基準値を超過する要因となっていることがわかった(図5)。N-BODは、NH₄-N濃度や、硝化細菌数、水温等による微生物活性の条件に大きく影響されることが知られており²⁾³⁾⁴⁾、これらの条件がそろそろ夏季にN-BODの影響が顕著になったものと推察された。

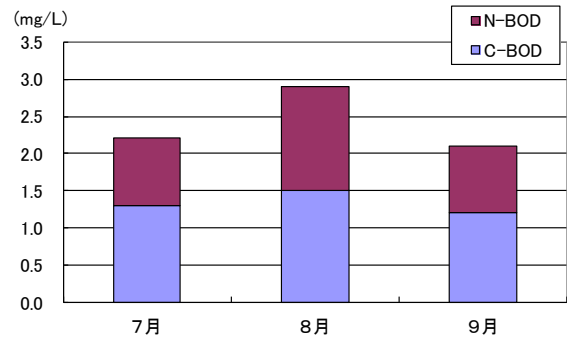


図5 夏季の基点橋のBOD内訳 (H22年度)

最上川中流部において、長崎大橋から基点橋の間で複数の下水道施設放流水が流入するため、基点橋におけるNH₄-Nの負荷量についても解析した。解析には、水質調査結果の他に山形県流域下水道維持管理年報等を用いた。図6に示したとおり、NH₄-N負荷量は下水道施設放流水由来のものが多かった。ここで、「その他」が負となっているのは、流下の途中でNH₄-Nが減少したことを示す。河川水中のNH₄-Nは底質での硝化脱窒、微生物や植物による吸収や吸着などにより減少することが分かっている⁵⁾。

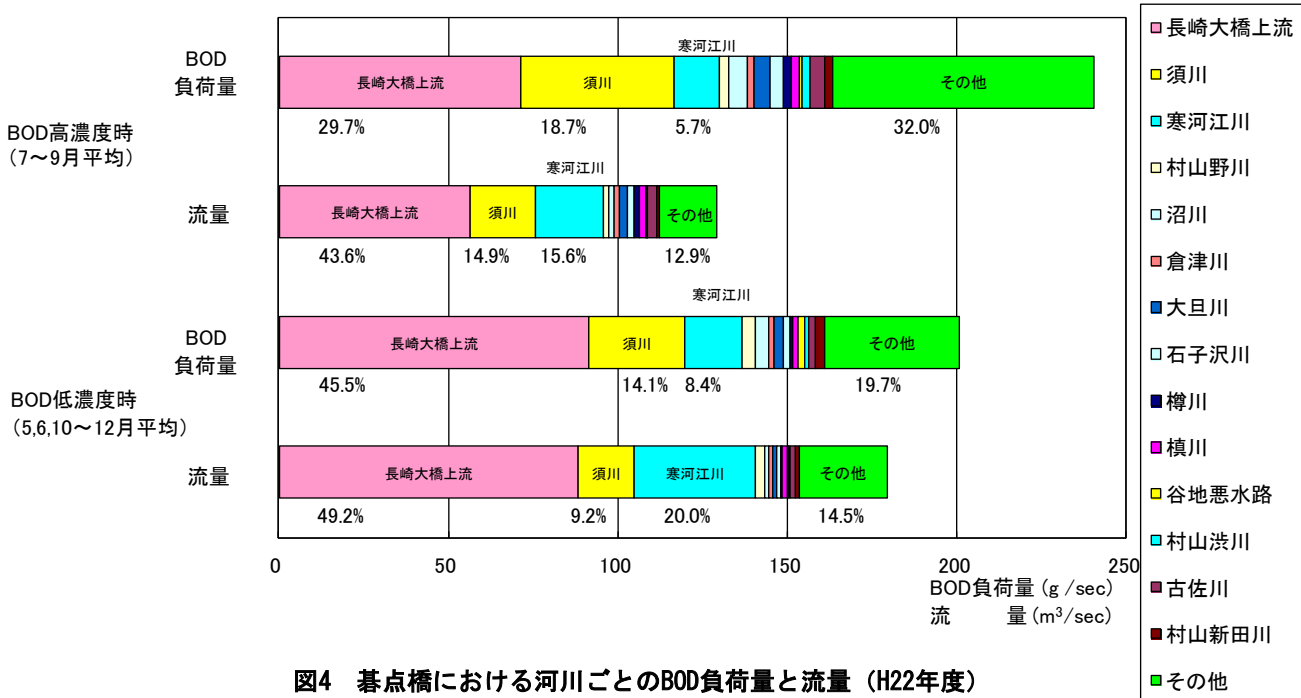


図4 基点橋における河川ごとのBOD負荷量と流量 (H22年度)

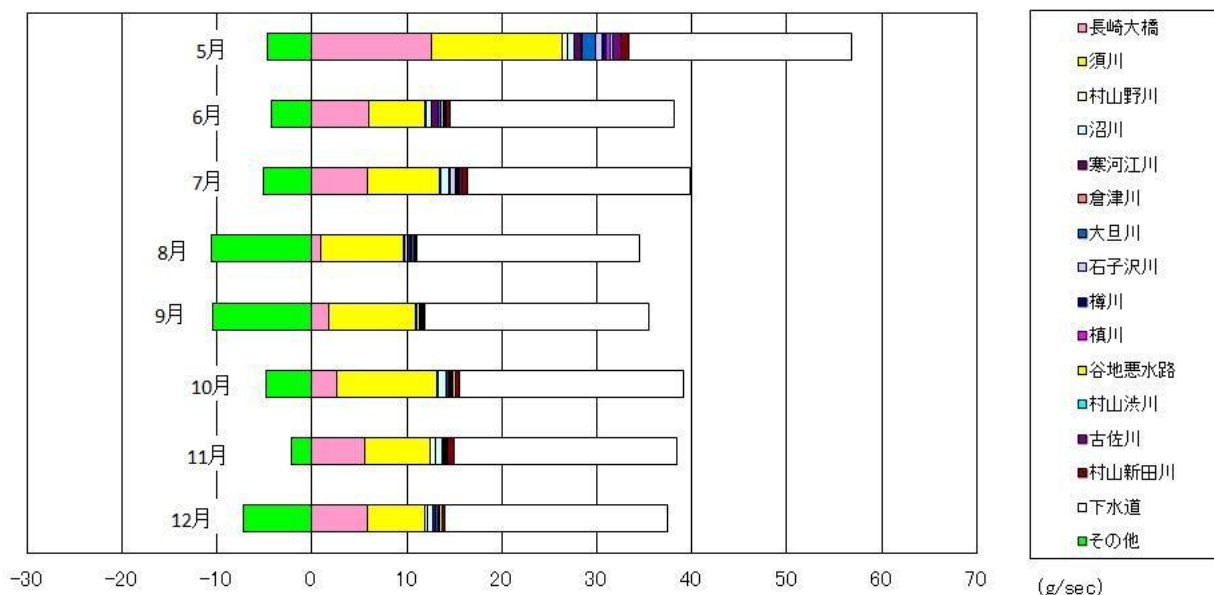


図6 基点橋におけるNH₄-N負荷量 (H22年度)

3. 硝化の影響範囲調査 (平成24年度)

最上川基点橋より下流において、硝化の影響 (N-BOD) が最大となる地点や、自浄作用により影響を受けなくなる地点を把握するために、基点橋から堀内橋までの7地点 (基点橋、三ヶ瀬橋、隼橋、大石田大橋、亀井田橋、大浦橋、堀内橋) で水質検査を行った (図2)。調査項目は平成22年度と同様とした。

その結果、基点橋から隼橋 (基点橋下流約12km) にかけてN-BODの影響が大きくなり、それより下流では小さくなる傾向が確認された (図7)。

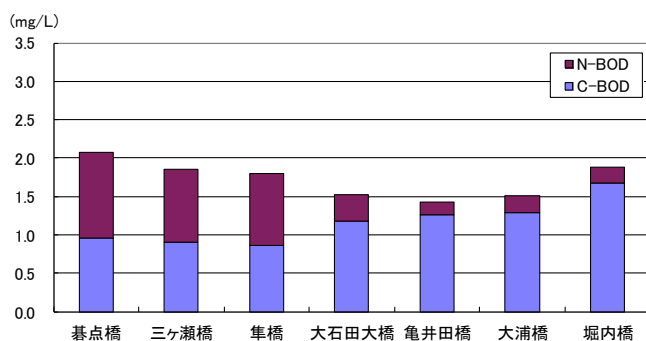


図7 H24年8月8日のBOD縦断面図

また、下水道施設放流水以外の要因についても検討することとし、実測値及び文献⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾の情報を基に長崎大橋から基点橋間の窒素負荷量を算出した。農地由来の負荷量は灌漑期で15%、非灌漑期で12%程度であった (図8)。農地由来の窒素の多くは硝酸態や有機物態と考えられることから¹¹⁾、農地における窒素負荷削減対策を実施したとしても、最上川中流部でのBOD低減効果は限定的であると推定された。

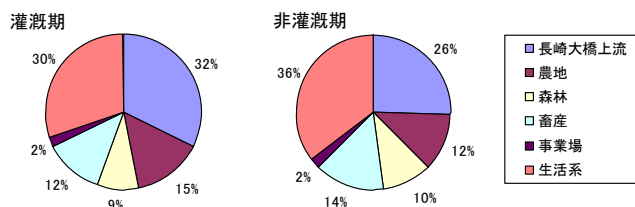


図8 排出源別全窒素負荷量の割合

4. 下水道施設の硝化促進運転時の河川水質調査 (平成25~27年度)

平成25~27年度は、下水道施設において実施された硝化促進運転の試行運転に合わせ、最上川の水質への影響を調査した。

調査地点は、最上川村山橋、谷地橋、河北橋、基点橋の4地点とした (図2)。調査期間は平成25年6~9月、平成26年5~10月、平成27年5~10月、調査項目は平成22年度と同様とした。

調査期間のうち、平成25年度及び平成26年度においては、豪雨等の影響もあり硝化促進運転と河川水質との関連性を明確には見出すことができなかった (図9)。

そのため、平成27年度は調査頻度を高めて調査を実施した。下水道施設の運転状況を勘案した結果、7月15日、8月12日、9月16日及び9月24日の調査日において硝化促進運転の影響が期待された。7月15日にはN-BODがほとんど検出されずC-BODのみが高かったが、これについては後述する。7月15日を除くこの期間の河川のNH₄-N及の濃度に注目すると、通常運転時期よりもやや下がっていた (図10, 11)。NH₄-N濃度は、硝化促進運転中の調査日

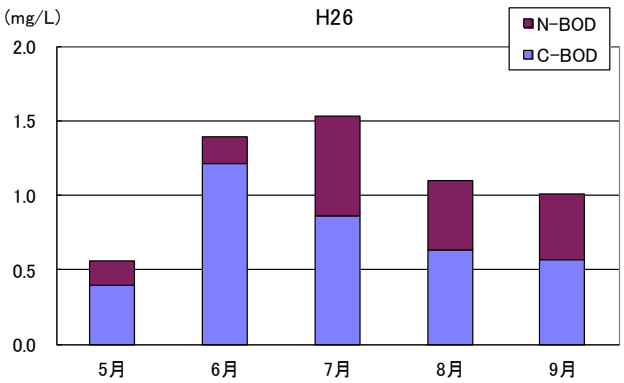
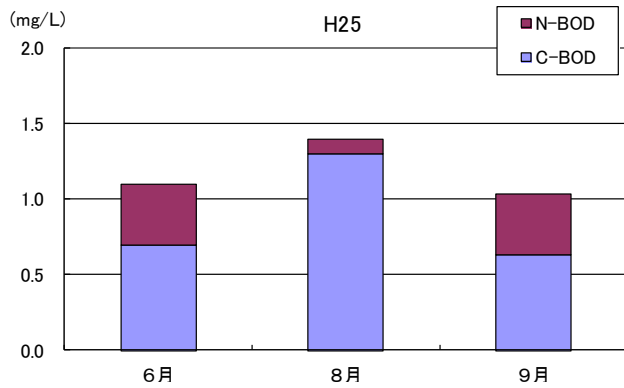


図9 基点橋におけるBOD (H25, H26年度)

の前後の結果と比べて、河北橋で20~25%程度、基点橋で25%程度低かった。8月12日のN-BOD濃度は、数値としては前後の調査日より高いものの、BOD全体に占める割合は河北橋で36%、基点橋で32%であり、前後の調査日(35~65%)に比べてやや低かった。9月16日のN-BODはほとんど検出されなかった。これらの調査結果から、下水道施設において夏季に硝化促進運転を継続すると、放流水のNH₄-N濃度が低減し、環境基準点である基点橋のN-BODの低減に繋がる可能性が示唆された。

また、一般に、有機炭素を酸化分解する有機栄養細菌の世代時間は約20分であるのに対し、硝化細菌は8時間~数日であり、非常に長いと言われている⁸⁾¹²⁾。7月15日の水質については、検水中にC-BOD源となる有機炭素が多量にあったため、有機炭素の酸化分解が硝化に先行して進んだと推定され、このためにN-BODがほとんど検出されなかったものと考えられた。

5. まとめ

- ・ 基点橋におけるBOD負荷量は、BOD高濃度時及び低濃度時ともに長崎大橋上流、須川及び本調査河川以外に由来する「その他」の負荷量が大割を占めており、これらの割合の合計は約80%であった。
- ・ 最上川中流部では、N-BODがBOD値を押し上げていることが確認され、これが「その他」の要因であった。

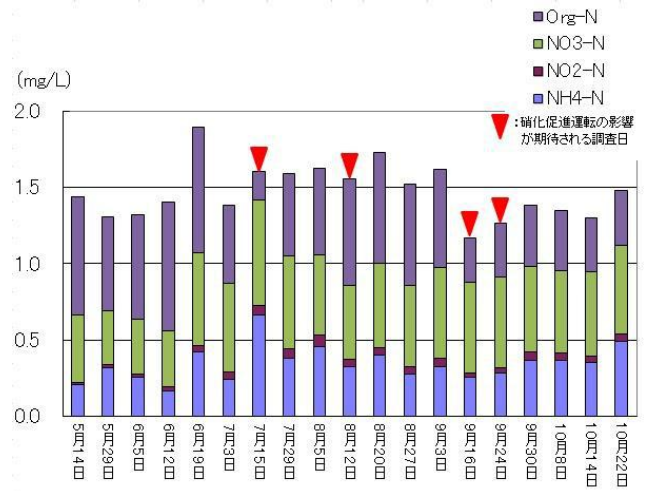


図10 基点橋における各態窒素 (H27年度)

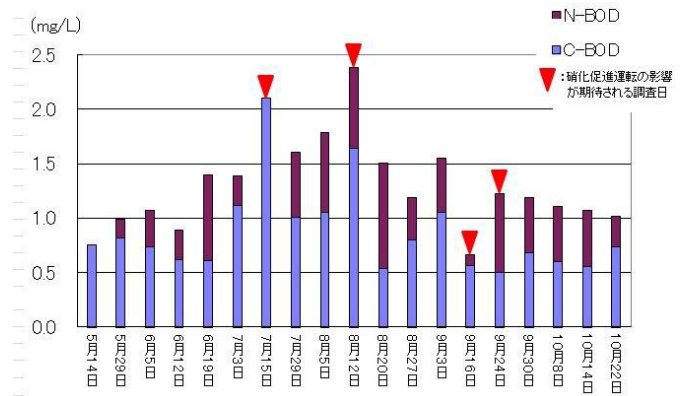


図11 基点橋におけるBOD (H27年度)

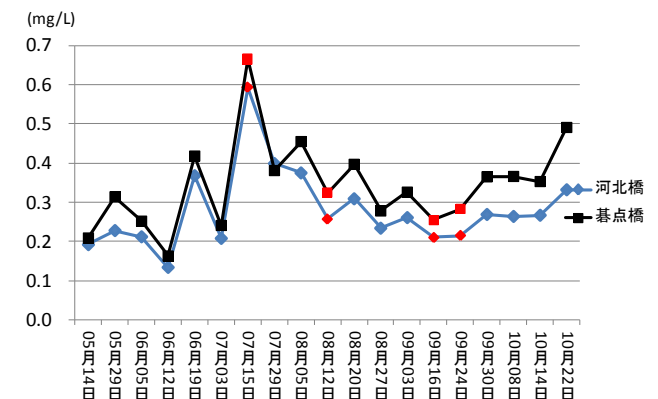


図12 河北橋及び基点橋におけるNH₄-N濃度 (H27年度)
(赤色部分が硝化促進運転時期に対応)

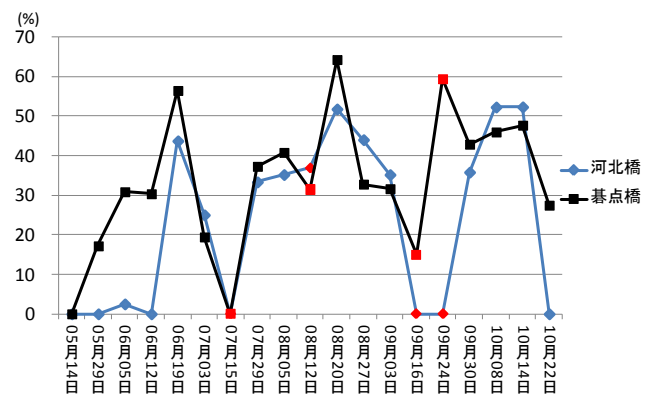


図13 河北橋及び基点橋におけるBODに対するN-BOD (H27年度)
(赤色部分が硝化促進運転時期に対応)

- ・基点橋におけるNH₄-N負荷量は下水道由来の占める割合が大きかった。
- ・基点橋より下流では、約12km下流の隼橋にかけてN-BODの影響が大きくなり、それより下流では減少することが分かった。
- ・窒素負荷量を算出したところ、農地由来の負荷量は灌漑期でも15%程度であり、N-BOD低減への効果は限定的と考えられた。
- ・下水道施設における硝化促進運転により、基点橋のNH₄-N濃度が低減された。
- ・硝化促進運転によるNH₄-N濃度低減が基点橋のN-BOD低減に繋がる可能性が示唆された。

6. 引用文献

- 1) 津久井公昭：都内河川のN-BODについて．用水と廃水，36(2)，13-17，1994
- 2) 東海林祐三，浦嶋幸雄，西野茂幸，川村貢，山田智子，山崎忠茂，前田博之，菊池由生子，高杉信男：市内河川水質における硝化の影響—夏期と冬期における成績の比較検討—．札幌市衛研年報，16，93-98，1988
- 3) 山田一裕，伊藤由季子，鹿野信宏，佐々木久雄，須藤隆一：河川のN-BODに及ぼす下水2次処理水の影響．水環境学会誌，20(5)，311-317，1997
- 4) 東海林祐三，山崎忠茂，前田博之，菊池由生子，高杉信男：札幌市内河川水質の解析—N-BODの見地から—．全国公害研会誌，14(4)，197-202，1989
- 5) 小倉亜紗美，竹田一彦，中坪孝之：都市化地域の河川流域におけるBODに対する窒素負荷の影響．用水と廃水，48(6)，524-531，2006
- 6) 山形県環境科学研究センター：最上川の清流化に関する研究Ⅰ．山形県環境科学研究センター年報，14，46-48，2007
- 7) 環境省水質保全局水質管理課：湖沼等の水質汚濁に関する非特定汚染源負荷対策（ガイドライン編）．2004
- 8) 國松孝男，村岡浩爾：河川汚濁のモデル解析．技報堂出版，1984
- 9) 宗宮功：自然の浄化機構．技報堂出版，1990
- 10) 宮崎成生，亀和田國彦，岩崎慎也：水田を通過する農業用水の水質変化の実態．栃木農試研報，No55，45-55，2005
- 11) 小川吉雄：地下水の硝酸汚染と農法転換．社団法人農山漁村文化協会，29-38，2004
- 12) 社団法人日本下水道協会：下水試験法．136-145，608-613，1997

< 報 告 >

(3) トリクロロエチレンによる広域的地下水汚染の改善事例 An improvement case of a large scale groundwater contamination by trichloroethylene

平塚達也
Tatsuya HIRATSUKA

キーワード ①トリクロロエチレン ②地下水汚染

Key Words trichloroethylene ; groundwater contamination

要 旨

平成3年度の概況調査及び平成4年度の汚染井戸周辺地区調査の結果、東根市蟹沢地区において、トリクロロエチレン（TCE）による広域的な汚染が判明した。そこで、対応策を協議するために「山形県地下水技術検討会」を発足させ、汚染源の究明や浄化対策等を実施してきた。また、県では汚染地区における地下水のモニタリングを行い、汚染状況の把握を行ってきた。初期の対策は事業場内の汚染溜まりのある地点の浅層を対象とし、事業者により土壌ガス吸引や揚水対策が実施された。しかし、地下水質が完全に改善することはなく、特に深い帯水層中の汚染物質は残ったままであった。そのため、平成19年度に汚染状況の再調査を行い、深層に高濃度汚染が発見されたことから、それ以降は深層の汚染対策に取り組んできた。その結果、平成23年度頃から地下水質の改善が見られた。

1. はじめに

山形県では、平成元年度から水質汚濁防止法に基づく地下水測定計画により地下水の調査を実施している。平成3年度に行われた村山地区の概況調査において、東根市蟹沢地区の1井戸から当時の評価基準（0.03 mg/L、平成元年9月14日付け環水管第189号）を超過するTCEが検出さ

れた。翌年度に行った汚染井戸周辺地区調査の結果、114井戸中35井戸で基準値を超えていることが判明した。そこで、対応策を協議するため学識経験者5名からなる「山形県地下水技術検討会」を発足させ、学識経験者、企業、行政が連携し、汚染源の究明や浄化対策等を実施してきた。

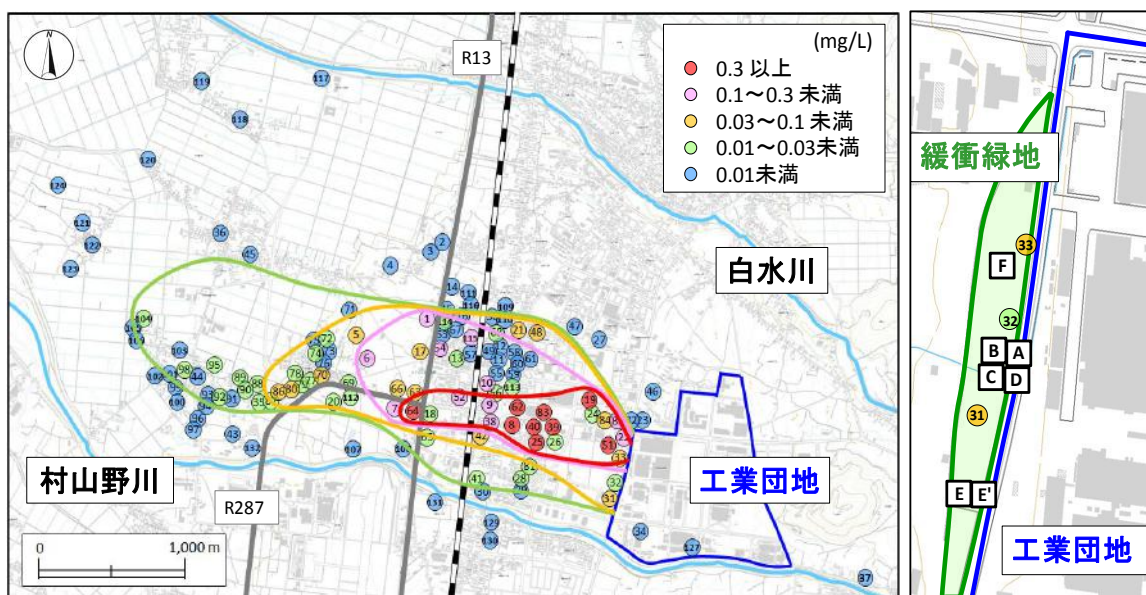


図1 調査地点（左：一般井戸 右：観測井戸）及び濃度分布

2. 汚染地区の概要

2.1 汚染の状況

汚染井戸周辺地区調査の結果、一般井戸の最高濃度は2.0 mg/Lであり、汚染範囲は東西約3 km、南北約1 kmに及んでいることが判明した(図1左)。なお、当時の評価基準(0.03 mg/L)を超過した範囲は橙色の線で、基準値以下の濃度で検出された範囲は緑色の線で示している。この図から、汚染は工業団地西側に広がっており、濃度は工業団地に近いほど高いことが分かった。

県では、周辺地区調査の結果を基に、地下水の上流部に位置する工業団地内の特定事業場のTCE使用状況を確認し、TCE使用事業場及びその周辺の表層土壌ガス調査(631地点)を実施した。その結果、X社の事業場敷地内にあるTCE廃液の保管庫跡地から高濃度のTCE(最高濃度860 mg/L)が検出された。また、溶剤の管理状況からTCEの漏洩が疑われたため、X社が汚染源である可能性が大きいと判断し、浄化対策の指導を行った(図2)。

これを受け、X社は汚染浄化対策を実施し、県では汚染の見つかった一般井戸において継続監視を行った。また、下流域の地層や帯水層ごとの地下水汚染の状況を把握するため、平成5年度に工業団地西側の緩衝緑地内に観測井戸を7本(A, B, C, D, E, E', F)設置し、モニタリングを開始した(図1右)。

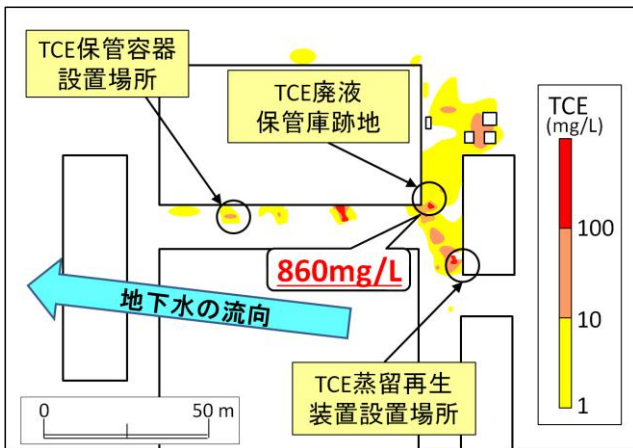


図2 企業内表層土壌ガス調査結果

2.2 汚染地区の水理地質

東根市にある当該地区は山形盆地北部に位置し、市東部の奥羽山脈から西側の最上川に向かって流れる白水川、村山野川の扇状地に位置している。

土地分類基本調査『楯岡』¹⁾によると扇状地は帯水層が5つに区分され、上部より3つ目の帯水層以深が被圧帯水層と報告されている。この扇状地は、新第三紀中新世の中～後期に堆積した火山性堆積物(凝灰質岩あるいはシルト岩)を基盤とし、基盤上に更新世以降に堆積した砂や礫を主体とする地層からなっている。

県では、平成5年度に同地区における地下水の流動方向等を推定するためのボーリング調査を実施した。調査から得られた汚染地域の地層構造は図3に示したとおりである。当地域の扇状地堆積物は、全体的に礫層で構成されているが、シルト及び粘土層がレンズ状に複雑に挟まれており、地下水の帯水状況は複雑であると考えられる。しかしながら、全体としては標高差により東南東から西北西の方向に流れているものと推測された。

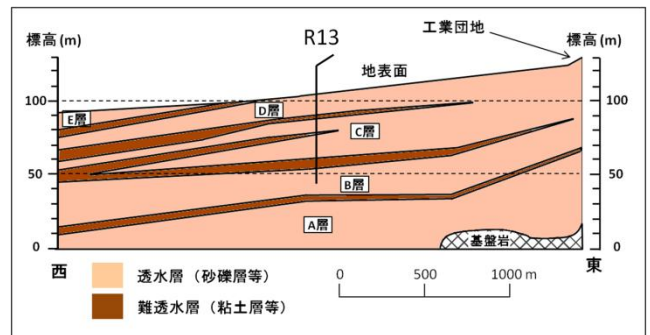


図3 汚染地域地層構造

3. 浄化対策及びモニタリング結果

3.1 浄化対策(1)：平成6年度～

浄化対策は、汚染溜まりが深い層へ移動することを避けるため、始めに浅い層で浄化対策を行い、これが終了した後に深い層の対策へ移行する方針とした。平成6年度、表層土壌ガス調査の結果を基に、X社は地質ボーリング調査を行った。その結果、敷地内2地点の浅い層においてTCEの汚染溜まりが発見された。そこで、X社は図4の地点①においては土壌ガス吸引対策(深度：18 m)及び揚水対策(深度：6～7 m)を、さらに地点②において土壌ガス吸引対策(深度：5.6 m)を開始した。また、平成9年度に別地点においてボーリング調査を実施したところ、高濃度汚染(約940 mg/L)が見つかったため、地点③に揚水対策用井戸(深度：7.3 m)を追加した。上記の対策により、平成18年度までに約5,500 kgのTCEが回収された。

モニタリング開始時から平成18年度までの県観測井戸におけるモニタリング結果を図5に示した。なお、モニタリング17井戸で行っているが、深度方向による違いに注目し、ここでは4井戸の結果のみを示した。4井戸の深度は図5内に記載したとおりであり、D, C, B, Aの順に深くなっている。また、TCEの環境基準値を赤色の線で記した。

最も浅いD井戸では、対策開始後TCE濃度は順調に低下しており、平成13年度以降環境基準値(0.03 mg/L)を超過することはなかった。しかし、C及びB井戸では、微減傾向で推移しているものの基準値を下回ることなく、また最も深いA井戸では微増傾向を示した。

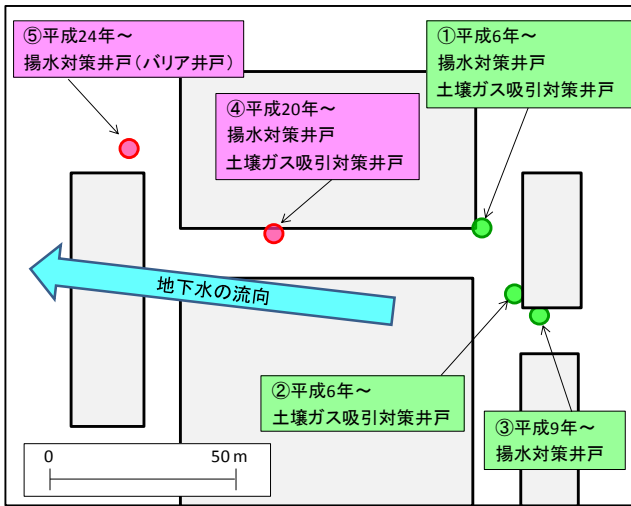


図4 企業内汚染対策井戸の位置図

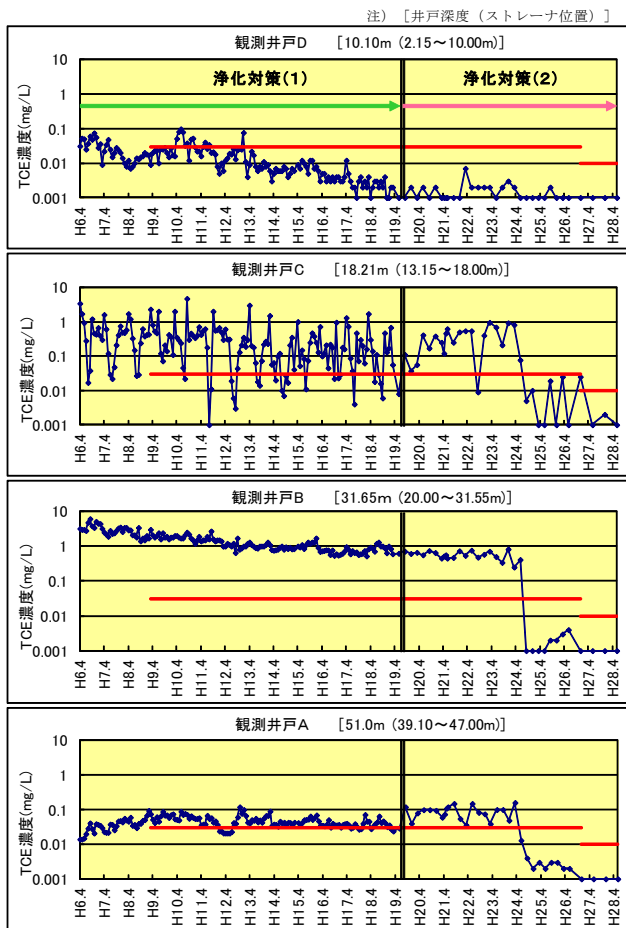


図5 観測井戸モニタリング結果 (TCE)

以上の結果より、浅い層での汚染対策は効果が見られ、地下水質は改善傾向にある一方、徐々に深い層に高濃度汚染溜まりが移動しているものと推測し、次の対策が必要と判断した。

なお、県では平成17年に科学的自然減衰 (MNA) の適用可能性についてシミュレーションを用いて検討したが、当該地域では微生物による分解が期待できず、浄化完了までに長い時間を要することが予測されたため、現状の対策を継続する必要があると判断

した²⁾。

3.2 浄化対策 (2) : 平成19年度～

平成19年度、X社は事業場敷地内で表層土壌ガス調査 (検知管289地点、GC15地点)を再度実施した。その結果、平成6年度時とは別の場所に汚染源が見つかった。また、ボーリング調査を行ったところ、3.1で得られた結果と同様に浅い層には土壌・地下水汚染はなかったが、8m以深の層に高濃度TCEによる地下水汚染 (140 mg/L) が発見された。そのため、平成20年度に図4の地点④において土壌ガス吸引対策 (深度: 約16 m, 吸引速度: 約1.5 m³/min) 及び揚水対策 (深度: 約10 m, 揚水速度: 約2.0 L/min) を開始した。さらに、下流側への汚染の拡散防止を強化するため、平成24年度に上記対策井戸の下流側 (地点⑤) にバリア井戸を設置し、揚水対策 (深度: 約14 m, 揚水速度: 約1.5 L/min) を併せて開始した。これらの対策は現在も継続しており、これまでに約850 kgのTCEを回収している。

浄化対策 (2) 開始後のモニタリング結果を見ると、平成23年度まではこれまでと同じ挙動を示していたが、平成24年度からは、既に濃度が低下していたD井戸を加えて、全ての井戸で急激にTCE濃度が低下しており、以降は環境基準改正後の基準値 (0.01 mg/L) を下回っている。

3.3 一般井戸のモニタリング結果

一般井戸におけるモニタリング結果を図6に示した。一般井戸のTCE濃度は、観測井戸と同様に平成22～24年頃に急激に低下した。汚染範囲の中央部から西側の範囲では平成22年度頃からTCEの急激な低下が見られた。また、汚染範囲の東側に位置し、汚染源に最も近い工業団地西側の地域のTCE濃度は、平成24年度から低下したことから、浄化対策により汚染の拡散が遮られたものと推測した。なお、その後は全ての井戸で環境基準を満たしている。

3.4 地震による影響の有無

平成23年度以降に見られた急激なTCE濃度低下が上記浄化対策の効果によるものと判断するにあたって、直前に起きた東日本大震災により汚染された地下水の流れが変化したためという懸念もあった。そこで、この低下が地震による汚染水の流向又は深度の変化もしくは土壌環境の変化によるものではないことを確認するため、追加調査を行ったところ、以下のような知見が得られた。
①深度の異なる位置に汚染が移動していないかを確認するため、観測井戸及び一部の一般井戸において深度を変えて採水調査を実施した。しかし、採水深度の違いによるTCE濃度の相違はなく、深層への汚染物質の落込みはなかった。

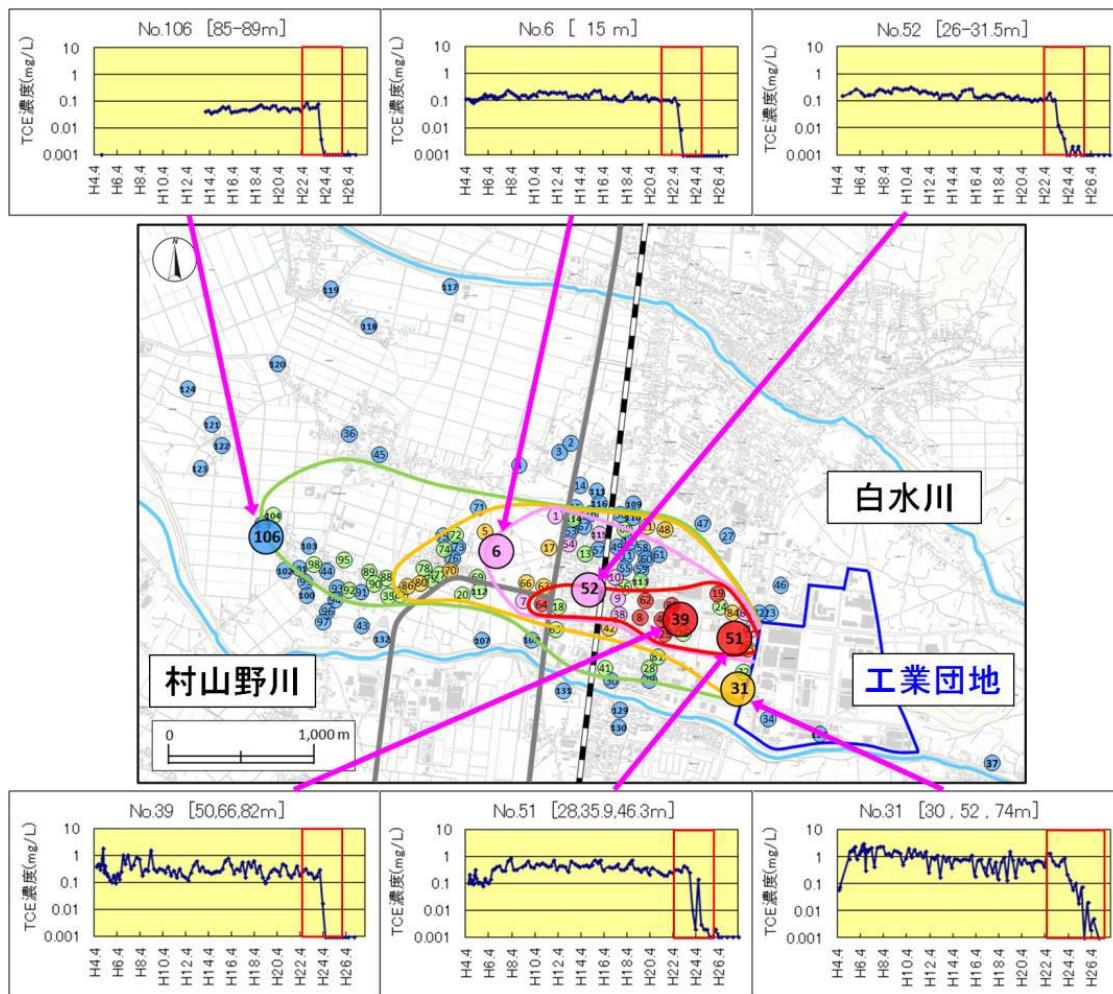


図6 一般井戸モニタリング結果 (TCE)

②この地区では、X社由来のTCEとは別の汚染源によるものと思われるクロロホルムも以前から検出されていた。震災前後の地下水中のクロロホルムの濃度推移(図7参照)は、TCEで見られたような急激な低下は起きておらず、地下水の流れに地震の影響はないと推測された。

③観測井戸の地下水位に大きな変動はなく、一般井戸も含めてpHと電気伝導度に変化はなかった。

④一般井戸及び観測井戸の酸化還元電位の測定を行った結果、全ての井戸において以前と同様に酸化的雰囲気(+50~200 mV)が持続していることから、土壤環境に変化はなく、土壤微生物の分解によるTCE濃度の低下ではないと推測した。

以上の検討より、平成23年度に見られたTCE濃度の急激な低下は、地震の影響によるものではなく、X社において平成20年度に行われた揚水及びガス吸引対策と平成24年度に行われたバリア井戸の設置による効果であると判断した。

4. まとめ

東根市蟹沢地区において、東西約3 km、南北約1 kmの広範囲に及ぶTCEによる地下水汚染について、学識経験者、企業、行政が連携し、約20年の年月をかけて対策に取り組んだ結果、地下水質が改善された。今後もモニタリングを継続し、地下水質が維持されるよう対策を推進していく。

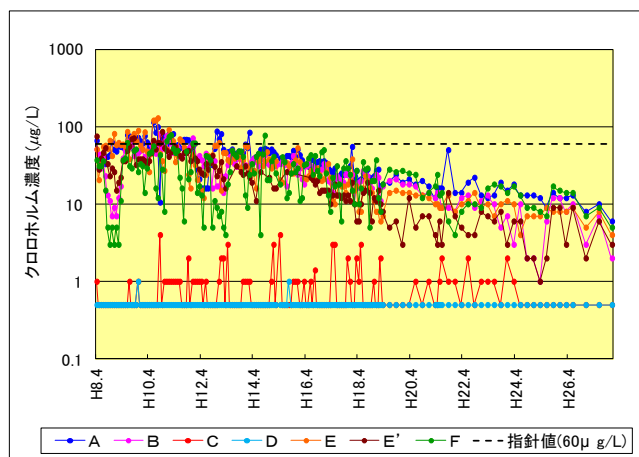


図7 観測井戸モニタリング結果 (クロロホルム)

謝辞

地下水質の改善を行うにあたり，長年にわたる御協力及び御助言を賜りました地下水技術検討会の皆様に深く感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 山形県(1981)：土地分類基本調査 楯岡，pp. 28-40.
- 2) 渡邊ら：VOCによる地下水汚染の科学的自然減衰(MNA)について，第11回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会（2005）

IV ノート

(1) 山形県における酸性雨の長期変動とその特徴

The Long-term Changes and Characterization of Acid rain in Yamagata Prefecture

鈴木晃功・遠藤昌樹・渡邊一史*・鎌水義弘**・小松秀一

Akinori SUZUKI, Masaki ENDO, Kazufumi WATANABE, Yoshihiro YARIMIZU, Shuichi KOMATSU

キーワード 酸性雨 ; pH

Key Words Acid rain ; pH

要 旨

平成3年度から平成26年度までの酸性雨測定結果について、山形市と酒田市における季節変動、経年変動及び地域特性について解析を行った。降水pHの平均値は山形市よりも酒田市の方が低かった。全期間のイオン成分当量濃度の平均値は、 $nss-SO_4^{2-}$ 、 NO_3^- 及び NH_4^+ が山形市と酒田市でほぼ同じ値であり、 $nss-Ca^{2+}$ は酒田市よりも山形市の方が低い値であった。また、降水pHは近年山形市と酒田市ともに緩やかな上昇傾向にあり、イオン成分当量濃度の経年変動も横ばい～減少傾向にあった。イオン成分沈着量は、酒田市の方が山形市よりも大きな値を示した。 NO_3^- 沈着量は、山形市では横ばい～微減傾向、酒田市では総体として増加傾向にあり、 H^+ 、 $nss-SO_4^{2-}$ 、 NH_4^+ 及び $nss-Ca^{2+}$ 沈着量は近年減少傾向にあった。

1 調査目的

山形県では、県内の降水の汚染状況等を継続的に把握するため、昭和62年度から内陸及び日本海沿岸に調査定点を設置して酸性降下物のモニタリング調査を実施している。本報告では、常時開放型ろ過式降水採取装置を用いて調査を行った平成元年度から26年度までの26年間の調査データを整理し、このうち通年で調査を行った平成3年度以降のデータについて、県内の降水の酸性化の状況、調査地点の相違や経年変動等について解析を行った。

2 調査内容

2.1 調査地点

調査は、内陸に位置する山形市（山形県衛生研究所屋上）と、日本海沿岸に位置する酒田市（庄内総合支庁酒田農業技術普及課庁舎屋上）の2地点で行った（図1）。

常時開放型ろ過式降水採取装置により1週間ごとの降水試料を採取した。なお、平成18年度からは2週間ごとの採取に変更した。

2.2 分析項目及び分析方法

降水成分の分析項目及び分析方法を表1に示した。



図1 調査地点

2.3 測定データの精査

2.3.1 イオンバランス (R_1) 及び電気伝導率バランス (R_2)

環境省の「湿性沈着モニタリング手引き書(第2版)」¹⁾に従って、イオンバランス (R_1) および電気伝導率バランス (R_2) による2つの検定方法を用い、測定値の信頼性を

*循環型社会推進課, **企業局酒田水道事務所

評価した。なお、 R_1 及び R_2 は個々の試料毎に評価し、基準範囲を超える場合は再分析を行うなどの精度管理を行っている。また、不適合の原因が試料の汚染等による場合は解析対象から除外した。

全データ数と適合率は表2のとおりである。 R_1 及び R_2 の適合率から、分析精度は高い水準で安定していたと言える。

表1 分析項目及び分析方法

分析項目	分析方法
貯水量	重量法
pH	ガラス電極法
電気伝導率(EC)	電気伝導率計による方法
硫酸イオン(SO ₄ ²⁻)	イオンクロマトグラフ法
硝酸イオン(NO ₃ ⁻)	
塩化物イオン(Cl ⁻)	
アンモニウムイオン(NH ₄ ⁺)	
ナトリウムイオン(Na ⁺)	
カリウムイオン(K ⁺)	原子吸光度法(～H17)
カルシウムイオン(Ca ²⁺)	
マグネシウムイオン(Mg ²⁺)	

表2 測定データの適合状況

項目	全データ数	許容範囲内データ数	適合率 [%]
R_1	1,834	1,658	90.4
R_2	1,834	1,760	96.0

2.3.2 解析に使用したデータ

3.1節以降では、通年の調査データが得られている平成3年度から26年度までの24年間のデータを用いて解析を行った。

解析した項目は、降水量、pH、降水中の酸の指標である非海塩性硫酸イオン(nss-SO₄²⁻)及び硝酸イオン(NO₃⁻)、酸の中和成分の指標であるアンモニウムイオン(NH₄⁺)及び非海塩性カルシウムイオン(nss-Ca²⁺)である。なお、解析にあたりnss-SO₄²⁻とnss-Ca²⁺については、海塩粒子の寄与率が75%以下の結果のみを使用した。

降水量及びイオン成分沈着量については平均値を、pH及びイオン成分濃度については降水量による加重平均値を用いた。

3 全期間の調査結果

3.1 全期間のイオン濃度等

降水量、pH及びイオン成分濃度について、年平均値を平成3年度から26年度にわたって平均したもの(以下、全

期間平均値という。)を表3に示した。

表3 降水量、pH、イオン成分の全期間平均値

調査地点	山形市	酒田市
降水量 [mm]	1,100 (781~1,444)	1,743 (1,268~2,348)
pH	4.85 (4.65~5.03)	4.64 (4.43~4.91)
H ⁺ [µeq/L]	14.0 (9.3~22.2)	22.7 (12.4~36.8)
nss-SO ₄ ²⁻ [µeq/L]	38.7 (24.5~53.2)	39.9 (28.4~54.2)
NO ₃ ⁻ [µeq/L]	20.2 (14.8~30.2)	20.8 (15.4~28.5)
NH ₄ ⁺ [µeq/L]	25.6 (18.9~36.6)	25.6 (18.7~38.6)
nss-Ca ²⁺ [µeq/L]	19.0 (11.0~40.5)	15.1 (9.2~29.1)

※上表中の数値は、全期間平均値(年平均値の最小値~最大値)を表す。

3.1.1 年降水量

年降水量の全期間平均値は、山形市が1,100 mm、酒田市が1,743 mmであり、酒田市は山形市と比べて約1.6倍の降水量であった。

3.1.2 pH

降水の酸性度をあらわすpHの全期間平均値は、山形市が4.85、酒田市が4.64であった。参考までに、全国の測定値は4.72(降水時開放型捕集装置による、平成20年度~24年度までの5年間の全地点加重平均値)²⁾であり、山形市は全国より高く、また酒田市は全国より低い値を示した。

また、山形市と酒田市におけるpHのヒストグラムは図2のとおりである。山形市よりも酒田市の方が、pHの分布が酸性側に寄っていた。

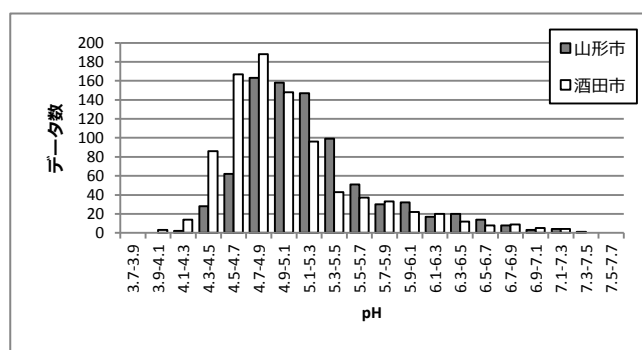


図2 降水pHのヒストグラム

3.1.3 イオン組成

全期間の平均イオン組成を図3に示した。山形市及び酒田市とも全体の陰イオンと陽イオンのバランスはよくとれていた。

酸性成分のnss-SO₄²⁻、NO₃⁻、塩基性成分のうちNH₄⁺は、山形市と酒田市でほぼ同じ値であった。もう一方の塩基性成分であるnss-Ca²⁺は、酒田市が山形市よりも低い値であった。この結果、酸及び塩基性成分のバランスで決定

されるH⁺濃度は、酒田市(22.7 μeq/L)が山形市(14.0 μeq/L)より大きな値を示した。

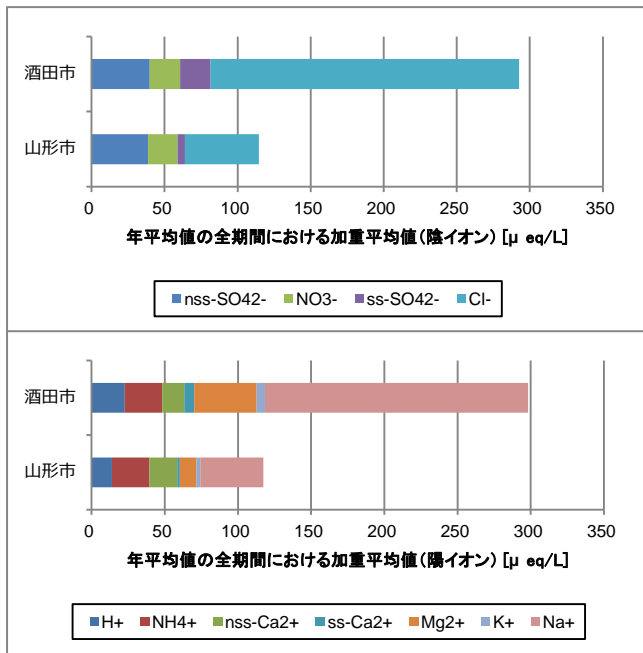


図3 全期間の平均イオン組成

酒田市の合計イオン濃度は、陰イオン及び陽イオンともに山形市の2倍以上であり、イオン成分全体の7割以上を海塩性イオンが占めていた。酒田市の降水が海塩の影響を強く受けていることがわかる。

3.2 全期間の沈着量

イオン成分の沈着量について、全期間平均値の結果を表4に示した。5成分ともに山形市よりも酒田市の方が大きな沈着量を示し、特に酒田市のH⁺沈着量は、山形市の約2.6倍の値を示した。

表4 全期間のイオン成分沈着量

沈着量 [meq/m ² ・年]	山形市	酒田市
H ⁺	15.2 (8.5~28.4)	39.5 (20.2~57.8)
nss-SO ₄ ²⁻	41.8 (24.5~63.2)	61.7 (42.5~92.0)
NO ₃ ⁻	21.9 (16.2~34.2)	36.3 (26.7~47.1)
NH ₄ ⁺	27.8 (20.2~44.2)	44.6 (34.4~62.9)
nss-Ca ²⁺	20.6 (11.1~34.2)	23.5 (14.8~43.7)

※表中の数値は、全期間平均値(年平均値の最小値~最大値)を表す。

3.3 季節変動

月別のpH、中和を受ける前の酸性度の指標pAi (pAi = -log([nss-SO₄²⁻] + [NO₃⁻]))、及び中和の程度の指標pH/pAiの濃度変動を図4に示した。また季節の区分は、3~5月を春季、6~8月を夏季、9~11月を秋季、12~2月を冬季とした。

pHは春季から夏季にかけてほぼ横ばいで推移し、秋季から徐々に値が低下し、1月が最小となる変動を示した。また、山形市よりも酒田市の方がpHが低い傾向にあった。

春季はpAiが低い(すなわち酸性成分濃度が高い)一方で塩基性成分濃度(特にnss-Ca²⁺濃度)が高く、中和の程度の指標であるpH/pAiは3月から4月にかけて極大値を示した。春季は降水pHの中和の程度が高く、pHも中性側に近づいていた。

夏季はpAiが上昇(すなわち酸性成分濃度が低下)し、同時に塩基性成分濃度も低下し、pHは春季と同程度であった。pH/pAiは6月から8月にかけて減少し、中和の程度が低くなっていた。

秋季はpAiが低下(すなわち酸性成分濃度が上昇)しているが、塩基性成分のうちnss-Ca²⁺濃度は横ばいであった。NH₄⁺濃度は上昇しているもののpH/pAiは横ばいであり、中和の程度が低い。pHは冬季に向けて酸性側に近づいていた。

冬季はpAiが低下した一方でnss-Ca²⁺濃度が2月に急激に上昇した。pH/pAiは1月を極小値として2月に上昇に転じた。pHは1年を通して1月が最も酸性に傾いていた。

2月から4月は酸性成分と塩基性成分の濃度がともに高い傾向にあった。この期間は北西から西北西の季節風が卓越する時期であり、この季節風に乗った黄砂の影響が示唆された。

3.4 経年変動

年平均pHと主なイオン成分の年平均成分濃度の経年変動を図5に示した。

3.4.1 当量濃度の経年変動

山形市では、平成14年度から17年度にかけて降水が最も酸性化した。平成20年度以降は緩やかな上昇傾向にある。一方、酒田市では、平成6年度、12年度、16~17年度に降水pHの酸性化がみられたが、平成19年度以降は緩やかな上昇傾向にある。

また、イオン成分当量濃度の経年変動は、山形市と酒田市でほぼ同じ傾向を示した。

nss-SO₄²⁻濃度は、年度によって濃度の上下を繰り返しているが、平成17年度以降は低下傾向で推移している。また、平成18年度以降、山形市に比べ酒田市の方が濃度が高い傾向にある。

NO₃⁻濃度は、平成8年度と12年度をピークに近年横ばい傾向にある。また、平成18年度以降、山形市に比べ酒田市の方が濃度が高い傾向にある。

NH₄⁺濃度は、平成12年度をピークに減少傾向にある。酒田市と山形市で濃度に大きな差はない。

nss-Ca²⁺濃度は、年度ごとの濃度変動が大きいものの総体として近年横ばい傾向にある。全体的に山形市に比べ酒田市の方が濃度が低い傾向にある。

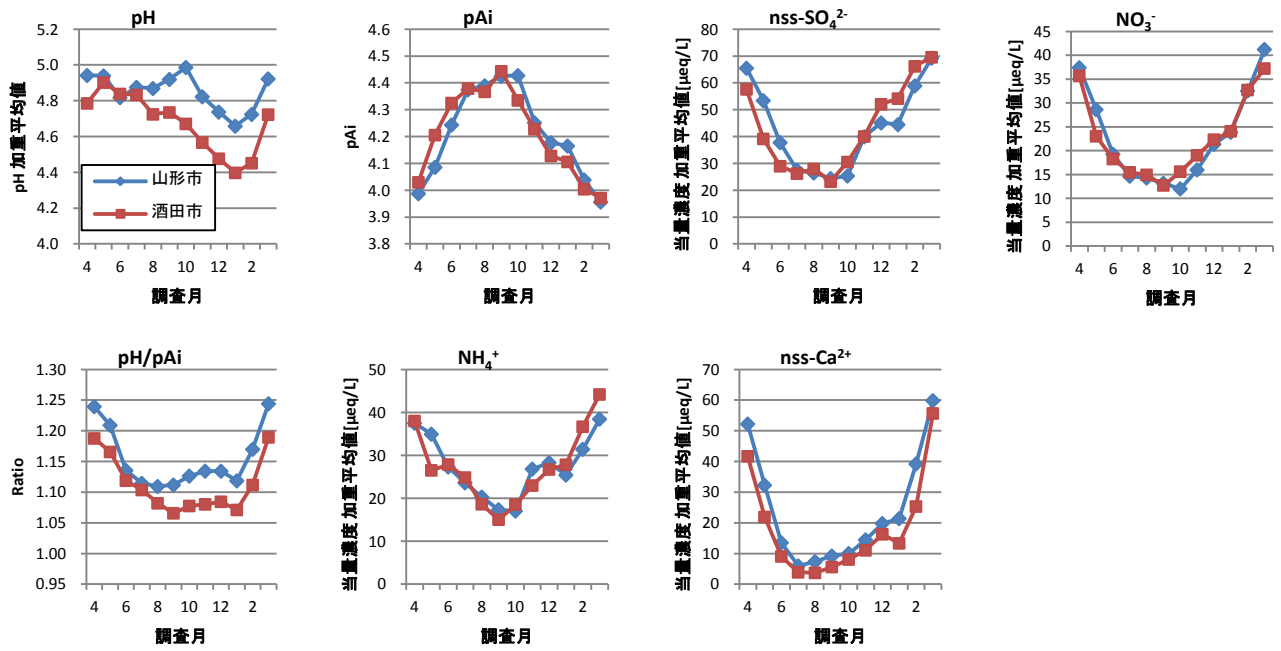


図4 pH及びイオン成分当量濃度等の月毎変動

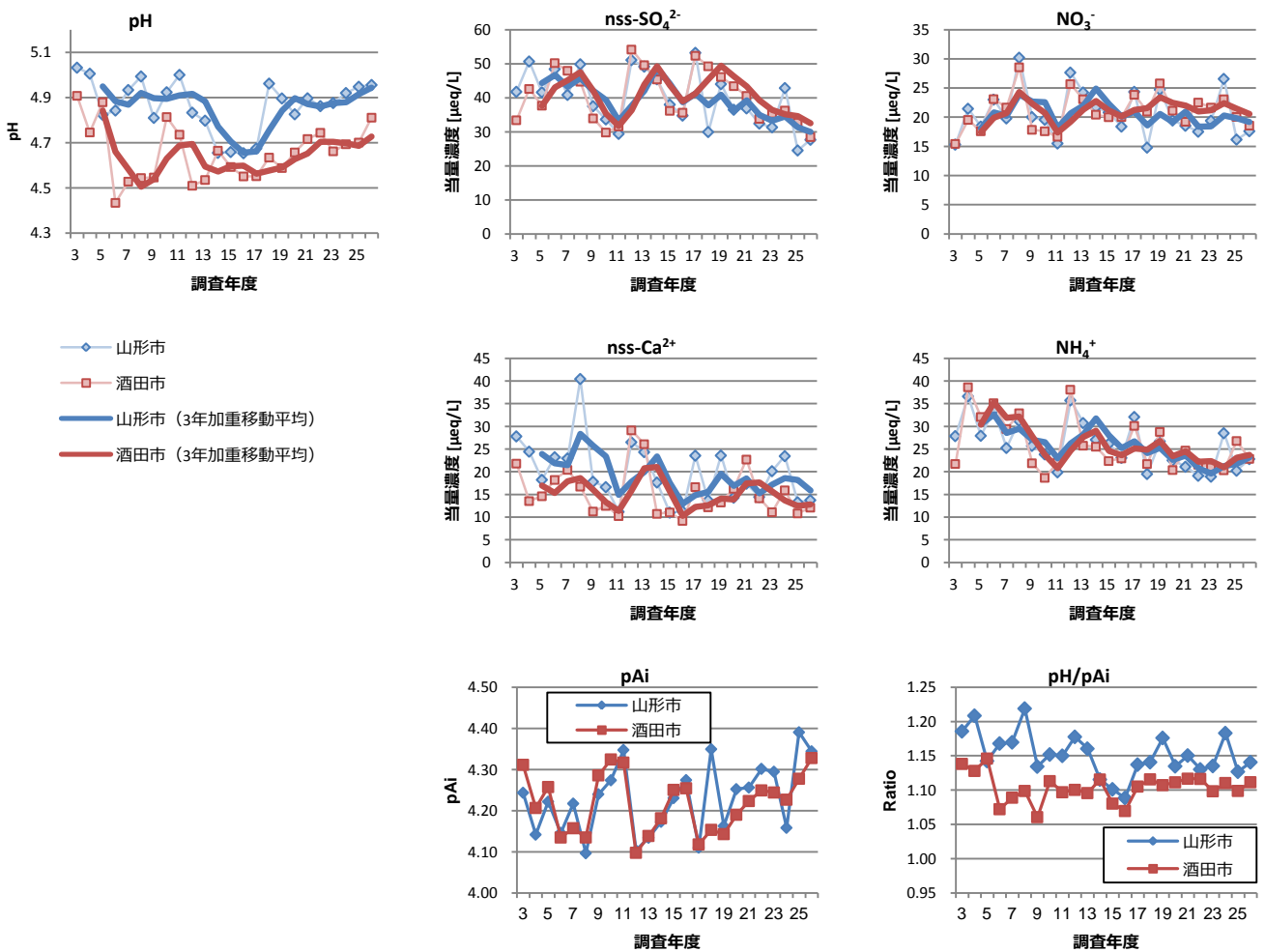


図5 pH及びイオン成分当量濃度等の経年変動

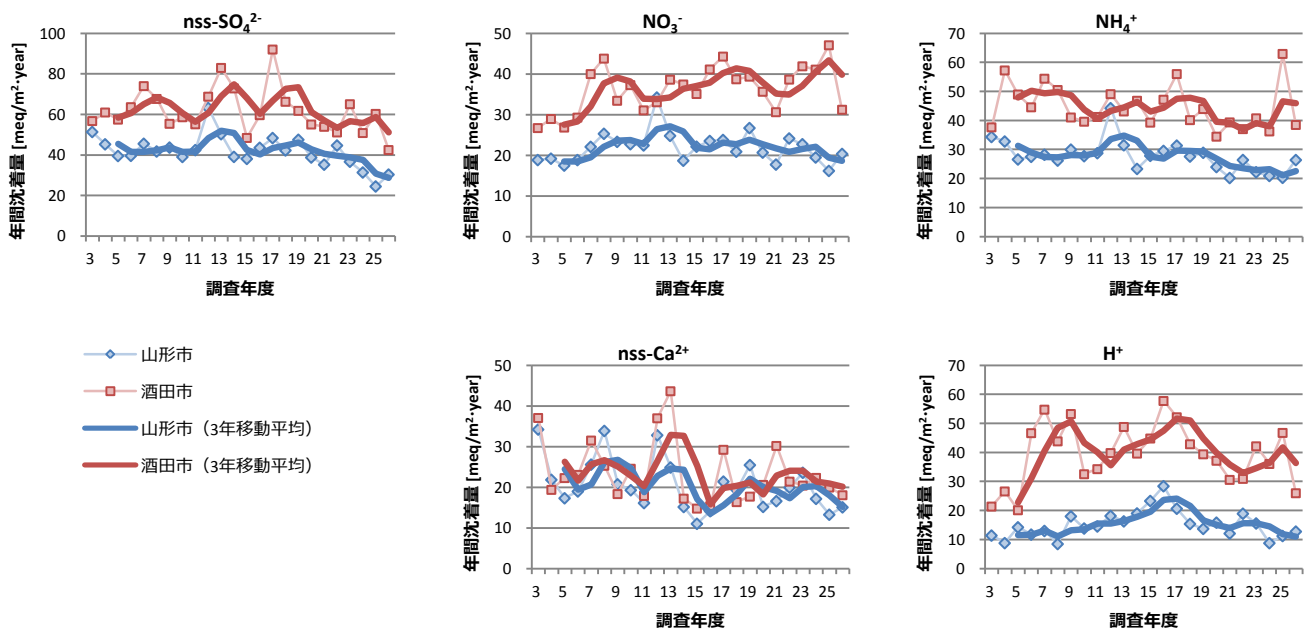


図6 イオン成分沈着量の経年変動

3.4.2 沈着量の経年変動

主なイオン成分の沈着量の経年変動を図6に示した。イオン成分の沈着量は、酒田市の方が山形市よりも大きな値を示した。

nss-SO₄²⁻沈着量は、酒田市と山形市ともに平成17年度以降低下傾向にある。NO₃⁻沈着量は、酒田市は年度ごとの変動が大きいものの、総体として増加傾向を示した。一方、山形市は横ばい～微減傾向を示した。

NH₄⁺沈着量とnss-Ca²⁺沈着量は、両地点で減少傾向を示した。

H⁺沈着量は平成16年度まで増加傾向を示したが、それ以降は減少傾向で推移している。

4 まとめ

- 1) 降水pHの全期間平均値は山形市4.85、酒田市4.64であり、内陸の山形市に比べて日本海沿岸の酒田市でpHが低かった。また、両地区とも降水のpHは近年緩やかな上昇傾向にある。
- 2) イオン成分当量濃度の全期間平均値は、酸性成分のnss-SO₄²⁻、NO₃⁻と塩基性成分のうちNH₄⁺が両地点でほぼ同じ値であった。もう一方の塩基性成分であるnss-Ca²⁺濃度は、酒田市の方が山形市よりも低い値であった。
- 3) 降水pHは秋季から冬季にかけて低下していた。
- 4) イオン成分当量濃度の経年変動は、近年nss-SO₄²⁻、NH₄⁺が減少傾向にある、NO₃⁻、nss-Ca²⁺は横ばいで推移している。

- 5) イオン成分沈着量は、酒田市の方が山形市よりも大きな値を示した。経年変動は、nss-SO₄²⁻、NH₄⁺、nss-Ca²⁺沈着量が減少傾向にあった。NO₃⁻沈着量は、酒田市では総体として増加傾向を示し、山形市では横ばい～微減傾向を示した。H⁺沈着量は、平成16年度以降減少傾向で推移している。

参考文献

- 1) 環境省地球環境局環境保全対策課，酸性雨研究センター：湿性沈着モニタリング手引き書（第2版）、平成13年3月（2001）
- 2) 越境大気汚染・酸性雨長期モニタリング報告書（平成26年3月）、環境省（2014）

(2) 大沢川における底質の放射能調査 Radioactivity of Sediment in OosawagawaRiver

和田 章伸
Akinobu WADA

キーワード ①放射性物質 ②底質

Key Words Radioactivity ; Sediment

要 旨

山形県村山市を流れる大沢川の底質について、放射能を調査したところ、上流域は減少傾向で、下流域は増加傾向であり、放射性物質を含む底質は下流に移動していると考えられた。また、底質を粒径ごとに測定したところ、粒径が小さいほどセシウム137濃度が高かった。

1 はじめに

平成23年3月に発生した東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故では、環境中に多量の人工放射性物質が放出され、本県においてもヨウ素131 (I-131) やセシウム134 (Cs-134)、セシウム137 (Cs-137) などが検出された。県では環境中の放射性物質を測定しているが、平成24年度に実施した公共用水域の放射性物質調査において、大沢川大沢橋で底質中の放射性Cs濃度が最も高かった。そのため、平成25年4月から平成26年5月にかけて大沢川の追加調査を実施したが、一定の傾向はみられず、放射性Csと他の要因との関連は明らかにならなかった¹⁾。

今回、経年的な変動や流域における放射性物質の挙動を把握するため、再調査したので報告する。

2 調査方法

2.1 調査月

平成27年5月、7月、9月、11月

2.2 調査河川及び調査地点

大沢川は、山形県村山市東南部を流れる川で、山林から市街地を通り、大旦川に合流し、最上川に流れ込む。途中、水田地域から合流する支川がある。流域面積は19.8 km²で、土地利用別割合は森林43.7%、水田24.5%、畑9.4%、市街地22.5%である。調査地点は、前回調査した上流、大沢橋、洪田橋、柳橋、駅西橋に加えてさらに下流側の長面橋、大旦川赤岩橋及び支川の新町地点の8地点とした(図1)。ただし、長面橋及び大旦川赤岩橋は11月のみ採

取した。

2.3 分析方法

試料は乾燥後、粒径2 mm以下のものとし、ゲルマニウム半導体核種分析装置(キャンベラ社製GC-2520、相対効率率28.8%)で核種分析した。11月採取分の上流及び駅西橋の底質について、分析篩を用いて粒径0.075 mm以下、0.075 ~ 0.42 mm、0.42 ~ 2 mmの3区分に分け、それぞれ放射能を測定した。経年変化の解析に当たっては、半減期が比較的長いCs-137の値を用い、平成24年の測定値は、公共用水域の調査結果を、平成25及び26年の測定値は、追加調査時の結果を用いた。

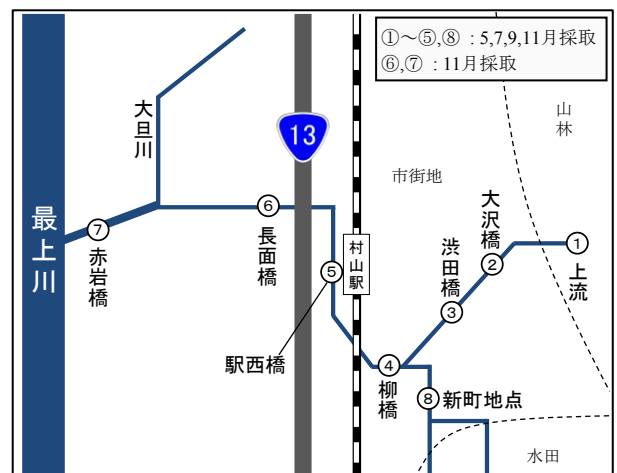


図1 調査地点及び調査月

3 結果及び考察

3.1 調査結果

調査結果を図2に示す。5月から11月にかけて調査した上流から駅西橋までの5地点及び新町地点の間では、最大値は9月の洪田橋で684 Bq/kg-dry、最小値は9月の上流で42 Bq/kg-dryだった。

地点ごとの変動をみると、上流、新町地点、駅西橋では変動は少なく、大沢橋では7月に最大値を観測し、その後減少した。洪田橋では5月から9月にかけて増加し、11月には減少した。柳橋では増加傾向が見られた。洪田橋において、11月に値が減少した原因は、底質の堆積状態が異なるためと考えられる。5月から9月には、底質はほとんど堆積していなかったが、11月には5 mm程度堆積していた。元来放射能の高い底質が、上流側から流れてきた放射能の低い底質によって希釈されたため、値が低くなったと考えられる。

次に、採取月ごとに上流から下流にかけての変動を見てみると、5、7、9月は上流が最も低く、洪田橋が最大で、柳橋と駅西橋は同程度の値だった。11月は柳橋が最大だった。

上流は1年を通して50 Bq/kg-dry程度であり、洪田橋以外4地点は100 ~ 300 Bq/kg-dry程度だった。

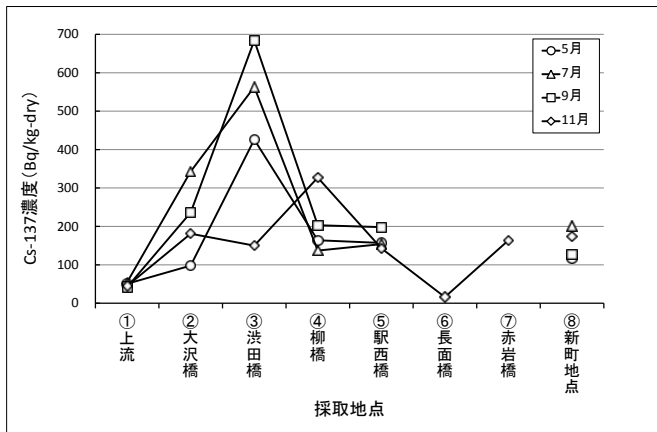


図2 調査結果

3.2 経年変化

上流側に位置する上流、大沢橋及び下流側の柳橋、駅西橋の平成24年からの経年変化を図3に示した。上流側では減少が見られ、一方、下流側では増加傾向だった。このことから、上流域へ流入する放射性物質の量は減少しており、放射能の高い底質は上流側から下流側に移動していると考えられる。

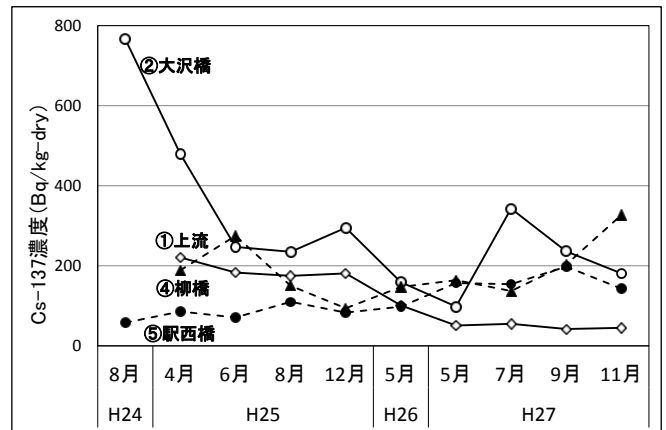


図3 Cs-137の経年変化

3.3 粒径による放射能の違い

上流側の上流及び下流側の駅西橋について、11月に採取した底質を、粒径ごとに分けて放射能を測定したところ、粒径が小さいほど高い値を示した(表1)。粒径0.075 mm以下の底質は0.42 ~ 2 mmのものに比べ2倍程度の値だった。

しかし、粒径0.075 mm以下の区分は、底質全体に占める重量が小さいために、底質全体の放射能への寄与は少ない。一方、0.42 ~ 2 mmの区分は、放射能は小さいが、多く含まれており、底質全体の放射能を決定する大きな要因となっている(図4)。

表1 粒径によるCs-137濃度の違い

粒径 (mm)	上流		駅西橋	
	重量 (g)	Cs-137濃度 (Bq/kg-dry)	重量 (g)	Cs-137濃度 (Bq/kg-dry)
~0.075	1.18	87	0.45	275
0.075~0.42	24.17	59	32.29	199
0.42~2	195.20	45	145.36	112

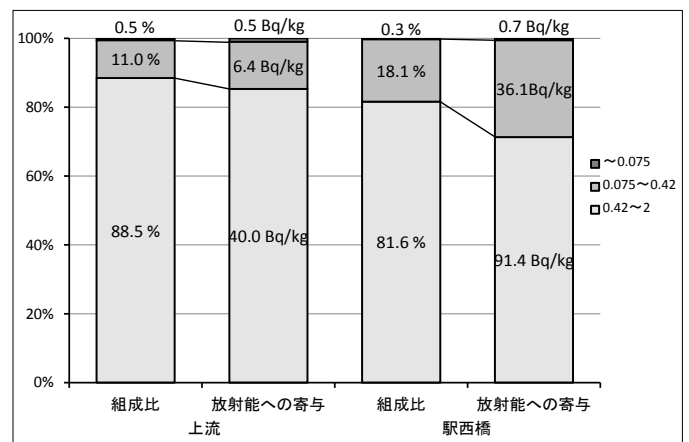


図4 粒径区分ごとの底質全体へのCs-137の寄与

4 まとめ

調査の結果、最大値は9月の渋田橋で684 Bq/kg-dry、最小値は11月の長面橋で16 Bq/kg-dryだった。

平成24年度からの経年変化をみると、上流側では減少傾向、下流側では増加傾向であり、大沢川上流域では放射性物質の供給が減少し、底質は下流に向けて移動していると考えられた。

粒径の小さい成分ほどCs-137濃度は高いが、含有割合が小さいため、底質全体へ与える影響は小さい。

5 引用文献

- 1) 伊藤ら：原発事故に伴う山形県内の放射性物質分布状況．全国環境研究会誌，39，147-152，2014

V 発表・諸活動

1 学会等への発表（平成27年度）

番号	研究者名	題 名	学 会 名	年 月 日	開催地
27-1	笹渕健市、伊藤健*1、 長澤吉輝*2、岡村和 恵*1、田中歩、門馬 義雄、新藤道人*3、 (*1:村山総合支庁、 *2:庄内総合支庁、 *3:衛生研究所)	山形県内における公共 用水域及び土壌の放射 性物質調査	第24回環境化学討論会	平成27年 6月24日～ 26日	札幌市
27-2	遠藤昌樹	2014年7月における PM2.5 高濃度事例の解 析	第56回大気環境学会年 会	平成27年 9月15日～ 17日	東京都
27-3	辻浩子	最上川河口における残 留性有機汚染物質のモ ニタリング調査(Ⅱ)	第11回もがみがわ水環 境発表会	平成27年 11月7日	山形市
27-4	沼澤聡明	山形県内の地下水窒素 汚染対策の事例につい て	第11回もがみがわ水環 境発表会	平成27年 11月7日	山形市

2 JICA 草の根技術協力事業

(独)国際協力機構(JICA)の草の根技術協力事業「有害大気汚染物質モニタリング技術の普及による黒竜江省の大気環境保全支援事業(第2年次)」を県(経済交流課国際室)が受託し、環境科学研究センターにおいて、友好県省となっている中国黒竜江省から研修員の受入と専門家(職員)の派遣を行った。

(1) 研修員の受入(平成27年8月26日(水)～9月17日(木))

・研修員:黒竜江省環境モニタリングセンター 魏慶彬、孫銘陽

・研修内容:大気中の重金属等の測定、サンプリング、分析技術等及び県内環境関連施設の視察

(2) 職員の派遣(平成27年10月14日(水)～25日(日))

・派遣職員:環境科学研究センター 主任専門研究員 鎌水 義弘、専門研究員 渡邊 一史

・現地活動内容:黒竜江省環境モニタリングセンターにおいて、大気中の重金属等の測定、サンプリング、分析の技術指導を行った。黒竜江省及び省内各都市の環境監測センターの技術職員約20名の参加があった。

3 職員の講師派遣(平成27年度)

	実施月日	申請団体名	分類	内 容	参加者数
1	5月18日	新庄市萩野地区公民館	リサイクル	リサイクル工作(牛乳パック)	38
2	5月25日	東根市立高揃小学校	リサイクル	発泡スチロールハンコ作りとリサイクル工作	63
3	6月12日	村山市立袖崎小学校	自然環境	水生生物調査	12
4	6月13日	NPO法人ポポーのひろば(飯葉プラザ)	自然環境	リサイクル工作(牛乳パック)	50
5	6月18日	村山市立戸沢小学校	自然環境	水生生物調査	24
6	6月19日	最上町立大堀小学校	自然環境	水生生物調査	30
7	6月21日	山形市立第十中学校 (科学パソコン部)	自然環境	水生生物調査	34
8	6月23日	長井市立平野小学校	自然環境	パックテスト 「水はどこに行くの」	24
9	6月24日	東根市立東根小学校	自然環境	水生生物調査	65
10	7月4日	上市市立西郷第一小学校	自然環境	水生生物調査	20
11	7月7日	西川町立西川小学校	自然環境	水生生物調査	47
12	7月7日	白川ダムビジョン推進会議(飯豊町)	自然環境	水生生物調査	32
13	7月8日	最上町立赤倉小学校	自然環境	水生生物調査	10
14	7月9日	白川ダムビジョン推進会議(飯豊町)	自然環境	水生生物調査	17
15	7月11日	東根市立東根小学校	リサイクル	リサイクル工作(牛乳パック)	40
16	7月12日	(一社)茶道裏千家富士見庵東海林社中 (社福)双葉荘 中・高校生	自然環境	水生生物調査	10
17	7月14日	寒河江市立幸生小学校 寒河江市立白岩小学校	自然環境	水生生物調査	18
18	7月14日	大蔵村立大蔵小学校	リサイクル	エコキャンドル作り	22
19	7月17日	新庄市萩野地区公民館	リサイクル	リサイクル工作 (ペットボトル空気砲ほか)	40
20	7月28日	大倉地区元気な街づくり協議会	リサイクル	リサイクル工作 (牛乳パック3種自由研究相談)	10

21	8月1日	天童市立天童中部小学校	リサイクル	リサイクル工作（牛乳パック3種）	53
22	8月3日	平野地区環境保全会（長井市）	自然環境	水生生物調査	40
23	8月5日	山形市立第四中学校（科学部）	自然環境	水生生物調査	19
24	8月6日	東根市小田島公民館	リサイクル	リサイクル工作（牛乳パック） 発泡スチロールハンコ作り	45
25	8月8日	甌葉プラザ（甌葉楽校）	リサイクル	リサイクル工作（牛乳パック）	50
26	8月8日	長井市まちづくりNPOセンター	自然環境	水生生物調査	35
27	8月11日	戸沢村立戸沢中学校	自然環境	水生生物調査	8
28	8月31日	県立庄内農業高等学校園芸科学科	自然環境	水生生物調査	24
29	8月31日	白鷹町立東根保育所	地球温暖化	紙芝居と手回し発電器体験	18
30	9月20日	山形市立第十中学校 （科学パソコン部）	自然環境	水生生物調査	25
31	10月6日	天童市立長岡小学校	自然環境	水生生物調査	63
32	10月14日	村山市立富本小学校	リサイクル	リサイクル工作	10
33	10月15日	東笹田ふれあいサロン寿友会	リサイクル	リサイクル工作	27
34	10月17日	寒河江市南部公民館	リサイクル	リサイクル工作	54
35	11月2日	村山市立富本小学校	リサイクル	リサイクル工作	10
36	11月7日	山形市立滝山小学校	リサイクル	リサイクル工作	211
37	11月15日	環境週間ひがしね2015	リサイクル	廃食油をつかったエコキャンドル	68
38	2月25日	朝日町立西五百川小学校	地球温暖化	地球温暖化防止について	8
参加者計					1,374

4 学会及び会議等出席（平成 27 年度）

年月日	学会及び会議等	主催者	開催地
平成 27 年 6. 11～12	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	山形市
6. 18～19	第 21 回地下水・土壌汚染とその防止対策等に関する研究 集会	日本水環境学会ほか	福岡市
6. 24～26	第 24 回環境化学討論会	日本環境化学会	札幌市
7. 8～9	第 4 回環境放射能除染研究発表会	環境放射能除染学 会	東京都
7. 15	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 北海道・東北支部	盛岡市
8. 7	日本水環境学会 第 24 回市民セミナー	日本水環境学会	東京都
9. 15～17	第 56 回大気環境学会年会	大気環境学会	東京都
10. 14～15	第 41 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	秋田市
11. 16～18	オキシダント二次標準器による校正に係る研修・運営会 議	国立環境研究所	千葉県
12. 1～2	第 42 回環境保全・公害防止研究発表会	全国環境研協議会	東京都
平成 28 年 1. 18～19	平成 27 年度 化学物質環境実態調査環境科学セミナー	環境省	東京都
2. 1	第 44 回全国環境研協議会総会	全国環境研協議会	東京都
2. 2	成 27 年度 地方公共団体環境試験研究機関所長会議	環境省	東京都
2. 17	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	郡山市
2. 18～19	第 31 回全国環境研究所交流シンポジウム	全国環境研協議会	つくば市
3. 9	放射線監視結果収集調査検討会	日本分析センター	東京都
3. 14	緊急時環境調査機関ネットワーク準備会合	国立環境研究所	仙台市
3. 16～18	第 50 回日本水環境学会年会	日本水環境学会	徳島市
3. 16	新しい福島農業の創造を支える農業研究シンポジウム	農研機構	福島市
3. 18	研究セミナー「PM2.5 の成分測定に関する勉強会」	日本エアロゾル学 会	名古屋市

5 職員技術等研修（平成27年度）

研修名	期間	主催	開催地	受講者名
特定機器分析研修Ⅰ（ICP—MS）（第1回）	平成27年 4.13～24	環境調査研修所	所沢市	鎌水義弘
特定機器分析研修Ⅱ（LC/MS）（第1回）	4.13～24	環境調査研修所	所沢市	渡辺知也
ゲルマニウム半導体検出器による測定法（第1回）	4.21～23	日本分析センター	千葉市	辻浩子
ダイオキシン類環境モニタリング研修（基礎課程） （第1回）	6.1～19	環境調査研修所	所沢市	和田章伸
機器分析研修（Bコース HPLC、IC）	6.4～19	環境調査研修所	所沢市	鈴木晃功
野生生物研修	9.9～12	環境調査研修所	所沢市	齊藤健二
廃棄物分析研修	10.19～30	環境調査研修所	所沢市	加藤達也
環境汚染有機化学物質分析研修	10.19～30	環境調査研修所	所沢市	田中歩
アスベスト分析研修（第2回）	11.16～20	環境調査研修所	所沢市	遠藤昌樹
ダイオキシン類環境モニタリング研修（基礎課程） （第2回）	11.30～ 12.18	環境調査研修所	所沢市	辻浩子
水質分析研修（Cコース 重金属類）	12.3～18	環境調査研修所	所沢市	田中恵子
大気分析研修（Aコース VOC）	平成28年 2.18～3.4	環境調査研修所	所沢市	遠藤昌樹
放射線の人体影響概論	2.15	日本分析センター	千葉市	和田章伸
環境放射線モニタリングにおける線量評価法	2.16～19	日本分析センター	千葉市	和田章伸

6 来所・利用団体等(平成27年度)

	実施月日	申請団体名	分類	内 容	参加者数
1	6月13日	国民健康保険労働組合女性部 (寒河江市)	自然 環境	川の汚れについて	30
2	6月26日	村山市立楯岡小学校	エネルギー	太陽光発電所見学案内	90
3	7月18日	村山市教育委員会 「むらやま子ども夢体験塾」	自然 環境	水生生物調査	25
4	7月22日	上北ふれあいサロン寿友会 (村山市社会福祉協議会)	エネルギー	太陽光発電所・研究棟見学案内	31
5	7月31日	村山市理科教育センター	エネルギー その他	太陽光発電所・研究棟見学案内及び 植物からのDNA抽出実験	11
6	8月7日	村山市教育委員会 (新任教員研修)	エネルギー	太陽光発電所・研究棟見学案内	8
7	8月8日	再生可能エネルギー施設 親子見学会(企業局主催)	地球 温暖化	講座「地球温暖化と再生可能エネルギー」、 情報棟見学	31
8	9月14日	おほりっこクラブ (東根市長瀬公民館)	エネルギー	太陽光発電所見学案内、 リサイクル工作	50
9	9月17日	東笛田サロン (ふれあいサロン寿友会)	エネルギー	太陽光発電所・研究棟見学案内	32
10	9月29日	村山市立富本小学校	リサイクル	太陽光発電所・研究棟見学案内及び リサイクル工作	25
11	10月10日	村山市教育委員会 「むらやま子ども夢体験塾」	その他	研究棟見学、スライム作り	19
12	10月21日	川西町大塚地区 社会を明るくする協議会	エネルギー	太陽光発電所・研究棟見学	34
13	11月21日	NPO法人環境ネットやまがた (山形県地球温暖化防止活動推 進員候補者研修)	エネルギー	太陽光発電所・研究棟見学	10
14	12月13日	イオンスタイル天童	エネルギー	太陽光発電所・研究棟見学	7
15	1月22日	遊佐町地球温暖化地域協議会 エコスマイルレディース	エネルギー	太陽光発電所・研究棟見学	20
参加者計					423

7 出版物等の編集・発行状況（平成 27 年度）

出版物等の標題		発行年月日	発行部数	ページ数等
1	平成 27 年度水生生物でみた山形県の河川水質マップポスター	平成 28. 3	1, 000 部	A1 判片面カラー
2	山形県環境科学研究センター年報第 22 号	平成 28. 1	HP 掲載	

山形県環境科学研究センター年報
第23号（平成27年度）

発行年月	平成28年11月
編集・発行	山形県環境科学研究センター 〒995-0024 山形県村山市楯岡笛田 3-2-1 電話（0237）52-3121 FAX（0237）52-3135