

# 山形県環境科学研究センター一年報

第31号

令和5年度



令和6年6月

山形県環境科学研究センター

# 目 次

I	山形県環境科学研究センターの概要	1
1	沿革	2
2	施設の概要	2
3	組織及び職員配置	3
4	主要機器	4
II	業務概要	5
1	環境企画部	6
2	大気環境部	8
3	水環境部	11
4	環境化学部	14
III	各分野の調査研究・事業報告	16
	<環境企画部>	
1	令和5年度水生生物による水質調査結果	17
2	令和5年度自然生態系保全モニタリング調査結果	19
3	令和5年度神室・加無山系ツキノワグマ生息状況調査結果	26
4	令和5年度ブナ・ナラ類豊凶調査結果	30
5	自然観察会（気候変動への適応）	32
6	県内におけるサクラの開花日に関するデータの解析	34
	<大気環境部>	
7	令和5年度環境大気常時監視測定結果	36
8	令和5年度環境大気常時監視（PM2.5成分分析）結果	48
9	令和5年度有害大気汚染物質モニタリング調査結果	51
10	令和5年度酸性雨大気汚染調査結果	53
11	令和5年度山形空港航空機騒音測定結果	54
12	県内の揮発性有機化合物（VOC）実態調査結果	56
13	令和5年度アスベストモニタリング調査結果	58
14	光化学オキシダント濃度と気象条件の相関	59
	<水環境部>	
15	令和5年度公共用水域水質測定結果	61
16	令和5年度地下水水質測定結果	62
17	山形県内河川におけるマイクロプラスチック調査	67
18	六価クロム分析における妨害物質の除去操作について	68
19	Anammox細菌の長期培養方法の検討	70
	<環境化学部>	
20	令和5年度環境中ダイオキシン類調査結果	73
21	令和5年度山形県における有機フッ素化合物調査結果	78
IV	発表・諸活動	81
1	学会等への発表	82
2	講師派遣	82
3	研修会・セミナー等の開催	82
4	職員技術等研修	83

# I 山形県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)を設置する。 総務課、大気科、水質科の1課2科制
	49年 4月	特殊公害科を新設し、1課3科制となる。
	54年 4月	特殊公害科を廃止し、1課2科制となる。
	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)に組織を改正する。
平成	5年 4月	環境情報部を新設し、1課3部制となる。
	6年 4月	「山形県環境保全センター」に名称を変更する。
	11年 4月	環境化学部を新設し、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」に組織を改正し、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
令和	3年 4月	山形県環境科学研究センター内に「山形県気候変動適応センター」を設置する。

## 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

### 【主要施設】

- ・事務棟  
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  
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(村山楯岡笛田局)
- ・附属棟  
核種分析室、前処理室、廃棄物保管庫、車庫

### 【環境に配慮した設備】

- ・太陽光発電設備(発電能力20kW、蓄電能力15kW)

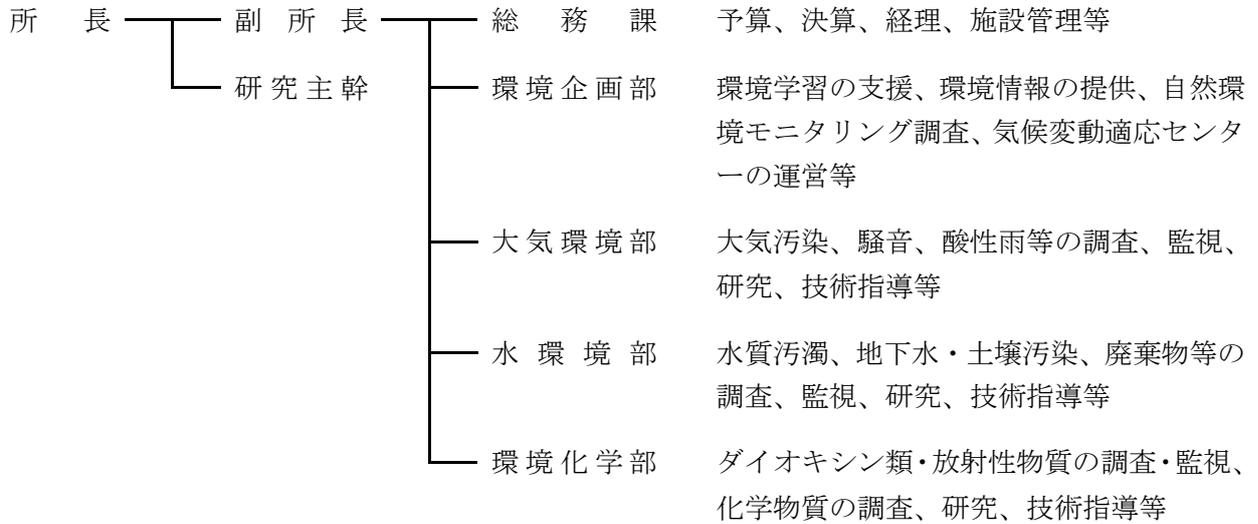
【敷地面積】 11,847.43 m<sup>2</sup>

【延床面積】 計3,646.39 m<sup>2</sup>

内訳：事務棟888.22 m<sup>2</sup>、研究棟1,416.40 m<sup>2</sup>、環境情報・自然環境棟917.04 m<sup>2</sup>、  
附属棟424.73 m<sup>2</sup>

### 3 組織及び職員配置

#### (1) 組織（令和6年度）



#### (2) 職員配置（令和6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	1			1		
総務課長	(1)	(1)				
部長	1 (3)		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	1					1
主任専門研究員	6		2	2	1	1
庶務係長	(1)	(1)				
専門研究員	5			1	3	1
研究員	2			1	1	
小計	21 (5)	3 (2)	4	5 (1)	6 (1)	3 (1)
会計年度任用職員	4	1	1			2
合計	25 (5)	4 (2)	5	5 (1)	6 (1)	5 (1)

備考：（ ）内は兼務者数である。

#### 4 主要機器

(令和6年4月1日現在)

品名	型式	数量	購入年度
ICP発光分光分析装置	アジレント 5800	1	R5
高速液体クロマトグラフ質量分析装置	エービー・サイエックス QTRAP4500	1	R4
煙道排ガス分析計	堀場製作所 PG-350	1	R3
イオンクロマトグラフ分析装置	サーモフィッシャーサイエンティフィック Integrion RFIC	1	R2
排ガス中粒子状水銀採取装置	オクトサイエンス AT-WD100	1	H30
ガスクロマトグラフ及びオートサンプラー (高分解能ガスクロマトグラフ質量分析装置用)	アジレント 7890B, 7693A	1	H30
ガスクロマトグラフ分析装置	島津製作所 GC-2014	1	H29
マイクロウェブ分解装置	アントンパール	1	H28
分光光度計	島津 UV-2700	1	H28
ダスト採取装置	マルニサイエンス M2-700DS	1	H27
恒温恒湿チャンバー	ヤマト科学	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	1	H25
炭素分析装置	東京ダイレック CAA-202M-D	1	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
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
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)	島津製作所 GCMS-QP2010 Ultra (ジーエルサイエンス ACS-2100)	1	H24
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	11	H23, 25
ガスクロマトグラフ質量分析装置	島津製作所 GCMS-QP2010 Ultra	1	H23
ゲルマニウム半導体検出器	キャンベラ GC2520	1	H23
オキシダント校正用自治体基準器	東亜ディーケーケー GUX-353	1	H23
浮遊粒子状物質自動測定装置	東亜ディーケーケー DUB-317	2	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	11	H21
ガスクロマトグラフ質量分析装置	島津製作所 GCMS-QP2010Plus	1	H21
イオンクロマトグラフ	日本ダイオネクス ICS-1000	1	H18
ダイオキシン用排ガス測定装置	濁川理化工業 NGZ-6DS他	1	H13
高速溶媒抽出装置	日本ダイオネクス ASE-300	1	H13
ガスクロマトグラフ質量分析装置	島津 GCMS-QP2010	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
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
オキシダント自動測定装置	東亜ディーケーケー GUX-253, 353	7	H15, 21
窒素酸化物自動測定装置	東亜ディーケーケー GLN-154, 254, 354	13	H12, 15, 21
超音波洗浄装置	シャープ MU-624	1	H8
顕微鏡生物観察計測システム	オリンパス BX50	1	H7
ガスクロマトグラフ	島津製作所 GC-17A	1	H6
航空機騒音レベル処理装置	リオン SV-72A	1	H4
環境騒音測定装置	リオン NA-33	1	H3
ガスクロマトグラフ	島津製作所 GC-9A	1	S61
分光蛍光光度計	日立 650-10S	1	S57

注) 指定物品の機器である。

## II 業務概要

## 1 環境企画部

環境学習部門では、「環境教育を通じた環境に関心を持つ人づくり」を目指し、環境教室の実施、環境学習の普及推進のための人材育成及び講師派遣のほか、環境情報の発信、環境学習施設の運営等について、NPO法人と協働し行っている。

自然環境部門では、自然生態系に係るモニタリング調査及び保全対策並びに自然環境保全活動に関する普及・啓発を行っている。

また、気候変動適応センターを設置し、気候変動に関する情報の収集、解析、発信を行っている。

### (1) 環境学習部門

#### ア 環境教室の開催

学校や民間団体等を対象に環境教室を137回開催し、4,397名が参加した。

その内訳は表1のとおりである。

表1 環境教室開催状況

分類	件数	参加者数
環境教育	1	15
エネルギー	1	3
気候変動	9	436
水環境	7	210
環境保全	1	18
ごみ減量・リサイクル	12	368
リサイクル	62	1,913
自然環境	32	677
木育	6	280
環境全般	6	477
合計	137	4,397

#### イ 水生生物調査（環境教室）

環境教室の中で、身近な河川に生息する水生生物を観察することにより水環境に関心を持ち水環境保全の大切さを学ぶことを目的に開催している。水生生物調査には45団体、853名が参加して、40河川57地点で実施した。

なお、調査結果を取りまとめた「河川水質マップ」を作成し、参加団体や小、中、高等学校

等に配布した。

#### ウ 環境アドバイザー等の派遣

学校や地域、企業等が開催する環境に関する講演会や学習会等に講師として、環境に関する専門的知識を有し県が委嘱した「山形県環境アドバイザー」を15回派遣した。また、地球温暖化をテーマにした学習会等に県が委嘱した「山形県地球温暖化防止活動推進員」を21回派遣した。

その他、座学と体験を組み合わせた「体験型学習」の環境教室や、県が作成した環境学習プログラムの利用等について周知を行った。

#### エ 環境学習施設の開放

環境情報・自然環境棟を平日（年末年始の休日を除く。）の午前9時から午後5時まで開放し、施設見学や、図書、資料の閲覧・貸出のほか、希望団体には環境教室を行った。延べ868名が利用し、その内訳は表2のとおりである。

表2 環境情報・自然環境棟利用者数

年度	小学生以下	中学生	高校生 大学生	社会人	合計
R5	368	8	21	471	868
R4	423	17	29	531	1,000
R3	433	18	6	399	856

#### オ 環境学習器材等の貸出及び環境相談等

環境関連の図書、資料、DVD及びCD-ROM、パネル展示物その他環境学習用教材の貸出しと、セミナー室等を貸し会議室として開放した。

また、環境に関する相談の受付を行った。

#### カ 環境情報の発信

当センターのホームページ及び環境企画課と共同で運用する「つなぐ環境やまがた通信ブログ・X（旧ツイッター）」において、環境学習、イベントの案内や実施状況、環境に関する話題等の情報を発信した。

センターの業務紹介を目的として、調査風景等をまとめた動画をセンター公式YouTubeチャンネルで配信している。（全53本）

また、各部の業務や調査・研究結果を紹介する「環研センターNEWS」を4回、年報（第30号・令和4年度）を発行した。

## (2) 自然環境部門

### ア 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期に察知し、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等の自然環境の継続した調査を県内5箇所では生態系区分毎に、絶滅危惧種や希少種等の生息・生育状況について行った。

表3の調査地において、植物相延べ57種類、動物相延べ15種類の県絶滅危惧種等を確認した。

表3 調査地一覧

区分	調査地の名称	行政区
大山岳	朝日連峰	鶴岡市、長井市、小国町
中小山岳	竜馬山、澄倉山、薬師山	金山町
河川・溪流	最上川河口	酒田市
湿原・湿地	広幡・川西南部	米沢市、川西町
湖沼・ため池	県民の森	山辺町

### イ ツキノワグマ生息状況調査

近年、人とクマの共存のバランスが崩れ、農作物被害や人身事故が発生している。

被害対策を行ううえで重要なクマの生息数を把握するため、平成29年度から自動撮影カメラを用いてツキノワグマの胸部斑紋の特徴から個体を識別し生息状況を把握する調査を行っている。

令和5年度は、神室・加無山系（新庄市・金山町・舟形町・最上町）の1地区において、48台のカメラを設置し調査を行い、生息密度の推定を行った。

### ウ ブナ・ナラ類豊凶調査

県の森林面積の約3割を占めるブナとナラ類の森林は、野生生物の大切な生息の場であり、餌の供給源として非常に大きな役割を果たしている。ブナは数年に一度の周期で広い範囲で一斉に結実する性質をもっていることから、森林生態系への影響や異変を察知するため、ブナとナラ類の豊凶調査を行っている。

調査は、ブナ16箇所、ミズナラ9箇所、コナラ11箇所で行い、結果は表4のとおりである。

表4 豊凶調査結果

区分	豊作	並作	凶作	判定 できず
ブナ			15箇所	1箇所
ミズナラ		1箇所	7箇所	1箇所
コナラ		2箇所	9箇所	

### エ 希少種保全対策

山形県の絶滅危惧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」と生息数に関する調査を11月に実施し、保全対策等を行った。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、保全対策等について支援を行った。

## (3) 気候変動適応センター

### ア 自然観察会の開催

身近な自然の観察を通して気候変動の影響を実感し温暖化への理解を深めることを目的として村山市内の楯山で自然観察会を開催している。

令和5年度は、6月3日に午前午後の2回行い、親子11組32名が参加した。

また、10月1日に、6月の参加者を中心に「秋の部」を開催し、親子5組19名が参加した。

### イ 生物季節モニタリング

気候変動の影響を把握するため、令和3年度から当センター周辺でサクラの開花日、イチョウの黄葉日、カエデの紅葉日のモニタリングを行っている。

令和5年度は、サクラの開花日は4月4日、イチョウの黄葉日は11月9日、カエデの紅葉日は11月20日であった。

### ウ 地域適応計画策定研修会の開催

市町村における地域気候変動適応計画の策定を進めるため、職員を対象とした策定説明会を11月30日に開催し、13市町村15名が参加した。

## 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、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行っている。

### (1) 環境大気の監視

県内の環境大気の常時監視は、山形県環境大気汚染常時監視測定計画に基づき、一般環境大気測定局を県中央部の村山地区に4局（うち山形市設置2局）、火力発電所等が立地している庄内地区に3局、県南部の置賜地区に2局及び県北部の最上地区に1局の計10局配置し、また、自動車排出ガス測定局を山形市に1局配置し、山形市（中核市）と分担して図1に示した11測定局（発生源監視局を除く。）で行った。

測定データは、テレメータシステムにより収集し、リアルタイムで県ホームページに掲載し、県民等に広く情報提供している。

各測定局における測定項目及び環境基準達成状況は、表1のとおりである。



○	一般環境大気測定局	8局
●	一般環境大気測定局（山形市設置）	2局
■	自動車排出ガス測定局（山形市設置）	1局
△	発生源監視局	1局

図1 環境大気常時監視測定地点

この図は国土地理院「地理院地図」を加工し作成した。

表1 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	二酸化窒素等	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	山形成沢西※	住	○	○	○	×	○	○		
		山形銅町※	工				×	○	○		
		寒河江西根	住	○	○	○	×	○	○		
		村山楯岡笛田	未	○	○	○	×	○	○		
	置賜	米沢金池	住	○	○	○	×	○	○		
		長井高野	住	○	○	○	×	○	○		
	庄内	酒田若浜	住	○	○	○	×	○	○		
		余目	住	○	○	○		○	○		
		鶴岡錦町	住	○	○	○	×	○	○		
	最上	新庄下田	住	○	○	○	×	○	○		
自動車排出ガス	村山	山形下山家※	住		○	○		○	○	○	□
総測定局数				9	10	10	9	11		1	1

注) ○: 環境基準達成 ×: 環境基準非達成 □: 環境基準なし

※: 山形市（中核市）の常時監視分は、参考に掲載

令和5年度の結果は、二酸化硫黄、浮遊粒子状物質、二酸化窒素、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。

光化学オキシダントについては、県内全ての測定局で環境基準を達成できなかった。なお、全国のほぼ全ての測定局においても環境基準を達成していない。

## (2) 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、ばい煙の排出状況等のデータをテレメータシステムにより収集し、常時監視を行っている。監視項目は表2のとおりであり、令和3年度は、全ての項目で公害防止協定値を遵守していた。

表2 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

## (3) PM2.5成分分析

県内の微小粒子状物質(PM2.5)の起源・由来を把握するため、表3の2地点において、四季毎に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3 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
長井高野	

## (4) 有害大気汚染物質モニタリング調査

有機塩素化合物などの有害大気汚染物質によ

る大気汚染の状況を把握するため、ベンゼン等19物質について、毎月1回(アルデヒド類は隔月)、モニタリング調査を酒田市若浜及び大江町藤田の2地点で行った。測定の結果、環境基準が定められているベンゼン、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について、全て環境基準を達成した。

## (5) 県内の揮発性有機化合物(VOC)の実態調査

光化学オキシダント(O<sub>x</sub>)やPM2.5の原因物質であるVOC類について、排出実態を調査し、レセプター解析の一つであるPMF法を用いて発生源の種別と寄与率を明らかにし、PM2.5等の低減を図るために、令和4年度から3ヶ年計画で調査研究に取り組んでいる。

令和5年度は、4月から9月末までの期間に大江町内の3地点、10月から12月末までに期間に東根市内の3地点で毎週測定を実施し、また、村山地域において季節毎に昼夜別の測定を行った。これらの測定値から、PMF解析の試行による発生源、指標成分の確認及び追加検討を行った。



図2 県内の揮発性有機化合物(VOC)サンプリングの様子

## (6) ばい煙測定等

大気汚染防止法に基づき、ばい煙発生施設から排出されるばい煙の排出基準の遵守状況を監視するため、11施設のボイラー、廃棄物焼却炉等のばい煙の測定を行った。1施設で排出基準を超過

したことから、総合支庁と共に改善指導を行った。

また、水銀排出施設である廃棄物焼却炉6施設について、排出ガス中の水銀濃度の測定を行った。1施設で排出基準を超過したことから、総合支庁と共に改善指導を行った。

令和5年度の立入検査施設数は表4のとおりである。

表4 令和5年度立入検査施設数

管轄 総合 支庁	ばい煙発生施設		水銀 排出 施設	計
	ボイラー 乾燥炉※	廃棄物 焼却炉		
村山	1※	4	2	7
最上	1	1	1	3
置賜	1※	1	1	3
庄内	1※	1	2	4
計	4	7	6	17

#### (7) 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の状況を監視するため、山形空港周辺の東根市内及び天童市内の4地点で、7日間の連続測定を行った。

令和5年度の監視結果は表5のとおりで、山形空港周辺の時間帯補正等価騒音レベル ( $L_{den}$ ) は46～47dBであり、全地点で環境基準値 (62dB) を下回っていた。

表5 令和5年度山形空港騒音監視結果

(単位：dB)

監視地点 No.	$\bar{L}_{den}$ (7日間)	環境基準
3	46	62
5	46	
9	47	
10	47	



図3 航空機騒音測定の様子

#### (8) 酸性雨大気汚染調査

酸性雨とは、一般にpHが5.6以下の雨をいうが、その実態を把握するため、村山市で降水を一定期間(2週間)毎に採取し、表6のとおりpHなど11項目について測定した。

令和5年度のpHの年平均値は、5.25であり、全国平均(5.05(令和4年度))より酸性度は弱かった。

表6 測定項目

調査地点名	測定項目	採取 周期
村山楯岡笛田	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

### 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や工場・事業場排水の検査、産業廃棄物や最終処分場放流水等の検査並びに湖沼の酸性雨影響調査等、水環境に関する検査及び調査研究を主な業務としている。

#### (1) 公共用水域水質測定

##### ア 水質監視調査

公共用水域の水質の状況を把握するため、令和5年度公共用水域水質測定計画に基づき、県(66地点)、国土交通省(22地点)及び山形市(10地点)が分担して計98地点で常時監視を行った。当センターは各総合支庁が採水した検体のうち健康項目を担当し、測定は外部委託している。なお、県が委託している業者に対して、分析室立入指導等の精度管理を行っている。

令和5年度の結果は表1のとおりである。

表1 令和5年度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	44	2※1	68	8※2
湖沼	9	0	9	0
海域	1	0	12	0
合計	54	2	89	8

注) 基準超過地点及び項目

※1 背坂川(カドミウム)、須川(ふっ素)

※2 大腸菌数

##### イ 詳細調査

汚濁実態、原因等を把握し、汚染源対策や浄化対策に資することを目的とした詳細調査を大腸菌数の環境基準超過が夏季に2年続いた前川(泉川橋ほか)で行った。

#### (2) 水質汚濁事故及び家畜伝染病発生に係る水質分析

魚類へい死等の水質汚濁事故発生に係る水質測定、家畜伝染病に係る埋却地周辺環境の水質

測定を行っている。

令和5年度は、水質汚濁事故及び家畜伝染病発生に係る水質分析はなかった。

#### (3) 地下水水質測定

##### ア 水質測定計画に基づく調査

令和5年度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行った。地域の全体的な地下水の水質状況を把握するための「概況調査」、概況調査等により新たに確認された汚染の範囲を把握するための「汚染井戸周辺地区調査」、及び汚染井戸周辺地区調査等により確認された汚染を継続的に監視するための「継続監視調査」を行っている。令和5年度の結果は表2のとおりである。

表2 令和5年度地下水水質測定結果

調査区分	市町村数	調査地点数	基準超過地点数
概況調査	14 [山形市、村山区、置賜地区]	38	3
汚染井戸周辺地区調査	3 [川西町など]	5	4
継続監視調査	19 [山形市など]	32	16
計(重複を除く)	23	73	21

##### イ 地下水汚染対策

事業者等が行っている地下水汚染対策の効果を確認するため地下水測定を行っている。令和5年度の結果は表3のとおりである。

表3 令和5年度地下水汚染対策調査結果

項目名	市町村数	調査地点数	基準超過地点数
硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	3 [鶴岡市、酒田市、遊佐町]	13	2
有機塩素化合物	2 [米沢市、東根市]	17	0
計	5	30	2

#### (4) 特定事業場の排水分析

水質汚濁防止法及び県生活環境の保全等に関する条例に基づく排水基準の適用を受ける特定

事業場の排水水について、当該排水基準の遵守状況を確認するため、検査を行っている。令和5年度の結果は表4のとおりで、延べ95の特定事業場を対象に検査を行い、6事業場が排水基準を超過した。

表4 令和5年度特定事業場排水検査結果

業種又は施設	検査実施事業場数	基準超過事業場数	基準超過項目
畜産農業	6	1	BOD, SS
野菜果実の保存食料品製造業	8	1	pH, BOD, SS
飲料製造業	3	2	BOD, SS
豆腐煮豆製造業	2	0	—
冷凍調理食品製造業	4	0	—
表面処理施設	24	1	BOD
電気めっき施設	10	1	BOD
し尿処理施設	11	0	—
下水道終末処理施設	10	0	—
その他	17	0	—
計	95	6	

また、酒田共同火力発電所に係る公害防止協定の遵守状況を確認するため、排水のpH、COD、浮遊物質質量、ふっ素及びその化合物、ノルマルヘキサン抽出物質含有量の5項目について年2回の分析を行った。結果は、全て公害防止協定値を遵守していた。

### (5) 廃棄物関係の検査

#### ア 産業廃棄物採取検査及び放流水等の検査

産業廃棄物最終処分場及び排出事業者の監視指導を目的として、最終処分場に搬入された産業廃棄物及び排出事業者に保管されている産業廃棄物の採取検査、最終処分場の放流水及び浸透水の水質検査を行っている。令和5年度の結果は表5のとおりであり、採取検査で3検体、放流水で2検体の基準超過があった。

#### イ 不法投棄等関連調査

県内の廃棄物の不法投棄箇所等のうち3か所について、浸出水の流出先となる水路等の水質検査を行った。結果はいずれも異常はなかった。

表5 令和5年度採取検査及び放流水等検査結果

区分	施設	検体数	基準超過検体数	基準超過項目	
採取検査	最終処分場	9	0	—	
	排出事業者	15	3	Pb, Cr <sup>6+</sup> , 含有 Hg	
	計	24	3		
放流水等検査	最終処分場	埋立中	33	2	BOD, N
		埋立終了	8	0	—
	計	41	2		

### (6) 酸性雨モニタリング（陸水）調査

#### （環境省委託事業）

酸性雨による陸水生態系への中長期的な影響を把握することを目的とした、環境省の「酸性雨モニタリング事業」の調査を、戸沢村の今神御池で行っている（概要は表6、図1・2のとおり）。

表6 酸性雨モニタリング（陸水）調査の概要

調査時期	年4回【春期（5月）、夏期（7月）、秋期（9月）、冬期（11月）】
調査地点	今神御池 湖心 水質（表層、底層）
調査項目	水温、pH、EC、アルカリ度（pH4.8）、NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 、Ca <sup>2+</sup> 、Mg <sup>2+</sup> 、Na <sup>+</sup> 、K <sup>+</sup> 、SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 、NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 、NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> 、Cl <sup>-</sup> 、プランクトン、透明度、外観（湖水色、試料水色）、COD、PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> 、溶存態全Al、クロロフィルa、DO ※透明度は表層のみ 溶存態全Al、NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> 、PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> は年に1回

令和5年度の結果は、表層のpHが6.10～6.44（平均6.24）で、過去10年間のデータと比較して変動の範囲内であり、全体として酸性雨の明確な影響は確認されなかった。

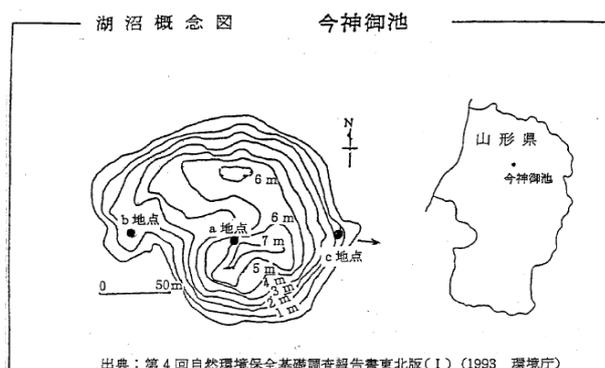


図1 今神御池の概要



図2 試料採取状況

## (7) 調査研究

### ア アンモニア脱臭装置循環水の窒素処理へのANAMMOX処理適用調査

令和4年度から3年計画で、山形県の気候に適しているANAMMOX菌種について、堆肥化施設等から発生するアンモニアを処理する条件を確立するため、調査・検討を行っている。

### イ 公共用水域(河川)中のマイクロプラスチック実態調査

令和4年度から海洋プラスチックごみやマイクロプラスチックの発生抑制及び流出抑制対策のために河川における実態調査を行い、排出源の把握や流出量の推計を行っている。

## 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、放流水測定、化学物質の実態調査や放射性物質測定を主な業務としている。

### (1) ダイオキシン類対策推進事業

#### ア 環境中ダイオキシン類調査

大気、水質等の環境中のダイオキシン類の濃度を把握するため、令和5年度山形県環境中ダイオキシン類測定計画に基づき調査を行った。令和5年度の結果は表1のとおり、全て環境基準を達成した。

なお、試料の採取は、大気についてはセンターが、その他は総合支庁が行っている。

表1 環境調査の件数と環境基準達成率

調査区分	大気	水質	底質	地下水	土壌	計
地点数	3	9	9	1	5	27
検体数	6	9	9	1	5	30
達成率(%)	100	100	100	100	100	100

注) 環境基準達成は、大気2回/年の平均値、水質1回/年又は2回/年の平均値、その他1回/年で評価している。

#### イ ダイオキシン類発生源検査

廃棄物焼却施設等における維持管理基準等の遵守状況を把握するため、検査を行っている。令和5年度の結果は表2のとおり、ばいじん1検体で排出基準を超過した。産業廃棄物最終処分場の放流水では、全て基準を遵守した。

なお、試料の採取は、排出ガスについてはセンターが、その他は総合支庁が行っている。

表2 発生源検査の件数

管轄総合支庁	排ガス(廃棄物焼却炉)	ばいじん(廃棄物焼却炉)	最終処分場放流水	計
村山	5	1	3	9
最上	1	1	0	2
置賜	3	1	2	6
庄内	3	0	1	4
計	12	3	6	21

### (2) 有機フッ素化合物存在状況調査

令和3年度から、県内の公共用水域及び地下水におけるPFOS及びPFOAの実態調査を行っている。令和5年度の調査地点数は表3のとおりであり、指針値を超過した地点はなかった。

表3 PFOS及びPFOAの調査地点数

管轄総合支庁	河川	地下水	計
村山	5	3	8
最上	1	0	1
置賜	2	2	4
庄内	2	2	4
計	10	7	17

### (3) 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、モニタリング調査では、毎年度最上川河口において河川水及び底質の試料採取等を行っている。また、平成28年度から、センターにおいて毎年度大気試料の採取を行っている。

初期環境調査では、令和5年度は最上川基点橋地点の河川水のミコナゾール及びフルコナゾールの分析を行った。

また、令和4年度から継続して分析法開発として、スクリーニング分析のための環境試料の採取及び環境試料のスクリーニング分析を実施している。

調査結果は、「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律」の優先評価化学物質のリスク評価等を行うための資料となる。

### (4) 放射性物質調査

廃棄物等の放射性物質濃度を測定した結果は表4のとおり全て基準を下回った。

表4 放射性物質濃度測定結果

試料	測定件数	基準超過件数	基準値等*1
県外廃棄物*2	8	0	埋立 4,000 Bq/kg 焼却 200 Bq/kg
処分場放流水等	12	0	$^{134}\text{Cs}/60 + ^{137}\text{Cs}/90 \leq 1$
廃棄物焼却施設排ガス	3	0	$^{134}\text{Cs}/20 + ^{137}\text{Cs}/30 \leq 1$
計	23	0	

注) \*1:  $^{134}\text{Cs}$  と  $^{137}\text{Cs}$  の合計 \*2: 県独自基準

**(5) 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、県衛生研究所と業務を分担し、空間放射線量率調査及び土壌の核種分析調査を行った。

### Ⅲ 各分野の調査研究・事業報告

# 1 令和5年度水生生物による水質調査結果

(環境企画部)

## 1 調査の目的

身近な河川の中にどんな生き物がどのくらい棲んでいるのかを調べ、河川の水質がどの程度きれいなのかを判定する「水生生物による水質調査」を水環境の保全の大切さを学ぶことを目的として行っている。

## 2 参加対象

小学校、中学校、高等学校、地域や会社などの団体または個人

## 3 実施方法

- (1) 参加者に調査方法のテキスト、水生生物の写真入りの下敷きを配布する。
- (2) 参加者は、川底からたも網等を使い水生生物を採取し、下敷きに記載されている指標生物の数を記録用紙に書き込む。
- (3) 記録用紙を基に水質を判定するとともに、取りまとめた集計用紙を当センターに報告する。  
なお、器材等の貸出しや職員等が出向いて調査方法の現地指導も行っている。

## 4 参加状況等

参加数及び調査地点数は、表1及び表2のとおり。

表1 参加数

参加団体数	参加者数
45団体	延べ853人

表2 調査地点

調査地点数	調査河川数
57地点	40河川

## 5 調査結果（水質階級）

センターに報告のあった調査結果は、表3のとおりで「I きれいな水」が最も多かった。

表3 調査結果

水質階級	I きれいな水	II ややきれいな水	III きたない水	IV 大変きたない水	指標生物なし	合計
地点数	45地点	7地点	3地点	2地点	0地点	57地点

## 6 河川水質マップポスターの作成及び配布

センターに報告のあった調査結果を基に、河川水質マップポスター（A1判・カラー、次ページのとおり）を1,000枚作成し、参加団体、教育委員会や社会教育施設等の関係機関へ配布した。

## 7 関係団体との連携

美しい山形・最上川フォーラムでは県内河川の清流化を目的に県民参加による「身近な川や水辺の健康診断」（簡易キットを使った水質測定等）を行っている。その参加申込み時に、水生生物調査も併せて申込みを受け、現地指導を合同で行うなど連携しながら実施している。



## 2 令和5年度自然生態系保全モニタリング調査結果

(環境企画部)

自然環境の異変等を早期に察知し、その原因を解明して保全対策につなげることを目的として、山岳森林地域や里山等の自然環境の継続した調査を県内4箇所で実施し、その結果は次のとおりであった。

なお、絶滅危惧種に関する表記については、「レッドデータブックやまがた」の 카테고리区分に従った。「絶滅(EX)」から「情報不足(DD)」までの 카테고리区分と定義は環境省と同じである。

一般に「絶滅危惧種」とは、絶滅危惧ⅠA・B類(CR・EN)と絶滅危惧Ⅱ類(VU)を意味するが、本報告では「レッドデータブックやまがた」に掲載されている全ての種を、絶滅危惧種として取り扱っている。

表1 絶滅危惧種カテゴリー区分表(山形県)

カテゴリー	定義
絶滅(EX)	すでに絶滅したと考えられる種
野生絶滅(EW)	飼育・栽培下でのみ存続している種
絶滅危惧ⅠA類(CR)	ごく近い将来における野生での絶滅の危険性が極めて高いもの
絶滅危惧ⅠB類(EN)	ⅠA類ほどではないが、近い将来における野生での絶滅の危険性が極めて高いもの
絶滅危惧Ⅱ類(VU)	絶滅の危険が増大している種(現在の状態をもたらした圧迫原因が引き続き作用する場合、近い将来「絶滅危惧Ⅰ類」のランクに移行することが確実と考えられるもの)
準絶滅危惧(NT)	存続基盤が脆弱な種(現時点で絶滅危険度は小さいが、生息条件の変化によっては「絶滅危惧」として上位ランクに、移行する要素を有するもの)
情報不足(DD)	評価するだけの情報が不足している種

### 1 朝日連峰(大山岳) 鶴岡市、長井市、小国町

#### (1) 植物相

##### ア 以東岳周辺

維管束植物を163種確認することができた。確認された絶滅危惧種及び注目すべき種は以下のとおりである。

ハクサンスゲ(EN)、ヤマスカシユリ(VU)、ヒメサユリ(VU)、ホソバタマミクリ(VU)、ガッサントリカブト(VU)、オオレイジンソウ(VU)(未確認)、ヤシャビシヤク(VU)、ミヤマトキソウ、タカネマツムシソウ、コウホネ

##### イ 祝瓶山周辺

維管束植物を132種確認することができた。確認された絶滅危惧種及び注目すべき種は以下のとおりである。

スギラン(CR)、オサバグサ(VU)(未確認)、ヒメサユリ(VU)、ヤシャビシヤク(VU)、ユビソヤナギ(VU)、アズマシヤクナゲ(NT)、ミヤマダイコンソウ、オノエラン、タチツボスミレ SP.

#### (2) 動物(昆虫等)相

##### ア 以東岳周辺

昆虫類を6種、両生類を1種確認することができた。確認された絶滅危惧種については以下のとおりである。

カワホネネクイハムシ(VU)、ベニヒカゲ(NT)

## イ 祝瓶山周辺

昆虫類43種、両生類3種、爬虫類1種を確認することができた。確認された絶滅危惧種については以下のとおりである。

トゲアリ(NT)、アカハライモリ(NT)

## (3) まとめ

### ア 以東岳周辺

#### (ア) 植物相について

今回の調査地である以東岳の周辺地域は、日本海側の典型的な多雪地域である。このため、多雪に依存した植物相が特徴と言える。雪田草原が所々に見られ、ヒナザクラやミヤマトキノウ、ホソバノキノチドリ、イワカガミなどが群生し、周辺のゼンテイカやヒメサユリなどの群生についても有数の規模である。また、風衝地には乾地性のタカネマツムシソウやミヤマウスユキソウなどが群生し、寒江山周辺と並んで朝日連峰随一の規模である。

多雪地の沢沿いに特有のガッサントリカブトは、冷涼な環境に遺存した植物であり、今後特に注目して観察を続ける必要がある。池沼においては、冷涼な山地帯～高山帯に見られるホソバタマミクリやハクサンスゲが見られ、本来低地性のコウホネが見られるのも特徴的である。今後地球温暖化による積雪量の減少や気温上昇といった気候変動やシカの侵入による食害、希少種の盗掘などによる環境の悪化がいつ起こるかわからない今日、今後とも地域の方々への情報提供と監視の目が必要となり、モニタリング調査を継続していく必要がある。

#### (イ) 動物(昆虫等)相について

前回の調査と比較して、確認できた種は少なかったが、絶滅危惧種であるカワホネネクイハムシが確認できた。また、新たにベニヒカゲも確認できた。

ベニヒカゲは、一般に生息地での個体数は多く、現時点で絶滅のおそれはそれほど大きくはないと考えられる。しかし幼虫が生息できる環境は、遅くとも7月初めには融雪するイネ科・カヤツリグサ科の草地であり、チシマザサの優先する風衝草原や融雪が遅い雪田草原は生息に適さない。高層湿原などの湿地にもほとんど見られず、実際に発生しているのは、緩斜面の草原や沢の源頭部の小規模な草原、斜面の雪田草原の(融雪の早い)周縁部など、限られた環境と考えられる。

また、中部地方と北海道に生息する近縁種のクモマベニヒカゲでは、孤立した比較的小規模な草地で発生する例もあるのに対し、ベニヒカゲはこのような環境ではほとんど見られず、比較的広い草地かあるいは小規模な草地が多数近接している環境に見られる。見方によっては、生息地では個体数が多いことも、小規模な個体群が存続できず、個体数が多く生息できる環境でしか発生できないためとも考えられる。

現在のところ、生息環境となっている森林限界より上の草地にはそれほど大きな環境の変化は見られず、ベニヒカゲは安定して生息してはいる。しかし、東北地方では各個体群内でハプロタイプの種類が極めて少なく、遺伝的多様性が極めて低いことを示唆する研究も出ている。もし、今後生息環境になんらかの変化があった場合、変化に対応できず個体数が減少する可能性も十分に考えられる。そのため、生息情報を早い時点でできる限り多く残しておくことが、日本海側の特徴でもある偽高山帯の環境の変化を捉えるために重要と考えられる。

また、今年は例年になく高温の影響で、確認できなかったことも想定されるので、今後も調

査を継続していく必要がある。

## イ 祝瓶山周辺

### (ア) 植物相について

過去の調査で確認されているオサバグサについては、確認できず残念であった。分布については注目すべき種であることから、今後機会を捉えて再調査し、確認していく必要がある。

河川沿いに生育しているユビソヤナギ、スギラン、ヤシャビシヤクなどについては、今後砂防工事を行う可能性もあることから、事業者に対し周知を行い、その部分の工事を回避するなど配慮していただく必要もある。

また、山頂付近の岩場や草地については、残雪や放射冷却現象により、標高が低いにもかかわらず、高山植物が見られる。今後地球温暖化などの気候変動やシカの侵入による食害、希少種の盗掘などによる環境の悪化がいつ起こるかわからない今日、今後とも地域の方々への情報提供と監視の目が必要となり、モニタリング調査を継続していく必要がある。

### (イ) 動物(昆虫等)相について

トゲアリの最も大きな特徴とも言える一時的社会寄生という営巣形態は、寄主となる特定の種(トゲアリではクロオオアリ・ムネアカオアリ)に極めて強く依存する上に、人為的に実験した結果からは成功率がかなり低いことが示唆されている。そのためか、クロクサアリ種群など他の一時的社会寄生の種と同様、トゲアリもコロニーがかなり局所的に点在する傾向があり、一度減少してしまうと個体群がなかなか回復できないことも懸念される。

これに加えトゲアリでは、中心部が枯死する程度に成長した樹木がある程度存在し、なおかつ林床部の植生が少ないという、両方の条件を満たす森林環境が必要となる。かつては人の生活圏周辺部の二次林(下刈りなどで管理された、いわゆる里山)が好適な生息地となっていた。しかし近年、下刈りができず林床の植生が密になった二次林が増え、生活圏周辺部でトゲアリの生息地の減少が懸念される。一方、山岳部の森林では環境の変化は少ないものの、林床が湿潤であるかまたは植生が密である場合が多く、トゲアリのコロニーが見られるのは尾根筋の乾燥部など限られた立地のみとなる。

アカハライモリは、繁殖可能な成体が越冬時を除き水生で、5～6月に止水あるいは緩い流れで水際の植物に産卵する。幼生は成長・変態して幼体になると上陸し、周囲の森林で2～5年成長した後、繁殖可能になると水域に戻る。そのため、春～秋まで水のある水域、水際の植生に富む止水・緩流、森林の3種類の環境が隣接していることが生息に必要で、中干しの徹底された水田や三面張りの水路では生息が難しく、水田環境では個体数が減少している。

両種に共通するのが、かつては人里で多く見られた種が人里では環境の変化で減少し、対照的に山地・山岳地域の限られた環境に個体数は少ないながら残存するという現象である。近年、同様の現象は上記2種以外にもいくつかの種で見られる。低山帯など二次的環境を主な生息環境としていた生物にとって、山地・山岳地域は個体群密度のそれほど高くない環境であったかもしれないが、現在ではいくつかの種にとって重要な生息地として機能していると考えられる。今後は本来の環境の枠を超えて重要性が増していくことが考えられ、継続的な調査が望まれる。

## 2 竜馬山・澄倉山・薬師山(中小山岳) 金山町

### (1) 植物相

確認されたシダ植物は54種、シダ植物以外の維管束植物は97種である。確認された絶滅危惧種

及び注目すべき種は以下のとおりである。

イワオモダカ (CR)、ヒトツバテンナンショウ (CR)、ウチョウラン (CR) (未確認)、ウチワゴケ (EN)、イワヤシダ (EN)、ミサキカグマ (EN)、ヒメサジラン (EN)、コアニチドリ (EN)、エビネ (EN)、イワヒバ (VU)、カラクサシダ (VU)、シノブ (VU)、チャボゼキショウ (VU)、ヤマスカシユリ (VU)、シロウマアサツキ (VU)、アオノイワレンゲ (VU)、ヤマミズ (VU)、ミチノククワガタ (VU)、ウゼンアザミ (VU)、ムラサキニガナ (VU)、ミスミソウ (広義) (NT)、ヒモカズラ、カムロトウヒレン

## (2) 動物(昆虫等)相

昆虫類 91 種、両生類 2 種を確認することができた。確認された絶滅危惧種及び注目すべき種は以下のとおりである。

ガムシ (NT)、トゲアリ (NT)、モリアオガエル (NT)、ヒメシジミ (国NT)

## (3) まとめ

### ア 植物相について

#### (ア) シダ植物

シダ植物の生育場所は種子植物と違い、林の中の日陰の場所が中心になる。その中でも今回のモニタリングの特徴として、樹木の幹や枝や岩上に着生しているシダをあげることができる。樹木の幹や枝に着生していたものとして、イワオモダカ、シノブなどがある。林の間にある樹木のおかげで、適度な湿度が保たれている。そういった環境でしかシダ植物は生き延びることができない。岩上に張り付いているシダ植物も多くあった。ウチワゴケ、ヒメサジラン、カラクサシダ、イワヒバ、ヒモカズラなどである。イワヒバとヒモカズラは比較的乾いた岩上に生えていたが、他のシダは湿った岩上に生えていた。

もう1つの特徴として、岩塊地の沢沿いにあるイワヤシダと崖地にあるミサキカグマをあげることができる。どちらも県内の分布地が限られており、貴重なシダ植物である。これらのシダ植物を保存していくためには、山地全体の森林環境が安定していることが重要である。その中で園芸的な価値の高いシダ植物の保護も必要になってくる。まだ県内ではあまり確認されていないが、野生動物による食害も懸念される。これらのシダ植物を見守るためにも、モニタリング調査が重要になってくると思われる。

#### (イ) シダ植物以外の維管束植物

今回の調査地においては、貴重なシダ植物が重要であるが、シダ植物以外の維管束植物についても貴重なものが多い地域である。金山町には 400m~500m前後で、中腹から山頂部に岩場を伴う山が多く見られる。岩場の向きや風通し、乾燥しているか湿潤であるかによって、それぞれ生育している植物種が異なっている。

ラン科植物においては、ウチョウラン、コアニチドリが重要である。今回は、ウチョウランは確認できなかったが、今後継続的にモニタリング調査を行い、確認しておく必要がある。コアニチドリについては、多雪地を代表する岩場のランであり、地球温暖化が進展している中であって積雪量の減少が想定されることから、周辺地域の確認調査を含め、モニタリング調査を継続していく必要がある。

もう一つこの地域の特徴として、シロウマアサツキとヤマスカシユリが他地域に比較して多産することである。6月~7月にかけての開花期における群生する様子は見事である。適度な湿度と植物が入り込みやすい岩の隙間が多いためであろうと思われる。

また、日当たりよい岩場に生えるアオノイワレンゲやミチノククワガタ、チャボゼキショウが

見られるのも、県内での生育場所が限られることから、貴重なものである。

これらの低山地ではあるが岩場に生育する植物は、県内では貴重な種が多く、各山によって生育している植物相が異なっている。今回調査できなかった周辺の岩場を伴う山を含め、地元の理解・協力を得ながら、モニタリング調査並びに保護活動を行っていく必要がある。

## イ 動物(昆虫等)相について

調査結果の項で触れたように、B で確認されたモリアオガエルは、周辺の地形から考えると山麓部の小水域で発生した可能性が高いと考えられる。

標高の低い中小山岳の自然環境を大山岳と比較した場合、いわゆる高山性の生物が欠如する一方、周囲に河川の中流域や湿地・二次林、草地など山麓部の二次的自然が広がる場合も多い。成虫が陸上性の水生昆虫(トンボ目・カゲロウ目など)や無尾目(カエル類)では、成虫・成体は山地に生息するが生活史の初期(幼虫期や幼生期)には山麓部・低地の水域が必要となるものがあり、山地・山岳域での上記グループの生物相には山麓部の環境が反映される。

今回の調査地は山地の森林環境であり、水生昆虫のガムシは単なる偶産とも言える。

様々な種類の生物を捕食するゲンゴロウ類とは異なり、ガムシの幼虫はほぼ巻き貝のみを捕食する。捕食の際に貝を割るために大顎が左右で著しく非対称で、右巻きのモノアラガイ・ヒメモノアラガイ(在来種)は摂食できるが、左巻きのサカマキガイ(外来種)ではうまく摂食できないことが知られている。

水生昆虫の中で、トンボ目・カゲロウ目・カワゲラ目・トビケラ目などの幼虫は水中の酸素を取り込んで呼吸するが、ガムシなどの甲虫やタイコウチ・タガメなどカメムシ目では、基本的には水面より上の空気を呼吸する。そのため、水深の深い水域や流水は遊泳力の弱い幼虫期の生息には適さず、水深の浅い止水が必要となるが、こういった湿地環境は急傾斜地には少なく主に緩傾斜地や平地にあり、人為の影響を極めて受けやすい。

ガムシが安定して生息するには、在来種の巻き貝が安定して生息する浅い止水が必要ということであり、モリアオガエルの例も合わせると、B 周辺には良好な湿地環境が残っていると考えられる。

また、2kmほど離れたAとBの稜線部でトゲアリが確認された。この地域には同様の環境(いわゆる「痩せ尾根」)が多く、比較的トゲアリの個体数が多いことが期待される。

今回調査を行った地域は露岩地の多い特殊な環境ではあるが、一方で湿潤な森林と乾燥した森林双方の昆虫が見られ、周辺には良好な湿地環境の存在が窺える。比較的狭い範囲でありながら多様な環境が含まれ、多様な生物が生息できる基盤となっていると考えられる。

反対に、山地の環境から山麓部・低地の生物への影響も大きく、中小山岳は、山岳地域そのものだけではなく、周囲に広がる二次的自然の生物を支える生息基盤(採餌場所、餌となる生物の生息域、越冬場所など)として機能していることも多い。

人の生活圏周辺部の二次的自然(草地・二次林・湿地など)は、近年生物多様性の減少が最も著しい環境でもあり、遷移を抑制する人為的作用・攪乱(草刈りや下刈りなど)が継続できなくなる(管理放棄)などの原因が指摘されている。

これらの生物では人為の減少に加え、周辺環境の多様性減少が生物多様性の減少につながる恐れも指摘されている。

小山岳の周辺は、比較的狭い範囲に様々な異なる環境が含まれることが多く、生息する生物の多様性を担保する基盤となっていると考えられる。

### 3 最上川河口(河川・溪流) 酒田市

#### (1) 植物相

維管束植物を計 180 種確認することができた。確認された絶滅危惧種は以下のとおりである。

マツカサススキ(EN)、タコノアシ(VU)、トモエソウ(VU)、ノダイオウ(VU)、ツルアブラガヤ(NT)

#### (2) 動物(昆虫)相

昆虫類 50 種を確認することができた。確認された絶滅危惧種は以下のとおりである。

セスジイトトンボ(NT)

#### (3) まとめ

##### ア 植物相について

マツカサススキ、タコノアシやノダイオウなどは、最上川の水辺の環境に生息する、目立たない植物といえる。河川の改修などで一時的でも乾燥地が増えていくと、生態系に影響を及ぼす外来種が侵入しやすい傾向となり、外来種などの種数や個体数が増加し、在来種が脅かされる環境になってくる。また、河川沿いにワンドを設置するなど、多様な河川環境を配置し、氾濫環境ができる仕組みを作ることも一つの方法である。そのためにも、河川環境の保全に目を向けていくことが必要となる。改修が進むことによる変化も今後のモニタリング調査などで見守っていくことも重要になることから、関係各所と情報交換のうえ連携をとりながら生物多様性の保全につなげる必要があると思われる。

##### イ 動物(昆虫等)相について

調査地が河川の堤防、河川敷で自然度が低く注目すべき種は少なかったが、河川で発生していると考えられる準絶滅危惧種(NT)のセスジイトトンボを確認できたことは収穫であった。また、庄内地方に特有な種を確認できたことも成果であった。河川敷の環境は河川の洪水などで急激に変化する恐れがあり、生息している種の変化を記録しておくことは重要であると思われる。

### 4 広幡・川西南部(湿原・湿地) 米沢市・川西町

#### (1) 植物相

維管束植物を 246 種確認することができた。確認された絶滅危惧種は以下のとおりである。

ヒナザサ(CR)、サギソウ(CR)(未確認)、サワラン(EN)、ミズトンボ(EN)、オクノフウリンウメドキ(EN)、サジオモダカ(VU)、ヒメサユリ(VU)、トキソウ(VU)、ミミカキグサ(VU)、ホザキノミミカキグサ(VU)、ムラサキミミカキグサ(VU)、ムカゴニンジン(VU)、カキラン(NT)、オオミズゴケ(NT)

#### (2) 動物(昆虫)相

昆虫類 95 種を確認することができた。確認された絶滅危惧種及び注目すべき種は以下のとおりである。

ハッチョウトンボ(NT)、イボバッタ(NT)、トゲアリ(NT)、ヒメシジミ(国 NT)

#### (3) まとめ

##### ア 植物相について

どの調査地にもオオミズゴケが生育しており、オオミズゴケを含めた周辺部から湿地全体の保護が必要と思われる。

特に、唯一の産地となっているヒナザサが生育するため池においては、関係機関と連携し生育環境を維持するため、保全対策を立てていく必要がある。

また、ムカゴニンジンではムカゴを作って繁殖する戦略は、やや沼沢性の高い湿地での生育地を残していく必要がある。

ミミカキグサ類3種がそろそろ当地のような湿地が保持されていくには、湿地が藪にならないよう、草刈りや周辺の樹木の除伐で、湿地の明るさを保つ必要がある。また、外来種のアメリカザリガニの駆除を進めるとともに、富栄養化に向かわないような保全も必要と思われる。

#### イ 動物(昆虫等)相について

湿地やため池に生息する種をはじめとして多くの種類を確認することが出来た。このことから自然環境が維持・保全されていると考えられる。昆虫類の中にはハンミョウのように人工的に作り出された環境に適して増える種があり、今回、確認できたことは収穫であった。

### 5 県民の森(湖沼・ため池) 山辺町

#### (1) 植物相

維管束植物は331種である。確認された絶滅危惧植物は以下のとおりである。

キンセイラン(CR)、ジョウロウスゲ(CR)、イヌセンブリ(CR)、フイリシハイスミレ(VU)、ノダイオウ(VU)、エゾノタウコギ(VU)、アギナシ(NT)、イヌタヌキモ(NT)

#### (2) 動物(昆虫)相

昆虫類65種を確認することができた。確認された絶滅危惧種及び注目すべき種は以下のとおりである。

マダラナニワトンボ(EN)、ナミゲンゴロウ(NT)、エゾゲンゴロウモドキ(VU)、オオムラサキ(NT)、マルガタゲンゴロウ(国VU)、ミズスマシ(国VU)、オオミズスマシ(国NT)

#### (3) まとめ

##### ア 植物相について

ジョウロウスゲが確認された池沼については、ジュンサイが採取されなくなったことから、余り管理されなくなっていると思われる、ヨシやマコモなどが繁茂してきている。また、同じ環境にはコキツネノボタンも生育が確認されているが、今回の調査では確認されず、県内唯一の産地でもあることから、今後確認調査を行う必要がある。また、場合によっては草刈などを行い、生育環境を維持していく必要もあると思われる。

イヌタヌキモについては、当調査地のうち2か所で確認された。生育環境としては水質とともに風の影響が少ないことも関係しているため、水の出入りのほとんどないため池や風の影響をあまり受けないような生育環境の維持が必要となる。継続してモニタリングを行い、環境の変化がないか見守っていく必要がある。

また、湖沼については、改修工事、水質の悪化など、富栄養化が進行すると生育できなくなる種が生息していることから、自然遷移や生息環境の変化とともに、見守ることも必要と思われる。

##### イ 動物(昆虫等)相について

調査地として選定した湖沼では、トンボ類、ゲンゴロウ類、ミズスマシ類など絶滅危惧種を含む多くの種を確認することが出来た。特に絶滅危惧種についてはそれぞれの池沼で特有の種が確認された。このことは自然環境が良好な状態で保全されていると判断できる。県民の森には未調査の池沼がまだ多数存在しており、更なる調査の必要性を感じた。

### 3 令和5年度神室・加無山系ツキノワグマ生息状況調査結果

(環境企画部)

#### 1 背景・目的

山形県内のツキノワグマ（以下「クマ」と記載）の状況は、人とクマの共存のバランスが崩れ、市街地等への出没が発生している。令和5年度は前年度と比較して目撃・出没件数が増加した。このような現状から農林業被害や人身事故の防止に向けた抜本的な対策が求められている。

山形県では昭和52年度から「ツキノワグマ生息状況調査」を実施しており、その方法は、春季捕獲期（春熊猟）に直接目視することで頭数を数えるものである（以下「目視調査」と記載）。この調査結果を基にクマの個体数を推定し、捕獲水準を設定して保護管理を行っている。しかし、猟友会員のうち調査を実施する狩猟者の高齢化等に伴い調査者が減少し、調査の実施が困難な地域が出ている。今後、同様の地域が増加していくことが考えられるため、目視調査に代わる方法として、「カメラトラップ法<sup>(1)(2)</sup>」を用いた調査を、平成28年度から実施している。

令和4年度から2か年の計画で、平成29年度以降2回目となる「神室・加無山系」の調査を実施し、生息密度・生息個体数の推定を行い、また、カメラトラップ法を用いた調査の課題等を検討した。

#### 2 方法

カメラトラップ法は、目視調査実施箇所とその周辺に、トラップと呼ぶ「クマを立ち上がらせるための誘引餌とクマが餌に誘われ立ち上がったところを撮影するカメラを設置して、撮影した映像から胸部斑紋（月の輪紋）等を比較して個体識別を行い、その結果から生息密度・生息個体数の推定を行う方法である。

#### 3 設置箇所

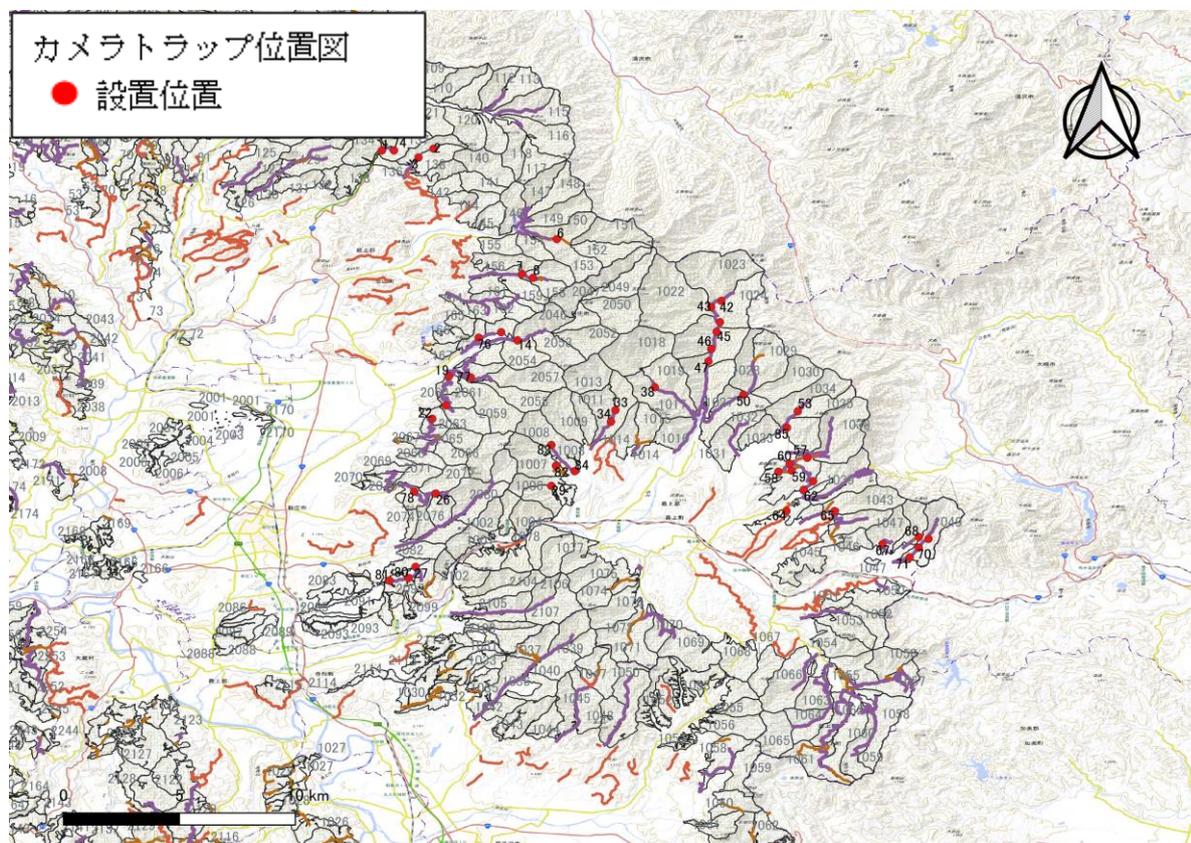


図1 カメラトラップ設置位置（令和5年度 設置位置）

#### 4 カメラトラップ構造等と調査期間、トラップ設置数



写真1 マイカ線・塩ビ管等



写真2 自動撮影カメラ



写真3 誘引餌設置状況



写真4 カメラ設置完了

○トラップ設置数 48 か所 (台)

○調査期間 令和5年7月4日～10月29日 約4か月間

表1 撮影セッション

セッション番号	開始日	終了日
1	R5. 7. 4	R5. 7. 23
2	R5. 7. 24	R5. 8. 13
3	R5. 8. 14	R5. 9. 3
4	R5. 9. 4	R5. 9. 24
5	R5. 9. 25	R5. 10. 15
6	R5. 10. 16	R5. 10. 29

○調査スケジュール

表2

作業内容	4月			5月			6月			7月			8月			9月			10月			11月			12月			1月			2月			3月		
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下			
許可申請等	■	■	■																																	
資材準備・機材作成等				■	■	■	■	■	■																											
下見 設置箇所選定				■	■	■	■	■	■																											
設置							■	■	■																											
維持管理・現地確認							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■															
撤去																			■	■	■															
データ整理										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■															
データ解析																						■	■	■	■	■	■									
報告書作成																												■	■	■						

## 5 結果

### (1) 撮影結果

6セッションのうち、クマが撮影された数は1,062回あった。より多くの動画データを得るためカメラの設定を「撮影間隔0秒」としたが、クマがカメラの前に長時間とどまり30秒間隔で連続して撮影された動画があった。このため整理方法として「イベント」という考え方をを用いた<sup>(3)</sup>。イベントとは、クマがカメラの前に訪れ、去るまでを1イベントとしてカウントするものである。

6セッション中に整理したイベント数は222確認された。

### (2) 個体識別結果

撮影数1,062回(イベント数222)、撮影品質A及びBランクの139(イベント数70)の撮影データを有効なデータとし、動画データから識別用の写真データを作成、斑紋形状等から個体識別を行ったところ、個体識別結果は33頭であった。

#### 斑紋撮影品質の判定基準

A: 斑紋全体が正面から鮮明に撮影できている

B: Aに劣るが、概ね斑紋全体が撮影できている

C: 極端に角度がある、不鮮明、または斑紋の一部しか撮影されていない



### (3) 推定生息密度・推定個体数の結果

5 結果(2)のデータなどから、フリー統計解析環境「R ver. 3.2.2」を使用し、パッケージソフト「SPACECAP ver. 1.1.0」<sup>(4)</sup>を用いて、生息数・個体数の推定を行った。

収束判定は、全てのパラメーターのZ値が-1.6~1.6の間にあり、かつ有効サンプルサイズが100以上を判定基準としている。

収束判定は表3、推定結果は表4のとおりで、推定生息密度0.118頭/km<sup>2</sup>、推定個体数95頭(生息可能区域804.3km<sup>2</sup>)となった。

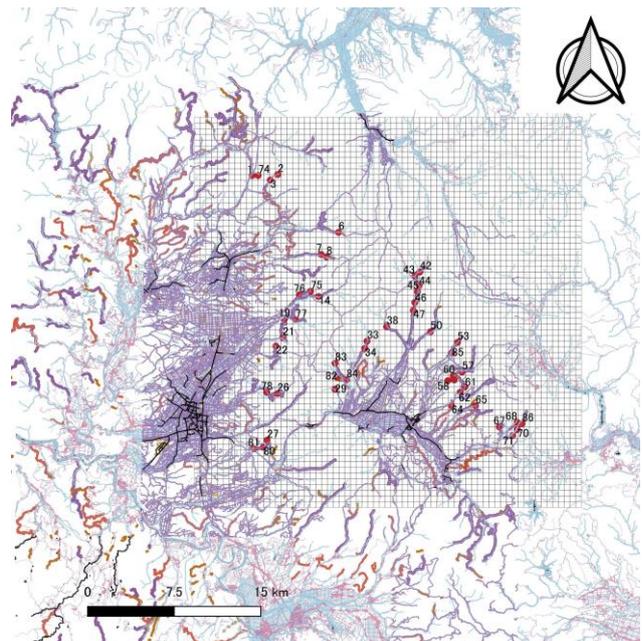


図2 行動圏中心候補区域

表3 収束判定

	sigma		lam0		beta		psi		N	
	Z値	有効サンプル サイズ	Z値	有効サンプル サイズ	Z値	有効サンプル サイズ	Z値	有効サンプル サイズ	Z値	有効サンプル サイズ
神室・加無山系	-1.045	539.162	0.307	702.305	0.271	702.295	0.423	815.018	-0.010	911.652

表4 推定生息密度、推定個体数

	推定生息密度(頭/km <sup>2</sup> )		生息可能区域(km <sup>2</sup> )	推定個体数(頭)	
	中央値	95%信頼区間		中央値	95%信頼区間
算出値	0.118211	(0.0758-0.1541)	804.3	95	(61-124)

## 6 引用文献

- (1) 東出大志 (2012) カメラトラップ調査の手引きーツキノワグマの個体数推定へ向けて. 26pp  
財団法人自然環境研究センター. 東京
- (2) (2012) クマ類の個体数を調べる ヘア・トラップ法とカメラトラップ法の手引き  
(統合版) 財団法人自然環境研究センター. 東京
- (3) 環境省釧路自然環境事務所. 公益財団法人知床財団 (2013)  
平成 24 年度ヒグマ個体数推定のための解析業務. 4pp-5pp
- (4) Arjun M.Gopaldaswamy et al (2015) Package 'SPACECAP' .16pp

## 4 令和5年度ブナ・ナラ類豊凶調査結果

(環境企画部)

森林生態系への影響や異変を察知することを目的に、平成15年度からブナ16箇所（15箇所は豊凶予測及び結果、1箇所は結果のみ）、ミズナラ9箇所、コナラ11箇所について調査を行っている。

### (1) 調査方法

調査地に落下物捕捉のためのトラップ（面積1㎡の円形ネット）を5～10個設置し、豊凶予測及び結果の判定を行う。

ブナの豊凶予測は、6月までの雄花の数を集計し、その数から雌花数を推定して判定する。判定の基準は、推定雌花数が350個/㎡以上を豊作、90～350個/㎡未満を並作、90個/㎡未満を凶作予測とする。

また、ブナ及びナラ類の豊凶結果は、回収した実から健全な実を判別し、判定する。豊凶の判定については、ブナは200個/㎡以上を豊作、50～200個/㎡未満を並作、50個/㎡未満を凶作とし、ミズナラは20個/㎡以上を豊作、5～20個/㎡未満を並作、5個/㎡未満を凶作とし、コナラは40個/㎡以上を豊作、20～40個/㎡未満を並作、20個/㎡未満を凶作とする。

### (2) 調査結果

#### ア ブナの豊凶予測結果

トラップが設置できなかった1箇所を除く調査地14箇所の全てで凶作の予測であった（図1）。

#### イ ブナ・ナラ類豊凶結果

##### (ア) ブナ

トラップが設置できなかった1箇所を除く調査地15箇所の全てで凶作であった（図2）。

##### (イ) ミズナラ

トラップが設置できなかった1箇所を除く調査地8箇所のうち、並作が1箇所、凶作が7箇所であった（図3）。

##### (ウ) コナラ

調査地11箇所のうち、並作が2箇所、凶作が9箇所であった（図4）。

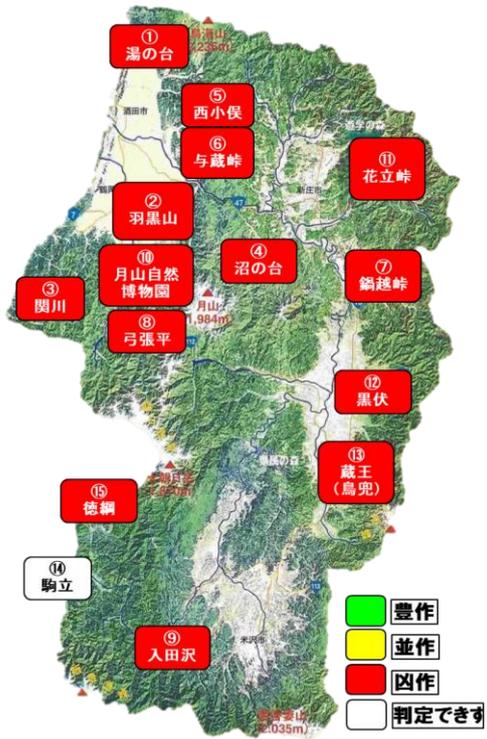


図1 ブナ豊凶予測結果

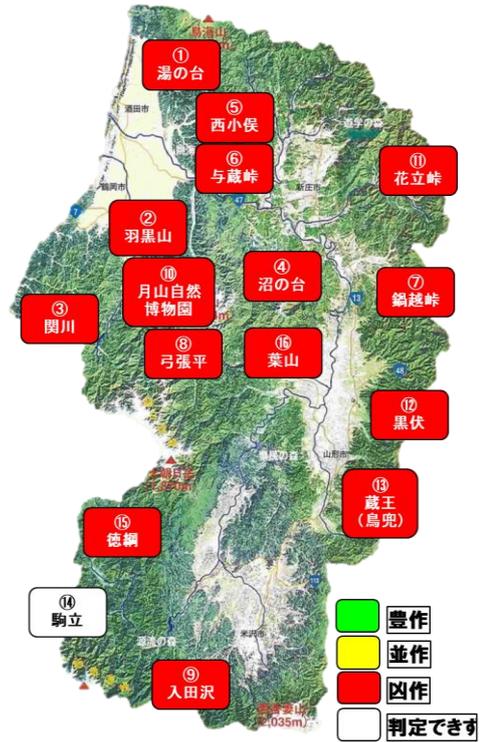


図2 ブナ豊凶結果

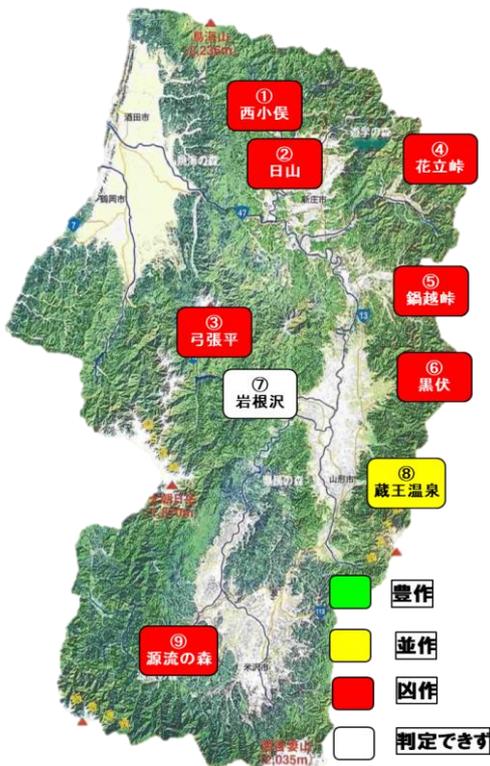


図3 ミズナラ豊凶結果

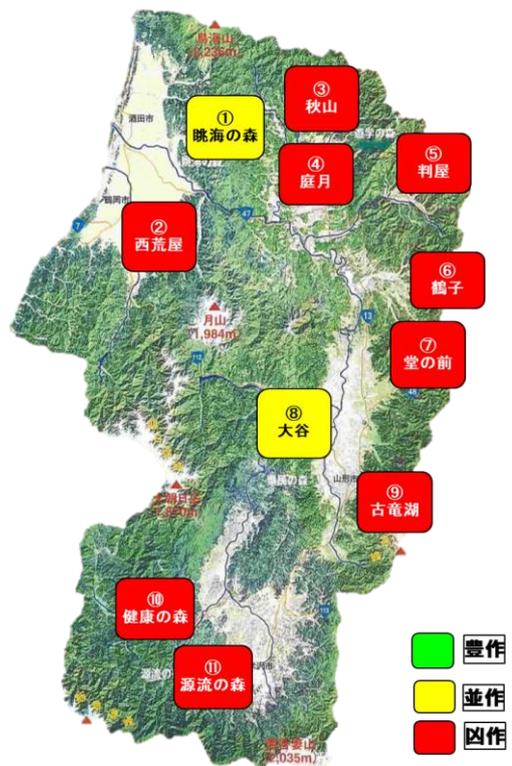


図4 コナラ豊凶結果

## 5 自然観察会（気候変動への適応）

（環境企画部）

### 1 観察会の目的

身近な自然の観察を通して地球温暖化による植物の変化を学び、また、気候変動の影響を実感することで、参加者の気候変動の影響や気候変動適応への関心を高めることを目的として行った。

### 2 参加対象及び参加者数

小学校の児童を含む親子

午前：6組 17名、午後5組 15名

### 3 実施場所

楯山（やまがた百名山）（村山市）

### 4 実施状況

#### （1）おはなし

地球温暖化による気候変動の影響の現状について、動植物を例に、ブナ林の減少や桜の開花日が早まっていることなどを学習した。

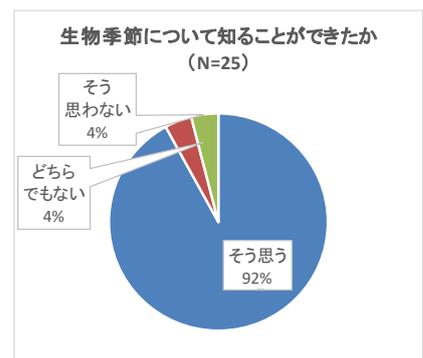
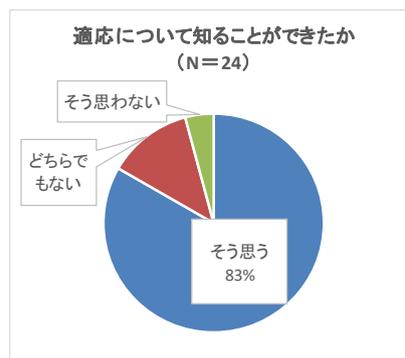
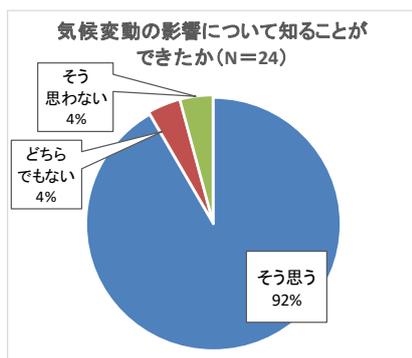


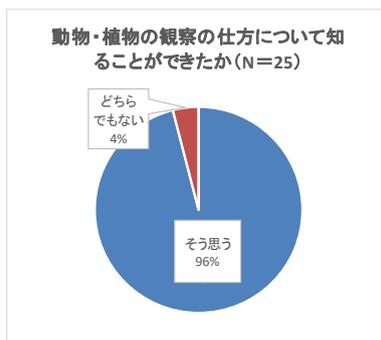
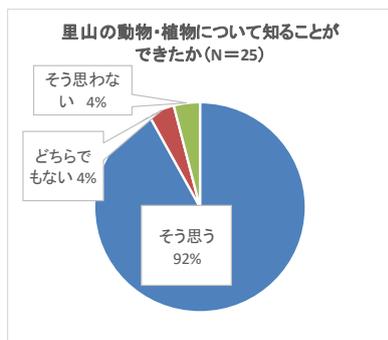
#### （2）自然観察

やまがた百名山にも選ばれている「楯山」を舞台に自然観察会を開催した。



### 5 アンケート調査結果





## 6 「秋の部」の開催

6月開催の観察会参加者を中心に10月1日に「秋の部」を開催した。参加者数は、5組19名であった。6月と同じコースを散策し、イタドリで笛を作る、アケビやヒメグルミを食す、オオバクロモジの匂いを嗅ぐなど、秋の自然を五感で体験した。



## 6 県内におけるサクラの開花日に関するデータの解析

(環境企画部)

### 1 調査の目的

地球温暖化に伴いサクラ（ソメイヨシノ）の開花日が年々早まっており、観光への影響が懸念されている。一方で、その早まり具合は地域によって異なっていることも考えられ、対策を考えるうえで地域の特性を把握することは重要である。

このことから、県内のこれまでのサクラ（ソメイヨシノ）の開花状況を調査し、その傾向を解析することで、今後の適応への方針の検討を行っていくことを目的とする。

### 2 調査データ

- (1) 山形地方気象台で公開している山形市における開花情報（1968年～2023年）
- (2) 山形新聞「花だより」に掲載された県内18箇所<sup>※1</sup>の開花情報（1968年<sup>※2</sup>～2023年）

※1 村山管内（山形、天童、上山、寒河江、東根、村山、尾花沢）、最上管内（新庄）

置賜管内（米沢、南陽、長井、小国）、庄内管内（酒田、鶴岡、遊佐、立川、八幡、松山）

※2 酒田は1969年、尾花沢は1972年、八幡は1979年、小国、松山は1982年

### 3 解析方法

- (1) 山形地方気象台が山形市において一定の基準に基づいて継続してきた生物季節モニタリングのデータと、山形新聞「花だより」に掲載された山形のデータの比較を行い相関性を確認することにより、「花だより」のデータの信頼性を確認する。

山形地方気象台観測点：気象台構内（山形市緑町）

「花だより」観測点：霞城公園（山形市霞城町）

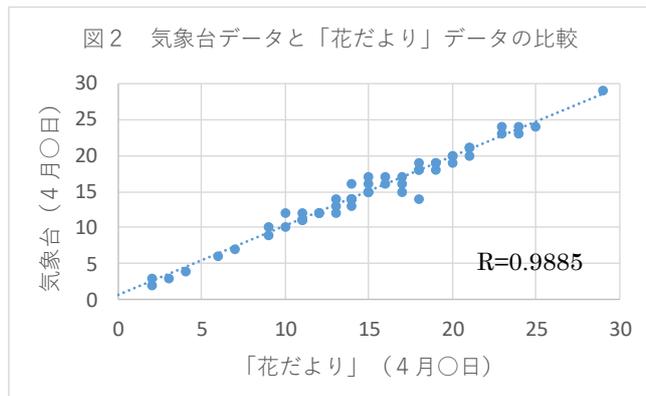
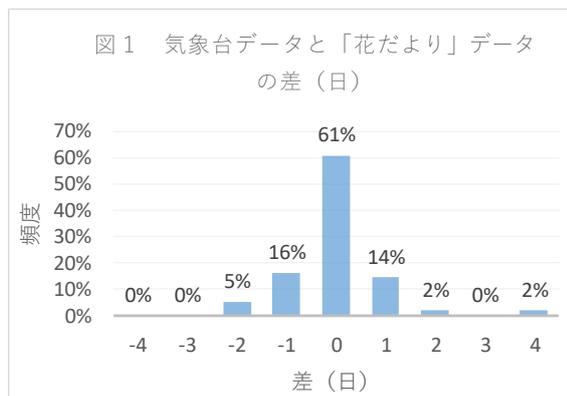
2地点間の距離約1,700m

- (2) 「花だより」の県内各地点のデータを比較し、地域の特性を解析する。

### 4 解析結果

- (1) 図1のとおり山形地方気象台のデータと「花だより」のデータには90%以上が1日以内のずれで、差がほとんど見られない。また、図2のとおり強い相関も認められる（ $R=0.9885$ ）。

以上により、「花だより」のデータの信頼性が確認できる。



(2) 「花だより」のデータをもとに地点ごとの開花日の推移を計算すると表1のとおりであった。なお、「50年間で早まった日数」は年ごとの開花日の推移の一次近似式の傾きから算出し、「50年前と現在の開花日の変化」は一次近似式における1973年と2023年の値を用いている。

全ての地点において開花日の早まりが確認できる一方で、地点によりそのトレンドに差があることが認められ(最大で2.6倍)、特に都市部で大きくなっている。

	50年間で早まった日数	50年前と現在の開花日の変化
酒田	11.1	4月19日⇒4月8日
鶴岡	10.6	4月18日⇒4月8日
山形	10.6	4月19日⇒4月9日
南陽	10.2	4月23日⇒4月12日
長井	9.9	4月23日⇒4月13日
上山	9.5	4月21日⇒4月12日
米沢	9.1	4月23日⇒4月14日
遊佐	9.0	4月20日⇒4月11日
八幡	9.0	4月22日⇒4月13日
天童	8.5	4月21日⇒4月12日
寒河江	8.3	4月21日⇒4月13日
東根	8.1	4月22日⇒4月14日
松山	8.0	4月21日⇒4月13日
村山	8.0	4月24日⇒4月16日
小国	6.5	4月25日⇒4月19日
新庄	6.4	4月24日⇒4月18日
立川	6.1	4月21日⇒4月14日
尾花沢	4.3	4月25日⇒4月21日

図3 開花日の推移

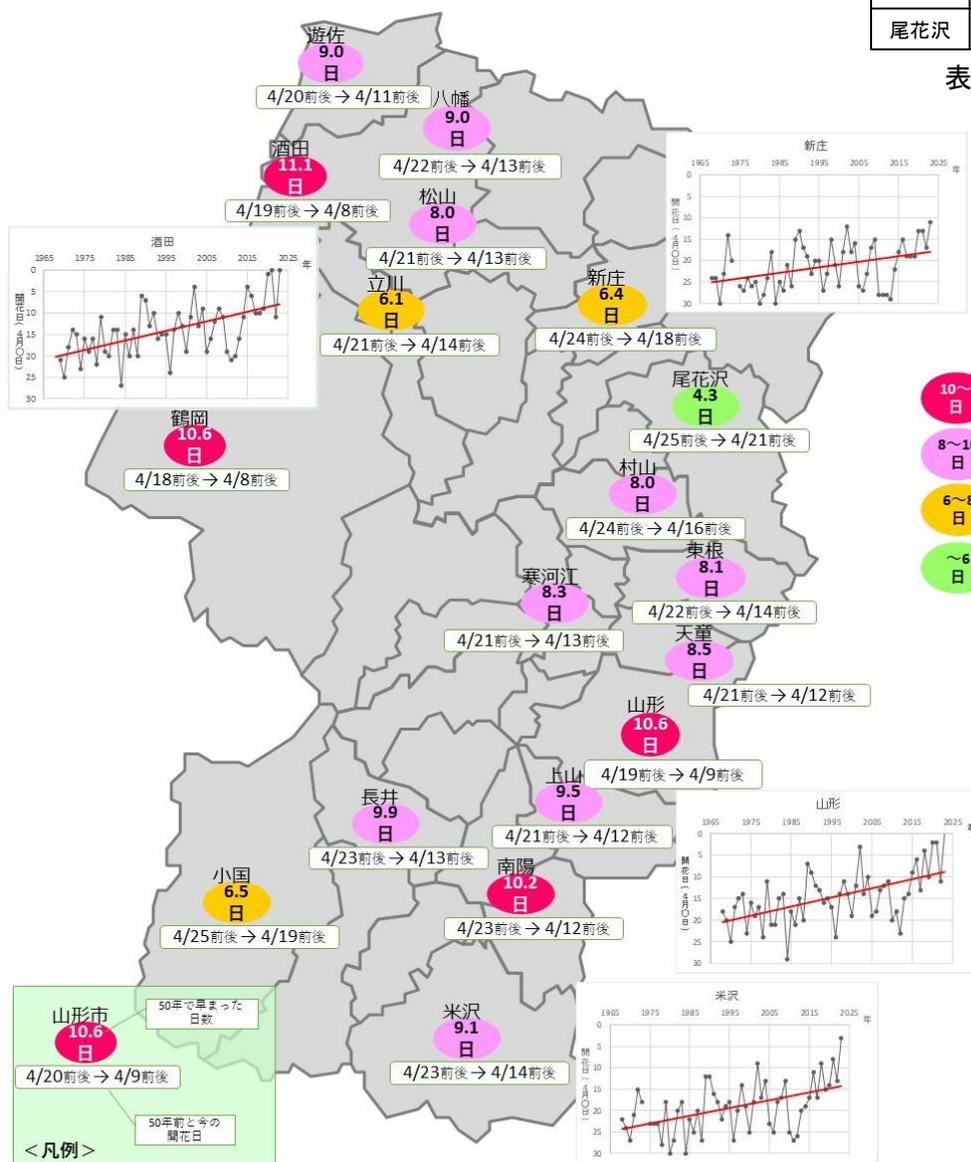


表1 開花日の推移

## 7 令和5年度環境大気常時監視測定結果

(大気環境部)

### 1 環境基準と評価方法

測定項目の環境基準については、次のとおり定められている。

表1 大気の汚染に係る環境基準

項目	環境上の条件
二酸化硫黄	1時間値の1日平均値が0.04ppm以下であり、かつ、1時間値が0.1ppm以下であること。
一酸化炭素	1時間値の1日平均値が10ppm以下であり、かつ、1時間値の8時間平均値が20ppm以下であること。
浮遊粒子状物質	1時間値の1日平均値が0.10mg/m <sup>3</sup> 以下であり、かつ、1時間値が0.20 mg/m <sup>3</sup> 以下であること。
二酸化窒素	1時間値の1日平均値が0.04ppmから0.06ppmまでのゾーン内またはそれ以下であること。
光化学オキシダント	1時間値が0.06ppm以下であること。
微小粒子状物質	1年平均値が15μg/m <sup>3</sup> 以下であり、かつ、1日平均値が35μg/m <sup>3</sup> 以下であること。

環境基準による大気汚染の状況の評価については、次のとおり取り扱うこととされている。

#### ア 短期的評価（二酸化窒素及び微小粒子状物質を除く）

測定を行った日についての1時間値の1日平均値もしくは8時間平均値又は各1時間値を環境基準と比較して評価を行う。

光化学オキシダントについては、昼間の1時間値の年間最高値を環境基準と比較して評価している。

#### イ 長期的評価

##### (ア) 二酸化窒素及び微小粒子状物質

1年間の測定を通じて得られた1日平均値のうち、低い方から数えて98%目を環境基準と比較して評価を行う。

##### (イ) 浮遊粒子状物質及び二酸化硫黄

1年間の測定を通じて得られた1日平均値のうち、高い方から数えて2%の範囲にある測定値を除外した後の最高値を環境基準と比較して評価を行う。ただし、上記の評価方法にかかわらず環境基準を超える日が2日以上連続した場合には非達成とする。

##### (ウ) 微小粒子状物質

長期基準に関する評価は、測定結果の1年平均値を長期基準（1年平均値）と比較する。

短期基準に関する評価は、測定結果の1日平均値のうち年間98パーセンタイル値を代表値として選択して、これを短期基準（1日平均値）と比較する。

なお、評価は測定局ごとに行うこととし、環境基準達成・非達成の評価については、長期基準に関する評価と短期基準に関する評価を各々行った上で、両方を満足した局について、環境基準が達成されたと判断する。

## 2 大気汚染の状況

令和4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。

なお、平成31年4月1日の山形市中核市移行に伴い、山形市内の測定局は山形市が測定を実施している。

### (1) 二酸化硫黄（9測定局）

9測定局における測定結果は表2のとおりで、1時間値の最高値は0.002～0.008ppm、日平均値の2%除外値は0.001～0.002ppmであり、短期的評価及び長期的評価のいずれも全ての対象測定局において環境基準を達成した。

表2 二酸化硫黄の測定結果

測定者	市町村	測定局	令別表第3の区分	用途地域	有効測定日数 (日)	測定時間 (時間)	年平均値 (ppm)	1時間値が0.1 ppmを超えた時間数とその割合		日平均値が0.04 ppm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0.04 ppm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)
								(時間)	(%)	(日)	(%)				
山形県	寒河江市	寒河江西根	100	住	362	8,668	0.000	0	0.0	0	0.0	0.004	0.001	○	0
	村山市	村山橋岡笛田	100	未	361	8,664	0.000	0	0.0	0	0.0	0.002	0.001	○	0
	米沢市	米沢金池	100	住	360	8,630	0.000	0	0.0	0	0.0	0.004	0.001	○	0
	長井市	長井高野	100	住	362	8,667	0.000	0	0.0	0	0.0	0.002	0.001	○	0
	酒田市	酒田若浜	15	住	362	8,658	0.000	0	0.0	0	0.0	0.008	0.001	○	0
	庄内町	余目	100	住	362	8,668	0.000	0	0.0	0	0.0	0.005	0.001	○	0
	鶴岡市	鶴岡錦町	100	住	362	8,664	0.000	0	0.0	0	0.0	0.004	0.001	○	0
	新庄市	新庄下田	100	住	360	8,650	0.000	0	0.0	0	0.0	0.002	0.001	○	0
山形市	山形市	山形成沢西	14-2	住	361	8,638	0.000	0	0.0	0	0.0	0.003	0.002	○	0

注)「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（10測定局）

10測定局における測定結果は表3のとおりで、1時間値の最高値は0.071mg/m<sup>3</sup>～0.186mg/m<sup>3</sup>、日平均値の2%除外値は0.019mg/m<sup>3</sup>～0.028mg/m<sup>3</sup>であり、短期的評価及び長期的評価のいずれも全ての対象測定局において環境基準を達成した。

表3 浮遊粒子状物質の測定結果

測定者	市町村	測定局	用途地域	有効測定日数 (日)	測定時間 (時間)	年平均値 (mg/m <sup>3</sup> )	1時間値が0.20 mg/m <sup>3</sup> を超えた時間数とその割合		日平均値が0.10 mg/m <sup>3</sup> を超えた日数とその割合		1時間値の最高値 (mg/m <sup>3</sup> )	日平均値の2%除外値 (mg/m <sup>3</sup> )	日平均値が0.10mg/m <sup>3</sup> 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0.10 mg/m <sup>3</sup> を超えた日数 (日)
							(時間)	(%)	(日)	(%)				
山形県	寒河江市	寒河江西根	住	362	8,709	0.008	0	0.0	0	0.0	0.088	0.022	○	0
	村山市	村山橋岡笛田	未	361	8,700	0.009	0	0.0	0	0.0	0.079	0.023	○	0
	米沢市	米沢金池	住	362	8,705	0.008	0	0.0	0	0.0	0.080	0.022	○	0
	長井市	長井高野	住	362	8,708	0.008	0	0.0	0	0.0	0.071	0.023	○	0
	酒田市	酒田若浜	住	362	8,711	0.009	0	0.0	0	0.0	0.076	0.028	○	0
	庄内町	余目	住	362	8,716	0.009	0	0.0	0	0.0	0.106	0.025	○	0
	鶴岡市	鶴岡錦町	住	362	8,704	0.009	0	0.0	0	0.0	0.096	0.024	○	0
	新庄市	新庄下田	住	360	8,692	0.009	0	0.0	0	0.0	0.078	0.024	○	0
山形市	山形市	山形成沢西	住	361	8,704	0.008	0	0.0	0	0.0	0.155	0.024	○	0
		山形下山家(自排)	住	362	8,710	0.006	0	0.0	0	0.0	0.186	0.019	○	0

注)「環境基準の長期的評価による日平均値が0.10mg/m<sup>3</sup>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/m<sup>3</sup>を超えた日数である。ただし、日平均値が0.10mg/m<sup>3</sup>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（10測定局）

10測定局における測定結果は表4のとおりで、日平均値の年間98%値は一般局で0.005ppm～0.012ppm、自排局で0.017ppmであり、環境基準を達成した。

表4 二酸化窒素の測定結果

測定者	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)
山形県	寒河江市	寒河江西根	住	358	8,616	0.003	0.021	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.007	0
	村山市	村山橋岡笛田	未	281	6,794	0.003	0.021	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.007	0
	米沢市	米沢金池	住	358	8,621	0.004	0.034	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.012	0
	長井市	長井高野	住	285	6,885	0.003	0.028	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.007	0
	酒田市	酒田若浜	住	358	8,614	0.003	0.043	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.006	0
	庄内町	余目	住	358	8,623	0.002	0.022	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.005	0
	鶴岡市	鶴岡錦町	住	358	8,623	0.003	0.026	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.007	0
	新庄市	新庄下田	住	356	8,601	0.003	0.032	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.009	0
山形市	山形市	山形成沢西	住	273	6,642	0.005	0.026	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.012	0
		山形下山家(自排)	住	356	8,596	0.008	0.039	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.017	0

注) 「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（9測定局）

9測定局における測定結果は表5のとおりで、昼間の1時間値の最高値は0.090ppm～0.097ppmであり、全ての対象測定局において環境基準を達成できなかったが、屋外活動の自粛を促す注意報発令基準（1時間値0.12ppm）を下回った。昼間の1時間値が0.06ppmを超えた日数は16日～35日であり、長井高野局が最も多かった。（全国の環境基準達成率0.2%（令和3年度））

表5 光化学オキシダントの測定結果

測定者	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)
山形県	寒河江市	寒河江西根	住	366	5,434	0.033	24	143	0	0	0.094	0.044
	村山市	村山橋岡笛田	未	366	5,437	0.032	17	77	0	0	0.091	0.041
	米沢市	米沢金池	住	366	5,424	0.035	34	200	0	0	0.097	0.045
	長井市	長井高野	住	366	5,430	0.034	35	185	0	0	0.095	0.044
	酒田市	酒田若浜	住	366	5,413	0.039	32	197	0	0	0.090	0.046
	鶴岡市	鶴岡錦町	住	366	5,438	0.038	27	167	0	0	0.097	0.046
	新庄市	新庄下田	住	366	5,410	0.033	21	131	0	0	0.095	0.043
山形市	山形市	山形成沢西	住	366	5,438	0.033	30	170	0	0	0.095	0.044
		山形銅町	工	365	5,438	0.029	16	67	0	0	0.095	0.040

注) 昼間とは5時から20時までの時間帯をいう。したがって、1時間値は、6時から20時まで得られることになる。

(5) 微小粒子状物質 (PM2.5) (11測定局)

11測定局における測定結果は表6のとおりで、年平均値は $6.1 \mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 10.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、全ての測定局において環境基準の長期基準を達成した。

また、日平均値の年間98%値は $16.9 \mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 22.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、全ての対象測定局において環境基準の短期基準を達成した。

表6 微小粒子状物質 (PM2.5) の測定結果

測定者	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)	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
山形県	寒河江市	寒河江西根	住	362	8.1	20.7
	村山市	村山楯岡笛田	未	361	6.1	17.8
	米沢市	米沢金池	住	360	7.2	17.3
	長井市	長井高野	住	356	10.8	22.8
	酒田市	酒田若浜	住	362	8.2	20.4
	庄内町	余目	住	362	6.6	18.4
	鶴岡市	鶴岡錦町	住	362	7.0	18.7
	新庄市	新庄下田	住	360	7.8	17.5
山形市	山形市	山形成沢西	住	361	6.9	16.9
		山形銅町	工	362	7.6	20.8
		山形下山家(自排)	住	362	7.9	19.4

(6) 一酸化炭素 (自動車排出ガス測定局)

測定結果は表7のとおりで、8時間平均値が20ppmを超えることはなく、日平均値の2%除外値は0.4ppmであり、環境基準を達成した。

表7 一酸化炭素の測定結果

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	363	8,700	0.3	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1.0	0.4	○	0

注) 「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)

測定結果は表8のとおりで、午前6時～9時の3時間平均値の最高値は0.88ppmC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15日(5.7%)あった。

表8 非メタン炭化水素の測定結果

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	
			(時間)	(ppmC)	(ppmC)	(日)	最高値	最低値	(日)	(%)	(日)	(%)
山形市	山形下山家	住	6,309	0.13	0.13	265	0.88	0.01	15	5.7	2	0.8

## (8) まとめ

一般環境大気測定局10局（うち山形市2局）及び自動車排出ガス測定局1局（山形市）において測定を行った。

短期的評価、長期的評価による環境基準の達成状況については、全ての測定局で二酸化硫黄、浮遊粒子状物質、二酸化窒素、微小粒子状物質及び一酸化炭素のいずれも、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が、屋外活動の自粛を促す注意報発令基準を下回った。

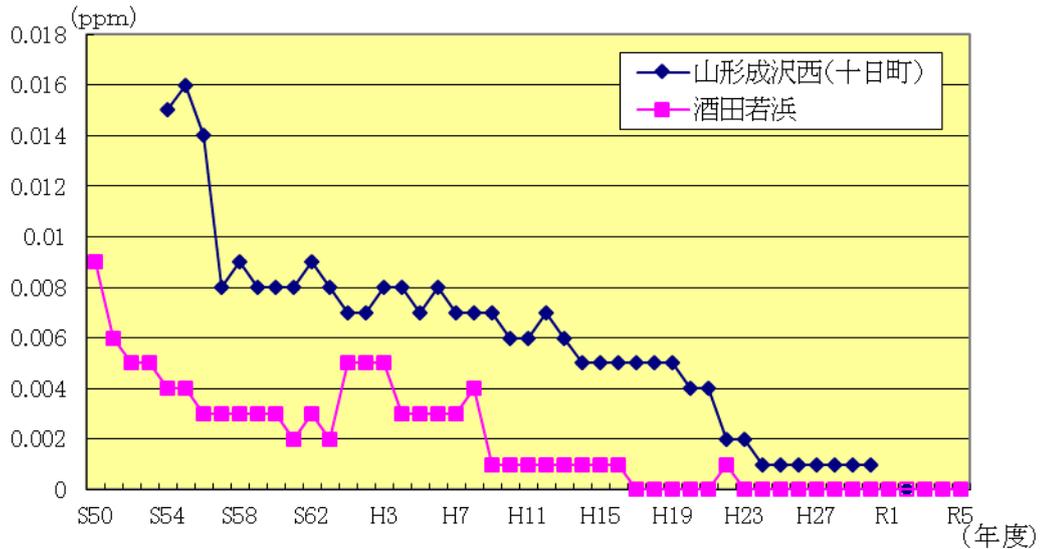
## 2 大気汚染の経年変化

山形県では、昭和50年から長期間にわたり環境大気の監視測定を行っており、代表的な測定地点として酒田若浜局、山形成沢西局<sup>注1)</sup><sup>注2)</sup>及び山形下山家局がある。経年の推移については、次のとおりであり、光化学オキシダントを除いた項目で明らかに減少傾向である。

注1) 平成30年度まで、県が山形十日町局において測定を実施していた。

注2) 令和元年度の山形成沢西局は有効測定日数未満のため評価不能であり、以下の表の数値は参考値である。

### (1) 二酸化硫黄の年平均値



(単位：ppm)

年度	S50	S51	S52	S53	S54	S55	S56	S57	S58	S59	S60
山形十日町	—	—	—	—	0.015	0.016	0.014	0.008	0.009	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

年度	S61	S62	S63	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8
山形十日町	0.008	0.009	0.008	0.007	0.007	0.008	0.008	0.007	0.008	0.007	0.007
酒田若浜	0.002	0.003	0.002	0.005	0.005	0.005	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004

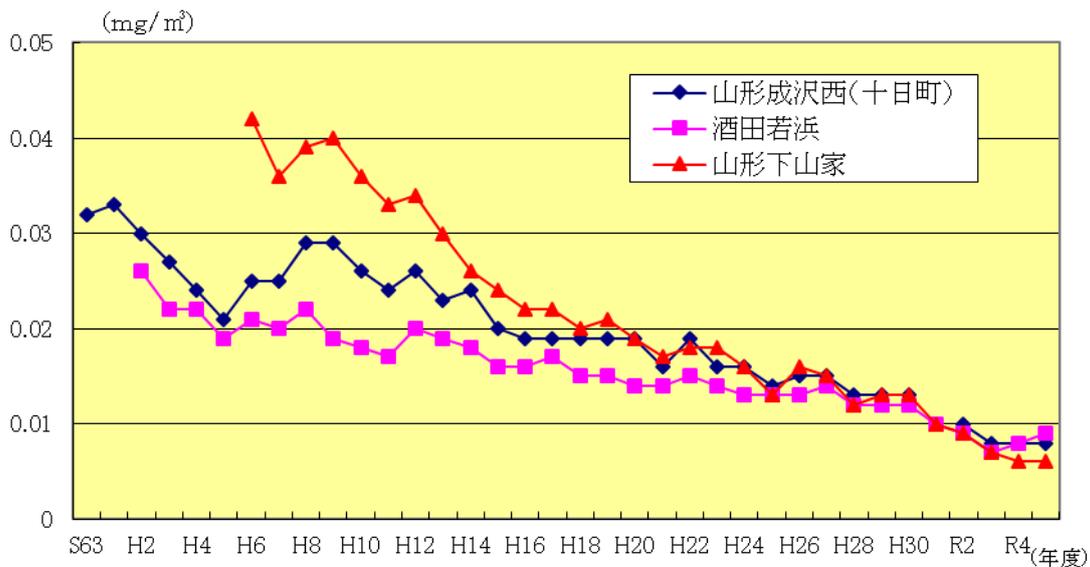
年度	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19
山形十日町	0.007	0.006	0.006	0.007	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
酒田若浜	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000

年度	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30
山形十日町	0.004	0.004	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
酒田若浜	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

年度	R1	R2	R3	R4	R5
山形成沢西	(0.000)	0.000	0.000	0.000	0.000
酒田若浜	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000

※( )内は有効測定日数未満の測定値である。

(2) 浮遊粒子状物質の年平均値



(単位:mg/m<sup>3</sup>)

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

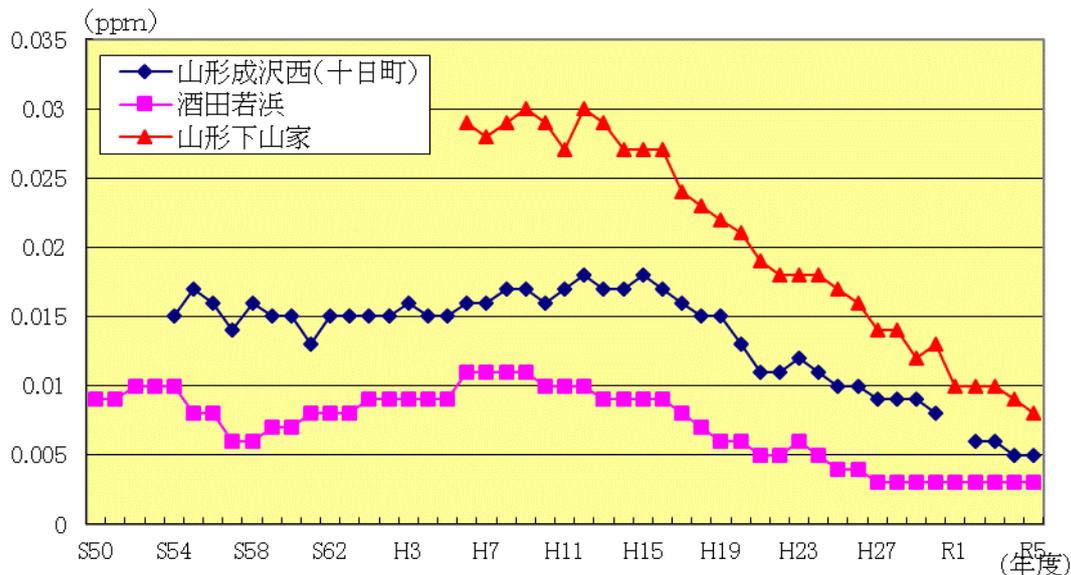
年度	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21
山形十日町	0.024	0.026	0.023	0.024	0.020	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.016
酒田若浜	0.017	0.020	0.019	0.018	0.016	0.016	0.017	0.015	0.015	0.014	0.014
山形下山家	0.033	0.034	0.030	0.026	0.024	0.022	0.022	0.020	0.021	0.019	0.017

年度	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2
山形十日町	0.019	0.016	0.016	0.014	0.015	0.015	0.013	0.013	0.013	(0.007)	0.010
酒田若浜	0.015	0.014	0.013	0.013	0.013	0.014	0.012	0.012	0.012	0.010	0.009
山形下山家	0.018	0.018	0.016	0.013	0.016	0.015	0.012	0.013	0.013	0.010	0.009

年度	R3	R4	R5
山形成沢西	0.008	0.008	0.008
酒田若浜	0.007	0.008	0.009
山形下山家	0.007	0.006	0.006

※( )内は有効測定日数未満の測定値である。

(3) 二酸化窒素の年平均値



(単位:ppm)

年度	S50	S51	S52	S53	S54	S55	S56	S57	S58	S59	S60
山形十日町	—	—	—	—	0.015	0.017	0.016	0.014	0.016	0.015	0.015
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
山形下山家	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

年度	S61	S62	S63	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8
山形十日町	0.013	0.015	0.015	0.015	0.015	0.016	0.015	0.015	0.016	0.016	0.017
酒田若浜	0.008	0.008	0.008	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.011	0.011	0.011
山形下山家	—	—	—	—	—	—	—	—	0.029	0.028	0.029

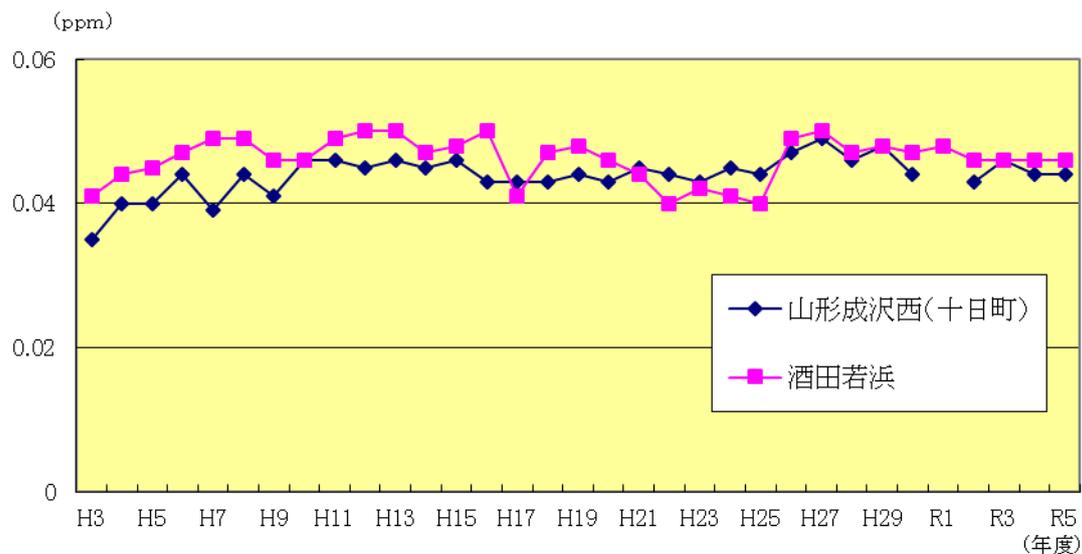
年度	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19
山形十日町	0.017	0.016	0.017	0.018	0.017	0.017	0.018	0.017	0.016	0.015	0.015
酒田若浜	0.011	0.010	0.010	0.010	0.009	0.009	0.009	0.009	0.008	0.007	0.006
山形下山家	0.030	0.029	0.027	0.030	0.029	0.027	0.027	0.027	0.024	0.023	0.022

年度	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30
山形十日町	0.013	0.011	0.011	0.012	0.011	0.010	0.010	0.009	0.009	0.009	0.008
酒田若浜	0.006	0.005	0.005	0.006	0.005	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003
山形下山家	0.021	0.019	0.018	0.018	0.018	0.017	0.016	0.014	0.014	0.012	0.013

年度	R1	R2	R3	R4	R5
山形成沢西	(0.008)	0.006	0.006	0.005	0.005
酒田若浜	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
山形下山家	0.010	0.010	0.010	0.009	0.008

※( )内は有効測定日数未満の測定値である。

(4) 光化学オキシダント屋間の日最高1時間値の年平均値



(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

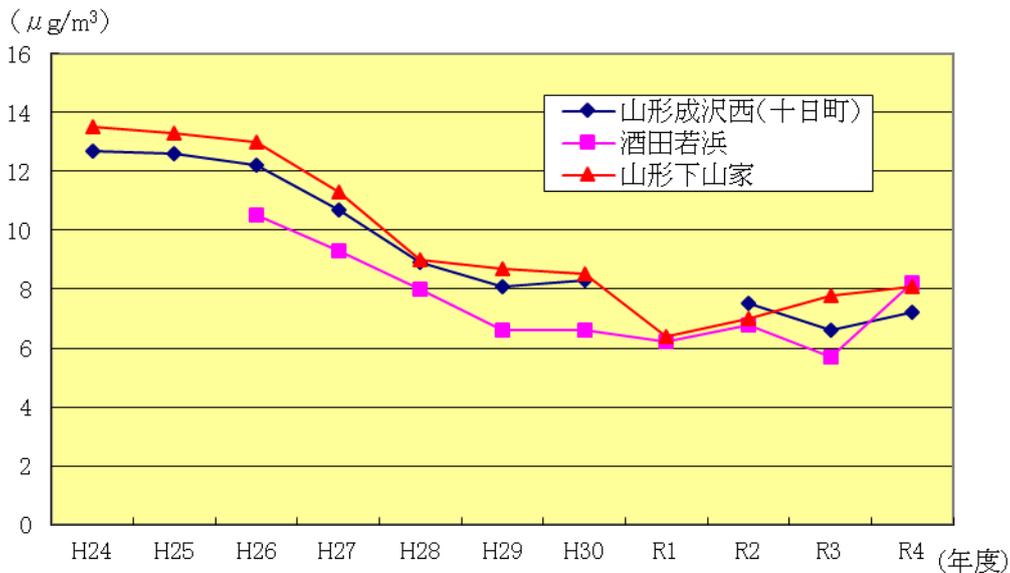
年度	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22
山形十日町	0.046	0.045	0.046	0.043	0.043	0.043	0.044	0.043	0.045	0.044
酒田若浜	0.050	0.047	0.048	0.050	0.041	0.047	0.048	0.046	0.044	0.040

年度	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2
山形十日町	0.043	0.045	0.044	0.047	0.049	0.046	0.048	0.044	(0.039)	0.043
酒田若浜	0.042	0.041	0.040	0.049	0.050	0.047	0.048	0.047	0.048	0.046

年度	R3	R4	R5
山形成沢西	0.046	0.044	0.044
酒田若浜	0.046	0.046	0.046

※( )内は有効測定日数未満の測定値である。

(5) 微小粒子状物質の年平均値



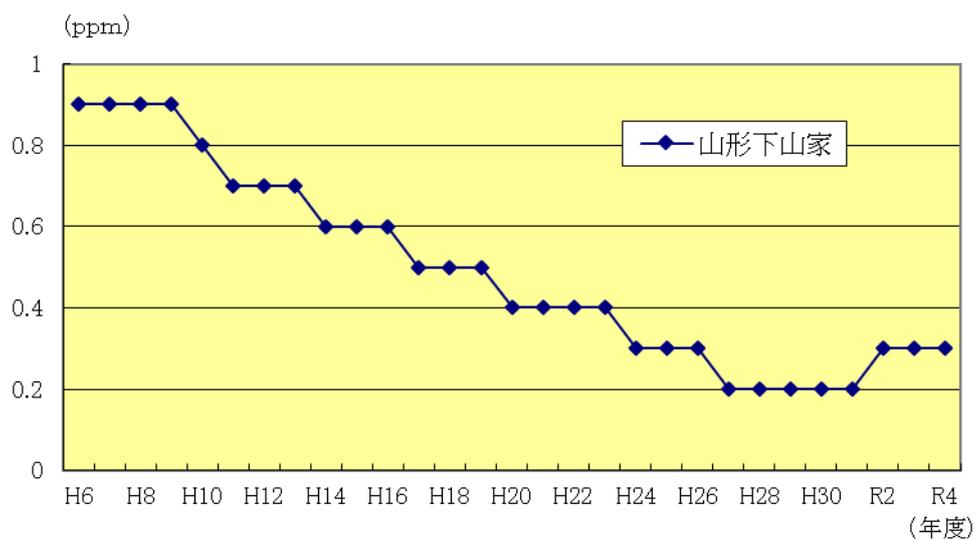
(単位:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

年度	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30
山形十日町	12.7	12.6	12.2	10.7	8.9	8.1	8.3
酒田若浜	-	-	10.5	9.3	8.0	6.6	6.6
山形下山家	13.5	13.3	13.0	11.3	9.0	8.7	8.5

年度	R1	R2	R3	R4	R5
山形成沢西	(5.7)	7.5	6.6	7.2	6.9
酒田若浜	6.2	6.8	5.7	8.2	8.2
山形下山家	6.4	7.0	7.8	8.1	7.9

※( )内は有効測定日数未満の測定値である。

(6) 一酸化炭素測定値の年平均値



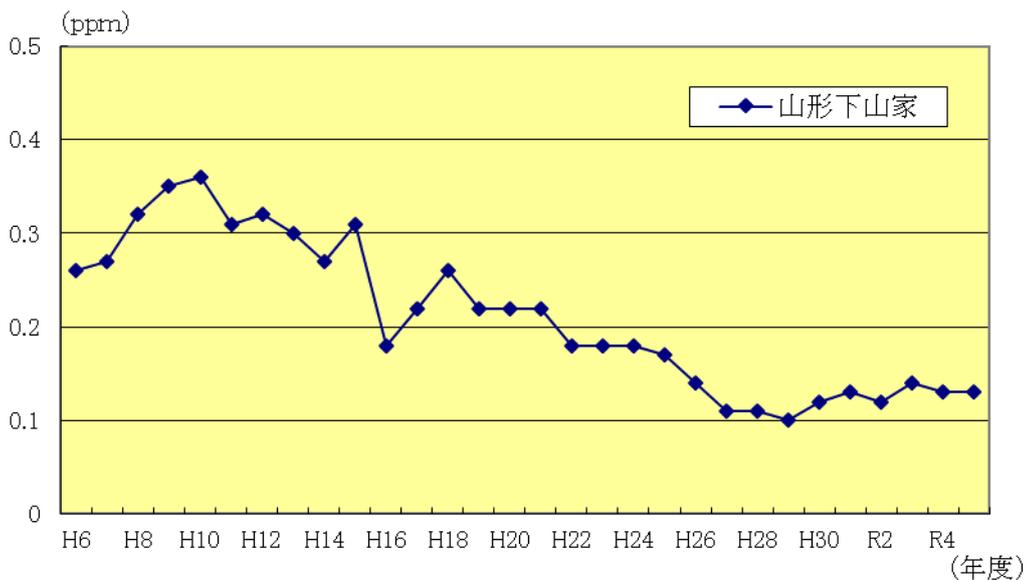
(単位:ppm)

年度	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16
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

年度	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27
山形下山家	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2

年度	H28	H29	H30	R1	R2	R3	R4	R5
山形下山家	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3

(7) 非メタン炭化水素の6～9時における年平均値



(単位: ppm)

年度	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16
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

年度	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27
山形下山家	0.22	0.26	0.22	0.22	0.22	0.18	0.18	0.18	0.17	0.14	0.11

年度	H28	H29	H30	R1	R2	R3	R4	R5
山形下山家	0.11	0.10	0.12	0.13	0.12	0.14	0.13	0.13

## 8 令和5年度環境大気常時監視（PM2.5成分分析）結果

（大気環境部）

大気汚染防止法第22条の規定による環境大気常時監視の一環として、微小粒子状物質（PM2.5）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

測定地点は表1のとおりである。

表1 PM2.5成分分析測定地点

測定地点名	所在地	備考
村山	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
長井	長井市高野町2丁目3-1	西置賜地域振興局敷地内

### 2 測定頻度及び測定期間

調査期間は表2のとおりである。

測定に係る試料採取の期間は、令和4年11月10日付け環境省水・大気環境局大気環境課事務連絡で指定する試料採取期間に合わせ、両地点とも4季節において計14日間、0時から翌日の0時まで24時間の1日ごとの試料採取を実施した。なお、試料採取装置の不具合により、冬季は両地点で採取の期間が異なる。

表2 PM2.5成分分析調査期間

	村山	長井
春季	令和5年5月11日～5月24日	令和5年5月11日～5月24日
夏季	令和5年7月20日～8月2日	令和5年7月20日～8月2日
秋季	令和5年10月19日～11月1日	令和5年10月19日～11月1日
冬季	令和6年1月18日～1月31日	令和6年1月18日～24日、1月26日～2月1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表3のとおりである。

表3 PM2.5成分分析測定項目

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	有機炭素成分(OC1 [120℃]、OC2 [250℃]、OC3 [450℃]、OC4 [550℃])_Heガス雰囲気下 元素状炭素成分(EC1 [550℃]、EC2 [700℃]、EC3 [800℃])_98%He+2%O <sub>2</sub> 雰囲気下 炭化補正值(OCpyro [EC1分析中に観測されたOC成分]) ：計8成分	サーマルオプティカル・リフレクタンス法
無機元素成分	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	硫酸イオンSO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 、硝酸イオンNO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 、塩化物イオンCl <sup>-</sup> 、ナトリウムイオンNa <sup>+</sup> 、カリウムイオンK <sup>+</sup> 、カルシウムイオンCa <sup>2+</sup> 、マグネシウムイオンMg <sup>2+</sup> 、アンモニウムイオンNH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ：計8項目	イオンクロマトグラフ法

### 4 測定結果

測定結果は、表4及び図1のとおりである。

質量濃度の年間平均値は村山で7.8 µg/m<sup>3</sup>、長井で7.7 µg/m<sup>3</sup>であった。PM2.5の主要成分は、両地点とも炭素成分とイオン成分であった。

村山と長井を比較すると、炭素成分濃度、イオン成分濃度及び無機元素成分濃度のいずれも、地点間の顕著な差は見られなかった。季節別で比較すると、炭素成分濃度は春季に低く、イオン成分濃度の割合は冬季に高く、無機元素成分濃度は春季に高かった。

表4 PM2.5成分分析測定結果

(単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

区分		質量濃度	炭素成分	イオン成分	無機元素成分
村山	春季	10.8	2.8 (25%)	3.5 (33%)	0.62 (6%)
	夏季	9.8	4.3 (43%)	2.9 (30%)	0.11 (1%)
	秋季	6.6	2.8 (43%)	1.9 (28%)	0.13 (2%)
	冬季	3.8	1.5 (39%)	2.0 (53%)	0.11 (3%)
	年間	7.8	2.8 (37%)	2.6 (33%)	0.24 (3%)
長井	春季	11.8	3.1 (27%)	3.5 (30%)	0.63 (5%)
	夏季	8.7	4.1 (47%)	2.7 (31%)	0.08 (1%)
	秋季	5.6	2.4 (43%)	1.8 (32%)	0.14 (2%)
	冬季	4.6	1.8 (39%)	2.4 (52%)	0.13 (3%)
	年間	7.7	2.8 (37%)	2.6 (34%)	0.24 (3%)

注1) 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2) 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。

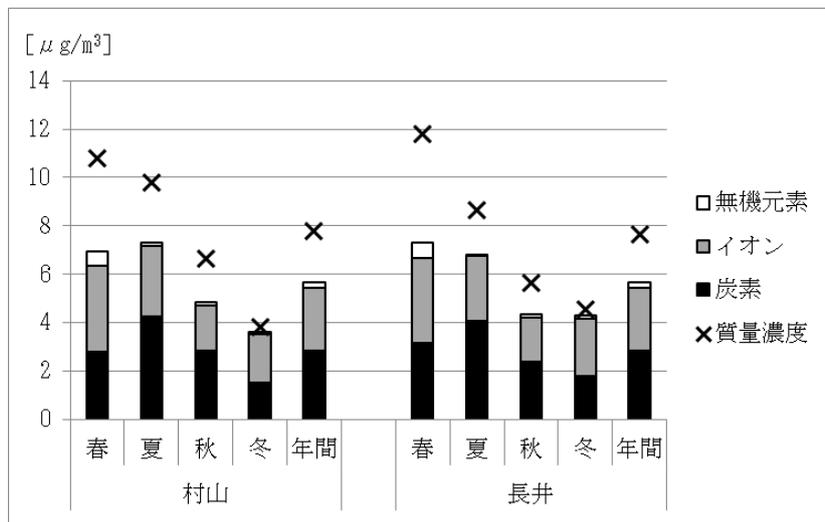


図1 PM2.5の季節別成分濃度



図2 PM2.5試料採取の様子

## 9 令和5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ている。

令和5年度の調査結果は表1のとおりであり、環境基準が設定されているベンゼン、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、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11物質についても、全て指針値を下回った。

表1 令和5年度測定結果

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

対象物質	測定地点の年平均値		環境基準値
	酒田市若浜	大江藤田	
ベンゼン	0.39	0.37	3
トリクロロエチレン	0.052	0.057	130
テトラクロロエチレン	0.039	0.052	200
ジクロロメタン	0.68	13	150
塩化メチル	1.6	1.6	(94)
塩化ビニルモノマー	0.014	0.013	(10)
クロロホルム	0.16	0.18	(18)
1,2-ジクロロエタン	0.16	0.14	(1.6)
1,3-ブタジエン	0.025	0.033	(2.5)
アクリロニトリル	0.015	0.013	(2)
アセトアルデヒド	1.5		(120)
水銀及びその化合物	1.5		(40)
ニッケル化合物	0.77		(25)
ヒ素及びその化合物	0.89		(6)
マンガン及びその化合物	6.9		(140)

注) 基準値の( )は指針値を示す。



図1 重金属類の試料採取装置(ハイポリウムエアサンプラー)



図2 揮発性有機化合物(VOC類)の分析装置(キャニスター濃縮導入装置(左)とガスクロマトグラフ質量分析装置(右))

## 10 令和5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以下の降水をいい、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、平成27年度から村山市において実施している。

### 1 pH、EC及びイオン成分当量濃度等

pH、電気伝導率 (EC) 及びイオン成分当量濃度の年平均値 (降水量による加重平均) を表1に示した。pHは5.25 (4.76~6.28) <sup>(注-1)</sup> であった。全国平均値は5.05 (4.31~5.69) <sup>(注-2)</sup> であり、全国平均値よりやや高い値であった。イオン成分当量濃度は、全国平均値と比較して、同程度であった。

(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) 全国平均値及びその範囲は、環境省がホームページに公表している「令和4年度酸性雨調査結果について」における全調査地点の加重平均値 (降水量を考慮した平均値) 及び調査地点毎の加重平均値のうち、最低値、最高値を示した。なお、この調査は降雨時開放型捕集装置を使用した調査であり、本県の調査とは調査期間、試料採取方法が異なるが、参考として比較している。

(注-3) 「nss」は non-sea-saltの略で、海塩に由来しないイオン濃度を表す。(以下、同じ。)

表1 pH、EC及びイオン成分当量濃度の年平均値

地点	pH	EC	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	nss-Ca <sup>2+</sup>
		μ S/cm	μ eq/L									
村山市	5.25	11.8	17.0	10.4	42.1	15.2	36.8	7.9	9.3	2.2	12.6	6.2

### 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<sup>+</sup>沈着量は7.1 meq/m<sup>2</sup>/yであり、全国平均値の21.9 meq/m<sup>2</sup>/yと比べ低い値を示した。主要イオン成分 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、nss-Ca<sup>2+</sup>) の沈着量は、近年は概ね横ばいで推移している。

表2 イオン成分の年沈着量 (水溶性)

地点	H <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	meq/m <sup>2</sup> /y	
										nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	nss-Ca <sup>2+</sup>
村山市	7.1	21.3	13.0	52.7	19.0	46.0	9.8	11.6	2.7	15.8	7.8

## 11 令和5年度山形空港航空機騒音測定結果

(大気環境部)

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、令和5年度は各監視地点で環境基準値（時間帯補正等価騒音レベル（ $\bar{L}_{den}$ ）62dB）を下回っていた。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 (単位：dB)

監視地点	測定日別測定結果 ( $L_{den}$ )							$\bar{L}_{den}$ (7日間)
	6/14	6/15	6/16	6/17	6/18	6/19	6/20	
地点3	43.7	46.0	46.7	45.0	44.7	45.8	46.3	46
地点5	43.9	46.6	47.8	46.8	46.0	47.0	46.0	46
地点9	49.9	47.7	47.1	40.2	46.1	44.3	49.6	47
地点10	48.0	47.7	47.5	45.6	46.8	47.9	48.1	47

注)  $\bar{L}_{den}$ は、測定期間（7日間）の $L_{den}$ のパワー平均値である。

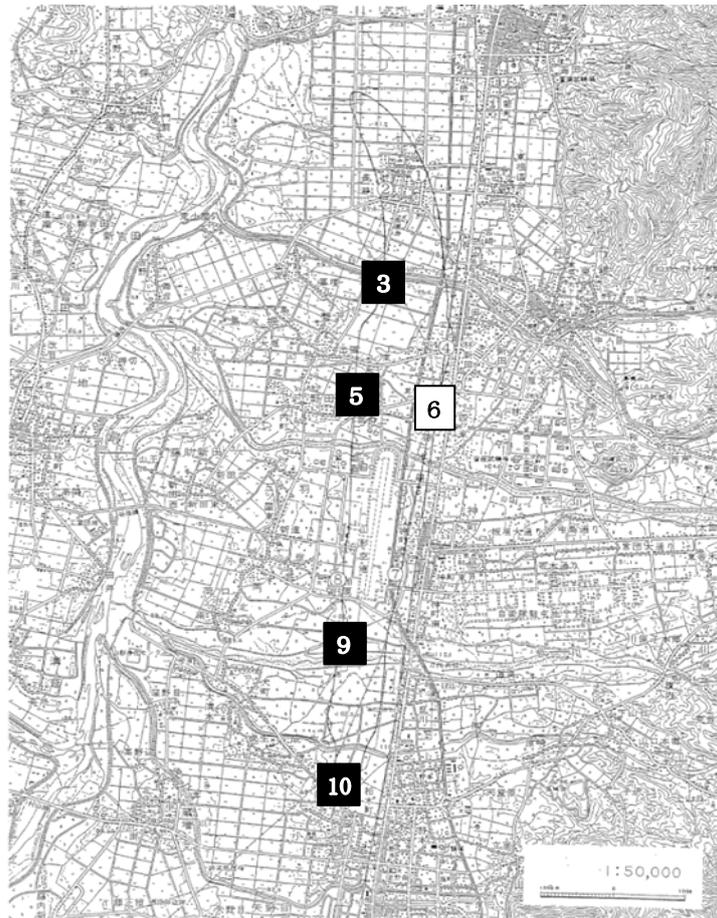


図1 山形空港周辺航空機騒音監視地点

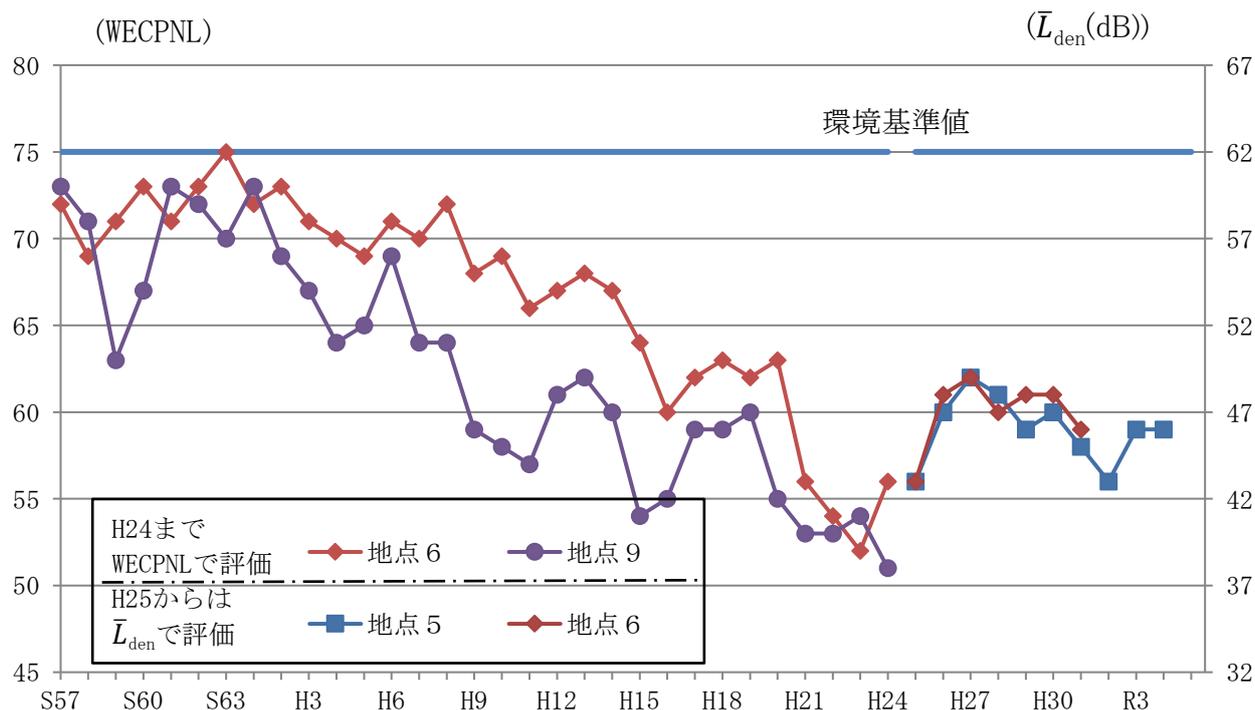


図2 山形空港航空機騒音測定結果の経年変化

表2 山形空港航空機騒音測定結果の経年変化

(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

( $\bar{L}_{den}$ (dB))

年度	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2	R3	R4	R5
地点5	43	47	49	48	46	47	45	43	46	46	46
地点6	43	48	49	47	48	48	46	-	-	-	-

## 12 県内の揮発性有機化合物（VOC）実態調査結果

（大気環境部）

### 1 はじめに

空気中の微小粒子状物質（PM<sub>2.5</sub>）は粒径が2.5 μm以下の極めて微小な粒子であり、喘息や気管支炎等の呼吸器系疾患や肺がんのリスク上昇への関与が懸念されているが、その生成に関与する物質の一つとして揮発性有機化合物（VOC）が知られている。また、VOCは、目や喉の刺激、頭痛や吐き気等の症状を惹き起こす光化学オキシダント（O<sub>x</sub>）の生成メカニズムにも関与している。PM<sub>2.5</sub>やO<sub>x</sub>の低減に向けた効果的な施策を検討するには、多様な成分が含まれるVOCのうち、それぞれの生成への寄与が高い成分を明らかにする必要がある。一方、本県内の大気中に含まれるVOC成分や濃度、発生源については、まだ明確に把握できていない。これらのことから、県内各地の大気中に含まれるVOC成分構成比や濃度の経時的変動の実態を把握するとともに、レセプターモデルを用いた統計的手法により、発生源や寄与割合等について考察することを目的として、令和4年度から3か年度の計画で調査研究に取り組んでいる。今回は、固定発生源の寄与が大きいと考えられる地点において試料採取し、レセプターモデル解析により発生源寄与について推定、考察したので報告する。

### 2 調査の内容

VOC発生源の解析及び推定には、米国環境保護庁（US-EPA）がWeb上で公開しているソフトウェアEPA PMF 5.0を用いた。固定発生源の寄与が大きいと考えられる地点（3地点）において、試料採取期間を1週間とし、令和5年4月初旬からおよそ6か月間、連続的に試料を採取した。

### 3 結果と考察

固定発生源及び試料採取地点周辺地図を図1に、各地点における主要なVOC等濃度の経時的推移を図2に示した。試料採取地点3地点のうち、特に地点Aにおいてジクロロメタンが比較的高濃度で検出され、対象とした固定発生源からの排出の影響が認められた。また、特に地点Bにおいては、イソプレンの濃度が6月中旬から上昇し、以降夏季に比較的高濃度で推移した。地点Bは他の2地点と比較すると森林近傍にあり、これに起因する植物由来成分であるイソプレンが検出されたものと考えられる。また、イソプレンの放出量は、日射量と温度の上昇に伴って増加することが知られており、今回確認されたイソプレンの濃度推移もこのことが反映されたものと推察される。一方、調査期間を通して得られた3地点合計63サンプルの測定データについて、大半が検出下限値以下であった成分等を除外した47成分を対象として、外れ値を除外した後に解析に供した。最終解を導出するに当たって設定した詳細なパラメータは割愛するが、結論としては、解析結果は必ずしも良好ではなかった。また、特徴的な成分（ジクロロメタンやイソプレン等）に起因する発生源因子は分離できたものの、他に想定される発生源因子（例えば燃料蒸発ガス、自動車排出ガス、塗料や溶剤等）については、抽出された因子の説明が無理なく可能な程度の分離は困難であった。

これとは別に、PMF法による解析適用事例が比較的多いPM<sub>2.5</sub>の発生源寄与解析に関する学術論文の情報を収集し、解析に用いたデータ数、成分数及び解析により導出した因子数等を調査したところ、解析対象の成分数を元に比較した場合、本研究で解析に供しているデータ数の不足が示唆された。一方、PMF法によるVOCの発生源解析に関する学術論文はごくわずかであり、本研究の新規性は十分にあるものと考えられる。今後は、さらなるデータ数の確保と、これに伴うデータ信頼性の向上が課題である。



図1 固定発生源及び試料採取地点周辺地図

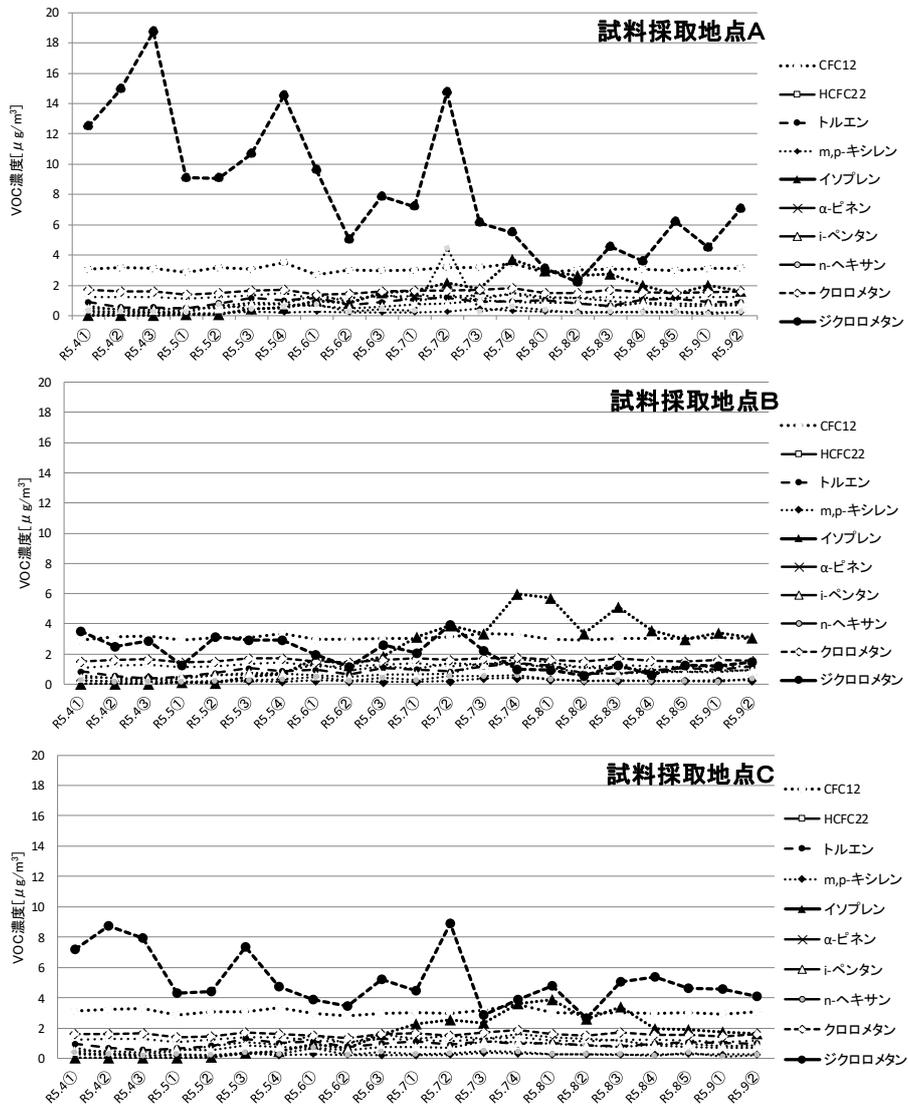


図2 試料採取地点毎の主要なVOC等濃度の経時的推移

## 13 令和5年度アスベストモニタリング調査結果

(大気環境部)

山形県内の建築物等の解体現場においてアスベストモニタリング調査を実施した。概要は以下のとおりである。

### 1 調査方法

調査地点は、山形県内における建築物等の解体現場4地点（以下、解体現場A～D）である。試料の捕集方法、測定方法等は環境省水・大気環境局大気環境課発行のアスベストモニタリングマニュアル（第4.2版）に準じ、試料の捕集時間は2時間、各解体現場における測定箇所は4箇所とした。測定は位相差顕微鏡法により総繊維数濃度を計数した。

### 2 調査結果

調査結果は表2のとおりである。全ての調査において総繊維数濃度は1本/L以下であった。

表2 アスベストモニタリング調査結果

調査地点	発生源の工事	測定箇所	測定位置	総繊維数濃度(本/L)
解体現場 A	石綿含有建材 除去工事	1	施工区画周辺	0.23
		2	施工区画周辺	0.23
		3	施工区画周辺	0.11
		4	施工区画周辺	ND※
解体現場 B	吹き付け石綿 除去工事	1	施工区画周辺	0.12
		2	施工区画周辺	0.11
		3	施工区画周辺	0.11
		4	施工区画周辺	ND※
解体現場 C	吹き付け石綿 除去工事	1	施工区画周辺	0.26
		2	セキュリティゾーンの 前室付近	ND※
		3	施工区画周辺	ND※
		4	施工区画周辺	ND※
解体現場 D	石綿含有建材 除去工事	1	施工区画周辺	0.11
		2	集じん・排気装置の外側付近	ND※
		3	施工区画周辺	0.22
		4	施工区画周辺	ND※

※ND：検出下限値未満

## 14 光化学オキシダント濃度と気象条件の相関

(大気環境部)

光化学オキシダント（以下「Ox」という。）は、大気中の窒素酸化物や揮発性有機化合物と紫外線が光化学反応すること等により生成される汚染物質で、オゾンが主成分である。Ox濃度が高くなると目やのどの痛みなどの健康被害が生じる。前報<sup>1)</sup>では、山形県が独自に取り組んでいる県内の各測定局舎における日最高Ox濃度（1時間値）を予測するシステムについて報告した。今回、山形県内のOx濃度と気象条件の相関について整理し、Oxが高濃度になる原因について検討した。概要は以下のとおりである。

### 1 解析条件

解析対象局舎は村山楯岡笛田局、解析対象期間は2011年度～2020年度、Ox濃度は1時間値（確定値）とした。気象データは風速、気温は村山、相対湿度、日照時間、全天日射量は山形のデータを気象庁のwebサイト<sup>2)</sup>からダウンロードして使用した。

### 2 解析結果・考察

図2にOx濃度平均値の経時変化を測定月別に示す<sup>\*</sup>。Ox濃度の経時変化は全ての月においてほぼ同様であり、夜中から明け方にかけて低下した後、明け方から夕方まで上昇して15時頃にピークを迎え低下した。また、4月と5月の日中のOx濃度が特に高かった。

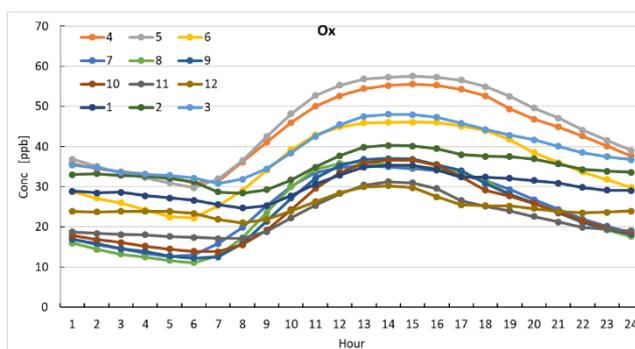


図2 Ox濃度平均値の経時変化<sup>\*</sup>

次に、15時のOx濃度を日中のOx濃度代表値と考え、気象条件等との相関について整理した。気象条件として15時時点の相対湿度、

気温、風速、15時までの積算全天日射量を、また前日からの残存Oxとして6時時点のOx濃度、原因物質濃度としてNO濃度、NO<sub>2</sub>濃度を説明変数に取り、15時のOx濃度との線形回帰を行った。図3に線形回帰計算を行った結果を示す。予測値と実測値の差はおおよそ20ppb以内であった。図4に各説明変数の係数を示す。OxはNO<sub>x</sub>とVOCの混合系に太陽光（紫外線）が照射することにより、

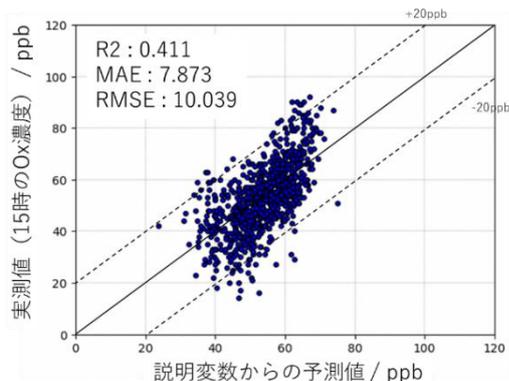


図3 線形回帰計算結果

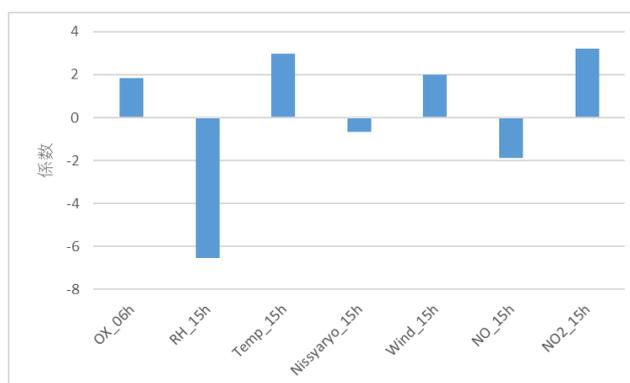


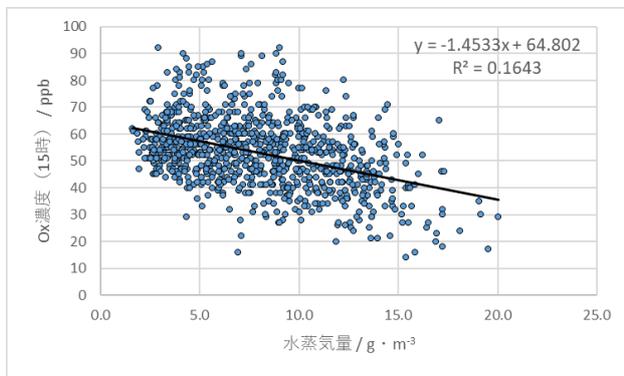
図4 説明変数の係数

<sup>\*</sup>Ⅱ型共同研究「光化学オキシダント等と変動要因解析を通じた地域大気汚染対策提言の試み」の解析用 Excel ファイルを使用

反応して生成すると言われているが<sup>3)</sup>、今回調査した結果、NO や日射量よりも相対湿度がOx 濃度と最も強い相関を示した。Ox の主成分はO<sub>3</sub>であるが、O<sub>3</sub>の光化学反応において、H<sub>2</sub>OはO<sub>3</sub>の生成反応を阻害すると報告されている<sup>4)</sup>。そこで、次にH<sub>2</sub>Oの影響を直接調べるため、相対湿度と温度から換算した水蒸気量でOx 濃度との相関を整理した。

図5にOx 濃度と水蒸気量の相関を示す。水蒸気量は、下記に示す Tetens (1930) の式等から算出した。図6にOx 濃度と相対湿度の相関を示す。これらの図を比較すると、水蒸気量よりも相対湿度の方がOx 濃度と相関が強いことが分かる。この理由については考察中であるが、相対湿度と水蒸気量の換算式では温度の項が分数や指数の形で入っていることから、分数や指数等の形で温度の影響を受ける何らかの物理量がO<sub>3</sub>の光化学反応に影響を及ぼしていることが考えられる。

図7に、気温差(気温-日最低気温)と相対湿度の相関を示す。気温差と相対湿度は強い負の相関を示しており、日最高Ox 濃度の予測式に取り入れている日内気温差は、大気中の水蒸気量及び分数や指数等の形で温度の影響を受ける何らかの物理量の影響を考慮していることが示唆された。



・ Tetens (1930)の式

$$e(T) = 6.1078 \times 10^{\frac{7.5T}{T+237.3}}$$

e(T) : 飽和水蒸気圧 (hPa)  
T : 気温 (°C)

---


$$a(T) = \frac{217 \times e(T)}{T + 273.15}$$

a(T) : 飽和水蒸気量 (g/m³)

水蒸気量 (g/m³) = a(T) × 相対湿度

図5 Ox 濃度と水蒸気量の相関

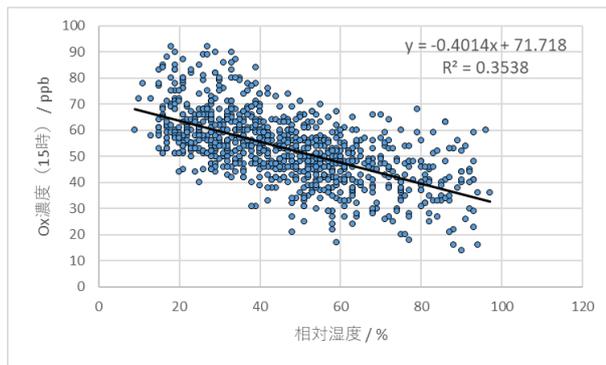


図6 Ox 濃度と相対湿度の相関

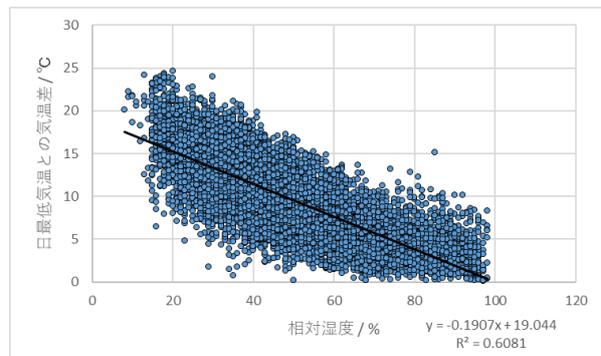


図7 気温差と相対湿度の相関

引用文献

- 1) 山形県環境科学研究センター年報, 第30号 令和4年度, p. 54  
<https://www.pref.yamagata.jp/documents/2183/yosoku.pdf>
- 2) 気象庁 過去の気象データ・ダウンロード <https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>
- 3) たとえば 環境省資料 <https://www.env.go.jp/content/000049544.pdf>
- 4) たとえば Johnson, C. E., et al., 1999, *J. Geophys. Res.*, 104, 18 631-18 645

## 15 令和5年度公共用水域水質測定結果

(水環境部)

令和5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、9湖沼及び2海域、合計98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）

54地点（河川44地点、湖沼9地点、海域1地点）において測定した結果、カドミウムが1地点（背坂川）、ふっ素が1地点（須川）で環境基準を達成できなかったが、その他の地点では環境基準を達成した。背坂川のカドミウムについては、過去5年間の測定値と同程度の濃度で推移している。須川のふっ素については、上流でふっ素を含む自然湧出温泉排水が流入しており、例年に比べて流量が少なかったため川水による希釈効果が小さくなり、環境基準値を超過したと考えられる。

### (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）

71水域98地点（河川77地点、湖沼9地点、海域12地点）で測定した。生物化学的酸素要求量（BOD）又は化学的酸素要求量（COD）に係る類型を指定している56水域全てで環境基準を達成した。

また、「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11水域13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回測定した。その結果、指針値を超過した項目はなかった。

### (4) BODが低い河川

BODが低い河川は、下表のとおりである。

(単位：mg/L)

令和5年度			令和4年度			
BOD 平均値	河川名	所在地	BOD 平均値	河川名	所在地	
0.5	<0.5	庄内小国川	鶴岡市	<0.5	須川（睦合橋）	山形市
	須川（睦合橋）	山形市	馬見ヶ崎川（妙見寺）		山形市	
	寒河江川（高瀬橋）	西川町	立谷川（山寺橋）		山形市	
	寒河江川（溝延橋）	河北町	0.5	寒河江川（高瀬橋）	西川町	
	鮭川（戸沢橋）	戸沢村		日向川	酒田市	
	立谷川（山寺橋）	山形市		赤川（東橋）	鶴岡市	
	梵字川	鶴岡市		荒川	小国町	
	荒瀬川	酒田市		立谷沢川	庄内町	
	日向川	酒田市		横川	小国町	
	鼠ヶ関川	鶴岡市		玉川	小国町	
	玉川	小国町				
	荒川	小国町				

## 16 令和5年度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（山形市内は山形市で実施）

##### 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。

##### 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、その後毎年継続的な監視を行う。

そのうち、砒素及びほう素の汚染については、その原因が自然的要因と考えられる場合で、測定値の変動が少ない地点は、調査頻度を4年に一度とし順次調査を行う。

#### (2) 調査地点

表1に示すとおり、23市町村75地点で実施した。

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	14（山形市、村山地区、置賜地区）	38
②汚染井戸周辺地区調査	3	5
③継続監視調査	19	32
全体	23市町村	75

#### (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項目及びpHとする。

表2 地下水水質測定項目

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、クロロエチレン、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、pH
---

#### (4) 調査結果

##### ア 概況調査結果

村山、置賜地区及び山形市の14市町村38地点で調査を行ったところ、表3のとおり、川西町時田地区、飯豊町手ノ子地区、飯豊町萩生地区で砒素が環境基準値を超過した。

表3 概況調査の環境基準値超過地点

単位：mg/L

調査地区		項目名	測定結果	環境基準値
川西町	時田	砒素	0.064	0.01以下
飯豊町	手ノ子		0.018	
	萩生		0.017	

イ 汚染井戸周辺地区調査結果

概況調査により汚染が判明した川西町時田地区、飯豊町手ノ子地区、飯豊町萩生地区及び汚染のおそれがあることが確認された高島町夏茂地区について、汚染井戸周辺地区調査を実施したところ、表4の地点及び項目で環境基準値を超過した。

表4 汚染井戸周辺地区調査の環境基準値超過地点

単位：mg/L

調査地区		項目名	測定結果	環境基準値
高島町	夏茂2	砒素	0.014	0.01以下
川西町	時田1		0.050	
	時田2		0.015	
飯豊町	手ノ子2		0.014	

ウ 継続監視調査結果

山形市等19市町村の32地点で行い、項目ごとの結果は以下のとおりであった。

(7) 砒素

2市2町の8地点で調査を行った。その結果、表5のとおり7地点で環境基準値を超過したが濃度はこれまでの変動の範囲内であった。

表5 継続監視調査の環境基準値超過地点（砒素）

単位：mg/L

調査地区		測定結果（年平均値）		環境基準値
		令和5年度	<参考> 令和元年度(注)	
山形市	飯田西	0.024	0.029 (R4)	0.01以下
米沢市	万世町	0.053	0.054	
高島町	福沢	0.032	0.019	
	深沼	0.044	0.033 (R3)	
	相森	0.11	0.12 (R3)	
川西町	上小松1	0.026	0.025	
	堀金	0.015	0.017	

注) 自然由来であり4年ごとの測定のため、前回の令和元年度の測定結果を記載  
ただし、山形市は令和4年度の概況調査、高島町深沼及び高島町相森は令和3年度の概況調査の測定結果を記載

(イ) 有機塩素化合物

5市3町の11地点で調査を行った。その結果、表6のとおり、クロロエチレンが1市2町の3地点、1,2-ジクロロエチレンが1市1町の2地点、1,4-ジオキサンが1町1地点で環境基準値を超過した。長井市今泉地区のクロロエチレンと1,2-ジクロロエチレン及び白鷹町荒砥乙地区のクロロエチレンと1,4-ジオキサンの濃度は、横ばいもしくは緩やかな増加傾向にある。

表6 継続監視調査の環境基準値超過地点（有機塩素化合物）

単位：mg/L

調査地区		項目名	測定結果（年平均値）		環境基準値
			令和5年度 (注)	<参考> 令和4年度	
河北町	谷地ひな市	クロロエチレン	0.068	0.061	0.002以下
		1,2-ジクロロエチレン	0.11	0.093	0.04以下
長井市	今泉	クロロエチレン	0.014	0.013	0.002以下
		1,2-ジクロロエチレン	0.13	0.13	0.04以下
白鷹町	荒砥乙	クロロエチレン	0.0026	0.0019	0.002以下
		1,4-ジオキサン	0.060	0.045	0.05以下

注) 令和5年度の測定結果については、年1回の測定結果を記載

(ウ) 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素

6市2町1村の11地点で調査を行った。その結果、表7のとおり3市の4地点で環境基準値を超過したが、濃度はこれまでの変動の範囲内であった。

表7 継続監視調査の環境基準値超過地点（硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素）

単位：mg/L

調査地区		測定結果（年平均値）		環境基準値
		令和5年度(注)	<参考> 令和4年度	
天童市	川原子2	13	12	10以下
鶴岡市	下川	13	13	
酒田市	浜中	12	14	
	十里塚	12	11	

注) 鶴岡市及び酒田市は年4回測定、天童市は年2回測定の平均値である。

(エ) ふっ素

2市の3地点で調査を行った。その結果、表8のとおり全地点で環境基準値を超過したが、濃度はこれまでの変動の範囲内であった。

表8 継続監視調査の環境基準値超過地点（ふっ素）

単位：mg/L

調査地区		測定結果（年平均値）		環境基準値
		令和5年度	<参考> 令和4年度	
山形市	新開	0.93	0.98	0.8以下
	飯田西	1.8	1.9	
尾花沢市	押切	1.0	1.0	

## (オ) ほう素

1市2地点で調査を行った。その結果、表9のとおり1地点で環境基準値を超過した。

表9 継続監視調査の環境基準値超過地点（ほう素）

単位：mg/L

調査地区		測定結果（年平均値）		環境基準値
		令和5年度	〈参考〉 令和4年度	
山形市	飯田西	2.8	2.8	1以下

## 2 地下水汚染対策調査

### (1) 調査の概要

事業者等が地下水汚染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周辺地下水の調査を行っている。

### (2) 調査地点

表10に示すとおり、4市1町6地区の30地点で実施した。

表10 地下水汚染対策調査地点数

調査地区	測定項目	調査地点数
東根市蟹沢地区	トリクロロエチレン等	11
米沢市大町・中央地区	テトラクロロエチレン等	6
鶴岡市西郷・酒田市浜中地区	硝酸性窒素及び 亜硝酸性窒素	9
遊佐町藤崎地区	硝酸性窒素及び 亜硝酸性窒素	4
地点数計		30

### (3) 測定項目

表2の測定項目のうち、各対策地区において汚染が判明している項目及び関連項目を測定した。

### (4) 調査結果

#### ア 東根市蟹沢地区（有機塩素化合物）

一般井戸4地点、観測井戸7地点の11地点で測定を行った結果、全ての地点で環境基準値の超過は無かった。

#### イ 米沢市大町・中央地区（有機塩素化合物）

一般井戸6地点で測定を行った結果、全ての地点で環境基準値の超過は無かった。

#### ウ 鶴岡市西郷・酒田市浜中地区（硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素）

一般井戸9地点で測定を行った結果、表11のとおり2地点で引き続き環境基準値を超過したが、濃度はほぼ横ばいで推移している。また、調査時期により濃度の変動が大きい地点があり、今後も

その推移を注意して見ていく必要がある。

表 11 鶴岡市西郷・酒田市浜中地区の環境基準値超過地点

単位：mg/L

調査地区（地点番号）		項目名	測定結果（年平均値）		環境基準値
			令和5年度	＜参考＞ 令和4年度	
鶴岡市	下川（鶴-21）	硝酸性窒素 及び 亜硝酸性窒素	13	13	10 以下
酒田市	浜中（酒-11）		12	14	

エ 遊佐町藤崎地区（硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素）

一般井戸4地点で測定を行った結果、全ての地点で環境基準値の超過は無かった。

## 17 山形県内河川におけるマイクロプラスチック調査

(水環境部)

### 1 はじめに

サイズが5mm以下のプラスチック片であるマイクロプラスチックによる海洋汚染は環境問題の一つとなっており、海洋生物が誤飲誤食することで、消化管の閉塞や付着する有害物質による悪影響が懸念されている。対策としては2019年のG20において「大阪ブルー・オーシャン・ビジョン」が提案され、2050年までに海洋プラスチックごみによる追加的な汚染をゼロにまで削減することを目指すことが提案されている。また、国内では2022年にプラスチック資源循環促進法が施行され、プラスチックごみ自体の発生抑制やリサイクルの推進等を一層進めていくことにつながっている。

現在、各自治体や大学等の研究機関によって海洋及び河川でのマイクロプラスチック調査が行われているが、流出量や環境中の動態については未だ不明な部分が多い。

そこで、水稲栽培が盛んな本県では、水田で使用されている被覆肥料の殻（肥料表面をプラスチックでコーティングしたもので、肥料溶出後プラスチック部分のみが残ったもの。以下、肥料殻という。）が田植え時期におけるマイクロプラスチックの主な発生源の一つではないかと考え、河川水中に含まれている肥料殻について実態調査を行った。

### 2 調査地点及び方法

令和5年度の調査は本県最上地域2地点（最上小国川（長者原橋）及び鮭川（戸沢橋））及び庄内地域2地点（京田川（亀井橋）、相沢川（室永橋））の計4地点において、被覆肥料が流出する可能性の高い水田の代掻き作業の前後である4月下旬から5月下旬まで行った。

採取は環境省の「河川マイクロプラスチック調査ガイドライン（以下、ガイドライン）」に従い、目開き0.3mmのプランクトンネット及びろ水計を用いたサンプリングを行い、通水量とともに採取された肥料殻の個数を計数することで、河川水1m<sup>3</sup>あたりの個数密度を算出した。

### 3 結果

個数密度は河川毎に大きく異なっており、ピーク値で比較すると京田川(9.9個/m<sup>3</sup>)、相沢川(1.5個/m<sup>3</sup>)、最上小国川(0.055個/m<sup>3</sup>)、鮭川(0.036個/m<sup>3</sup>)の順で大きくなった(図1)。先行調査<sup>1)</sup>によると山形県内の河川におけるマイクロプラスチック個数密度は0.36~8.1個/m<sup>3</sup>となっており、今回の京田川における肥料殻の個数密度は、これを超える結果となった。これは各河川における水田の流域面積のほか、採取日付近の気象状況等が影響していると思われる。また、採取地点周辺の水田における農作業の進行状況から、肥料殻の流出は水田に入水された後の代掻き作業時にピークを迎え、概ね田植え作業が終了するまで継続すると推察される。

今回個数密度が最大となった京田川については令和6年度も調査を継続し、その要因について詳細に考察する予定である。

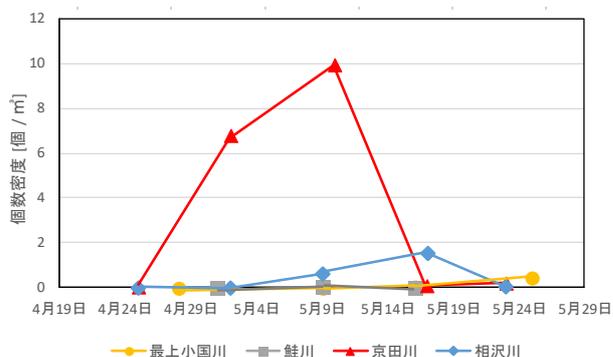


図1 被覆肥料殻検出状況

### 4 文献

- (1) Nihei et al, High-Resolution Mapping of Japanese Microplastic and Macroplastic Emissions from the Land into the Sea, Water 2020, 12, 951.

## 18 六価クロム分析における妨害物質の除去操作について

(水環境部)

### 1. はじめに

六価クロムの分析法の一つにジフェニルカルバジド吸光光度法がある。本法は、試料中の六価クロムが発色試薬であるジフェニルカルバジド溶液と反応し、生成する赤紫色の錯体の吸光度を測定する方法である。試験操作が簡便であることから広く用いられており、当所でも本法により六価クロムの分析を実施している。

しかし、本法は、試料中の夾雑物質の影響により、発色妨害が見られることがある。当所において発色妨害（ジフェニルカルバジド溶液を添加すると呈色し、硫酸を添加すると消色）が見られた試料について、還元性物質により六価クロムが三価に還元された可能性を考え、JIS K 0102 65.2.1 備考 9 を基に還元性物質の除去操作を行ったところ、回収率は 12.6%であった。JIS には試薬の添加量等の詳細な記載がないため、還元性物質の除去操作の詳細な条件について検討を行った。

### 2. 方法

#### 2.1 詳細条件の検討

備考 9 を基にした分析法のフローを図 1 に示す。試料は通常の分析方法では妨害により回収率が低かったものを用い、妨害の影響を減らすため試料量を 10 mL とした。

試料 10 mL に亜硫酸ナトリウム 0.01 g を加え振り混ぜて十分に溶かした後、次亜塩素酸ナトリウム (5 %) 0.25~3 mL、塩化ナトリウム 0.5 g を加え振り混ぜた。その後、(1+9)硫酸 2.5 mL を加え、窒素ガスでバブリングし、過剰な次亜塩素酸ナトリウムを分解し除去した。ジフェニルカルバジド溶液 (10 g/L) 1 mL を加え、試料を 50 mL に定容し、紫外可視分光光度計で 540 nm の吸光度を測定した。なお、窒素ガスのバブリング方法は、窒素ガス配管につながるチューブの先にパストゥールピペットを挿し、パストゥールピペットの先端を試料が入った比色管に入れ、試料が溢れない程度にガスを流した。

1 で述べた回収率が低い原因として、次亜塩素酸ナトリウムの分解で生じた塩素または還元剤が残っている可能性を考え、以下①及び②について検討し、添加回収試験を行った。

#### ① 窒素ガスバブリング時間

超純水 40 mL に次亜塩素酸ナトリウムを 1~3 mL 添加し、窒素バブリング時間 30 分とした。

#### ② 次亜塩素酸ナトリウムの添加量

試料 10 mL に次亜塩素酸ナトリウムを 0.25~3 mL 添加した。

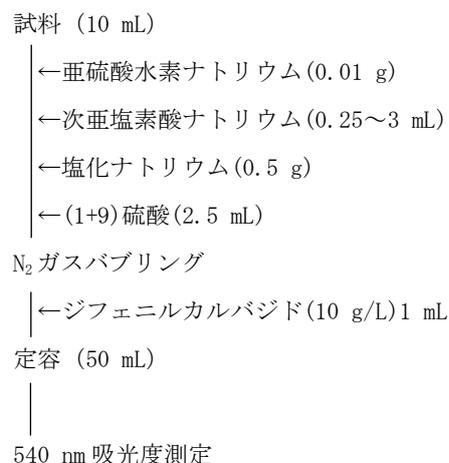


図 1 還元性物質の除去操作スキーム

## 2.2 還元剤除去の簡易判別方法

超純水 10 mL に還元剤として亜硫酸水素ナトリウムを 0~0.5 g 添加し、図 1 の操作を次亜塩素酸ナトリウムの添加量 3 mL で行った。回収率の結果から、次亜塩素酸ナトリウム及び(1+9)硫酸添加時の色相及び臭気による還元剤除去の判別方法を検討した。

## 3. 結果・考察

### 3.1 詳細条件の検討

#### ① 窒素ガスバブリング時間

超純水 40 mL に対して、次亜塩素酸ナトリウムの添加量 3 mL までは、窒素バブリング時間 30 分で十分な回収率となった(図 2)。

#### ② 次亜塩素酸ナトリウムの添加量

試料 10 mL に次亜塩素酸ナトリウムを加え、窒素ガスバブリング時間を 30 分としたときの回収率を図 2 に示す。

次亜塩素酸ナトリウムの量を増やすとともに回収率が増加し、試料 10 mL に対し次亜塩素酸ナトリウムを 3 mL 添加した場合、回収率 75.5% となった。

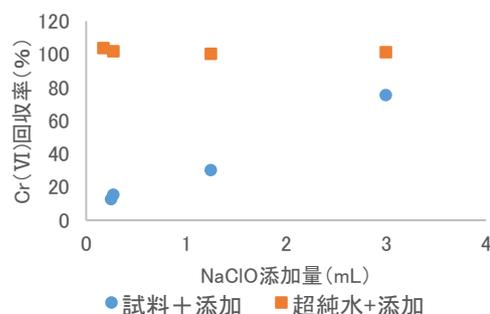


図 2 NaClO 添加量の検討

### 3.2 還元剤除去の簡易判別方法

超純水に還元剤として亜硫酸水素ナトリウムを 0~0.5 g 添加した場合の還元剤除去操作における色相、臭気及び回収率を表 1 に示す。亜硫酸水素ナトリウムを添加しない場合、図 1 の操作における次亜塩素酸ナトリウム添加時は淡黄色、(1+9)硫酸添加時は黄色で塩素臭であった。一方、亜硫酸水素ナトリウムを添加するにしたがって回収率は低下し、色相及び臭気に違いが見られた。このことから、還元剤の除去が十分であるかは、分析操作の各段階における色相及び臭気から簡易的に判断できる可能性が示唆された。

表 1 還元剤除去操作における色相、臭気及び回収率

項目		NaHSO <sub>3</sub> 添加量 (g)		
		0	0.15	0.5
色相	NaClO 添加時	淡黄色	淡黄色	無色
	(1+9)H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 添加時	黄色	淡黄色	無色
臭気	(1+9)H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 添加時	塩素臭	塩酸臭	塩酸臭
回収率 (%)		104	6	1

## 4. まとめ

ジフェニルカルバジド吸光光度法による六価クロム分析の際、発色妨害が見られた試料について還元性物質の除去操作の最適な条件の検討を行ったところ、試料 10 mL に対して次亜塩素酸ナトリウムの添加量を 3 mL、窒素ガスバブリング時間を 30 分とすることで、添加回収試験の回収率が 75.5% となった。また、還元剤の除去が十分であるかは、還元剤除去操作の各段階における色相及び臭気から簡易的に判断できる可能性が示唆された。

## 1 背景と目的

Anammox 法は、低コストなアンモニア処理方法として注目されている。従来の硝化脱窒法と比較して、Anammox 法は必要な酸素量が少なく、メタノール等の有機物を使用しないためランニングコストの削減が期待できる。これまでに、大規模な半導体工場排水や下水処理において Anammox 法の適用例があるが、その適用範囲は限定されている。

本研究では、アンモニア脱臭装置における排ガス洗浄水への Anammox 法の適用を目標として、Anammox 細菌の培養を開始した。令和 4 年度の培養では、液体培地のアンモニアは減少した（2 週間で約 1 割の減少、1 日あたりの減少量 2.0 mg/日）ものの、培養開始から 2 カ月以降は PCR 測定による Anammox 細菌由来のバンドが検出されなくなった。この結果から、Anammox 細菌の培養が適切に行われていない可能性が懸念されたため、培養条件を改善し、4 カ月以上の長期培養及びアンモニア処理の効率化を目的として、令和 5 年 8 月から再培養を実施した。

## 2 方法

### 2.1 担体及び汚泥量の改善

令和 4 年度の培養において、培養開始時の種菌には県内事業場の排水処理施設から採取した処理水と汚泥を混ぜたものを用いた。これを、培養装置に導入して循環させることで、担体であるフィルター上に排水や汚泥に含まれる細菌を捕集し、増殖を促す手法を採用した。しかし、PCR 測定の結果から、Anammox 細菌が十分に定着しなかったことが確認された。

この問題に対処するため、担体を浄化槽用の 5 mm 角スポンジ（図 1）に変更し、培養開始前に汚泥を担体と混合（図 2）することで、担体への定着促進を図った。培養に使用する汚泥は、令和 4 年度と同じく、県内事業場の排水処理施設で採取（施設内 2 カ所 A, B）したものを用いた。液体培地は、培養初期段階では同事業場の排水を用い、段階的に模擬排水<sup>1)</sup>に置換して培養した。



図 1 浄化槽用スポンジ



図 2 汚泥と担体の混合物

### 2.2 培養装置の改善

Anammox 法では反応に亜硝酸を必要とするが、令和 4 年度の培養では、培養槽（4 L）内の亜硝酸不足がしばしば観察された。この問題に対処するため、25 L の外付け培地タンクを設置（図 3）し、定量ポンプによって一定量（4 L/日）の液体培地をタンクから培養槽へ供給し、返送液をタンクに戻す設計としたことで、培養槽内の亜硝酸が急速に枯渇することを防いだ。

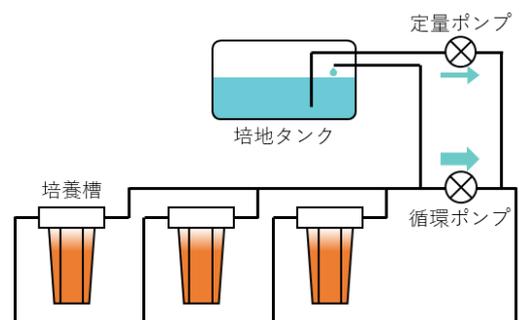


図 3 培養装置略図

### 2.3 培養状況の確認

培養槽内において、Anammox 細菌の存在を評価するため、1 カ月に 2 回の頻度で担体を採取した。これを、QIAGEN 製 DNeasy PowerWater Kit で DNA を抽出し、Anammox 細菌に特異的に反応するプライマー Amx368f-Amx1480r<sup>2)</sup> を用いて PCR 測定を実施した。また、1 週間に 1 回の頻度で液体培地を採取し、イオンクロマトグラフ分析装置を用いてアンモニアや亜硝酸の増減を確認した。

## 3 結果

### 3.1 PCR 測定による Anammox 細菌の確認

PCR 測定の結果 (図 4)、令和 5 年 8 月から令和 6 年 1 月までの試料から、Anammox 細菌由来のバンドが確認され、培養開始から 5 カ月間は Anammox 細菌を維持できていると判断した。

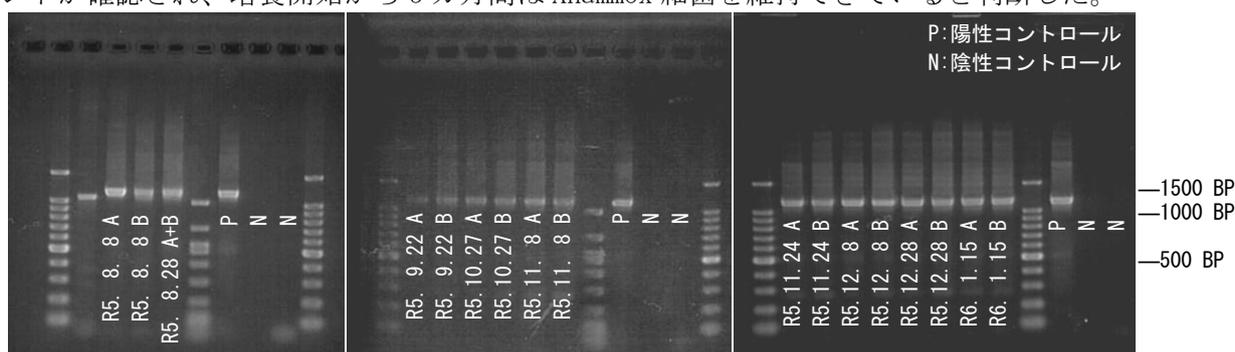


図 4 PCR 測定結果

### 3.2 液体培地の各態窒素変動

イオンクロマトグラフ分析装置による測定の結果 (図 5)、事業場排水を用いて培養した 80 日目までは、アンモニア態窒素及び亜硝酸態窒素の濃度に大きな変化は見られなかった。80 日目から 101 日目までは、液体培地をアンモニア及び亜硝酸を含む模擬排水に置換 (1 週間ごとに約 1/4 ずつ) したため、これらの濃度は置換ごとに上昇した。101 日目以降は、2~3 週間に 1 度、培地タンクの液体培地全量を新しい模擬排水に交換した。液体培地の交換後、次の交換までにアンモニア及び亜硝酸の濃度は大幅に減少し、アンモニアの濃度は平均して模擬排水の 1 割程度まで減少していた。この減少量を日あたりの平均値に換算すると、69.2 mg/日であった。

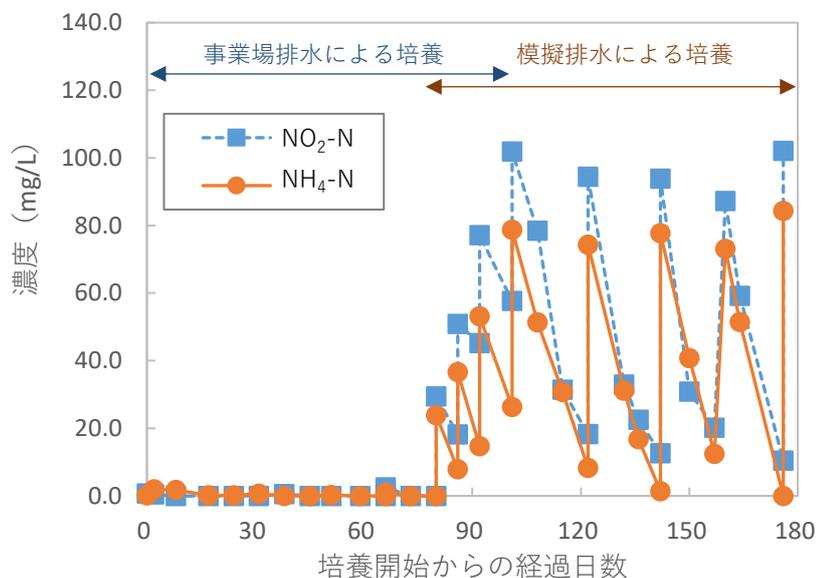


図 5 培養期間中のアンモニア態窒素及び亜硝酸態窒素の濃度

#### 4 まとめ

PCR 測定の結果、Anammox 細菌の培養開始から 5 か月後でも Anammox 細菌由来のバンドが検出されたことから、4 カ月以上の長期培養という目標を達成した。また、培養 101 日目以降において、液体培地のアンモニア態窒素の減少量は、平均して 69.2 mg/日 (2~3 週間で約 9 割の減少) であり、これは令和 4 年度の培養における減少量 2.0 mg/日と比較して大きい結果であった。

今後の課題として、アンモニアの消費が Anammox 細菌によるものであることを確認するため、活性試験を予定している。また、培養を継続し、Anammox 細菌を増殖させ、県内事業場の脱臭装置への適用を検討していく。

#### 参考文献

- 1) 張彦隆, 牛啓桂, 李玉友, 2013. 活性汚泥と消化汚泥を用いたAnammoxグラニューールの培養および阻害因子の解析, 土木学会論文集G(環境)69(7), III\_515-III\_522
- 2) 周勝, 平成23年度河川整備基金助成事業 抽水植物群落における新規窒素循環プロセス: アナモックス反応の役割

## 20 令和5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を取りまとめた。

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。

大気、公共用水域（水質、底質）及び地下水は、測定濃度が検出下限値以上の場合はそのままの数値を用い、検出下限値未満の場合は検出下限値の1/2の値を用いて各異性体の毒性等量を算出した。土壌は、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

大気環境については、一般環境調査として、天童市総合福祉センター（天童市）、山形県環境科学研究センター（村山市）、新庄市役所第二庁舎（新庄市）の3地点において年2回の調査を行った。その結果は表1のとおりであり、全ての地点で環境基準（0.6 pg-TEQ/m<sup>3</sup>以下）を達成した。

今回調査した地点と山形市、鶴岡市、長井市が実施した3地点の平均値は0.0085 pg-TEQ/m<sup>3</sup>であり、環境省がまとめた「令和4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。）の一般環境の平均値（0.014 pg-TEQ/m<sup>3</sup>）より低い値であった（表2）

表3に調査結果の推移を示した。調査地点の変更はあるものの3地点全てにおいて調査開始年度から低い値で推移している。

表1 大気中のダイオキシン類測定結果

(単位:pg-TEQ/m<sup>3</sup>)

区分	測定地点名	測定年月日	測定値	年平均値
一般環境	天童市老野森 (天童市総合福祉センター)	R5.07.25～08.01(夏季)	0.0057	0.011
		R5.12.04～12.11(冬季)	0.017	
	村山市楯岡 (山形県環境科学研究センター)	R5.07.25～08.01(夏季)	0.0065	0.0093
		R5.12.04～12.11(冬季)	0.012	
	新庄市住吉町 (新庄市役所第二庁舎)	R5.07.26～08.02(夏季)	0.0072	0.011
		R5.12.01～12.08(冬季)	0.015	

※県が実施した地点のみ記載

表2 全国調査結果との比較（大気）

(単位:pg-TEQ/m<sup>3</sup>)

	平均値	最小値 ～ 最大値
令和5年度 山形県 ※1	0.0085	0.0049 ～ 0.011
令和4年度 全国調査 ※2 ※3	0.015	0.0024 ～ 0.31
〃 (一般環境) ※3	0.014	0.0024 ～ 0.31

※1 山形市、鶴岡市、長井市が実施した3地点を含む

※2 全国のデータには調査の種類「一般環境」、「発生源周辺」、「沿道」を含む

※3 年2回以上の調査が実施された地点のみ

表3 調査結果の推移（大気）

(単位:pg-TEQ/m<sup>3</sup>)

測定地点名	年度	測定値				年平均値	備考
		春季	夏季	秋季	冬季		
天童市総合福祉センター	H12	0.063	0.038	0.030	0.017	0.037	
	H18	0.017	0.016	0.027	0.074	0.034	
	H25	0.0092	0.011	0.0083	0.018	0.012	
	H28	-	0.007	-	0.037	0.022	
	R1	-	0.012	-	0.010	0.011	
	R5	-	0.0057	-	0.017	0.011	
山形県立楯岡高等学校	H12	0.071	0.049	0.0086	0.014	0.036	
	H19	0.0083	0.013	0.030	0.021	0.018	
	H25	0.013	0.013	0.016	0.045	0.022	
山形県環境科学研究センター	H28	-	0.0067	-	0.013	0.0099	
	R1	-	0.0094	-	0.0093	0.0094	
	R5	-	0.0065	-	0.012	0.0093	
新庄市民文化会館	H17	0.010	0.012	0.016	0.015	0.013	
最上総合支庁	H24	0.015	0.010	0.019	0.032	0.019	
最上検診センター	H26	-	0.007	-	0.027	0.017	
	H29	-	0.0063	-	0.0087	0.0075	
	R2	-	0.014	-	0.016	0.015	
新庄市役所第二庁舎	R5	-	0.0072	-	0.015	0.0110	

注1)H11～14年度の調査は、分析業者に委託して実施

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

## 2 公共用水域水質

公共用水域の水質については、河川7地点及び海域2地点の計9地点で調査を行い、その結果は表4のとおりであり、全ての地点で環境基準（1 pg-TEQ/L以下）を達成した。

表5に、全国調査との比較を示した。県が実施した9地点と国（国土交通省）、山形市、鶴岡市が実施した4地点の平均値は0.17 pg-TEQ/Lであり、全国調査の平均値（0.18 pg-TEQ/L）より低い値であった。

また、表6に調査結果の推移を示した。試料採取時期、天候や水量などの状況による変動と思われる数値の上下はあるものの、経年的な傾向では変動の範囲内である。

表4 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	年平均値
河川	犬川	犬川橋	川西町大字東大塚	R5.9.4	0.47	0.47
	置賜野川	野川橋	長井市成田	R5.8.3	0.13	0.13
	村山野川	最上川合流前	東根市大字野田	R5.6.19	0.40	0.40
	日向川	日向橋	酒田市穂積	R5.6.8	0.053	0.053
	青龍寺川	青山橋	三川町大字青山	R5.6.8	0.45	0.45
	温海川	温海橋	鶴岡市温海	R5.6.22	0.038	0.038
	鼠ヶ関川	蓬莱橋	鶴岡市鼠ヶ関	R5.6.22	0.054	0.054
海域	酒田港第1区域	No.6	(N38° 55′ 39″ E139° 48′ 27″)	R5.6.19	0.088	0.088
	酒田港第4区域	No.9	(N38° 57′ 22″ E139° 49′ 02″)	R5.6.19	0.081	0.081

※ 県が実施した地点のみ記載

表5 全国調査結果との比較 (公共用水域水質)

(単位:pg-TEQ/L)

山形県・全国別	平均値	最小値	～	最大値
令和5年度 山形県(河川)※	0.18	0.038	～	0.47
令和4年度 全国(河川)	0.20	0.0012	～	2.3
令和5年度 山形県(海域)※	0.085	0.081	～	0.088
令和4年度 全国(海域)	0.070	0.013	～	0.5
令和5年度 山形県(全体)※	0.17	0.038	～	0.47
令和4年度 全国(全体)	0.18	0.0012	～	2.3

※国(国土交通省)、山形市が実施した4地点を含む。

表6 調査結果の推移 (公共用水域水質)

(単位:pg-TEQ/L)

区分	水域名	地点名	H20	H23	H26	H29	R2	R5
河川	犬川	犬川橋	0.44	0.98	0.87	0.63	0.63	0.47
	置賜野川	野川橋	0.10	0.12	0.12	0.04	0.11	0.13
	村山野川	最上川合流前	0.70	0.47	0.31	0.12	0.27	0.40
	日向川	日向橋	0.053	0.088	0.14	0.031	0.089	0.053
	青龍寺川	青山橋	0.32	0.34	0.59	0.46*	0.19	0.45
	温海川	温海橋	0.033	0.11	0.039	0.025	0.066	0.038
	鼠ヶ関川	蓬莱橋	0.028	0.034	0.043	0.032	0.066	0.054
海域			H17	H19	H26	H29	R2	R5
	酒田港 第1区域	No.6	0.068	0.074	0.50	0.28	0.073	0.088
				H21	H23	H29	R2	R5
	酒田港 第4区域	No.9		0.057	0.066	0.044	0.073	0.081

青龍寺川(\*)はH28実施したもの。

(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

公共用水域の底質については、河川7地点及び海域2地点の計9地点で調査を行い、その結果は表7のとおりであり、全ての地点で環境基準（150 pg-TEQ/g以下）を達成した。

表8に、全国調査との比較を示した。県が実施した9地点と国（国土交通省）、山形市が実施した3地点の平均値は2.2 pg-TEQ/gであり、全国調査の平均値（6.1 pg-TEQ/g）より低い値であった。経年的な傾向では変動の範囲内であった。

表7 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	犬川	犬川橋	東置賜郡川西町大字東大塚地内	R5.7.5	12
	置賜野川	野川橋	長井市成田地内	R5.7.5	0.35
	村山野川	最上川合流前	東根市大字野田地内	R5.6.19	4.0
	日向川	日向橋	酒田市穂積地内	R5.6.8	0.32
	青龍寺川	青山橋	東田川郡三川町大字青山地内	R5.6.8	0.34
	温海川	温海橋	鶴岡市温海地内	R5.6.22	0.33
	鼠ヶ関川	蓬莱橋	鶴岡市鼠ヶ関地内	R5.6.22	0.32
海域	酒田港 第一区域	No. 6	(N38° 55' 39" E139° 48' 27")	R5.6.19	4.4
	酒田港 第四区域	No. 9	(N38° 55' 22" E139° 49' 02")	R5.6.19	4.2

※ 県が実施した地点のみ記載

表8 全国調査結果との比較（公共用水域底質）

(単位:pg-TEQ/g)

山形県・全国別	平均値	最小値	～	最大値
令和5年度 山形県(河川)※	1.8	0.20	～	12
令和4年度 全国(河川)	5.5	0.033	～	470
令和5年度 山形県(海域)※	4.3	4.2	～	4.4
令和4年度 全国(海域)	8.4	0.069	～	84
令和5年度 山形県(全体)※	2.2	0.20	～	12
令和4年度 全国(全体)	6.1	0.033	～	470

※国(国土交通省)、山形市が実施した3地点を含む。

表9 調査結果の推移（公共用水域底質）

(単位:pg-TEQ/g)

区分	水域名	地点名	H20	H23	H26	H29	R2	R5
河川	犬川	犬川橋	0.66	0.42	1.4	2.5	0.54	12
	置賜野川	野川橋	1.0	1.2	2.0	0.87	0.75	0.35
	村山野川	最上川合流前	1.9	4.6	8.6	9.7	1.3	4.0
	日向川	日向橋	0.16	0.19	0.21	0.11	0.15	0.32
	青龍寺川	青山橋	0.24	0.30	0.35	0.20※	0.18	0.34
	温海川	温海橋	0.13	0.085	0.25	0.11	0.14	0.33
	鼠ヶ関川	蓬莱橋	0.15	0.075	0.23	0.10	0.18	0.32
海域			H17	H19	H26	H29	R2	R5
	酒田港 第一区域	No. 6	7.2	12	7.0	6.4	13	4.4
	酒田港 第四区域	No. 9		H21	H23	H29	R2	R5
			5.2	3.8	4.9	6.5	4.2	

青龍寺川(\*)はH28実施したもの。

(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

地下水については、1地点で調査を行い、その結果は0.034 pg-TEQ/Lであり（表10）、環境基準（1 pg-TEQ/L以下）を達成した。

また、県が実施した1地点と山形市が実施した1地点の平均値は0.034 pg-TEQ/Lであり、全国調査の平均値（0.045 pg-TEQ/L）より低い値であった（表11）。

表10 地下水中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	年平均値
米沢市小野川	R5.7.10	0.034	0.034

※ 県が実施した地点のみ記載

表11 全国調査結果との比較（地下水）

(単位:pg-TEQ/L)

山形県・全国別	平均値	最小値	～	最大値
令和5年度 山形県※	0.034	0.033	～	0.034
令和4年度 全国	0.045	0.00018	～	0.56

※山形市が実施した1地点を含む

#### 5 土壌

土壌については、発生源周辺の5地点で調査を行い、その結果は表12のとおりであり、全ての地点で環境基準（1000 pg-TEQ/g以下）を達成した。また、調査指標値※も下回っていた。

県が実施した5地点と山形市が実施した2地点の平均値は0.51 pg-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（4.2 pg-TEQ/g）よりも低い濃度であった（表13）。

表12 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	上山市榎下	榎下農村広場	R5.10.17	0.36	
	上山市榎下	榎下農村公園	R5.10.17	0.20	
	上山市榎下	本庄小学校赤山分校跡	R5.10.17	2.5	
発生源周辺	最上町東法田	白川みつわ会グラウンド	R5.10.13	0.15	
	最上町向町	沢原地区公園	R5.10.13	0.033	
注) 県が実施した地点のみ記載				環境基準値	1,000
※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				調査指標値※	250

表13 全国調査結果との比較（土壌）

(単位:pg-TEQ/g)

山形県・全国別	平均値	最小値	～	最大値
令和5年度 山形県※	0.51	0.011	～	2.5
令和4年度 全国	2.3	0	～	130
令和4年度 全国(発生源周辺)	4.2	0	～	130

※山形市が実施した2地点を含む

## 21 令和5年度山形県における有機フッ素化合物調査結果

(環境化学部)

### 1 はじめに

ペルフルオロオクタンスルホン酸 (PFOS) 及びペルフルオロオクタン酸 (PFOA) などの有機フッ素化合物は、熱や薬品に強く安定であるといった優れた性質を多く持つことから、撥水剤、消火剤、界面活性剤など、様々な用途で使用されていた。しかし、難分解性や蓄積性、生物毒性などが近年の研究で明らかになってきており、これらの物質に対する規制が強化されている。世界的には、残留性有機汚染物質にかかるストックホルム条約 (POPs 条約) によって 2009 年に PFOS が付属書 B (制限) に、2019 年に PFOA と 2022 年にペルフルオロヘキサンスルホン酸 (PFHxS) がそれぞれ付属書 A (廃絶) に指定され、製造・輸入・製品製造への使用が原則禁止されている。日本国内でも PFOS が 2010 年に、PFOA が 2019 年に化学物質審査規制法の第一種特定化学物質に指定され、2020 年には PFOS 及び PFOA が水質汚濁に係る人の健康の保護に関する要監視項目 (暫定指針値 : PFOS と PFOA 合計 50 ng/L) になり、2021 年には PFHxS が要調査項目となっている。

このような状況を受けて、当所では有機フッ素化合物の環境中の実態を把握するため、令和3年度から令和5年度にかけて、山形県内の公共用水域及び地下水の有機フッ素化合物存在状況調査を行っている。本報では令和5年度の結果について報告する。

### 2 調査の方法

#### (1) 調査地点及び調査時期

山形県内の河川 6 地点、地下水 6 地点 (うち 2 地点は令和3年度から継続) において夏季 (7~8 月) と冬季 (11 月) に調査を行った。加えて過去に 25 ng/L 以上検出された実績がある地点を主として、河川 4 地点、地下水 1 地点において 11 月に追加調査を行った。

#### (2) 調査項目

PFOS (直鎖及び分岐鎖異性体)、PFOA (直鎖及び分岐鎖異性体)、PFHxS (直鎖及び分岐鎖異性体)

#### (3) 分析方法

分析方法は、環境省通知及び厚生労働省通知に従った。LC-MS/MS は、Sciex 製の QTRAP4500 を使用し、LC 条件及び MS 条件を表 1 に示した。分析装置の検出下限値 (IDL) については、令和4年度に実施した下限値試験の結果を採用した (表 2)。分析方法の下限値 (MDL, MQL) については、化学物質環境実態調査の手引き (令和2年度版) を参考に試験を実施し、結果は表 3 のとおりであった。

表 1 LC-MS/MS の測定条件

LC条件	
機種	島津製作所製 Nexera XR
分析カラム	GL Science製 InertCore Plus C18 (φ 2.1mm×100mm, 2.6 μ m)
ディレイカラム	Delay Column for PFAS (3.0mm × 30mm)
移動相	A: 10mM酢酸アンモニウム B: アセトニトリル
	0～0.5 min      A:80      B:20
	0.5～12 min    A:80→20    B:20→80
	12.1～18 min   A:5      B:95
	18.1～21 min   A:80      B:20
流速	0.2 mL/min
カラム温度	40 °C
注入量	5 μ L

MS条件	
機種	AB Sciex 製 QTRAP4500
カーテンガス	30 psi
コリジョンガス	10
イオンスプレー電圧	-4,500 V
ガス温度	450 °C
ネブライザーガス	30 psi
ターボガス	80 psi
イオン化法	ESI-negative
測定モード	SRM

	プリカーサー	プロダクトイオン		DP	CE	
	イオン	定量	確認		定量	確認
	(m/z)	(m/z)	(m/z)	(V)	(V)	(V)
PFOA	413	369	169	-15	-16	-24
PFOA- <sup>13</sup> C <sub>8</sub>	420.8	376	171.9	-10	-16	-26
PFOS	499	80	99	-25	-96	-90
PFOS- <sup>13</sup> C <sub>8</sub>	507	80	99	-85	-88	-82
PFHxS	398.8	79.6	99	-40	-70	-64
PFHxS- <sup>13</sup> C <sub>8</sub>	401.8	80	99	-95	-86	-86

表 2 IDL 試験の結果 (令和 4 年度実施)

	PFOS	PFOA	PFHxS
IDL (ng/L)	0.003	0.006	0.004

表 3 MDL 試験の結果

	PFOS	PFOA	PFHxS
MDL (ng/L)	0.02	0.01	0.03
MQL (ng/L)	0.06	0.04	0.07

### 3 結果

測定した結果は、表4のとおりであった。全地点で有機フッ素化合物が検出され、PFOSとPFOAの合計値は、河川では1.0～39 ng/L、地下水では2.4～50 ng/Lであり、暫定指針値50 ng/Lを超過した地点はなかった。今年度調査を実施した地点のうち、令和3年度から監視を継続している地下水E、Fと追加調査を行った5地点を除いた地点については、最大でも暫定指針値の約1/8であり、暫定指針値と比べて大幅に低い値であった。地下水E、Fについては、地下水Eにおいて8月に50 ng/Lを検出したものの、それ以外は昨年度と同程度の濃度（暫定指針値の半分程度）であり大きな変動は見られなかった。追加調査を実施した5地点においても最大で暫定指針値の約4/5であり、超過はなかった。

今年度調査を実施した全ての地点で有機フッ素化合物が確認された。今後も県内の環境中有機フッ素化合物の実態把握に努める必要があると考えられる。

表4 調査結果

											(ng/L)
媒体	市町村	地点名	採水年月	PFOS+PFOA	PFOS直鎖	PFOS分岐鎖	PFOA直鎖	PFOA分岐鎖	PFHxS直鎖	PFHxS分岐鎖	
河川水	高島町	最上川糠野目橋	R5.8	5.6	1.7	1.1	2.5	0.19	0.30	(0.06)	
河川水	高島町	最上川糠野目橋	R5.11	3.4	1.0	0.84	1.3	0.14	0.21	N.D.	
河川水	長井市	最上川長井橋	R5.8	3.6	0.47	0.31	2.7	0.11	0.09	N.D.	
河川水	長井市	最上川長井橋	R5.11	1.6	0.21	0.18	1.1	0.10	(0.06)	N.D.	
河川水	村山市	最上川基点橋	R5.8	3.3	0.85	0.60	1.6	0.19	0.33	(0.06)	
河川水	村山市	最上川基点橋	R5.11	2.5	0.60	0.53	1.2	0.16	0.23	N.D.	
河川水	戸沢村	最上川高屋	R5.8	2.1	0.48	0.31	1.2	0.15	0.24	(0.05)	
河川水	戸沢村	最上川高屋	R5.11	1.0	0.23	0.25	0.50	0.10	0.15	N.D.	
河川水	酒田市	最上川両羽橋	R5.8	2.1	0.44	0.36	1.1	0.14	0.21	N.D.	
河川水	酒田市	最上川両羽橋	R5.11	1.1	0.27	0.25	0.52	0.09	0.16	N.D.	
河川水	酒田市	赤川新川橋	R5.8	1.1	0.13	0.08	0.85	0.07	N.D.	N.D.	
河川水	酒田市	赤川新川橋	R5.11	1.0	0.12	0.10	0.67	0.10	N.D.	N.D.	
河川水	東根市	新田川吉野橋	R5.11	14	5.2	6.8	1.7	0.28	6.5	1.3	
河川水	東根市	村山野川最上川合流前	R5.11	22	13	6.7	1.3	0.24	5.4	0.95	
河川水	東根市	荷口川小田島樋管橋	R5.11	22	14	6.8	1.2	0.23	5.5	0.99	
河川水	東根市	小見川袋田橋	R5.11	39	25	12	1.9	0.39	9.2	1.6	

媒体	市町村	地点名	採水年月	PFOS+PFOA	PFOS直鎖	PFOS分岐鎖	PFOA直鎖	PFOA分岐鎖	PFHxS直鎖	PFHxS分岐鎖
地下水	中山町	A	R5.7	3.0	0.16	2.7	0.13	N.D.	2.1	0.45
地下水	中山町	A	R5.11	3.7	0.31	3.3	N.D.	N.D.	2.0	0.44
地下水	上山市	B	R5.7	5.6	0.16	0.31	4.6	0.52	(0.04)	N.D.
地下水	上山市	B	R5.11	4.4	0.18	0.37	3.5	0.34	(0.05)	N.D.
地下水	米沢市	C	R5.7	2.8	0.69	0.38	1.3	0.41	(0.06)	N.D.
地下水	米沢市	C	R5.11	2.4	0.50	0.39	1.1	0.38	0.09	N.D.
地下水	米沢市	D	R5.7	3.8	0.80	0.72	1.5	0.76	N.D.	N.D.
地下水	米沢市	D	R5.11	5.8	0.99	0.71	3.1	0.95	(0.04)	N.D.
地下水	酒田市	E	R5.8	50	1.8	2.7	12	33	0.22	(0.04)
地下水	酒田市	E	R5.11	15	1.7	1.8	7.3	4.1	0.20	N.D.
地下水	酒田市	F	R5.8	23	7.8	4.1	7.0	4.3	10	1.0
地下水	酒田市	F	R5.11	18	10	2.0	4.0	1.8	3.0	0.21
地下水	東根市	G	R5.11	18	10	5.6	2.2	0.23	5.4	0.97

\* 定量下限値未満検出下限値以上を括弧付きで、検出下限値未満をN.D.と表している  
 \* PFOS+PFOAについては、PFOS又はPFOAが検出下限値未満の場合は検出下限値を測定値とした

	検出下限値	0.02	0.02	0.01	0.01	0.03	0.03
	定量下限値	0.06	0.06	0.04	0.04	0.07	0.07

## IV 発表・諸活動

## 1 学会等への発表

年月日	研究者名	題名	学会名	開催地
令和6年 3月4日	沼澤 聡明	山形県内における揮発性有機化合物 (VOC) の実態調査	第50回山形県公衆衛生学会	山形市
令和6年 3月4日	黒沼 洋太	山形県における環境大気常時監視状況	第50回山形県公衆衛生学会	山形市
令和6年 3月4日	新藤 道人	山形県における化学物質の環境実態調査	第50回山形県公衆衛生学会	山形市
令和6年 3月8日	笠原 翔悟	山形県内河川におけるマイクロプラスチック調査	第58回日本水環境学会 年会併設全国環境研協 議会研究集会	福岡県
令和6年 3月8日	後藤 優奈	事業場排水及び産業廃棄物溶出液等の六価クロム分析における妨害物質の除去操作について	第58回日本水環境学会 年会併設全国環境研協 議会研究集会	福岡県

## 2 講師派遣

年月日	名称	主催者	開催地	講師
令和5年 6月15日	令和5年度環境計量証明部会 通常総会	一般社団法人山形県計量協会 環境計量証明部会	山形市	笠原 翔悟
令和5年 12月1日	令和5年度環境計量証明部会 研修会	一般社団法人山形県計量協会 環境計量証明部会	山形市	渡邊 一史 笠原 翔悟

## 3 研修会・セミナー等の開催

年月日	名称	主催者	対象
令和5年 4月6日	令和5年度環境行政担当者研修会 (廃棄物対策業務基礎コース)	環境科学研究センター	県及び山形市職員
令和5年 4月7日	令和5年度環境行政担当者研修会 (環境保全業務基礎コース)	環境科学研究センター	県及び山形市職員
令和5年 6月3日	親子で楽しむ環境科学体験デー 自然観察会コース	気候変動適応センター	小学生 (親子)
令和5年 6月24日	親子で楽しむ環境科学体験デー かがく実験体験コース	環境科学研究センター	小学生 (親子)
令和5年 8月9日	令和5年度市町村環境保全研修会	環境科学研究センター	市町村職員
令和5年 10月1日	自然観察会 (秋の部)	気候変動適応センター	小学生 (親子)
令和5年 11月8日	令和5年度環境行政担当者研修会 (環 境企画・自然環境担当職員コース)	環境科学研究センター	県職員
令和5年 11月30日	気候変動適応計画策定説明会	気候変動適応センター	市町村職員
令和6年 1月22日	令和5年度環境行政担当者研修会 (環境保全業務応用コース)	環境科学研究センター	県及び山形市職員
令和6年 1月30日	令和5年度環境行政担当者研修会 (廃棄物対策業務応用コース)	環境科学研究センター	県及び山形市職員
令和6年 2月27日	令和5年度環境関係業務報告会	環境科学研究センター	県及び山形市職員

#### 4 職員技術等研修

研修名	期間	主催	開催地	受講者名
大気分析研修 Bコース (ICP-MS)	令和6年 1月26日～ 令和6年 2月14日	環境省 環境調査研修所	遠隔及び 参加型	横尾 龍海
特定機器分析研修Ⅱ (LC/MS/MS)	令和5年 9月4日～ 令和5年 9月20日	環境省 環境調査研修所	遠隔及び 参加型	真田 拓生
廃棄物分析研修	令和5年 10月10日～ 令和5年 10月20日	環境省 環境調査研修所	遠隔及び 参加型	進藤 裕文

山形県環境科学研究センター年報  
第31号（令和5年度）

発行年月	令和6年6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三丁目2番1号 電話（0237）52-3124（環境企画部） FAX（0237）52-3135