

ISSN : 1344-865X

高知県環境研究センター所報

第 31 号

平成26年度

高知県環境研究センター

はじめに

環境研究センター所報第31号の発刊に際しまして、ご挨拶を申し上げます。

当センターの役割には様々なものがありますが、まずは基礎的な技術やその応用による高度な分析技術が要求されます。

現在、当センターを取り巻く環境は、人材の空洞化や財政的な面など一層厳しいものとなってきております。

しかし、当センターの基本業務である環境監視や事業所立入等の法定業務に加え、酸性雨や光化学オキシダントのモニタリングや清流の保全・再生のための研究、魚類の斃死などで検出されることのある農薬などの検査、バイオマス燃焼灰の利用拡大に向けた調査研究など多岐にわたる事業が求められており、限られた予算・人員の中でこれらに対応するため効率的に実施していかなければならないと考えているところです。

また、今年度は調査研究の他、当センターの環境施策を発信するソフト面の充実のため、ホームページの全面見直しを行っています。

ホームページは、環境に関する理解を深め、広く県民の方々の安心へと繋がる重要な手段であると考えており、より利用しやすいものを目指して見直しを進めております。

これらのことに加え、当センターは若手技術職員のために、職員の対応能力を向上させることを目的とし、人材育成事業に尽力しています。

検査における精度管理や、環境に関する法律や行政に関することなども視野に入れながら、環境課題に果敢に挑戦していける人材を育成していけるよう微弱ながら力を注いでいきたいと考えております。

本年度の所報では、若手が中心となって執筆した報告も幾つか掲載されていますので、ご高覧をいただき、多くのご意見やご教示を頂ければ幸いです。

平成27年12月

高知県環境研究センター

所 長 竹 内 ゆかり

目 次

I 環境研究センターの概要

1. 沿革	1
2. 施設の概況	1
3. 組織及び主な業務	2
4. 職員一覧	3
5. 人事異動	3
6. 平成27年度予算（歳出見込）	3
7. 主要備品	4

II 業務概要

1. 平成26年度決算（歳出）	5
2. 学会・会議及び研修への参加（平成26年度）	5
3. 各担当業務概要	7
企画担当	7
大気担当	9
水質担当	12

III 調査研究報告

1. 高知県における有害大気汚染物質に関する調査（平成12年度～平成26年度） —アルデヒド類，水銀，ベンゾ[a]ピレン及び重金属類について—	15
2. 高知県における酸性雨調査（第15報）本県における降水の特徴について	21
3. 高知県に発生した地下水の六価クロム汚染（第2報）	33
4. 事業場排水の六価クロム測定における硫酸カルシウムによる妨害について	41
5. 黒尊川清流保全モニタリング状況について	47

IV 所報投稿規定	57
-----------	----

I 環境研究センターの概要

I 環境研究センターの概要

1. 沿革

- 昭和46年4月1日 衛生研究所に公害部設置
- 昭和48年4月1日 機構改革により，公害防止センター発足
- 昭和61年3月20日 高知県公害防止センター・高知県赤十字血液センター・(財)高知県総合保健協会との合同施設「高知県保健環境センター」完成
- 昭和61年4月14日 新庁舎に移転，業務開始
- 平成9年4月1日 機構改革により，企画情報科・総合環境科・大気科・水質科の4科制となり名称を「高知県環境研究センター」に変更
- 平成19年4月1日 機構改革により，4科制を企画担当・大気担当・水質担当の3担当チーフ制に変更

2. 施設の概況

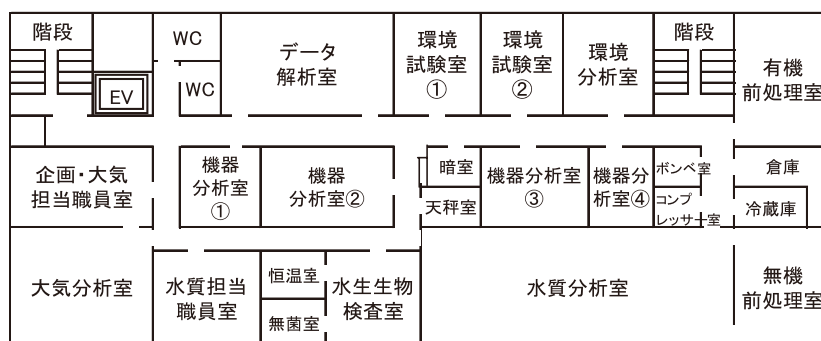
- (1) 所在地 〒780-8010 高知市棧橋通6丁目7-43
 電話 088(833)6688 (総務事務室)
 088(833)6689 (企画・大気担当職員室)
 088(833)6690 (水質担当職員室)
 FAX 088(833)8311
 E-mail 030802@ken.pref.kochi.lg.jp
 敷地面積：2,187㎡ 建築面積：1,163㎡
 規模構造：鉄筋コンクリート造5階建 4, 5階分 延床面積：1,239㎡
 別棟(車庫, 倉庫)：124㎡

(2) 配置図

< 4階 >

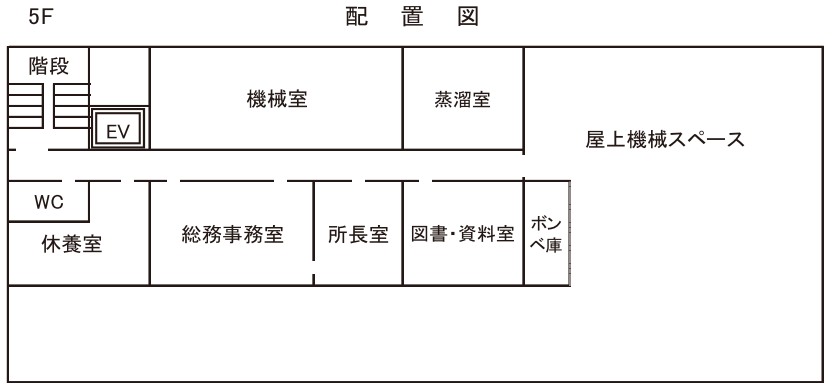
企画・大気担当職員室	34.8㎡	恒温室	10.0㎡	機器分析室④	15.9㎡
大気分析室	56.2	無菌室	10.0	暗室	5.6
データ解析室	51.5	水生生物検査室	30.0	天秤室	10.7
環境試験室①	31.0	有機前処理室	50.8	倉庫	28.8
環境試験室②	20.4	無機前処理室	52.4	冷蔵庫	6.0
環境分析室	34.7	機器分析室①	20.1	ボンベ室	3.4
水質担当職員室	31.8	機器分析室②	39.2	コンプレッサー室	3.8
水質分析室	133.5	機器分析室③	35.4		

4F 配置図

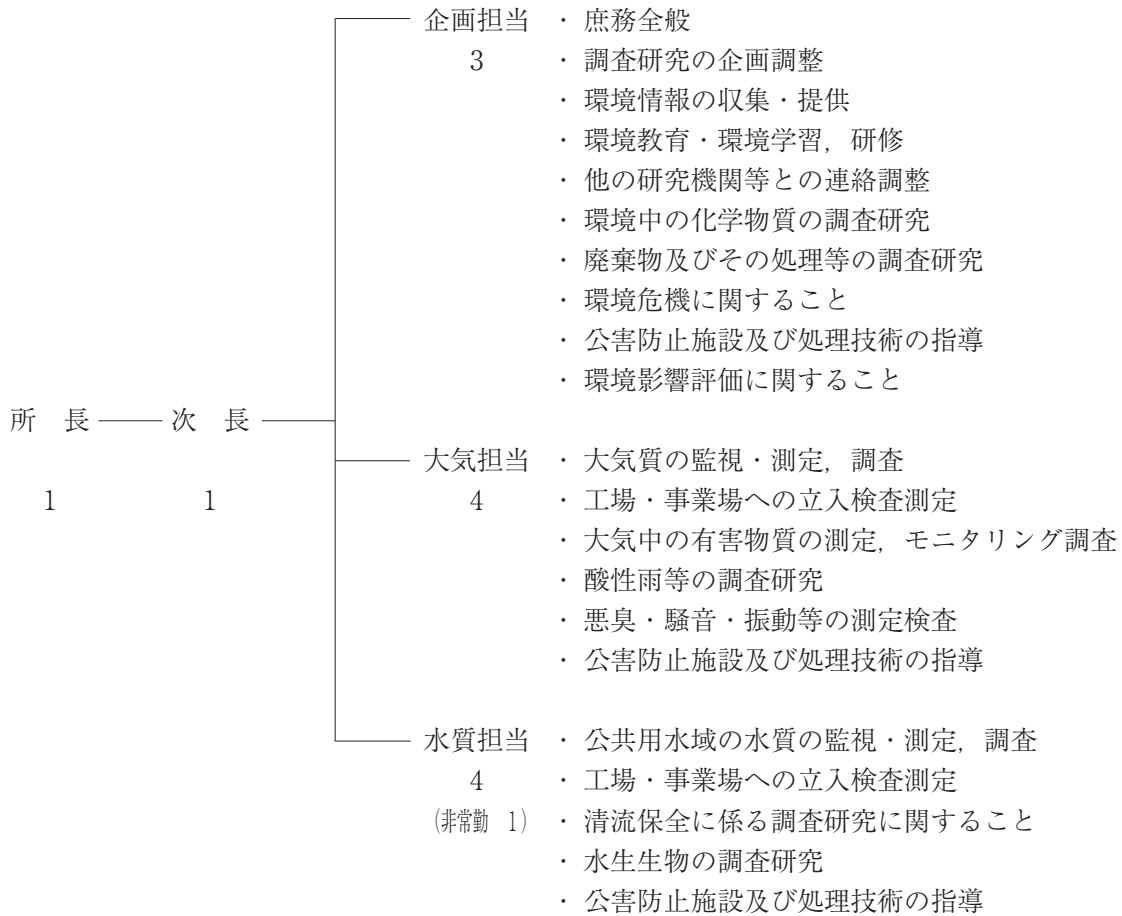


< 5階 >

所 長 室	18.4㎡	蒸 溜 室	36.3㎡
総 務 事 務 室	30.5	機 械 室	60.7
図 書 ・ 資 料 室	34.6	ポ ン べ 庫	5.6
休 養 室	30.6		



3. 組織及び主な業務



4. 職員一覧

平成27年4月16日現在

職名	氏名
所長	竹内 ゆかり
次長	山村 貞雄
チーフ(企画担当)	松尾 ちづ
主幹	田所 通子
研究員	富田 比菜
チーフ(大気担当)	山下 浩
主任研究員	武市 佳子
研究員	尾崎 吉純
研究員	廣末 友里恵
チーフ(水質担当)	大森 真貴子
研究員	刈谷 玲菜
研究員	田嶋 誠
研究員	松木 葵
非常勤職員	立川 真弓

5. 人事異動

(平成27年4月1日付)

(転出者・退職者)		
職名	氏名	転出先
所長	西森 一誠	退職
チーフ(企画担当)	荒尾 真砂	衛生研究所生活科学課長
主任研究員	小松 隆志	衛生研究所主任研究員
研究員	貞岡 秀俊	安芸福祉保健所主査
研究員	坂本 武大	幡多福祉保健所主査
(転入者・新採者)		
職名	氏名	前所属
所長	竹内 ゆかり	食品・衛生課課長
チーフ(企画担当)	松尾 ちづ	環境対策課チーフ(環境・再生利用担当)
研究員	尾崎 吉純	環境対策課主査
研究員	刈谷 玲菜	幡多福祉保健所主査
研究員	廣末 友里恵	新採(平成27年4月16日採用)

6. 平成27年度予算(歳出見込)

(千円)

	環境対策費	環境共生費	林業政策費	建築費	計
報酬	1,842				1,842
共済費	304		253		557
賃金			1,472		1,472
報償費	245				245
旅費	1,954	157			2,111
需用費	31,929	965		713	33,607
役務費	1,485				1,485
委託料	31,801		4		31,805
使用料	2,344				2,344
工事請負費					
備品購入費	333				333
負担金補助	132				132
公課費	14				14
計	72,383	1,122	1,729	713	75,947

* 人件費は除く

7. 主要備品

平成27年4月1日現在

品名	規格・型式等	数量
軽自動車	スバル (1BOX, 2WD) スズキ (1BOX, 4WD)	2
小型自動車 (四輪貨物自動車)	ニッサン AD (4WD)	1
特種用途車 (大気環境測定車)	日野 TKG-XZC655M	1
イオンクロマトグラフ	DIONEX ICS-90 SRSシステム オート2ch	1
高速液体クロマトグラフ質量分析装置	日本ウォーターズ ACQUITY UPLC, TQD システム	1
高速液体クロマトグラフ	島津製作所 LC-VP CLASS-LC10	1
高速液体クロマトグラフ	日本ウォーターズ 616LC	1
高速液体クロマトグラフ用蛍光検出器	日本ウォーターズ 474スキャニング47400	1
高速液体クロマトグラフポストカラム反応システム	日本ウォーターズ (送液・反応・分離・データ処理部)	1
ガスクロマトグラフ	島津製作所 GC-14A (ECD) GC-14B (FTD, FID)	2
ガスクロマトグラフ質量分析装置	日本電子 JMS-K9	1
ガスクロマトグラフ質量分析装置	日本電子 Agilent7890A/JMS-Q1000GCMK II	1
原子吸光分析装置	パーキンエルマー AANalyst 800	1
還元気化水銀分析装置	日本インスツルメンツ マーキュリー RA-3120A	1
水銀分析装置 (大気Hg用)	日本インスツルメンツ マーキュリー WA-3	1
落射蛍光顕微鏡	日本光学 XF-EFD2	1
紫外可視分光光度計	日立 U-3010, 島津製作所 UV-160A	2
フーリエ変換赤外分光光度計	日本分光 FT/IR-480Plus	1
濁度・色度測定器	日本電色工業 WA6000	1
全有機炭素測定装置	島津製作所 TOC-VCPH	1
低温灰化装置	ヤナコ分析工業 LTA-104	1
高速冷却遠心機	久保田製作所 MODEL-6700	1
自動固相抽出装置 一式	アイステイサイエンス オンラインSPE-GC, GC大量注入装置LVI-S200 Thermo オートトレースAT-280	1
抽出用定流量ポンプ	日本ウォーターズ Sep-Pakコンセントレーター Plus	1
航空機騒音観察装置	リオン NA-36 リオン NA-37	3
航空機騒音自動測定装置	日東紡音響エンジニアリング DL-100/LE	3
1/3実時間周波数分析器	リオン SA-25	1
騒音振動レベル処理装置	リオン SV-72A	1
オキシダント計校正機器	日本サーモ Model49i-PS	1
等速吸引装置	岡野製作所 ESA-703C	1
煙道用窒素酸化物・酸素自動計測器	アナテック・ヤナコ ECL-88A0 Lite	1
デジタル測風経緯儀	タマヤ計測システム TD-3&TD-105	2
レブコ超低温槽 (超低温フリーザー)	ULT-1786-3型	1
自動化学分析装置	ビーエルテック オートアナライザー swAAt	1
X線回折装置	リガク MultiFlex	1
エネルギー分散型蛍光X線分析装置	日本電子 JSX-3220	1
生物顕微鏡	オリンパス BHSU323, BHSU322	2
ビデオマイクロスコープ装置	モリテックス MS-803	1
位相差分散顕微鏡	ニコン ECLIPSE 80i	1
ICP質量分析装置	Agilent 7500ce	1
全自動器具洗浄装置	SANYO MJW-9020	1
超純水製造装置	日本ミリポア Milli-Q Advantage	1
マイクロウェーブ分解装置	アントンパール・ジャパン MultiwavePro	1

II 業 務 概 要

Ⅱ 平成26年度業務概要

1. 平成26年度決算（歳出）

（千円）

	環境対策費	環境共生費	建築費		計
報酬					
共済費	284				284
賃金	1,811				1,811
報償費					
旅費	1,561	157			1,718
需用費	29,120	967	1,118		31,205
役務費	1,444				1,444
委託料	33,857				33,857
使用料	2,167				2,167
工事請負費					
備品購入費	1,463				1,463
負担金補助	140				140
公課費	38				38
計	71,885	1,124	1,118		74,127

* 人件費は除く

2. 学会・会議及び研修への参加（平成26年度）

期間	用務	開催地	出席者
学会等			
26. 9. 17～19	第55回大気環境学会年会	愛媛県	坂本
26. 9. 15～17	第25回廃棄物資源循環学会研究発表会	広島県	近森
27. 3. 16～18	第49回日本水環境学会年会	石川県	大森, 田嶋
会議等			
26. 5. 15～16	平成26年度全国環境研協議会中国四国支部会議	高知県	開催県
26. 6. 23	「沿岸海域環境の物質循環現状把握と変遷解析に関する研究」平成26年度第1回全体会議	京都府	大森, 田嶋

期 間	用 務	開催地	出 席 者
26. 7. 25	平成26年度環境放射線等モニタリング調査説明会	千葉県	武市
26. 9. 30	「産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法」に係る 精度管理調査説明会	東京都	近森
26.12.10～11	第41回環境保全・公害防止研究発表会	兵庫県	貞岡
27. 1. 29～30	平成26年度化学物質環境実態調査環境科学セミナー	東京都	富田
27. 2. 2	平成26年度国設酸性雨・大気環境測定所担当者会議	東京都	武市
27. 2. 4～ 5	第43回全国環境研協議会総会及び平成26年度地方公 共団体環境試験研究機関等所長会議	東京都	西森
27. 2. 12～13	第30回全国環境研究所交流シンポジウム	茨城県	山村, 田嶋
研 修			
26. 4. 14～25	平成26年度特定機器分析研修Ⅱ (LC/MS)	埼玉県	田嶋
26. 5. 28～29	平成26年度第1回「音環境セミナー」	東京都	山下
26. 6. 12～27	平成26年度機器分析研修	埼玉県	近森
26.10. 8～10	第39回空港環境対策関係担当者研修	東京都	貞岡
26.10. 9	光化学オキシダント自動計測器校正研修	愛媛県	武市
26.10.20～31	平成26年度廃棄物分析研修	埼玉県	荒尾
26.11.11	Dionex IC 技術説明会2014	愛媛県	山下, 田嶋, 松木
26.11.20～21	環境大気常時監視技術講習会	東京都	山下
26.12. 4～19	平成26年度水質分析研修	埼玉県	松木
26.12.18	平成26年度地下水汚染未然防止のための構造と点 検・管理に関する講習会	岡山県	田嶋
27. 2. 12～27	平成26年度大気分析研修	埼玉県	山下

3. 各担当の業務概要

1 企画担当

企画担当は、①予算の編成執行管理や物品購入管理事務等の庶務一般業務、②環境に関する情報の収集提供等の環境情報普及啓発業務、③民間企業や他の研究機関と連携した環境ビジネスの推進、④環境中化学物質の調査研究及び環境汚染事故等に対する危機管理に関することを主な業務としている。

1-1 環境情報普及啓発業務

地域の環境保全活動を支援するため、当センターが実施している県内の大気、水質などの環境に関する調査結果や各種技術資料などをもとに、県民に分りやすい形での環境情報の提供等を行ってきた。

(1) ホームページによる環境情報の発信

ホームページを充実し、業務や研究の概要、環境学習支援・こどもコーナー、高知県の大気、水質及び酸性雨などの状況について、県民によりわかりやすく加工して情報提供を行ってきた。

今年度は、新しいコンテンツ（悪臭防止法及び測定方法など）の作成や一部ページの更新などを行った。

ホームページアドレス

<http://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/030802/>

(2) 環境学習支援・研修

学校、市町村教育委員会等環境関連団体に対し、水生生物調査セットや環境パネルなどの環境学習用資材の貸出及び学習ガイドブック等の提供を行った。

その概要は表1のとおり。

表1 環境学習資材の貸出し状況（件数）

年度	水生生物調査セット	簡易水質調査キット	環境パネル	書籍資器材	学習資材提供
H26	12	0	9	6	2
H25	11	1	9	10	4

1-2 地域環境づくり技術支援事業

県内各地域の環境づくりの担い手である市町村職員等に対し、環境問題等の解決能力や地域の活性化につながる活動の質の向上のため、これまでも環境情報普及啓発委託事業を通して研修会を行ってきた。

平成26年度は、環境情報普及啓発委託事業に替えて、環境関係法令等の基礎知識及び実践的な技術の習得を目指した地域環境づくり技術支援事業を民間検査機関に委託して共同で実施した。

(1) 研修会の内容

悪臭をテーマとして講演会及び実技講習等を実施した。

その概要は表2のとおり。

表2 研修会の概要等

概 要	実施月日	開催場所	参加人員
(講演会) テーマ「災害と悪臭」 ・悪臭問題の基礎的事項からみた被災時臭気問題について ・被災地における悪臭問題への支援について、苦情対応について	11月28日	高知市清掃工場	51名
(座学講習) ・悪臭防止法と各自治体の役割 ・高知市における悪臭問題の事例 (実技講習) ・悪臭試料の採取方法 ・パネル選定試験 ・臭気官能試験 ・ニオイセンサーを用いた臭気測定	1月20日	須崎市立市民文化会館	28名
	1月23日	中央東福祉保健所	20名

(2) 悪臭に関する情報発信

市町村環境行政担当者等及び県民に悪臭に

関する情報をわかりやすい形で提供するため、ホームページを活用して悪臭の情報を掲

載した。

- ・悪臭防止法とは
- ・悪臭試料の採取方法（動画）
- ・臭気指数の測定方法 など

1-3 業務機能・研究成果の県民共有化

環境情報の発信に伴い、学校その他の団体から当センターの業務や研究についての問い合わせや、施設訪問の要望が寄せられ、平成26年度はインターンシップの受け入れ等を実施した。

(1) インターンシップの受け入れ

高知工科大学および高知県立大学の要請に応じ、学生をインターンシップとして受け入れた。

その概要は表3のとおり。

表3 インターンシップの概要

年度	H26	H25
学生数	3名	3名
日数	4日（2名） 高知工科大学 4日（1名） 高知県立大学	5日（2名） 高知工業高等専門学校 4日（1名） 高知工科大学
概要	・水質分析 ・大気分析 ・器具洗浄	・水質分析 ・大気分析 ・器具洗浄 ・灰溶出試験

(2) 施設見学及び研修等

ホームページを見た学校等から、センターの施設見学や研修の希望があり、平成26年度は中学校からの施設見学を受け入れた。また、高校生を対象に研修会を実施した。

その概要は表4のとおり。

表4 施設見学及び研修等の概要

団体名等	日時	人員等	概要
土佐塾中学校	7月17日	16名	業務の紹介 実習をまじえた 施設の紹介
高等学校保健会 高吾支部生徒保健委員会	9月24日	30名 (教職員含)	高知県の大气環境について

1-4 化学物質環境汚染実態調査

（環境省委託）

環境省の委託を受け、四万十川河口部を対

象に、化学物質（POPS等14物質群39物質）の環境残留性及び生物蓄積量について継続調査を行った。

その概要は表5のとおり。

表5 化学物質環境汚染実態調査の概要

年度	H26	H25
モニタリング調査	水質1地点 底質3地点 生物（スズキ） 3検体	水質1地点 底質3地点 生物（スズキ） 3検体

注）当センターは試料採取と前処理及び一部の項目のみ実施

1-5 バイオマス燃焼灰の利用拡大に関する調査研究

木質ペレットの利用拡大に伴い燃焼灰の増加が見込まれている。この燃焼灰は事業活動等に伴う廃棄物とされるが、ミネラル成分を多く含む資源等としての活用も有望である。

平成26年度は、高知大学や試験研究機関と連携を取りながら、県内の事業所で発生する燃焼灰の性状検査、金属溶出試験、燃焼灰の取扱易さ改善のための造粒方法について検討を行った。

1-6 行政依頼検査と危機管理

(1) 一般行政依頼

化学物質による環境汚染事故や公害苦情等に関し、福祉保健所及び市町村等の関係行政機関からの依頼に基づき、主として危機管理の観点から、原因の究明や汚染の拡大防止、環境の改善を図るための試験検査を実施した。

行政依頼検査の実施状況は表6のとおり。

表6 行政依頼検査の概要

調査内容	調査項目	H26年度		H25年度	
		件数	検体	件数	検体
魚のへい死等 （生物質、水質）	農薬類	6	21	4	12

(2) 石綿（アスベスト）検査測定

一定規模の吹き付けアスベストの除去工事等について、環境対策課からの依頼に基づき周辺環境のアスベスト濃度測定を実施している。

平成26年度は分析依頼がなかった。

2 大 気 担 当

大気担当は、①県内の大気環境の監視測定、②酸性雨調査、③騒音・振動・悪臭調査等に関することを主な業務としている。

2-1 大気環境の監視測定調査

(1) 大気常時監視

安芸市、南国市、いの町、須崎市、四万十市における常時監視局7局において、自動測定機で延べ28項目の大気環境の監視と気象の

観測を行っている。

各測定局の設置場所と測定項目は、表1のとおり。

なお、移動測定車は常時監視局による測定体制を補完するため、宿毛市1回（9月～3月）の測定を実施した。

このうち、環境基準項目の測定結果については光化学オキシダント、PM2.5を除いて基準を達成していた。

表1 測定局別測定項目一覧表

測定局 \ 測定項目	二酸化硫黄	窒素酸化物	一酸化炭素	光化学オキシダント	浮遊粒子状物質	PM2.5	風向・風速	日射・放射収支量	温度・湿度	炭化水素
1 稲生					○					
2 大篠				○				○		
3 須崎高等学校	○				○	○	○			
4 須崎市押岡公園	○	○			○					
5 伊野合同庁舎	○				○	○	○			
6 安芸	○	○		○	○	○	○	○		
7 中村	○	○		○	○	○	○	○		
8 移動測定車	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

(2) 有害大気汚染物質の測定

大気汚染防止法に基づき、継続的に摂取した場合に人の健康を損なうおそれのある物質のうち、特に健康リスクの高い物質の調査を行っている。調査場所、項目及び件数は表2

のとおり。

このうち、環境基準や指針値が設定されている項目については全て基準等を達成していた。

表2 有害大気汚染物質の測定状況

調査項目 \ 場所	年度	平成26年度		平成25年度	
		須崎高等学校	伊野合同庁舎	須崎高等学校	伊野合同庁舎
VOC (11物質)		264件	264件	264件	264件
アルデヒド類 (2ヶ)		48件	48件	48件	48件
有害金属 (6ヶ)		42件	42件	42件	41件
ベンゾ[a]ピレン		6件	6件	6件	6件

- (3) 工場・事業場の立入検査（ばい煙等測定）
大気汚染防止法に基づくばい煙発生施設の

立入検査の実施状況は表3のとおり。

表3 ばい煙等測定実施状況

事項	ばいじん		硫黄酸化物		窒素酸化物		塩化水素		その他書類検査等	
	H26	H25	H26	H25	H26	H25	H26	H25	H26	H25
件数	1	2	0	1	2	4	0	2	7	9
施設	焼成炉	0	0	0	1	1	0	0	1	1
	その他	1	2	0	1	1	3	0	2	6
不適合	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

- (4) PM2.5の短期的／長期的環境基準超過をもたらす汚染機構の解明

PM2.5の環境基準超過について、広域的な挙動を解明するため、平成25年度から国立環境研究所及び全国の地方環境研究所との共同研究（Ⅱ型共同研究）に参加し、データ解析等を実施している。

- (5) PM2.5等の大気微粒子成分に関する研究

PM2.5の発生源や有害性を評価するうえで、成分分析は大変重要であるが、国のガイドラインに沿った測定方法はコストが高く、機動性にも難がある。そのため、これらを補完する簡易測定法による調査を行った。

2-2 酸性雨調査

- (1) 環境省委託事業（国設栲原測定所）

国の酸性雨調査計画に基づき、国設酸性雨測定所の管理委託を受けて調査を行っている。

その概要は表4のとおり。

表4 国設酸性雨測定所の調査概要

事項	平成26年度	平成25年度
調査地点	栲原町太郎川	同 左
調査期間	4月1日～3月31日	4月1日～3月31日
調査項目	酸性雨	pH, 硫酸イオン, 硝酸イオン, アンモニウムイオン, ナトリウムイオン等10項目
	大気濃度	二酸化硫黄, 窒素酸化物, オゾン, 浮遊粒子状物質
	気象	風向, 風速, 気温, 湿度, 日射量, 降水量

<酸性雨モニタリング（土壌・植生）>

国の越境大気汚染・酸性雨長期モニタリング計画に基づき、5年に1回、国から委託を受けて、いの町の石鎚国定公園内の国有林において森林植生及び土壌モニタリング調査を行っている。今年度は3度目の調査を行った。その概要は表5のとおり。

表5 酸性雨モニタリングの調査概要

	調査項目
モ ニ タ リ ン グ 植 生	森林総合調査 毎木調査 (樹種名, 胸高直径, 樹高) 下層植生調査 樹木衰退度調査
モ ニ タ リ ン グ 土 壌	水分含量, pH (H ₂ O), pH (KCl), 交換性塩基 (Ca, Mg, K, Na), 交換酸度, 交換性Al及びH, 有効陽イオン交換能 (ECEC)

<環境放射線調査>

酸性雨調査とあわせて、環境放射線モニタリング調査の委託を受けて、空間線量率（環境γ線）、放射性ダスト（α線、β線）の調査を行っている。

- (2) 県単独調査（香北測定所）

雨水や大気由来沈着物の成分を分析し、酸性雨の発生機構解明や沈着物の成分実態に関する基礎資料を得ることを目的として調査を行っている。

その概要は表6のとおり。

表6 県単独酸性雨測定所の調査概要

事項	調査地点	検体数	項目	延項目数
平成26年度	香美市香北町永瀬	湿性降下物 27	pH等 13項目	351
		乾性降下物 (FP) 26	Na, K等 17項目	442
		乾性降下物 (O-passive) 12	O ₃ , NO _x 等 4項目	48
平成25年度	同上	湿性降下物 27	pH等 13項目	351
		乾性降下物 (FP) 27	Na, K等 17項目	459
		乾性降下物 (O-passive) 12	O ₃ , NO _x 等 4項目	48

2-3 航空機騒音調査

高知空港周辺における航空機騒音の環境基準達成状況の監視測定を行っている。

その概要は表7のとおり。

表7 航空機騒音調査の概要

	平成26年度	平成25年度
調査地点	4地点	4地点
調査時期	春・秋期の年2回	春・秋期の年2回
調査内容	7日間連続測定／1回	7日間連続測定／1回
調査結果	年Lden値 44～55	年Lden値 46～57

*環境基準値（単位：Lden）……地域類型Ⅰ：57以下、
地域類型Ⅱ：62以下

2-4 行政依頼検査

大気、悪臭及び騒音・振動等に関して行政機関からの依頼を受け、調査を行っているが、平成26年度は大気関連の依頼はなかった。

その概要は表8のとおり。

表8 公害苦情等に関する依頼調査の概要

	平成26年度		平成25年度	
大気	0件	0地点	0件	0地点
悪臭	0件	0検体	1件	6検体
騒音・振動	0件	0地点	1件	1地点
その他	0件	0検体	0件	0検体

3 水 質 担 当

水質担当は、①県内の水質環境の監視測定、②清流保全関連調査、③水環境保全に関する各種調査研究等を主な業務としている。

3-1 公共用水域・地下水監視測定調査

水質汚濁防止法の規定に基づき、県は国、高知市とともに公共用水域における水質、底質及び地下水水質の監視調査を行っている。平成26年度に県（当センター）が実施したものは36河川46地点、3海域3地点、地下水3地点の合計52地点、底質は1海域1地点について調査・分析を行った。当センターにおける調査項目と検体数は表1のとおり。

表1 公共用水域・地下水監視測定調査の項目（センター実施分）等

調査項目		平成26年度	平成25年度
		検体数	検体数
水 質	生活環境項目	200	129
	健康項目	521	521
	特殊項目	0	0
	その他の項目	3	3
	要監視項目	666	666
地下 水	健康項目	70	70
	その他の項目	2	2
	要監視項目	36	36
底 質	一般性状	5	5
	健康項目	5	4
	特殊項目	5	5

3-2 工場・事業場の立入検査（排水監視測定）

排水基準の遵守状況を把握するため、水質汚濁防止法が適用される特定事業場について立入検査を実施した。その結果、本年度の不適合事業場は7件であった。

その概要は表2のとおり。

表2 工場、事業場排水監視測定調査

事 項	平成26年度	平成25年度
立入事業場数	76	79
排水測定検体数	315	275
不適合事業場数	7	4

3-3 四万十川清流基準モニタリング調査

従来の目的である住民参加の四万十川清流基準調査を推進するため、調査地点の変更が行われた。地理的に住民が参加しやすい地点が選ばれ、新地点のデータと平成25年度まで行ってきた調査地点とのデータの継続性を確認した。結果、大きく相違する地点はなく、モニタリング調査に適していると考えられた。

(1) モニタリング調査

調査地点と調査回数：10地点、年4回

（春、夏、秋、冬）

調査項目：清流度、水生生物、全窒素（T-N）、全りん（T-P）

(2) 流域住民等による調査補助

全窒素・全りん依頼検査数：4件

(3) 黒尊川清流基準等調査

本年度も最上流域から下流域までの6地点で調査を行った。今年度の結果は、清流度4.5～10.8m、TOCは0.15～0.41mg/L、全窒素0.15～0.44mg/L、全りん0.003mg/L未満、水生生物種類数10以上、ASPT値（平均スコア値）7.5以上であった。昨年と比べると、地点や季節によって少し変動がみられるようになった。

調査地点と調査回数：6地点、年4回

（春、夏、秋、冬）

調査項目：清流度、全窒素（T-N）、全りん（T-P）、水生生物、TOC

3-4 物部川清流保全計画関連調査

物部川清流保全計画は平成20年7月に策定された。

平成23年度から「人の感覚に近い評価指標」を確立するために、清流度を加えて調査を行ってきたが、濁りの問題がある限り、清流度を測定する対象にはならず、今年度は他の測定項目の検討を行った。

調査地点と調査回数：8地点、3回/年

（8月、12月、2月）

調査項目：水生生物、全窒素（T-N）、全りん（T-P）、クロロフィルa、TOC、濁度、

SS, SSの成分分析

3-5 仁淀川清流関連調査

清流保全計画の見直しと「人の感覚に近い評価指標」を確立するために、昨年度に引き続き、水生生物と清流度を中心に10地点で調査を行った。その結果、清流度は春～夏にかけて2～6m, 秋～冬にかけて5～15mであった。

水生生物については多くの地点でASPT値7.3以上であったが、地点によっては通年水生生物の種類数が少ない地点があり、夏季には6種類まで減少した。全窒素、全りんについては、大きな変化はなかった。

調査地点と調査回数：10地点 4回/年
(6月, 9月, 12月, 3月)

調査項目：清流度, 全窒素(T-N), 全りん(T-P), 水生生物

3-6 南国市の地下水の六価クロム汚染対策

平成19年7月に南国市の地下水から環境基準を超える六価クロムが検出され、汚染原因調査、周辺井戸調査、発生源対策を順次実施してきた。発生源対策により汚染状況は終息化しつつあり、平成20年11月以降は、13ヶ所の定期モニタリング井戸及び梅雨期等の周辺井戸一斉調査においても、いずれも環境基準値以下で推移している。平成26年度の調査件数等は以下のとおり。

- ・調査井戸：74検体
- ・分析項目：六価クロム（一部で全クロム）、その他

・これまでに汚染が確認された井戸：51井戸
(観測井を除く)

うち基準値(0.05mg/L)を超過した井戸：32井戸(観測井を除く)

3-7 行政依頼検査

関係行政機関からの、住民苦情等に伴う調査依頼をもとに実施している。平成26年度の調査件数は0件(平成25年度は4件)であった。

3-8 沿岸海域環境の物質循環把握と変遷解析に関する研究(Ⅱ型共同研究)

地方環境研究機関と国立環境研究所の共同研究の一環として、浦の内湾を調査対象とし、生活環境項目に関連する項目の評価、貧酸素水塊の発生状況の確認を軸に調査を行った。本調査は平成25年度まで行った「沿岸海域環境診断と温暖化影響評価のための手法検討調査」から引き続き調査しており、平成26年度からの着手で3年間の研究となる。

3-9 水質測定分析精度管理調査

県内の公共用水域水質測定分析に従事する機関が、共通試料を分析することによって得られる結果とその過程を調査することにより、各機関が行う分析業務に関する実態を把握し、分析技術の一層の向上を図ることを目的に行った。平成26年度は下記の内容で実施した。

分析対象項目：生物化学的酸素要求量(BOD)
参加者：11機関28名

Ⅲ 調查研究報告

1. 高知県における有害大気汚染物質に関する調査 (平成12年度～平成26年度)

—アルデヒド類, 水銀, ベンゾ [a] ピレン及び重金属類について—

武市佳子・山下 浩・山村貞雄・坂本武大*・西 孝仁**・富田健介***

Researches on Hazardous Air Pollutants in Kochi Prefecture (2000-2014) — Aldehydes, Mercury, Benzo [a] pyrene and Heavy Metals —

Yoshiko Takechi, Hiroshi Yamashita, Sadao Yamamura, Takehiro Sakamoto,
Takahito Nishi, Kensuke Tomita

【要旨】 高知県では, 平成9年度から有害大気汚染物質に関する調査を行っている。

今回, アルデヒド類, 水銀, ベンゾ [a] ピレン及び重金属類について, 平成12年度から平成26年度までの調査結果を基に, これらの物質の経年変化, 経月変化及び物質間の相関について考察した。

key words: 有害大気汚染物質, 経年変化, 経月変化, 相関

1. はじめに

高知県では, 大気の汚染の状況を把握するため, 平成9年度から3地点で有害大気汚染物質の調査を開始し, 現在2地点でモニタリングを実施している。

この調査結果は, 桑尾らが揮発性有機化合物 (VOC) 及びフロン類濃度 (平成9年～21年度) に関して報告している¹⁾。今回アルデヒド類 (アセトアルデヒド, ホルムアルデヒド), 水銀及びその化合物 (本報告では, 以下水銀という。), ベンゾ [a] ピレン及び重金属類 (クロム及びその化合物, ニッケル化合物, ヒ素及びその化合物, ベリリウム及びその化合物, マンガン及びその化合物。本報告では, 以下, それぞれ, クロム, ニッケル, ヒ素, ベリリウム, マンガンという。) について, 平成12年度から平成26年度までのデータ

を取りまとめたので報告する。

2. 調査方法

調査は, 「大気汚染防止法第22条の規定に基づく大気の汚染の状況の常時監視に関する事務の処理基準」(平成25年8月30日最終改正) 及び「有害大気汚染物質測定方法マニュアル」(平成23年3月最終改正) に準拠して行った。この中で, 原則として月1回以上の頻度で測定し, 測定結果を評価する際は年平均値を用いることとしている。本調査において, 物質によっては頻度を充たしていない期間があるが, 年平均値として評価した。

2. 1 調査地点

調査地点を表1及び図1に示す。

表1 調査地点

調査地点	地点の属性	設 置 場 所
須 崎 市	一 般 環 境	平成12年度から平成24年度まで須崎福祉保健所 (旧高幡保健所), 平成25年度から須崎高等学校
い の 町	一 般 環 境	伊野合同庁舎
安 芸 市	一 般 環 境	安芸福祉保健所 (旧安芸保健所, 旧東部保健所)

* 現幡多福祉保健所 ** 現中央東福祉保健所 *** 現環境対策課



図1 調査地点

2.2 調査期間

調査期間は、平成12年4月から平成27年3月までとする。ただし、安芸市は平成17年3月で調査を終了した。

調査は原則として月1回とするが、ベンゾ[a]ピレンと重金属類は平成16年度から、水銀は平成17年度から、2ヶ月に1回（平成16年度から平成19年度までは偶数月、平成20年度から平成26年度までは奇数月）測定を行った。

2.3 試料捕集及び分析方法

物質ごとの試料捕集方法と分析方法を表2に示す。

表2 試料捕集方法と分析方法

物質名	試料捕集方法	分析方法
アルデヒド類	固相 (DNPH) 捕集	HPLC, LC/MS/MS
水銀	金アマルガム捕集	加熱気化冷原子吸光法
ベンゾ[a]ピレン	フィルタ (HV) 捕集	HPLC, LC/MS/MS
重金属類	フィルタ (HV) 捕集	原子吸光法, ICP-MS

3. 調査結果

3.1 経年変化

各物質の年平均値の経年変化を図2に示す。

全国平均は、「平成25年度大気汚染状況報告書平成27年8月環境省水・大気環境局」より、参考地点をのぞいた年平均値を用いた（平成26年度は未公表²⁾）。

本調査の中で、環境中の有害大気汚染物質による健康リスクの低減を図るための指針となる数値（以下「指針値」という。）が設定されている物質名と指針値を表3に示す。どの物質も調査期間中に指針値を超過したことはなかった。

表3 本調査の中で指針値が設定されている物質名と指針値

物質名	指針値（年平均値）
水銀	40ngHg/m ³ 以下
ニッケル	25ngNi/m ³ 以下
ヒ素	6ngAs/m ³ 以下
マンガン	140ngMn/m ³ 以下

経年変化は、いずれもほぼ横ばい、または緩やかな低下傾向である。大幅に高値となり全国平均を上回った物質名と地点名、年度及び濃度を表4にまとめた。ベリリウムは、平成17年度が高くなっているが、検出下限値以下の濃度であるため除外した。

表4 高値となった物質名と地点名、年度及び濃度

物質名	地点名	年度	濃度 (ng/m ³)
水銀	須崎市	H18	5.9
		H19	5.7
ベンゾ[a]ピレン	須崎市	H22	0.49
		H24	0.53
クロム	いの町	H25	10
ニッケル	須崎市	H17	12
		H18	8.6
		H19	8.6
	いの町	H25	11
	安芸市	H16	10

表4に示した各年度の月別濃度を、物質及び地点ごとに図3に示す。水銀、ベンゾ[a]ピレン及びクロムは、1～2回突出した濃度を示した月があったために年平均値が押し上げられている。このうち、いの町における平成25年度5月の粉じん試料は、採取中に大気導入ラインが脱落しており、土壌由来の影響を受けた可能性があり、クロム及びニッケルが高濃度となったと考えられる。

3.2 経月変化

各物質の月別平均値の経月変化を図4に示す。

アルデヒド類は、春季及び夏季に高濃度となる傾向がある。気温が上昇し、光化学反応による二次生成が寄与しているためと考えられる。水銀は、年間を通して変動が少ない。須崎市の12月と2月が高くなっているのは、図2でみられるように、平成18年度と平成19年度の該当月が高濃度であったことが影響している。ベンゾ[a]ピレンは、冬季に高く夏季に低い季節変動がみられる。これは、冬季は大気が安定し拡散しにくくなることや燃料使用量が増加すること、夏季は紫外線やオゾンなどによる分解が促進することなどが原因と考えられている^{3) 4)}。ヒ素も秋季から春季にかけて濃度が高くなる傾向にある。ベリリウム、マンガンは春季に高濃度となっている。黄砂による大陸からの移流が影響していると考えられる。ニッケルは、地点によりばらつきがみられる。

3.3 測定物質間の相関

各物質の月別濃度を用いて、測定物質間の相関をみた。測定地点別に表5から表7に示す。

須崎市では、ベリリウムとマンガンの間に強い正の相関がある。また、アセトアルデヒドとホルムアルデヒド、クロムとニッケル、クロムとベリリウム、クロムとマンガン、ニッケルとベリリウム及びニッケルとマンガンの間に中程度の正の相関がある。

いの町では、アセトアルデヒドとホルムアルデヒド、クロムとニッケル及びベリリウムとマンガンの間に中程度の正の相関がある。

安芸市では、ベリリウムとマンガンの間に強い正の相関がある。また、アセトアルデヒドとホルムアルデヒド、クロムとベリリウム、クロムとマンガンの間に中程度の正の相関があり、アセトアルデヒドと水銀の間に中程度の負の相関がある。

表5 測定物質間の相関（須崎市）

	アセトアルデヒド	ホルムアルデヒド	水銀	ベンゾ[a]ピレン	クロム	ニッケル	ヒ素	ベリリウム	マンガン
アセトアルデヒド									
ホルムアルデヒド	** 0.664								
水銀	** 0.293	-0.043							
ベンゾ[a]ピレン	0.044	-0.152	-0.021						
クロム	** 0.270	0.125	0.021	0.137					
ニッケル	* 0.202	* 0.190	0.169	-0.010	** 0.491				
ヒ素	0.078	-0.072	* 0.218	** 0.390	** 0.300	0.092			
ベリリウム	0.086	0.024	0.008	0.148	** 0.531	** 0.440	0.159		
マンガン	* 0.226	0.101	0.057	* 0.238	** 0.628	** 0.534	** 0.373	** 0.802	

表6 測定物質間の相関（いの町）

	アセトアルデヒド	ホルムアルデヒド	水銀	ベンゾ[a]ピレン	クロム	ニッケル	ヒ素	ベリリウム	マンガン
アセトアルデヒド									
ホルムアルデヒド	** 0.556								
水銀	* -0.230	-0.047							
ベンゾaピレン	-0.115	** -0.354	-0.056						
クロム	-0.114	0.038	0.053	0.174					
ニッケル	0.048	0.059	-0.042	-0.003	** 0.596				
ヒ素	-0.024	0.120	0.032	** 0.396	0.151	0.112			
ベリリウム	0.009	0.100	-0.155	-0.071	* 0.188	0.038	-0.049		
マンガン	* 0.196	0.073	0.024	* 0.231	** 0.297	** 0.317	** 0.260	** 0.404	

表7 測定物質間の相関（安芸市）

	アセトアルデヒド	ホルムアルデヒド	水銀	ベンゾ[a]ピレン	クロム	ニッケル	ヒ素	ベリリウム	マンガン
アセトアルデヒド									
ホルムアルデヒド	** 0.582								
水銀	** -0.504	** -0.338							
ベンゾaピレン	* -0.293	-0.260	** 0.385						
クロム	-0.001	0.067	0.138	* 0.296					
ニッケル	0.128	0.159	-0.109	0.173	0.237				
ヒ素	-0.113	0.086	0.105	0.141	0.168	0.091			
ベリリウム	-0.064	0.009	0.046	-0.047	** 0.456	0.165	* 0.338		
マンガン	-0.062	0.046	0.090	0.039	** 0.506	0.262	* 0.332	** 0.870	

母相関の帰無検定 *：両側確率5%以下 **：同 1%以下

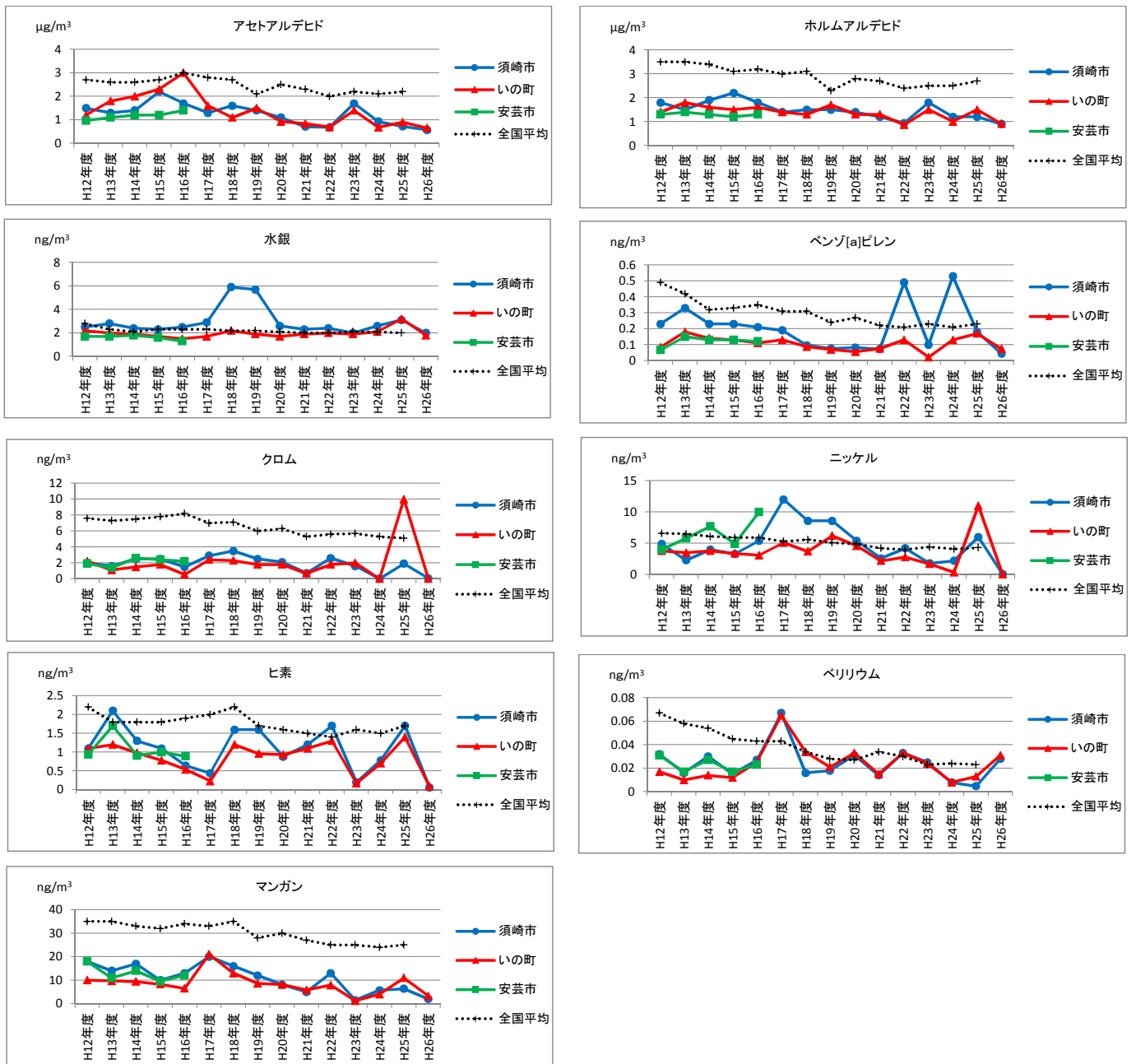


図2 年平均値の経年変化

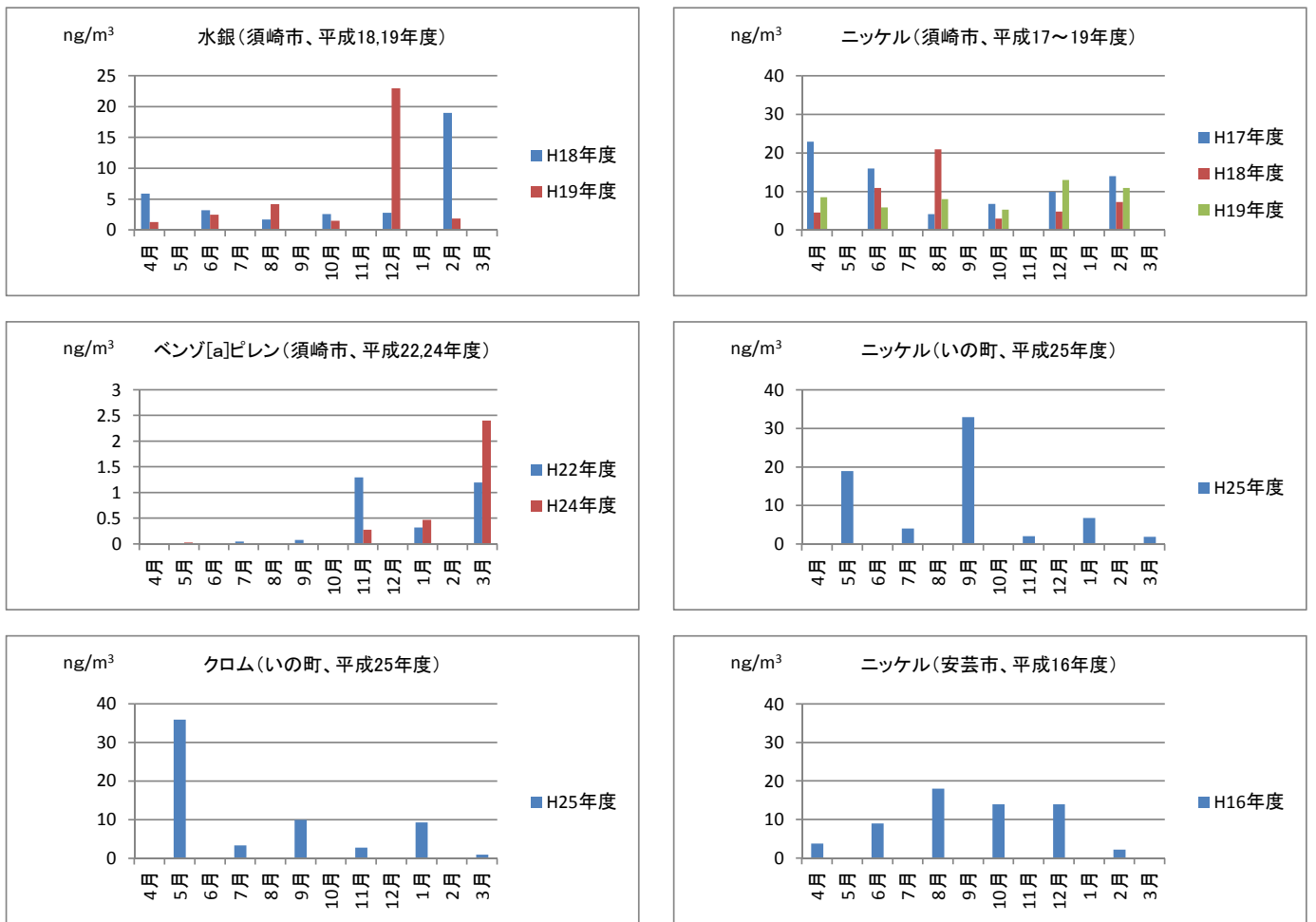


図3 高値となった年度の月別濃度(物質, 地点別)

4. まとめ

平成12年度から平成26年度までの有害大気汚染物質に関する調査の中で、アルデヒド類、水銀、ベンゾ [a] ピレン及び重金属類について、調査結果をまとめた。

経年変化は、どの物質もほぼ横ばい、または緩やかな低下傾向である。大幅に高値となり全国平均を上回った年度は、月濃度が一時的に高濃度となり年平均値を押し上げている物質があった。調査の頻度が、2ヶ月に1回に減少したことも影響

している。

経月変化は、ある程度の傾向が認められる物質があり、気象条件や移動発生源との関係が考えられた。

測定物質間の相関は、3地点においてベリリウムとマンガン及びアセトアルデヒドとホルムアルデヒドの間に、強いまたは中程度の正の相関が認められた。

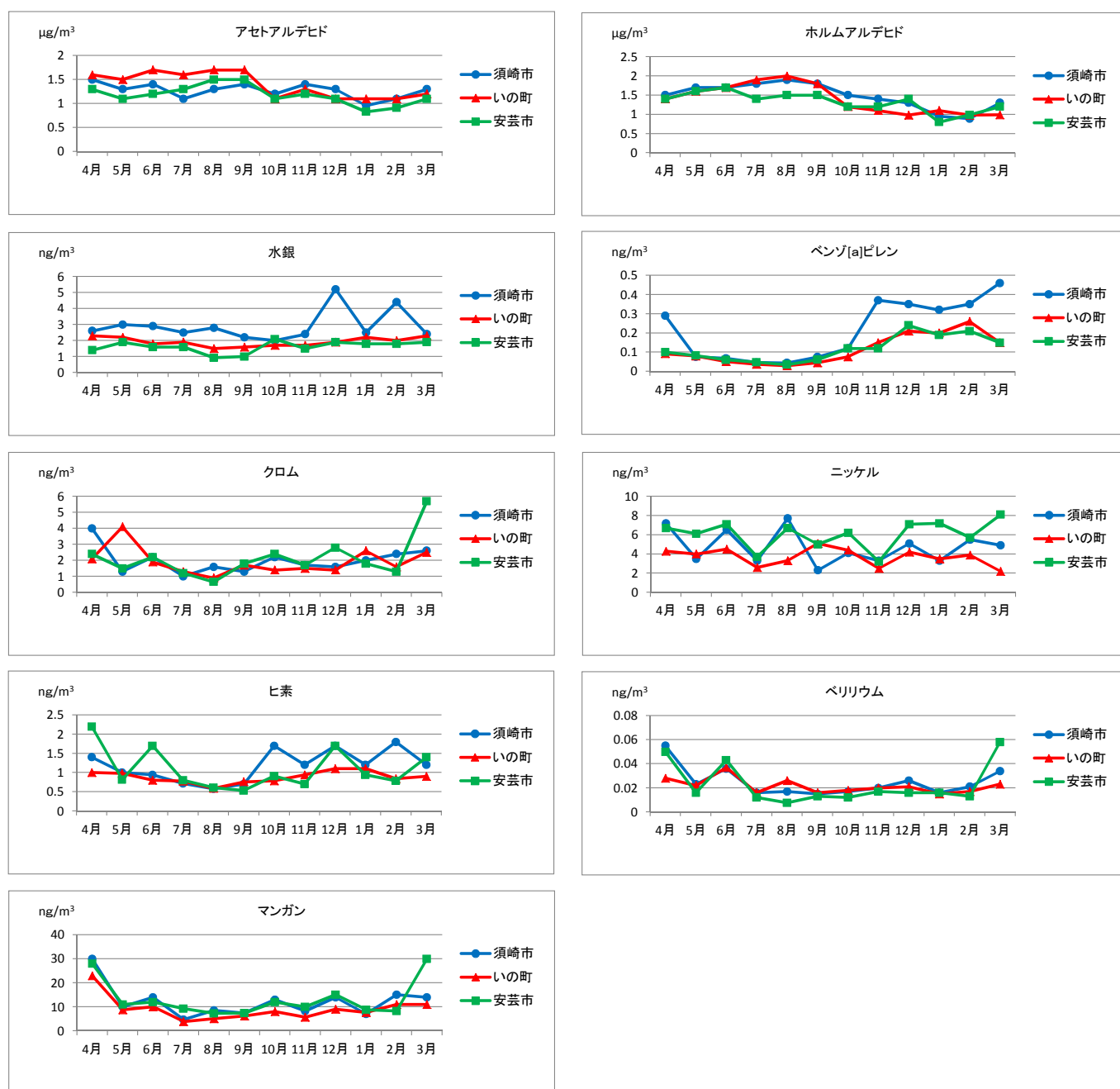


図4 月別平均値の経月変化（平成12年度～平成26年度）

文 献

- 1) 桑尾房子ら：高知県環境研究センター所報，26，37-48，2009
- 2) 環境省 水・大気環境局：平成25年度大気汚染状況報告書，140-146，2015

- 3) 植山洋一，熊谷宏之：福井県環境科学センター年報，28，99-103，1998
- 4) 久保隆，小野敏路，浦野紘平：大気環境学会誌，37 (2)，131-140，2002

2. 高知県における酸性雨調査（第15報）

本県における降水の特徴について

尾崎吉純・武市佳子・山下 浩・山村貞雄・坂本武大*・富田健介**

Acid deposition study of Kochi Prefecture (15TH)

The trend of wet deposition in Kochi prefecture

Yoshizumi Ozaki, Yoshiko Takechi, Hiroshi Yamashita,
Sadao Yamamura, Takehiro Sakamoto, Kensuke Tomita

【要旨】 2000年度から2013年度までの香北及び梶原の酸性雨測定局で採取した降水試料の分析結果から、本県の降水の特徴について取りまとめた。

pHの年間値は、香北及び梶原ともに4.6から5.0の範囲で推移しており、おおむね横ばいの傾向を示した。pHの月間値は、香北及び梶原ともに4.1から5.4の範囲で推移していた。

非海塩性硫酸イオン（以下「 $nss-SO_4^{2-}$ 」という。）及び硝酸イオンは、香北では年間値が7.2から18.9 $\mu\text{mol/L}$ 、5.2から13.6 $\mu\text{mol/L}$ の範囲で推移し、梶原では5.4から11.8 $\mu\text{mol/L}$ 、5.5から9.7 $\mu\text{mol/L}$ の範囲で推移しているが、濃度上昇傾向はみられなかった。

香北及び梶原間でのpH及び含有イオン濃度の相関関係をみたところ、pH及びカルシウムイオン、非海塩性カルシウムイオン（以下「 $nss-Ca^{2+}$ 」という。）において、正の相関関係がみられた。

key words：降水，相関，検定

1. はじめに

酸性雨については、1960年代に欧米において湖沼の酸性化及び森林被害が国際問題となり、1970年代には日本でも湿性大気汚染が問題となった¹⁾。

本県では、高岡郡梶原町に設置された国設酸性雨測定局が、東アジア酸性雨モニタリングネットワークに参加している。また、高知県が香美市香北町に設置した測定局が、全国環境研協議会による酸性雨全国調査に加わっており、これら両測定局で酸性雨の観測を行っている。梶原測定局では1999年から、香北測定局では1983年から測定を行っている。

梶原及び香北測定局では、降水試料の採取及びフィルターパック法による粒子及びガス物質の捕集を、併せて香北ではパッシブ法によるガス成分の捕集も行っている。降水試料の採取には、1983年度から1999年7月までは開放型ろ過式捕集装置を、以降は降水時開放型捕集装置（ウェットオン

リーサンプラー）を用い、降水中のイオン濃度等を分析している。

この度、2000年度から2013年度までの降水中のイオン成分等の調査結果から、香北及び梶原の降水の特徴についてまとめたので報告する。

2. 調査方法

2.1 調査地点

酸性雨の調査は、図1に示す測定地点に設置している降水捕集装置で行った。

梶原測定局は、高岡郡梶原町太郎川に位置し、県中央部から西北西へ約50kmの距離にある。本測定局は、四万十川の源流域にあり、測定局の周辺はほぼ山林である。局舎の周辺150m以内には、テレビや電話のアンテナが複数設置されているが、周辺10km以内には、固定発生源はない。

一方、香北測定局は、香美市香北町永瀬に位置し、県中央部から北東へ約30kmの距離にある。物部川中流域にあり、スギ及びヒノキを主

* 現幡多福祉保健所 ** 現環境対策課

とする森林に囲まれている。固定発生源として、10km南西に年排出量SO₂約4t、NO₂約0.6tの温水プールがあるが、そのほか半径10km以内に大きな発生源はない。

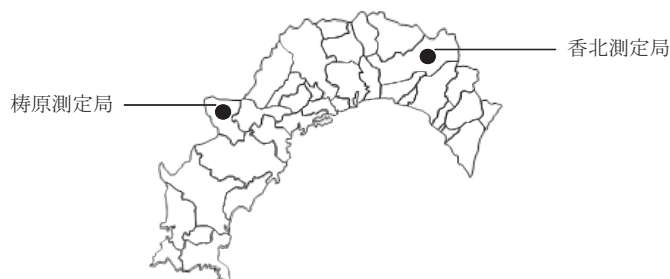


図1 調査地点

2.2 試料採取方法

2.2.1 梶原測定局

株式会社小笠原機器製作所のUS-420Sを用い、1日単位で降水試料を採取し、冷蔵保管を行った。

2.2.2 香北測定局

株式会社小笠原機器製作所のUS-330を用い、1週間または2週間単位で降水試料を採取し、冷蔵保管を行った。

2.3 調査期間

調査期間は、2000年4月から2014年3月までの14年間とした。

なお、香北測定局においては、2001年2月及び2012年7月から10月まで欠測となっている。梶原測定局においては、2001年1月が欠測となっている。

2.4 調査項目および分析方法

降水試料は、分析を行うまでの間冷蔵保存した。得られた降水試料は、0.45μmニトロセルロースろ紙でろ過を行い、イオン成分分析試料とした。また、ろ過しない降水試料をpH及び電気伝導度の測定試料とした。

分析イオン成分は、SO₄²⁻、NO₃⁻、Cl⁻、Na⁺、NH₄⁺、K⁺、Mg²⁺、Ca²⁺とし、イオンクロマトグラフ法により分析を行った。なお、SO₄²⁻及びCa²⁺濃度については、以下の式により海塩由来のイオンを差し引いた非海塩由来のイオン濃度(nss-SO₄²⁻、nss-Ca²⁺)

を算出した。

$$[\text{nss-SO}_4^{2-}] = [\text{SO}_4^{2-}] - 0.06028 \times [\text{Na}^+]$$

$$[\text{nss-Ca}^{2+}] = [\text{Ca}^{2+}] - 0.02161 \times [\text{Na}^+]$$

3. 結果および考察

3.1 降水量の推移

香北及び梶原での降水量の年間値の推移について、図2に示した。また、年間値及び月間値の最大値及び最小値について、表1に示した。

図3には、香北及び梶原での各月の降水量について示した。降水量は、1年の中では夏季に増加し、冬季に減少する傾向を示した。

3.2 pHの推移

香北及び梶原での降水のpHの年間値の推移について、図4に示した。また、年間値及び月間値の最大値及び最小値について、表1に示した。2000年以降は、香北及び梶原の降水pHは横ばいで推移している。

香北及び梶原での各月のpHについて、図5に示した。1年の中では、降水量の比較的少ない冬季にpHが低くなる傾向を示した。

3.3 アニオン濃度の推移

3.3.1 nss-SO₄²⁻濃度

香北及び梶原のnss-SO₄²⁻濃度の年間値の推移について、図6に示した。また、年間値及び月間値の最大値及び最小値について、表1に示した。

香北及び梶原での各月のnss-SO₄²⁻濃度について、図7に示した。梶原では、降水量の最も多い9月でnss-SO₄²⁻濃度が最も低い値を示し、降水量の最も少ない1月でnss-SO₄²⁻濃度が最も高い値を示した。一方で、香北では、降水量の最も多い7月ではなく9月にnss-SO₄²⁻濃度が最も低い値を示し、降水量の最も少ない1月でnss-SO₄²⁻濃度が最も高い値を示し、異なる挙動を示した。

3.3.2 NO₃⁻濃度

香北及び梶原のNO₃⁻濃度の年間値の推移について、図8に示した。また、年間値及び月間値の最大値及び最小値について、表1に示した。香北及び梶原のNO₃⁻濃度の推移は、おおむね類似した挙動を示し、nss-SO₄²⁻濃度の挙動と類似していた。

香北及び梶原での各月の NO_3^- 濃度について、図9に示した。 NO_3^- 濃度においても、 nss-SO_4^{2-} 濃度と同様の傾向を示し、梶原では降水量の最も多い9月に降水中の NO_3^- 濃度は最も低い値を示したが、香北では降水量の最も多かった7月ではなく9月に降水中の NO_3^- 濃度が最も低い値を示した。

3. 3. 3 Cl^- 濃度

香北及び梶原の Cl^- 濃度の年間値の推移について、図10に示した。また、年間値及び月間値の最大値及び最小値について、表1に示した。

香北及び梶原での各月の Cl^- 濃度について、図11に示した。香北では、降水中の Cl^- 濃度が8月又は9月に最も高い値を示したのに対して、梶原では12月又は1月に最も高い値を示した。香北の Cl^- 濃度が8月又は9月に最も高い値を示すのは、沿岸等を通過する台風の影響を大きく受けているものと考えられる。梶原では、香北ほど台風の影響がないためか、降水量の最も少ない1月に Cl^- 濃度が最も高い値を示したものと考えられる。

3. 4 カチオン濃度の推移

3. 4. 1 NH_4^+ 濃度

香北及び梶原の NH_4^+ 濃度の年間値の推移について、図12に示した。また、年間値及び月間値の最大値及び最小値について、表1に示した。 NH_4^+ 濃度の推移は、 nss-SO_4^{2-} 及び NO_3^- 濃度の推移と類似した挙動を示した。

香北及び梶原での各月の NH_4^+ 濃度について、図13に示した。香北及び梶原では、降水中の NH_4^+ 濃度は9月に最も低い値を示し、香北では1月に、梶原では3月に濃度が最も高い値を示した。いずれの場合も NH_4^+ 粒子が他の月より比較的高く、降水量が少ないためであると考えられる。 NH_4^+ 濃度についても、 nss-SO_4^{2-} 及び NO_3^- 濃度の推移と類似した挙動を示した。

3. 4. 2 nss-Ca^{2+} 濃度

香北及び梶原の nss-Ca^{2+} 濃度の年間値の推移について、図14に示した。また、年間値及び月間値の最大値及び最小値について、表1に示した。

香北及び梶原での各月の nss-Ca^{2+} 濃度について、図15に示した。香北及び梶原では、 nss-Ca^{2+} 濃度は

9月に最も低い値を示し、香北では4月に、梶原では3月に濃度が最も高い値を示した。濃度が最も高い値を示した3月又は4月は、本県は黄砂の影響を強く受けるためであると考えられる。

3. 4. 3 Na^+ 濃度

香北及び梶原の Na^+ 濃度の年間値の推移について、図16に示した。また、年間値及び月間値の最大値及び最小値について、表1に示した。 Na^+ 濃度の年間値の推移は、 Cl^- 濃度と同様の傾向を示した。

香北及び梶原での各月の Na^+ 濃度について、図17に示した。香北では、 Na^+ 濃度が8月又は9月に最も高い値を示したのに対して、梶原では12月又は1月に最も高い値を示し、 Cl^- 濃度と同様の挙動を示した。

3. 4. 4 K^+ 濃度

香北及び梶原の K^+ 濃度の年間値の推移について、図18に示した。また、年間値及び月間値の最大値及び最小値について、表1に示した。

香北及び梶原での各月の K^+ 濃度について、図19に示した。香北では、 K^+ 濃度が8月又は9月に最も高い値を示したのに対して、梶原では12月又は1月に最も高い値を示し、 Na^+ 及び Cl^- 濃度と同様の挙動を示した。

3. 4. 5 Mg^{2+} 濃度

香北及び梶原の Mg^{2+} 濃度の年間値の推移について、図20に示した。また、年間値及び月間値の最大値及び最小値について、表1に示した。

香北及び梶原での各月の Mg^{2+} 濃度について、図21に示した。香北では、 Mg^{2+} 濃度が8月又は9月に最も高い値を示したのに対して、梶原では12月又は1月に最も高い値を示し、 Na^+ 濃度及び K^+ 濃度、 Cl^- 濃度と同様の挙動を示した。

3. 5 降水試料のイオン構成

図22では、年間値からみた香北及び梶原の降水中の主要イオンの累計濃度について示した。主要構成イオンの累計濃度においては、香北及び梶原間での相関関係はみられなかった。

3. 6 降水試料の相関関係

3. 6. 1 同一測定地点でのイオン成分等の相関関係

表2及び表3に2週間又は1週間単位での測定値からみた香北又は梶原での相関関係を示した。梶原は1日単位の試料であるが、香北との関係を見るため、香北での採取周期に合わせて加重平均をとり、データとした。

香北では、 nss-SO_4^{2-} 及び NO_3^- 、 NH_4^+ 濃度は、相互に強い正の相関関係を示し、 nss-Ca^{2+} 濃度はこれらと中程度の相関を示した。

また、 Na^+ 及び K^+ 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 濃度についても、相互に強い正の相関関係を示した。

梶原でも、 nss-SO_4^{2-} 及び NO_3^- 、 NH_4^+ 濃度は、相互に強い正の相関関係を示し、 nss-Ca^{2+} 濃度はこれらと中程度の相関を示した。

また、 Na^+ 及び K^+ 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 濃度についても、相互に強い正の相関関係を示した。

3. 6. 2 香北及び梶原間でのイオン成分等の相関関係

表4に2週間又は1週間単位での測定値からみた香北及び梶原間の相関関係を示した。縦軸は梶原のパラメーターを、横軸は香北のパラメーターを示している。

香北及び梶原間では、 pH-pH 間、 $\text{Ca}^{2+}-\text{Ca}^{2+}$ 間、 $\text{nss-Ca}^{2+}-\text{nss-Ca}^{2+}$ 間で正の相関関係がみられた。約90km離れたこの二地点で、他の成分より相関が強いと言うことは、 nss-Ca^{2+} が他の成分より広域的な影響を受けていることを示しており、黄砂の影響が考えられる。

3. 6. 3 香北及び梶原間での各イオン成分等の関係

2週間又は1週間単位の測定値からみた香北及び梶原間での同一のイオン成分等の関係をみた。2週間又は1週間単位の測定値については、外れ値の影響を除くため、スミルノフ・グラブス検定を行い、5%水準での外れ値を棄却した結果についても示した。

図23から図31にイオン成分等の結果を示した。外れ値を棄却することで、上記 pH 、 Ca^{2+} 、 nss-Ca^{2+} 以外に、 NO_3^- でも相関が見られた。

3. 7 香北及び梶原における降水の類似性の評価

3. 7. 1 降水中のイオン成分等の平均値の推定

高知県全域で同一性状の雨水が降るものとして、香北及び梶原で得られた降水試料の測定値から、母平均を推定した。降水試料の測定値は正規分布に従うものとして平均値の95%信頼区間を求め、結果を表5に示した。

香北及び梶原間で相関の高かった pH 及び Cl^- 、 Na^+ 、 Mg^{2+} では、95%信頼区間が近接していた。一方、 pH と同様に相関の高かった nss-Ca^{2+} 及び nss-SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NH_4^+ の95%信頼区間は近接しておらず、類似性は認められなかった。

3. 8 強い相関が示された成分

3. 8. 1 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Cl^-

表2、3で示したとおり、これらの成分は相互に強い相関を示している。

これらの成分は海水に由来することが知られており、海上あるいは沿岸で巻き上げられた海塩粒子の移動が濃度の変動に関係していると考えられる。

しかし、すでに述べたように香北と梶原では高濃度を示す月が異なっている。

香北では8、9月に高濃度を示す月が多く、これらは台風など南からの強風をとともなう場合が多い。一方、梶原が高濃度を示す12月、1月は、香北では東よりの風が多いのに比べ、梶原ではほとんど北風となっており、風速も他の季節に比べて強くなっている。

以上から、海塩関係の成分は太平洋からの影響の他、冬季の梶原では日本海からの影響を受けていると考えられる。

なお、香北の K^+ に関する相関が他の成分に比べやや低くなっているが、今回の調査では原因は解明できなかった。

3. 8. 2 nss-SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NH_4^+

これらの成分は梶原、香北両地点で大変強い相関を示している。

SO_4^{2-} 、 NO_3^- の原因となる大気汚染物質 SO_2 、 NO の発生源には工場、自動車、火山などがあるが、中でも SO_2 は石炭・重油を燃料とする工場、 NO は自動車の影響が強いことが知られており、これら

の項目の相関は通常あまり高くない。

一方、 NH_4^+ は SO_4^{2-} と対となって長距離移動することが知られている。

以上から、これらの成分は遠隔発生源からの広域汚染によるものと考えられる。

4. まとめ

2000年から2013年度における香北及び梶原の湿性沈着の結果をとりまとめ、香北及び梶原のイオン成分等の相関関係をみることにより、香北及び梶原で採取された降水試料の共通性について調査した。

海塩粒子由来と考えられる Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Cl^- は、同一地点において相互に強い相関を示した。香北では主に夏期に高濃度を示し、これらは太平洋からの影響と考えられた。一方、梶原では冬季に高濃度となり、これらは日本海側からの影響と考えられた。

同一測定地点における、 nssSO_4^{2-} 及び NO_3^- 、 NH_4^+ は、相互に強い正の相関を示した。これらは遠隔汚染源からの広域汚染によるものと考えられたが、香北・梶原の地点間では強い相関は見られなかった。

香北、梶原の測定地点間では、他の成分に比べ Ca^{2+} が強い相関を示していた。約90km離れたこの2地点で、他の成分より相関が強いと言うことは、 nss-Ca^{2+} が他の成分より広域的な影響を受けていることを示しており、黄砂の影響が考えられる。

酸性雨調査は、湿性沈着及び乾性沈着などの複数の調査を行っており、今後は乾性沈着の視点も踏まえて、香北及び梶原のイオン成分の沈着を総合的に評価する必要がある。

5. 図表

5. 1 降水量

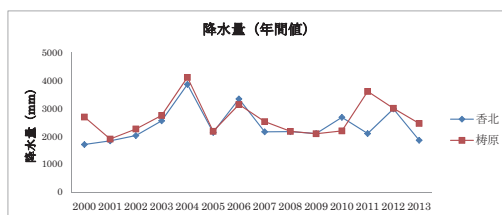


図2 降水量（年間値）の推移（2012年6月から11月までの香北の雨量は、永瀬ダムが別に観測している数値を用いた）

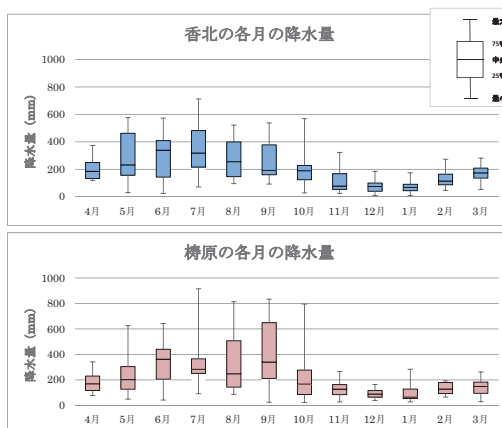


図3 各月の降水量（2012年6月から11月までの香北の雨量は、永瀬ダムが別に観測している数値を用いた）

5. 2 pH

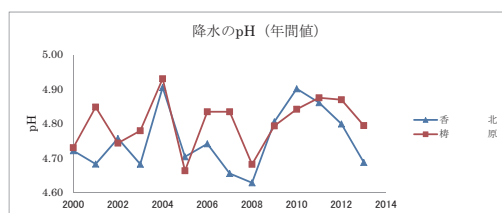


図4 降水のpHの推移（年間値）

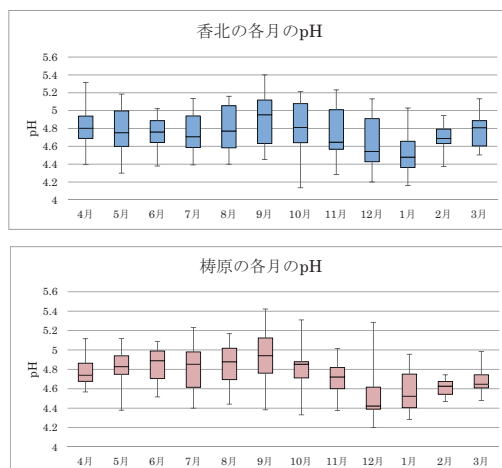


図5 各月のpH

5. 3 各イオン成分

5. 3. 1 nss-SO_4^{2-}

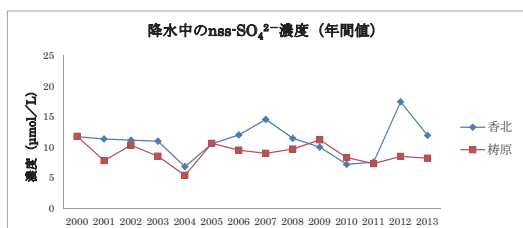


図6 降水中の nss-SO_4^{2-} 濃度の推移 (年間値)

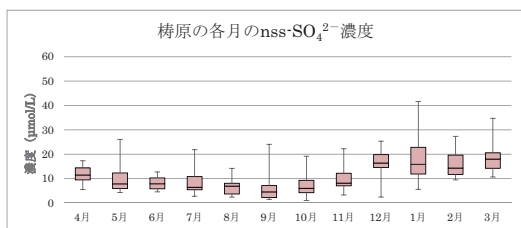
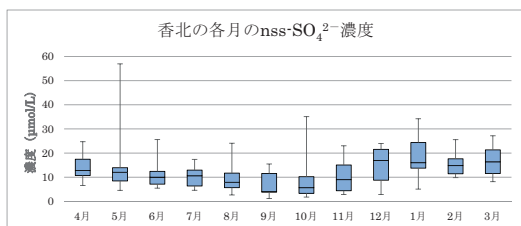


図7 各月の降水中 nss-SO_4^{2-} 濃度

5. 3. 2 NO_3^-

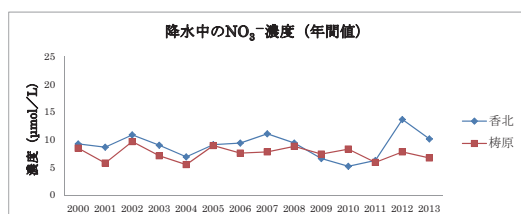


図8 降水中の NO_3^- 濃度の推移 (年間値)

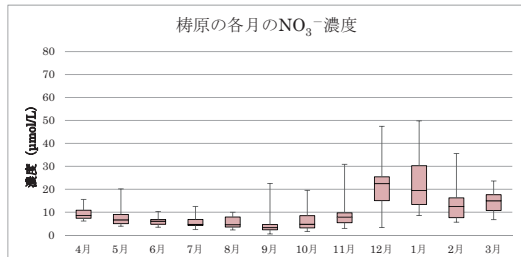
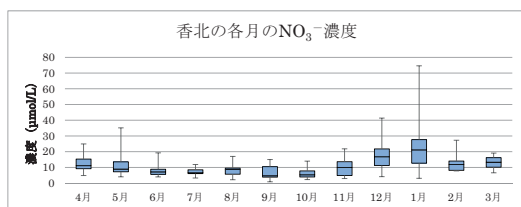


図9 各月の降水中 NO_3^- 濃度

5. 3. 3 Cl^-

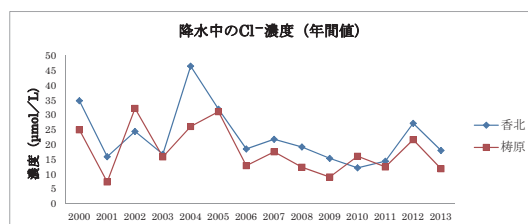


図10 降水中の Cl^- 濃度の推移 (年間値)

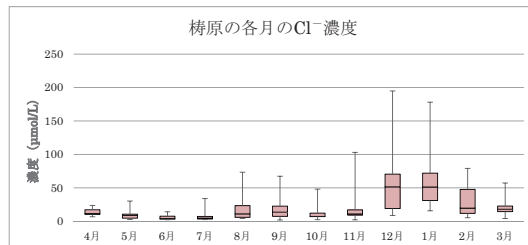
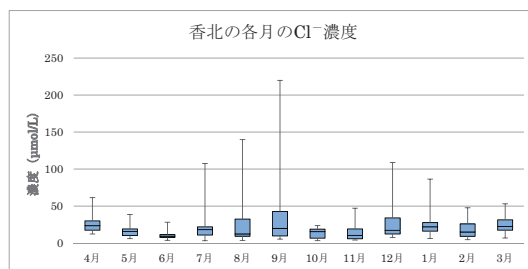


図11 各月の降水中 Cl^- 濃度

5. 3. 4 NH_4^+

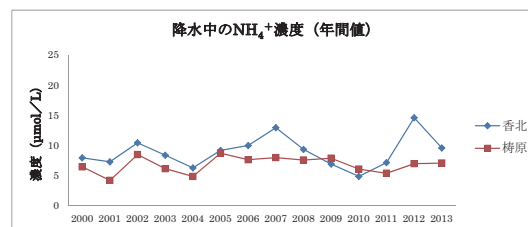


図12 降水中の NH_4^+ 濃度の推移 (年間値)

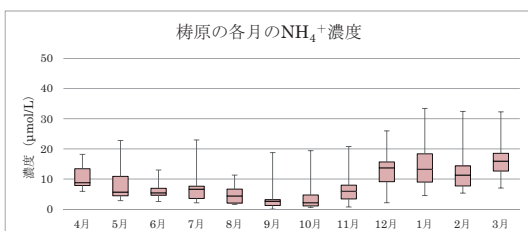
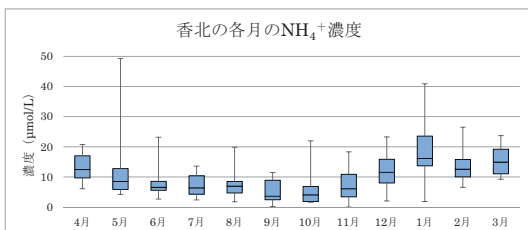


図13 各月の降水中 NH_4^+ 濃度

5. 3. 5 nss-Ca²⁺

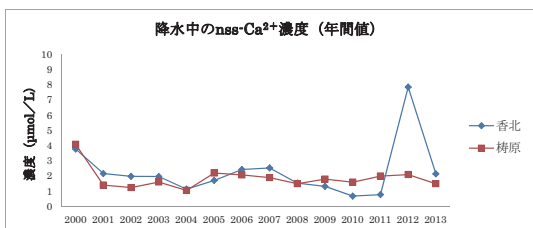


図14 降水中のnss-Ca²⁺濃度の推移 (年間値)

5. 3. 7 K⁺

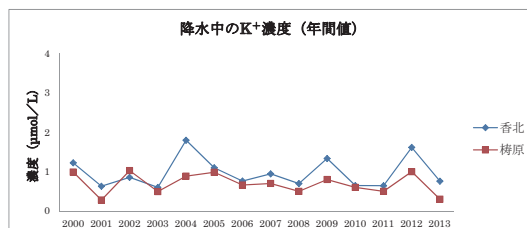


図18 降水中のK⁺濃度の推移 (年間値)

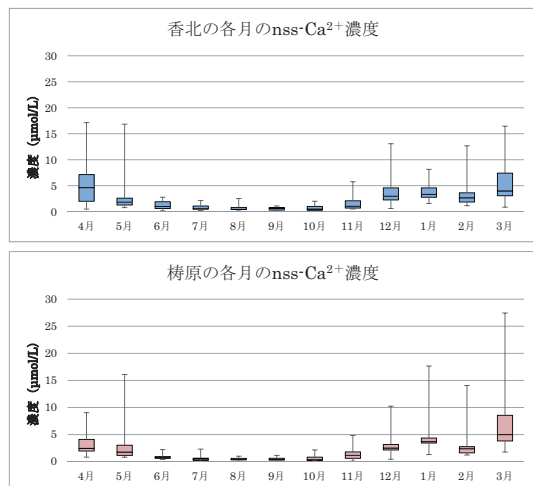


図15 各月の降水中nss-Ca²⁺濃度

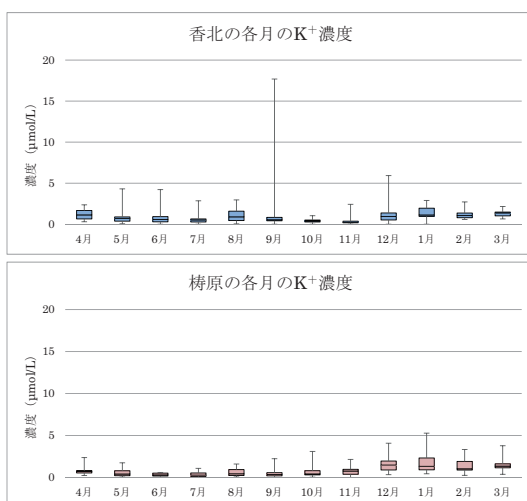


図19 各月の降水中K⁺濃度

5. 3. 6 Na⁺

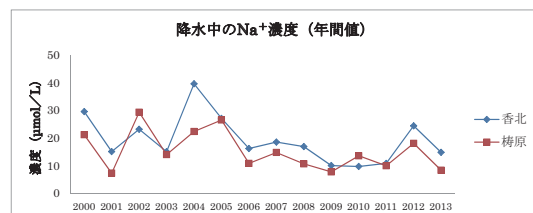


図16 降水中のNa⁺濃度の推移 (年間値)

5. 3. 8 Mg²⁺

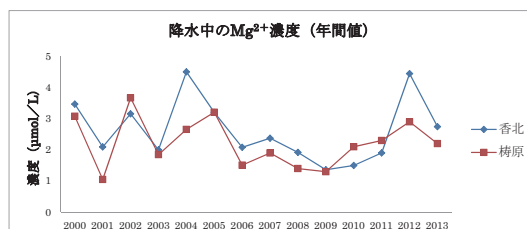


図20 降水中のMg²⁺濃度の推移 (年間値)

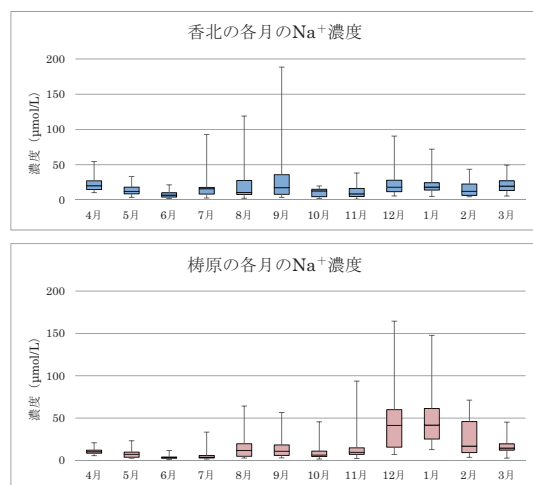


図17 各月の降水中Na⁺濃度

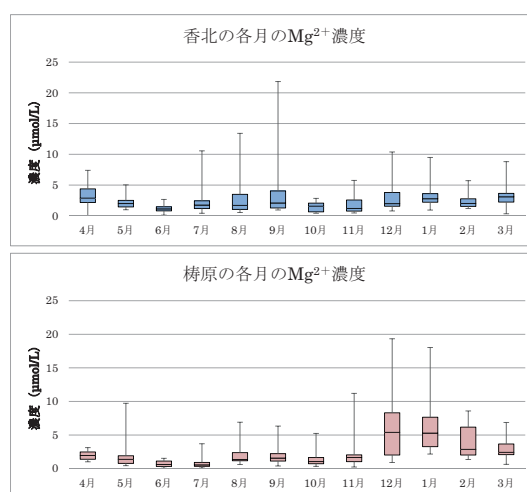


図21 各月の降水中Mg²⁺濃度

5. 3. 9 各イオンの累計濃度

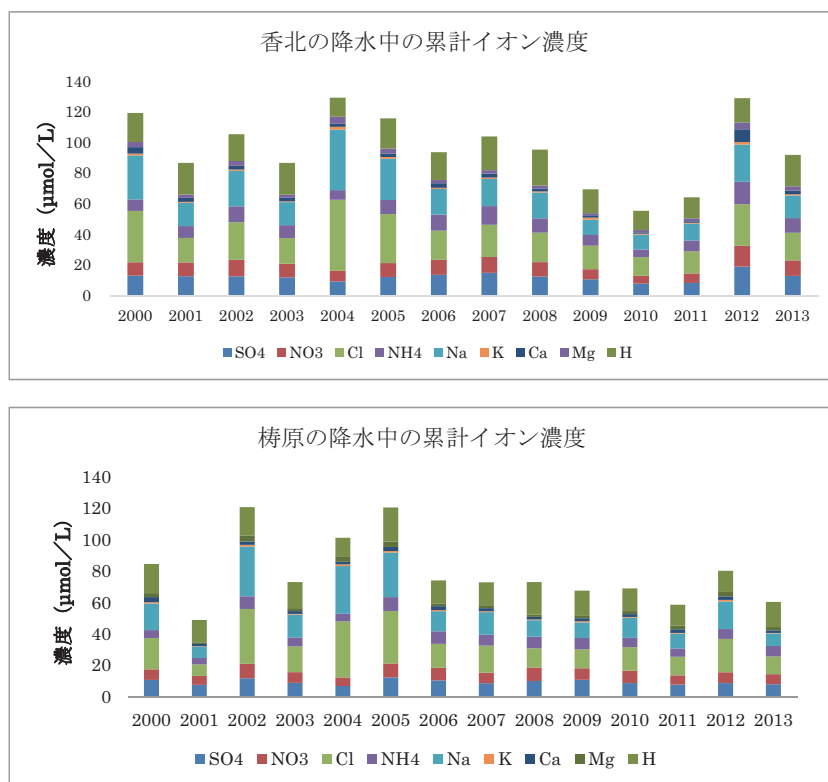


図22 降水の累計イオン濃度（年間値）

5. 4 降水中のイオン成分等の年間値及び月間値

表1 香北及び梶原の降水中のイオン成分等の最大値又は最小値

	香 北						梶 原					
	年 間 値			月 間 値			年 間 値			月 間 値		
	最大	最小	標準偏差	最大	最小	標準偏差	最大	最小	標準偏差	最大	最小	標準偏差
降水量 (mm)	3872	1841	732	712.5	9.0	149.4	4124	2096	590	914.9	21.0	186.2
pH	4.9	4.6	0.1	5.4	4.1	0.3	4.9	4.7	0.1	5.4	4.2	0.2
nss-SO ₄ ²⁻ (μmol/L)	18.9	7.2	2.7	57.0	1.1	7.7	11.8	5.4	1.5	76.4	1.0	7.0
NO ₃ ⁻ (μmol/L)	13.6	5.2	2.2	74.6	0.8	8.8	9.7	5.5	1.2	58.8	1.4	8.8
Cl ⁻ (μmol/L)	46.6	12.2	9.4	219.8	0.6	25.5	32.2	7.4	9.3	194.5	2.1	29.0
NH ₄ ⁺ (μmol/L)	16.4	4.9	2.5	49.3	0.0	7.6	8.7	4.2	1.4	34.3	0.0	6.9
nss-Ca ²⁺ (μmol/L)	7.8	0.7	1.8	37.2	0.0	3.3	4.1	1.1	0.5	26.7	0.1	3.7
Na ⁺ (μmol/L)	36.4	9.7	8.4	188.4	1.1	22.0	29.2	7.4	8.3	164.2	1.0	25.1
K ⁺ (μmol/L)	1.8	0.6	0.4	17.7	0.0	1.6	1.0	0.3	0.3	5.3	0.0	0.9
Mg ²⁺ (μmol/L)	4.5	1.4	1.0	21.8	0.0	2.6	3.7	1.1	0.5	19.3	0.0	3.1

5. 5 降水中のイオン成分等の相関関係

表2 香北の降水試料に係る測定値の相関関係 (n=338)

	pH	導電率	SO ₄ ²⁻	nss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	nss-Ca ²⁺	Mg ²⁺	降水量
pH	1.00												
導電率	-0.63	1.00											
SO ₄ ²⁻	-0.63	0.94	1.00										
nss-SO ₄ ²⁻	-0.65	0.91	0.99	1.00									
NO ₃ ⁻	-0.46	0.93	0.87	0.84	1.00								
Cl ⁻	-0.28	0.78	0.64	0.55	0.70	1.00							
NH ₄ ⁺	-0.50	0.91	0.93	0.92	0.94	0.63	1.00						
Na ⁺	-0.26	0.78	0.64	0.55	0.72	1.00	0.64	1.00					
K ⁺	-0.16	0.54	0.55	0.50	0.49	0.66	0.50	0.66	1.00				
Ca ²⁺	-0.14	0.64	0.72	0.69	0.72	0.57	0.71	0.59	0.58	1.00			
nss-Ca ²⁺	-0.11	0.58	0.68	0.67	0.68	0.48	0.68	0.50	0.53	0.99	1.00		
Mg ²⁺	-0.25	0.79	0.69	0.61	0.75	0.98	0.68	0.98	0.71	0.70	0.62	1.00	
降水量	0.42	-0.28	-0.33	-0.35	-0.28	-0.07	-0.30	-0.07	-0.14	-0.24	-0.25	-0.11	1.00

表3 梶原の降水試料に係る測定値の相関関係 (n=339)

	pH	導電率	SO ₄ ²⁻	nss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	nss-Ca ²⁺	Mg ²⁺	降水量
pH	1.00												
導電率	-0.74	1.00											
SO ₄ ²⁻	-0.77	0.93	1.00										
nss-SO ₄ ²⁻	-0.80	0.86	0.98	1.00									
NO ₃ ⁻	-0.64	0.87	0.86	0.82	1.00								
Cl ⁻	-0.39	0.85	0.68	0.53	0.69	1.00							
NH ₄ ⁺	-0.65	0.73	0.87	0.89	0.82	0.45	1.00						
Na ⁺	-0.38	0.84	0.67	0.53	0.67	1.00	0.44	1.00					
K ⁺	-0.45	0.82	0.78	0.69	0.79	0.85	0.70	0.85	1.00				
Ca ²⁺	-0.27	0.56	0.66	0.62	0.70	0.55	0.63	0.54	0.71	1.00			
nss-Ca ²⁺	-0.22	0.44	0.59	0.58	0.63	0.39	0.60	0.39	0.60	0.99	1.00		
Mg ²⁺	-0.39	0.84	0.70	0.57	0.72	0.98	0.51	0.97	0.88	0.66	0.52	1.00	
降水量	0.56	-0.35	-0.42	-0.45	-0.40	-0.14	-0.41	-0.14	-0.24	-0.26	-0.25	-0.17	1.00

表4 香北及び梶原の降水試料にかかる測定値の相関関係 (n=330)

	香 北													
	pH	導電率	SO ₄ ²⁻	nss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	nss-Ca ²⁺	Mg ²⁺	降水量	
梶 原	pH	0.66	-0.40	-0.43	-0.45	-0.30	-0.13	-0.33	-0.12	-0.09	-0.17	-0.16	-0.13	0.50
	導電率	-0.49	0.51	0.50	0.49	0.44	0.38	0.44	0.36	0.19	0.33	0.31	0.37	-0.38
	SO ₄ ²⁻	-0.51	0.51	0.55	0.56	0.45	0.31	0.49	0.30	0.19	0.40	0.39	0.33	-0.41
	nss-SO ₄ ²⁻	-0.52	0.48	0.55	0.56	0.41	0.24	0.47	0.23	0.16	0.37	0.37	0.27	-0.42
	NO ₃ ⁻	-0.48	0.57	0.56	0.57	0.57	0.35	0.57	0.33	0.21	0.42	0.41	0.36	-0.42
	Cl ⁻	-0.26	0.43	0.36	0.33	0.42	0.48	0.36	0.47	0.23	0.35	0.32	0.46	-0.23
	NH ₄ ⁺	-0.44	0.44	0.51	0.52	0.42	0.23	0.50	0.22	0.17	0.38	0.38	0.26	-0.39
	Na ⁺	-0.26	0.42	0.35	0.32	0.41	0.48	0.35	0.47	0.23	0.34	0.31	0.46	-0.22
	K ⁺	-0.32	0.51	0.49	0.47	0.51	0.47	0.50	0.46	0.29	0.48	0.46	0.48	-0.30
	Ca ²⁺	-0.19	0.44	0.49	0.48	0.50	0.36	0.50	0.36	0.24	0.62	0.62	0.42	-0.27
	nss-Ca ²⁺	-0.15	0.40	0.47	0.46	0.47	0.30	0.48	0.30	0.21	0.61	0.62	0.37	-0.25
	Mg ²⁺	-0.27	0.46	0.41	0.37	0.46	0.49	0.41	0.48	0.25	0.41	0.38	0.49	-0.25
	降水量	0.41	-0.21	-0.28	-0.32	-0.23	0.08	-0.25	0.08	0.01	-0.18	-0.21	0.04	0.75

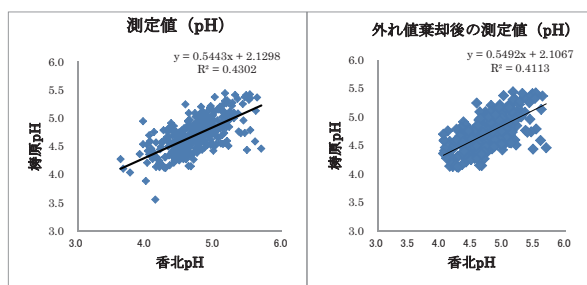


図23 香北及び梲原の降水pH

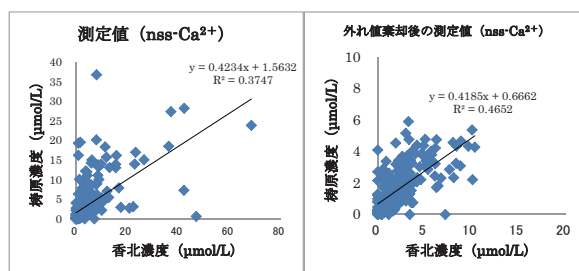


図28 香北及び梲原の降水中のnss-Ca²⁺濃度

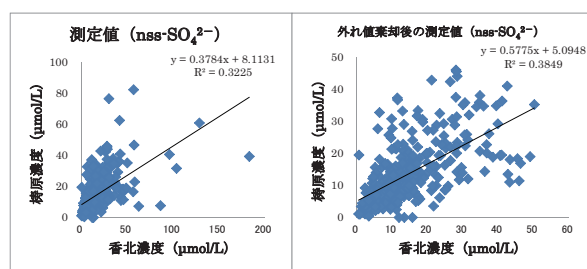


図24 香北及び梲原の降水中のnss-SO₄²⁻濃度

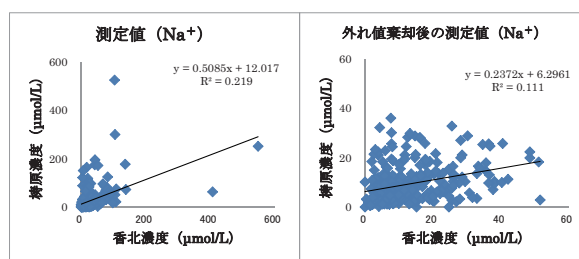


図29 香北及び梲原の降水中のNa⁺濃度

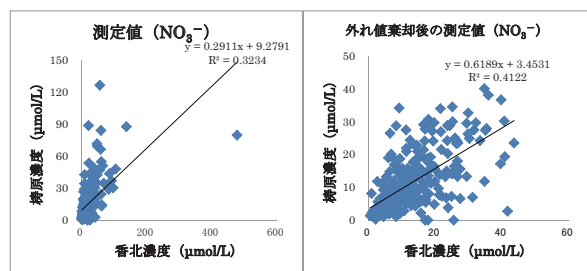


図25 香北及び梲原の降水中のNO₃⁻濃度

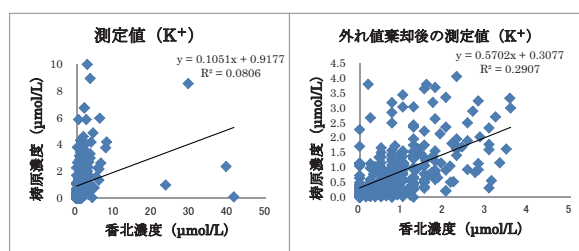


図30 香北及び梲原の降水中のK⁺濃度

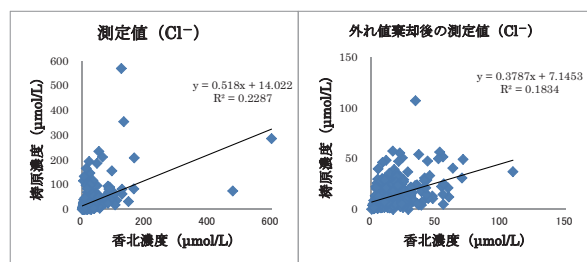


図26 香北及び梲原の降水中のCl⁻濃度

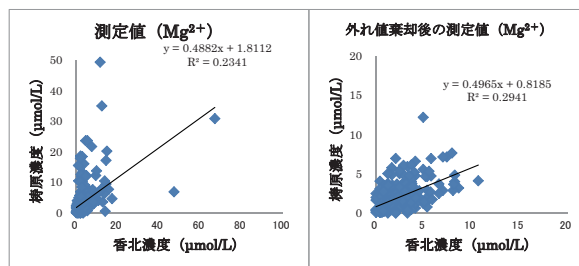


図31 香北及び梲原の降水中のMg²⁺濃度

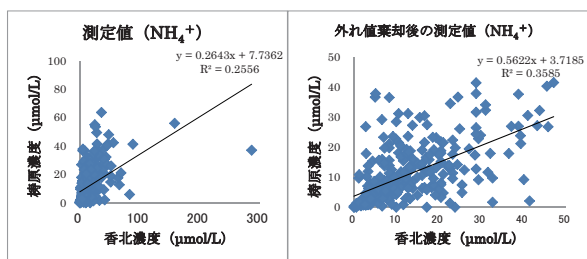


図27 香北及び梲原の降水中のNH₄⁺濃度

5.6 母平均の区間推定

表5 香北及び梶原の測定値から推定した高知県の降水のイオン成分等の平均値の95%信頼区間（香北はn=348, 梶原はn=345, pHのみ単位なし, イオン成分の単位は $\mu\text{mol/L}$ ）

	95%区間			
	香 北		梶 原	
	下 限	上 限	下 限	上 限
pH	4.07	4.53	4.15	4.56
nss-SO ₄ ²⁻	18.24	52.87	15.44	38.31
NO ₃ ⁻	19.25	76.62	15.52	45.28
Cl ⁻	29.66	120.13	31.26	129.05
NH ₄ ⁺	16.57	57.21	12.67	34.63
nss-Ca ₂ ⁺	4.19	17.37	3.45	12.57
Na ⁺	25.82	106.95	26.70	113.41
K ⁺	1.75	8.88	1.18	3.85
Mg ²⁺	3.52	13.42	3.71	13.58

文 献

- 環境省：越境大気汚染・酸性雨長期モニタリング報告書, 2014
- 川村速雄ら：高知県における酸性雨調査（第1報）, 高知県公害防止センター所報, 1, 105-112, 1984
- 樋口美和ら：高知県における酸性雨調査（第3報）, 高知県公害防止センター所報, 5, 29-35, 1988
- 岡林理恵, 鎮西正道, 近澤紘史：高知県における酸性雨調査（第5報）, 高知県公害防止センター所報, 7, 34-41, 1990
- 岡林理恵, 鎮西正道, 近澤紘史：高知県における酸性雨調査（第7報）, 高知県公害防止センター所報, 9, 35-39, 1992
- 鎮西正道ら：高知県における酸性雨調査（第8報）, 高知県公害防止センター所報, 11, 49-68, 1994
- 植松広子ら：高知県における酸性雨調査（第9報）, 高知県環境研究センター所報, 15, 117-124, 1998
- 山村貞雄, 武市佳子：高知県における酸性雨調査（第12報）, 高知県環境研究センター所報, 23, 21-26, 2006
- 富田健介, 桑尾房子：高知県における酸性雨調査（第13報）, 高知県環境研究センター所報, 28, 25-30, 2011
- 全国環境研会誌事務局：全国環境研会誌, 39 (3), 100-146, 2014
- 西川嘉範：大阪府環境農林水産総合研究所研究報告, 2, 1-14, 2009

3. 高知県に発生した地下水の六価クロム汚染 (第2報)

大森真貴子・田嶋 誠・小松隆志*

The Groundwater pollution by hexavalent chromium in Kochi Prefecture (Part2)

Makiko Oomori, Makoto Tajima, Takashi Komatsu

【要旨】 2007年7月に、水質汚濁防止法に基づく地下水概況調査の対象井戸から、地下水の水質環境基準値(0.05mg/L)を超過する六価クロムが検出された。その後周辺調査を実施したところ、汚染は周辺地下水の流水方向に帯状に広がり、六価クロム濃度の上昇も確認できた。発見から3週間あまりで工場からの有害物質による土壌汚染であることが判明し、汚染の拡大をくい止めることができた。8年後の現在、採水回数、採水地点数は発生当初からは減少しているが、モニタリング調査は継続して行っている。現在の採水地点での六価クロム濃度は、定量下限値(0.02mg/L)未満を示し、天候にかかわらず検出することはなくなった。

key words : 六価クロム, 地下水汚染, モニタリング調査

1. はじめに

一般的に、水質に関する事故においては、人の健康被害が広範囲に広がる可能性が大きいいため、発見から迅速な対応が必要となる。まず、第一に関係者への情報収集と情報の周知、第二に原因の究明と発生源の対策、第三に緊急的な対応と長期的な対応が考えられる。

今回の地下水汚染は、常時監視地点の地下水水質検査の際、通常時との相違を感じた測定機関からの報告で始まり、汚染の初期段階で対応することができ、大きな汚染事故に発展しなかった。

また、汚染源の企業、住民、市町村、県関係機関が協力体制を築き、汚染に対しできる限りの対応を行ってきたことにより、健康被害への拡大を防止することができた。2007年から8年間、土壌汚染対策では短い期間であるが、一定の傾向が見え始めたことより、第1報に続き報告する。

2. 地下水汚染の発見経緯

今回の地下水汚染については、高知県が水質汚濁防止法第15条に基づいて行っている地下水の常時監視によって発見された。この調査は毎年違う地点を選定しており、地下水の水位の高い時期と低い時期の年2回実施されている。今回、高水位

期である7月に採水地点の1つから0.12mg/Lの六価クロムが検出された。検出された井戸の再検査を行い、六価クロムの検出が確認されたため、地下水汚染を疑い、周辺井戸12か所について水質調査を実施した。しかし、それらの調査井戸には影響が認められなかった。その後台風による大雨のため調査は中断するが、後日の調査では周辺井戸4か所のうち2か所で六価クロムが検出された。第一発見井戸の六価クロム濃度は発見から2週間で1.1mg/Lとなった。これらことから、地下水汚染と判断され、地域住民への周知とともに、調査井戸を拡大していった。

3. 汚染の状況

汚染の状況については、山中らの第1報¹⁾において、詳細な汚染状況は述べられているため、ここでは概略だけを述べる。

汚染の原因となった工場は、薬液の漏出防止策として厚さ35cmのコンクリート壁でプール状のピットを設け、この中に処理槽を設置して六面管理をしていた。今回の六価クロムによる地下水汚染の情報を得て、行政と工場側による調査を行ったが、目視調査では異常は見つけられなかった。その後、再度工場側が自主調査を行ったところ、クロムメッキ槽の漏出防止ピットに異常が見

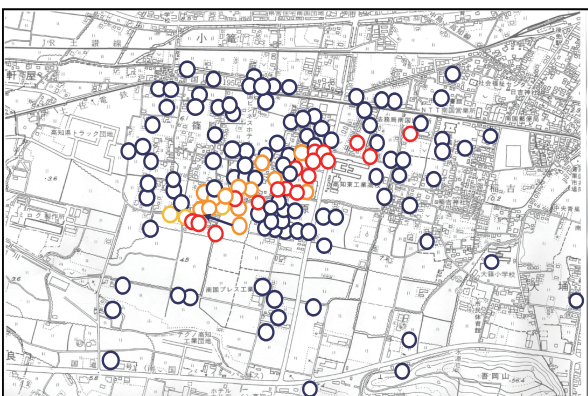
* 現衛生研究所

つかった。メッキ槽を撤去してピット底部のコンクリートを抜き取り調査したところ、裏面にクロム漏出が確認され、土壌溶出試験で国の基準値(250mg/kg)を大幅に超える560mg/kgの六価クロムが検出された。工場側から県に報告があり、2007年7月31日に報道機関へ公表された。その後2008年2月19日に土壌汚染対策法に基づく指定区域に指定された。

4. 汚染の広がり と 調査地点の変動

4.1 汚染の広がり

地下水への汚染が見つかったからは、周辺に上水道の水源や飲用井戸があるため早急な対応が必要となった。調査を行う井戸を汚染井戸の周辺地域のみでなく、調査範囲を拡大して井戸を選定し、汚染範囲の確認を急いだ。この周辺は現在でも地下水を多く利用する地域であったこともあり、詳細な調査を行い、汚染の広がりを細かく確認することができた。当初は汚染の広がりの確認とともに、汚染源の発見も緊急を要しており、第一発見井戸から全方向に調査を広げ、合計173地点の井戸を調査した。その結果は図1に示したとおりであり、六価クロムが検出された井戸の状況より汚染源や地下水の流水方向が推定され、汚染範囲が特定できた。



赤色：検出井戸（環境基準値超過）
 黄色：検出井戸（環境基準値以下）
 青色：未検出井戸

図1 初期調査地点と六価クロム検出結果 (2007年8月)

4.2 調査地点の変動

初期調査地点での測定結果と、地質や地形から考えられた地下水の汚染予測が合致したことにより、汚染源の推定と調査地点の絞り込みが行われ

た。その後汚染源が判明し、汚染土壌の除去や通水洗浄や地下水のくみ上げなど工場側の汚染対策が進んでいくことになった。それらの汚染対策により六価クロム濃度にも変化がみられ、これ以上の汚染拡大はなくなった。六価クロム濃度の低下に伴い、表1のように水質調査の頻度や調査地点数も変化していった。

表1 調査地点の変動

調査期間	水質調査の頻度	調査井戸数	Cr ⁶⁺ 検出値 (mg/L)
2007年7月～8月まで	1回のみ	154	<0.02～1.1
2007年7月	1回/日	19	<0.02～1.1
2007年8月～2009年1月まで	1回/週	16	<0.02～0.68
2009年2月～2011年12月まで	1回/月	16	<0.02～0.06
2012年1月～2013年3月まで	1回/2ヶ月	16	<0.02～0.03
2013年4月～2015年3月まで	5, 7, 9, 1月	16 (1月モニタリング井戸のみ)	<0.02
2015年4月～現在	5月	モニタリング井戸+1	<0.02
	7月	13	
	9月	モニタリング井戸+1	
	1月	モニタリング井戸	

4.3 モニタリング井戸の設置

汚染源の確定後の2007年8月下旬、汚染源の工場から地下水の流水方向に位置する場所に基礎調査を行うためのモニタリング井戸を設置した。このモニタリング井戸は他の調査対象井戸よりも汚染源に近い場所に位置しており、その概要は図2のとおりである。

モニタリング井戸では汚染発見当初に連続水位測定を実施し、また採水には1mの井戸用採水器を用い、地表面から4.20m～5.20mの上層と6.55m～7.55mの中層と8.65m～9.65mの下層を撈拌することなく層別に採水した。

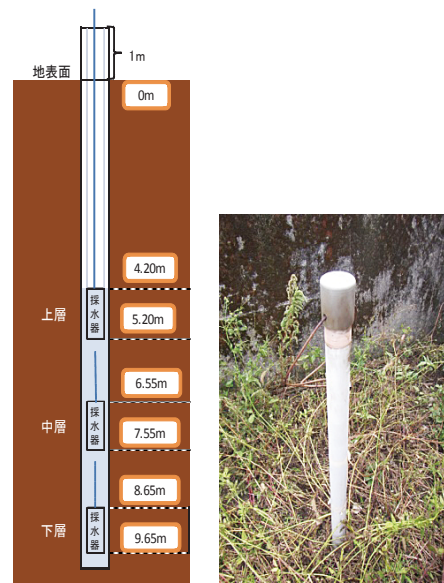


図2 モニタリング井戸の概要

5. 地下水モニタリング調査

5.1 試験項目の決定

発見当初に行った汚染井戸の水質調査の結果は、表2のとおりであり、クロム以外の項目については目立った値は見られなかった。このことから、今回の地下水汚染の試験項目については、地下水の常時監視で検出された六価クロムの測定のみとなった。その他基礎データとして、採水時には気温、水温、pH、電気伝導度の測定を行った。

表2 汚染井戸の水質測定結果

元素	単位 (mg/L)		
	汚染井戸 1		汚染井戸 2
	2007.7.11	2007.7.17	2007.7.17
B	<0.0004	0.021	0.017
Al	0.0087	0.0013	<0.0002
Cr	0.227	0.337	0.064
Mn	<0.00003	0.0022	<0.00003
Fe	0.161	0.28	0.017
Ni	<0.00001	<0.00001	<0.00001
Cu	0.0025	<0.00002	<0.00002
Zn	<0.0002	<0.0002	<0.0002
As	<0.000008	<0.000008	<0.000008
Se	0.0035	<0.0005	<0.0005
Mo	<0.00007	<0.00007	<0.00007
Cd	<0.000003	<0.000003	<0.000003
Sb	<0.000002	<0.000002	<0.000002
Pb	<0.00003	0.00008	0.00028
Cr ⁶⁺	0.20	0.27	0.07

	Anion (mmol/L)					Cation (mmol/L)					Ratio			
	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻ -N	PO ₄ ³⁻ -P	H ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	Anion	Cation
汚染井戸 (2007/7/19)	0.83	0.15	0.28	0.27	0.00	0.00	0.27	0.04	1.42	0.22	0.01	1.54	1.95	1.26
	0.94	0.17	0.28	0.29	0.00	0.00	0.29	0.03	1.31	0.19	0.01	1.69	1.83	1.09
	0.86	0.17	0.25	0.16	0.00	0.00	0.28	0.02	1.04	0.24	0.01	1.43	1.60	1.12
非汚染 井戸 (2007/7/19)	0.83	0.16	0.26	0.17	0.00	0.00	0.29	0.02	1.08	0.22	0.01	1.43	1.62	1.14
	0.9	0.15	0.27	0.24	0.00	0.00	0.27	0.03	1.29	0.19	0.01	1.55	1.79	1.15
	1.07	0.16	0.28	0.28	0.00	0.00	0.28	0.04	1.42	0.22	0.01	1.79	1.96	1.10

5.2 試験方法

六価クロムの測定については、JIS K 0102のジフェニルカルバジド吸光光度法で行った。試験管に検体10mLを採取し、(1+9)硫酸0.5mL、ジフェニルカルバジド溶液0.2mLを加えて発色させ、15分以内に波長540nmで吸光度を測定した。定量下限値は0.02mg/L、有効数字未満は切り捨てとした。

6. 結果

6.1 六価クロムの検出状況と今後

2007年7月3日の地下水の水質概況調査により汚染が発見された地点（以下、「汚染発見井戸」という。）で0.12mg/Lの六価クロムが検出され、その後、同じ汚染発見井戸について、7月19日には六価クロム濃度が発見時の10倍の1.1mg/Lと急激な増加を示した。他の調査井戸についても、上昇傾向を示したが、汚染発見井戸の検出濃度までは上昇しなかった。

高濃度が7月末まで検出され続けたが、その後1.1mg/L以上を示すことはなく減少傾向になり、2007年末までに発見時の濃度以下である0.06mg/Lまで低下した。その後ゆるやかな減少に変化し、2008年末には定量下限値の0.02mg/Lとなった。発生当時から現在までの継続調査の井戸の状況を図3に示した。

減少後も低濃度での検出は続き、第1報で述べたように、地下水の水位の上昇によっては再度上昇することがあり、2010年8月までは水質環境基準値0.05mg/Lを超えて検出することがあった。しかし、現在は降水量が増加して水位が上昇してもほとんど変化はなく、環境基準値以下の濃度が続いている状況である。汚染発見井戸とモニタリング井戸の六価クロムの検出状況と降水量を図4に示す。

また、汚染範囲についても図5に示すとおり縮小しており、2010年8月にモニタリング井戸で0.10mg/L検出されたのが最後となり、現在は全調査地点で地下水の環境基準値以上の六価クロムは検出されていない。

汚染源の工場は土壤汚染対策法に基づく指定区域のため、現在も汚染対策が継続して行われている。調査井戸の六価クロム濃度は定量下限値(0.02mg/L)未満を示しており、汚染対策が適切に行われていると考えられ、今後も工場側の通水洗浄等の汚染対策は継続していく必要があると思われる。また、モニタリング調査についても、汚染源の工場が同じ汚染対策を継続している間は、現状の継続が望ましいと考える。しかし、モニタリング調査の実施方法については、地域住民と協議のうえ、調査頻度や調査時期の見直しの時期に来ていると思われる。

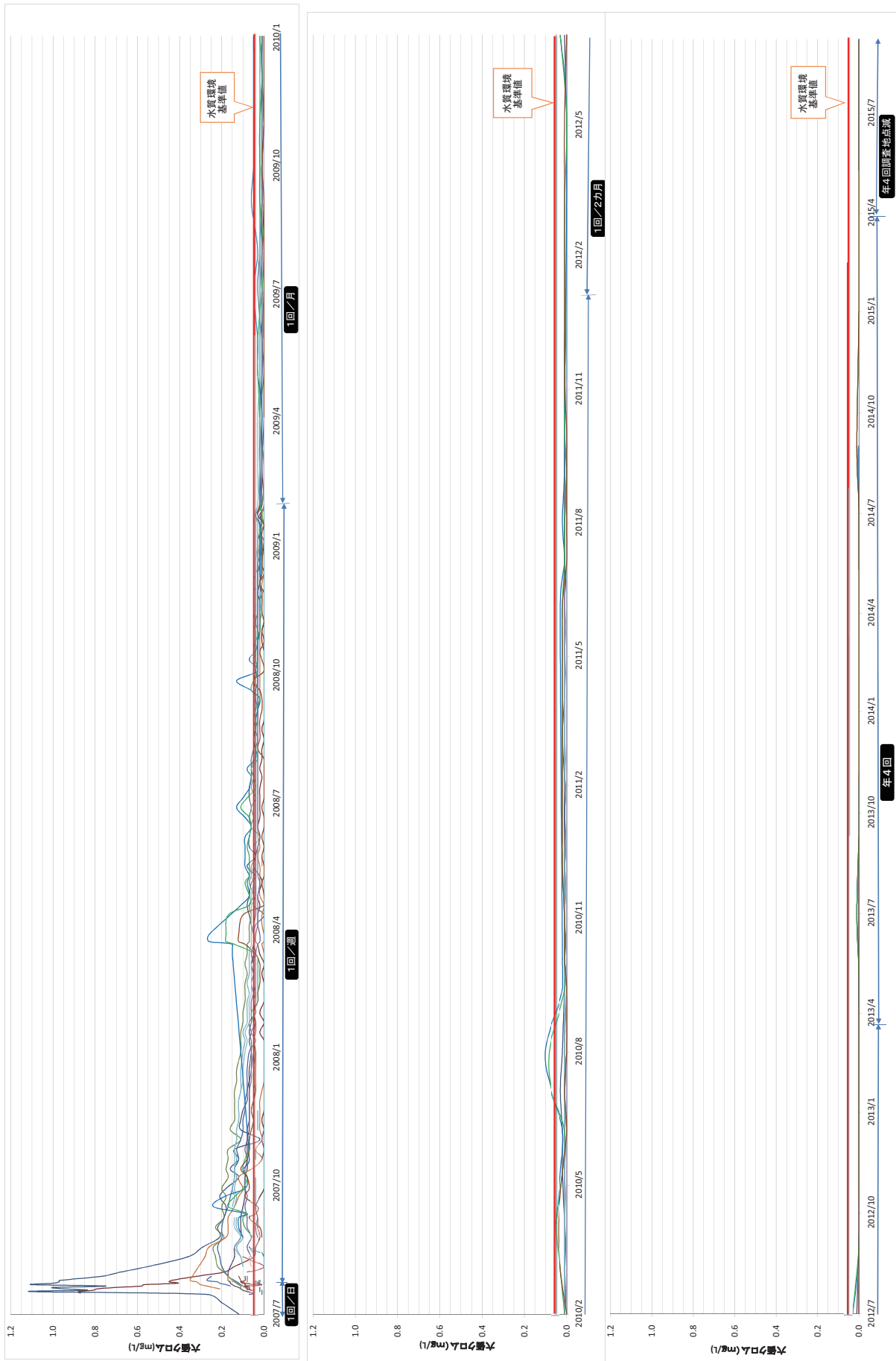


図3 調査井戸の六価クロム検出の推移 (2007年7月～2015年9月)

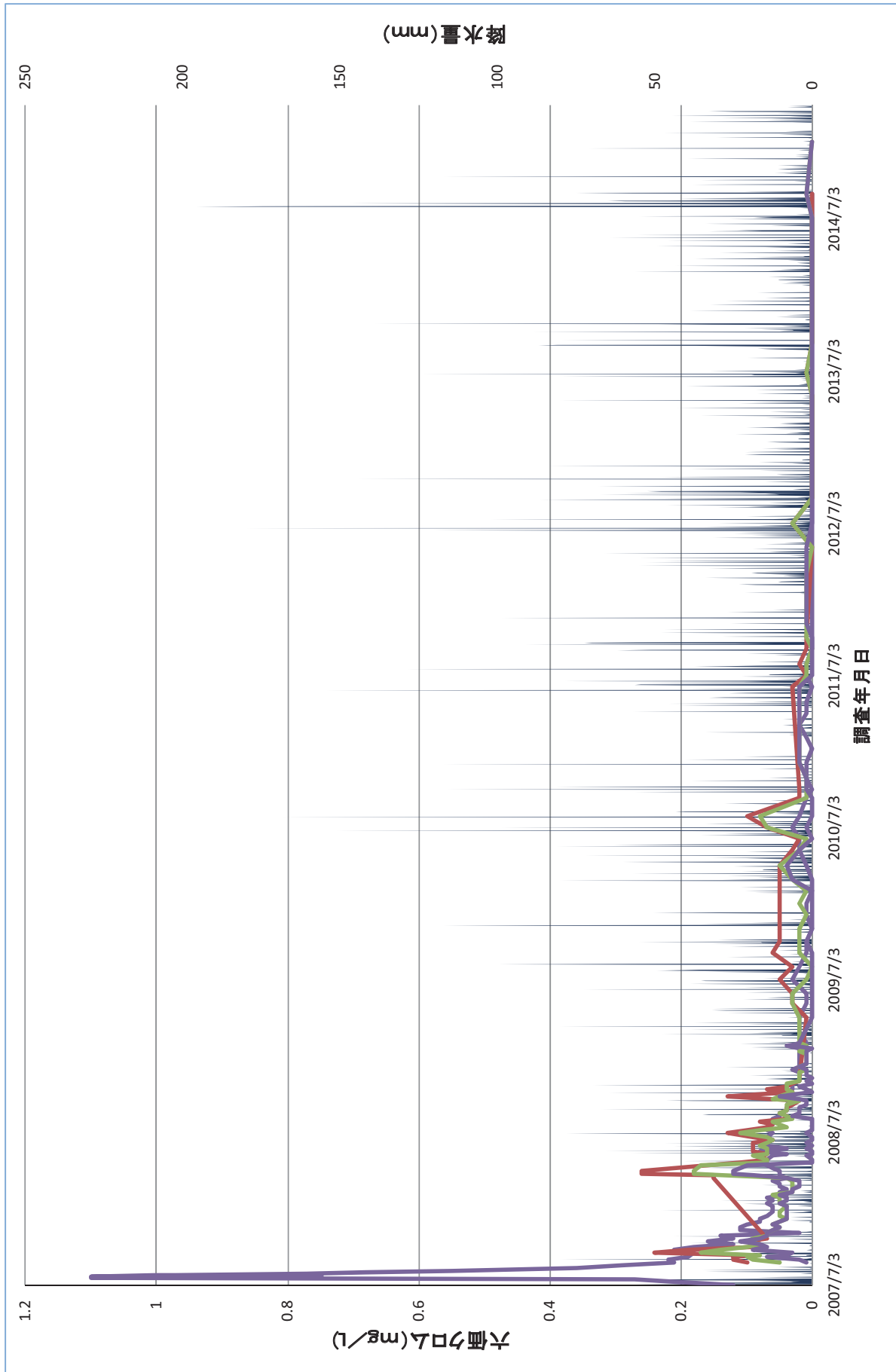


図4 汚染発生井戸及びモニタリング井戸の六価クロロム検出と降水量

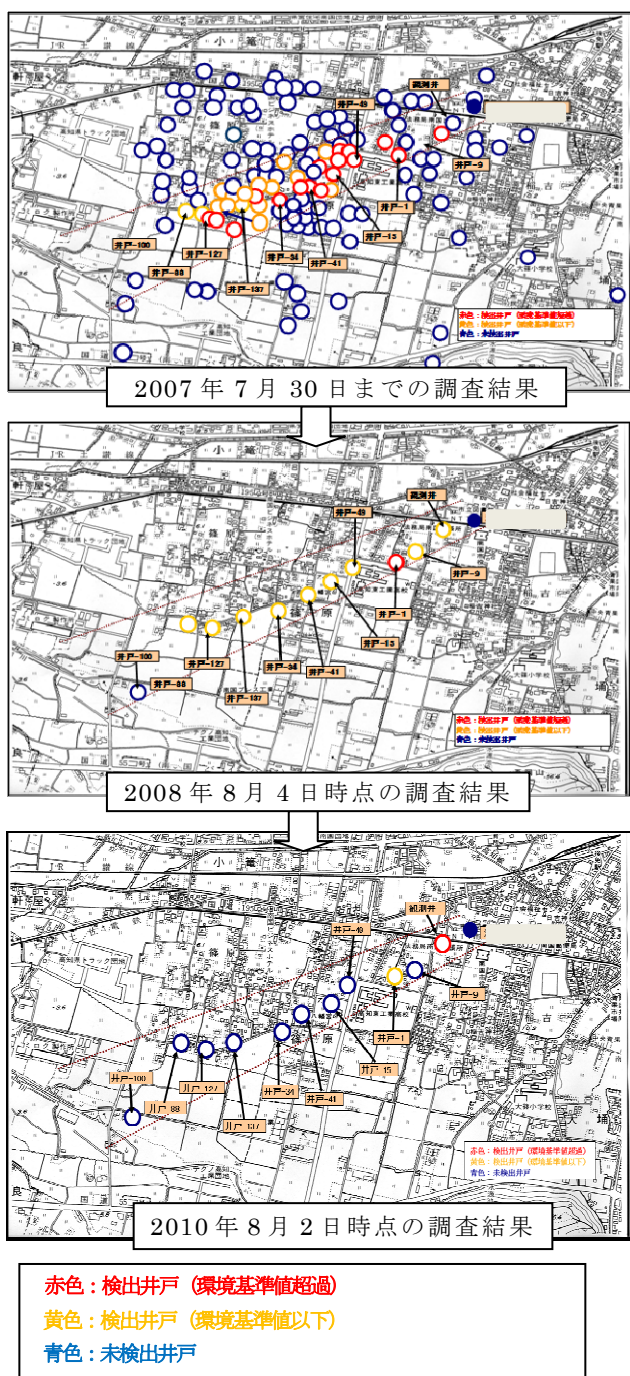


図5 六価クロム検出の状況

6.2 現在の調査井戸の金属濃度

現在の調査井戸では六価クロムについては、定量下限値の0.02mg/L未満であり、大きく変動することがなくなってきた。クロムの存在を確認するため全クロムの測定を行ったところ、表3となった。その測定値は低濃度であるが、調査井戸が汚染源から離れるとともに全クロムの検出値も減少する傾向を示した。

また、全クロムの測定と同時に他の微量元素の測定を行ったところ表4、図6となり、全クロムについては他の金属との相関は見られなかった。また、全調査地点でホウ素が0.02mg/Lで推移している一方で、他の金属については井戸ごとに変動があり、アルミニウムと鉄とマンガン間で強い相関が見られた。これらは、土壌の混入や井戸の打込み管の腐食等の影響が考えられる。

全クロムについては調査井戸間では大きな違いは見られないが、自然由来のホウ素との相関も小さいことから、土壌からの微量の六価クロムの溶出がまだ少しは存在すると考えられる。（表5）

表3 調査井戸の六価クロムと全クロム

	単位 (mg/L)	
	六価クロム	全クロム
井戸-0-1	<0.02	0.011
井戸-0-2	<0.02	0.010
井戸-0-3	<0.02	0.0076
井戸-9	<0.02	0.0028
井戸-1	<0.02	0.0081
井戸-49	<0.02	0.0095
井戸-15	<0.02	0.0081
井戸-41	<0.02	0.0071
井戸-34	<0.02	0.0039
井戸-137	<0.02	0.0047
井戸-127	<0.02	0.0045
井戸-88	<0.02	0.0033
井戸-100	<0.02	0.00013

(調査日2014年7月)

表4 調査井戸の金属組成

元素	単位 (mg/L)												
	井戸-0-1	井戸-0-2	井戸-0-3	井戸-9	井戸-1	井戸-49	井戸-15	井戸-41	井戸-34	井戸-137	井戸-127	井戸-88	井戸-100
B	0.022	0.022	0.023	0.021	0.021	0.023	0.022	0.023	0.023	0.022	0.023	0.023	0.022
Al	0.015	0.025	0.63	0.0048	0.031	0.0025	0.0015	0.0013	0.52	0.0029	0.0017	0.00011	0.0010
Cr	0.011	0.010	0.0076	0.0028	0.0081	0.0095	0.0081	0.0071	0.0039	0.0047	0.0045	0.0033	0.00013
Mn	0.0011	0.0015	0.029	0.000093	0.0023	0.00025	0.000011	0.000086	0.058	0.00014	0.00012	0.00000	0.0010
Fe	0.018	0.025	0.72	0.0029	0.32	0.0030	0.00057	0.0040	0.57	0.0021	0.0012	0.00052	0.050
Ni	0.00086	0.00036	0.0011	0.00017	0.00026	0.00007	0.00003	0.00005	0.00081	0.00007	0.000042	0.00054	0.00030
Cu	0.0020	0.0019	0.0034	0.0053	0.0047	0.0023	0.0082	0.0013	0.0051	0.0012	0.0024	0.044	0.019
Zn	0.012	0.0031	0.0042	0.0012	0.024	0.00085	0.00038	0.00034	0.0021	0.0015	0.00067	0.016	0.015
As	0.00008	0.00007	0.00022	0.00006	0.00006	0.00006	0.00005	0.00005	0.00012	0.00006	0.00005	0.00005	0.00004
Se	0.00043	0.00044	0.00044	0.00038	0.00031	0.00041	0.00025	0.00037	0.00036	0.00033	0.00033	0.00035	0.00017
Mo	0.00027	0.00026	0.00017	0.00023	0.00031	0.00019	0.000054	0.00021	0.00028	0.00016	0.00017	0.00013	0.00039
Cd	0.00001	0.00001	0.00001	0.0000018	0.0000084	0.000003	0.0000023	0.000002	0.0000053	0.000002	0.000033	0.000026	0.000085
Sb	0.00005	0.00006	0.00005	0.000033	0.000047	0.000027	0.000014	0.000023	0.00024	0.000021	0.000023	0.000030	0.00010
Pb	0.00035	0.00025	0.00081	0.00050	0.00023	0.00026	0.00029	0.00010	0.00063	0.00014	0.00013	0.00091	0.00039
Cr ⁶⁺	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02

(調査日：2015年9月)

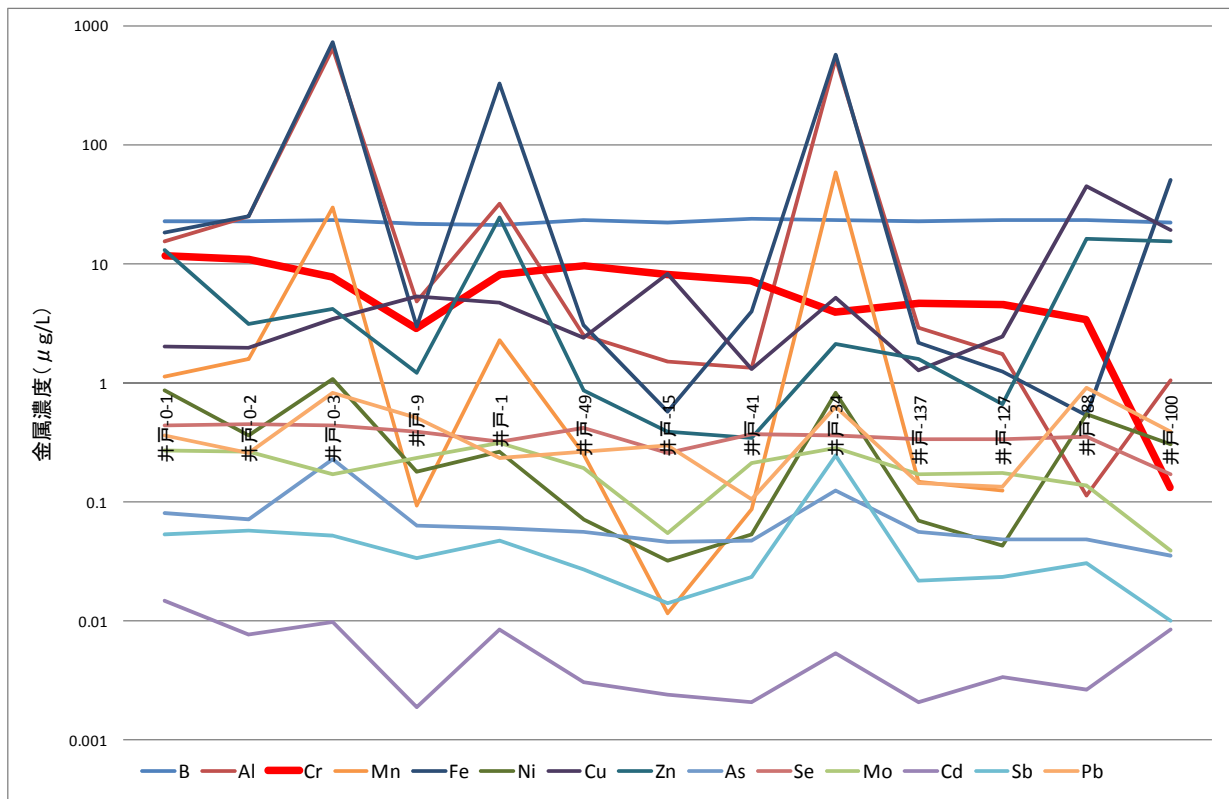


図6 調査井戸の金属の濃度変動

表5 調査井戸の金属相関表

	B	Al	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Se	Mo	Cd	Sb	Pb
B	1													
Al	0.207	1												
Cr	0.077	-0.026	1											
Mn	0.180	0.903	-0.129	1										
Fe	-0.020	0.945	-0.001	0.844	1									
Ni	0.129	0.752	0.149	0.650	0.711	1								
Cu	0.038	-0.148	-0.479	-0.122	-0.154	0.128	1							
Zn	-0.491	-0.153	-0.067	-0.163	0.092	0.259	0.482	1						
As	0.178	0.926	0.180	0.697	0.875	0.788	-0.220	-0.131	1					
Se	0.368	0.290	0.634	0.172	0.200	0.406	-0.335	-0.287	0.484	1				
Mo	-0.120	0.188	0.457	0.286	0.291	0.277	-0.438	0.112	0.220	0.657	1			
Cd	-0.183	0.271	0.414	0.161	0.353	0.689	-0.151	0.514	0.403	0.206	0.294	1		
Sb	0.096	0.663	-0.048	0.906	0.622	0.528	-0.126	-0.101	0.420	0.209	0.498	0.141	1	
Pb	0.079	0.579	-0.282	0.486	0.510	0.720	0.628	0.227	0.558	0.158	-0.098	0.144	0.331	1

7. 考 察

- ① 今回の地下水汚染は、工場の有害物質の入った処理槽からの漏出を確認及び防止するためのピットからの漏出が原因であった。土壤汚染対策法の改正により、有害物質による土壤汚染防止のための対策と点検が必要となった。今回は漏出防止ピットの設置を行っていたにもかかわらず、有害物質が漏出してしまった。今後、日常点検で漏出等が十分に確認できる設備であるかということが重要になってくる。
- ② 今回の地下水汚染に関しては、発見が早かったことに加え、汚染源の工場側の十分な対策により汚染の拡大を防ぐことができたと思われる。今後、有害物質を使用する業種については、汚染防止のための設備の設置と点検はもちろんのこと、汚染発生の際の対策も重要になってくると考える。
- ③ 今回は常時監視が有効に作用した事例であり、有害物質等による目視確認できない環境汚染では、今後も早期対応への有効な手段となると感じた。
有害物質のモニタリング調査は検出されないことが多く、経費削減の対象になりやすいが、今回の事例により重要性が再認識されることとなった。
- ④ 調査井戸の六価クロム濃度も2010年8月以降は地下水の環境基準値を超過することがなくなり、2012年7月以降は定量下限値未満で継続している。このことから、降水量増加に伴う水位の上昇による六価クロムの溶出は少なくなったと考えられる。今後の調査方法についても、当

該地下水の妨害物質は少なく、パックテストなどによる簡易検査で確認することもできると考える。

- ⑤ 今回の地下水汚染については、周辺住民、汚染源の企業、各関係機関による十分な協議が行われたことにより汚染の拡大を防ぎ、終息に向かっていると考えられる。

謝 辞

第1報に続き、この調査においては多くの関係各部署や民間の方々から多くの御協力を得ました。ここに記して感謝いたします。

文 献

- 1) 山中律ら：高知県に発生した地下水の六価クロム汚染とその対策，高知県環境研究センター所報，25，17-35，2008
- 2) 高宮真美ら：六価クロムによる地下水汚染，高知県衛生研究所所報，55，55-59，2009
- 3) 桑尾房子：高知県における地下水質，高知県環境研究センター所報，20，51-66，2003
- 4) 金田妙子ら：香南地域における地下水水質の類型化，高知県衛生研究所報，49，55-60，2003
- 5) 斉藤亨治：日本の扇状地，p266，1998，古今書院
- 6) 5万分の1地形図（高知），2000，国土地理院，2008
- 7) 石川靖：高濃度の六価クロムを含有する浸出水の挙動と処理対策，全国環境研会誌，40，47-53，2015

4. 事業場排出水の六価クロム測定における硫酸カルシウムによる妨害について

田嶋 誠・松木 葵・刈谷玲菜・大森真貴子・山村貞雄

The interference by Calcium sulfate in the Chromium (VI) analysis of Industrial effluent

Makoto Tajima, Aoi Matsugi, Rena Kariya, Makiko Oomori, Sadao Yamamura

【要旨】 事業場排出水の六価クロム (Cr^{6+}) 測定時に、試料から大量の白色結晶が析出した。分析の結果、析出物は硫酸カルシウム (CaSO_4) であることが確認された。

ジフェニルカルバジド吸光光度法を適用することを目的に、使用する酸の種類及び濃度について検討を行った結果、硝酸 0.1mol/L 及び硫酸 0.05mol/L の条件において、 CaSO_4 の析出が抑えられ、かつ、一定の定量性が確認された。

key words: 六価クロム, ジフェニルカルバジド吸光光度法, 析出物, 硫酸カルシウム

1. はじめに

特定事業場から排出される水には、製造工程や排水処理過程において使用される様々な物質が含まれている可能性があり、中には、共存物質による測定対象物質への妨害も起こり得ることから、公定法をそのまま適用することが困難なケースも少なくない。本報では、事業場排出水の Cr^{6+} 測定時に発生した妨害事例について、その後の検討を交えて報告する。

2. Cr^{6+} 測定時における析出物の発生

Cr^{6+} は強い酸化力を持ち不安定であることから、試料採取後、できるだけすみやかに測定を行うことが望ましい。当所では、比較的簡易に検査が行えるジフェニルカルバジド吸光光度法（比色法）を第一選択の方法として採用している。ここで、JIS K 0102 65.2に定められている比色法の操作概略を表1に示す。

表1 比色法による Cr^{6+} 測定の操作概略

操作 i	試料が中性でない場合は NaOH 溶液又は H_2SO_4 により中和
操作 ii	試料10mLに対し、 H_2SO_4 (1+9) 0.5mLを添加
操作 iii	iiにジフェニルカルバジド溶液を0.2mLを添加し、約5分放置
操作 iv	波長540nm付近の吸光度を測定、吸光度と濃度の関係から値を算出

問題の妨害が起こったのは、A事業場排出水の試験時であった。表1-操作iiの硫酸(1+9)(=1.8mol/L)を添加後、図1に示す大量の白色結晶が析出した。

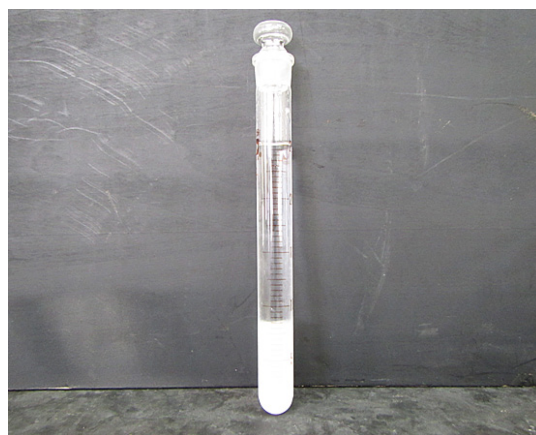


図1 白色析出物の写真
(排水水10mLに硫酸0.5mLを添加)

この後、通常であれば、試料を分光光度計のフローセル内に通じて測定を行うが、このような場合、測定結果への影響やセル内の汚染が考えられる。この妨害への対策として、ろ過や遠心分離により沈殿物除去を行う方法が挙げられた。しかし、析出物に Cr^{6+} の吸着がないことを確かめなければ

信頼性のある測定結果が得られないと考え、比色法による測定に替えて、ICP質量分析計による全Crの測定を実施した。

この際、試料に比して、発生した析出物が多量であったことから、非常に高濃度のマトリックスを含んでいることが想定されたため、高倍率の希釈を行い、内標準法による補正を行ったうえで測定を行った。その結果、全Cr濃度が Cr^{6+} の排水基準である $0.5\text{mg-Cr}^{6+}/\text{L}$ を下回ったため、更なる検討は実施しなかった。しかし、高倍率希釈による誤差やマトリックス干渉などの不確かな要因があるため、その後、比色法の適用を前提に、再検討を行った。

3. 実験結果及び考察

3.1 白色析出物の同定

はじめに、妨害の原因となった析出物の同定を行った。溶液をろ過し、回収されたろ物を 105°C で2時間乾燥した。その結果、白色粉末状の析出物を得た。(図2)



図2 乾燥した析出物

析出物の走査電子顕微鏡 (SEM) による観察結果を図3に示す。また、同視野において行ったエネルギー分散X線分光法 (EDS) による元素分析の結果を図4及び表2に示す。

SEM観察の結果、長さ $50 \sim 100 \mu\text{m}$ 程度の針状結晶と鱗片状結晶が確認された。また、EDSによる元素分析の結果、析出物の主な構成元素がカルシウム (Ca)、硫黄 (S)、モリブデン (Mo)、酸素 (O) であることが分かった。

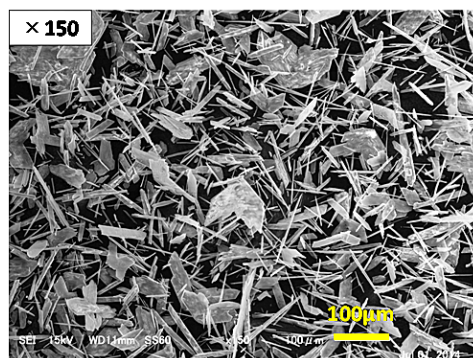


図3 析出物のSEM画像($\times 150$)

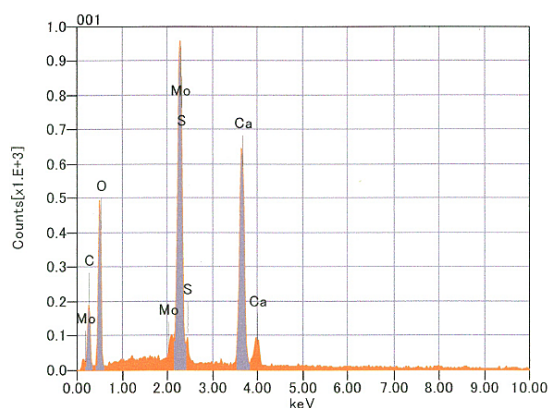


図4 EDSスペクトル

表2 EDS元素分析結果 (存在比)

元素	質量%	原子%	σ	積分強度	特性X線
C	20.37	38.08	0.07	4445	K
O	28.78	40.38	0.19	10693	K
S	9.07	6.35	0.13	21636	K
Ca	16.62	9.31	0.18	23730	K
Mo	25.15	5.88	0.41	35415	L
合計	100	100			

これらの元素情報をふまえ、X線回折 (XRD) による測定を行った。その結果を図5に示す。回折パターン的一致の程度から、析出物の主成分は CaSO_4 であることが明らかとなった。しかし、Moを含む化合物については検出されなかった。

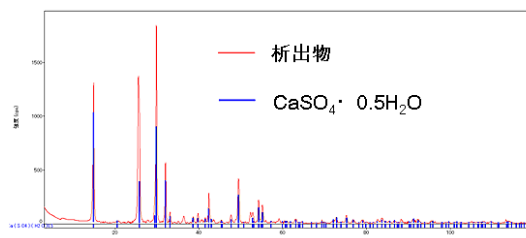


図5 XRD測定結果

EDSによる元素分析においてMoが確認されたのは、SのK α 線の励起電圧とMoのL α 線の励起電圧とが近接しており(S_K α :2.307KeV, Mo_L α :2.293KeV)¹⁾ 検出器のエネルギー分解能の限界によっては、両方存在しているのか、片方のみかの判別がしにくいことが原因として考えられた。

また、後に行った立入検査時の聞き取りにより、排水処理段階におけるpH調整のための緩衝液として、多量のCa塩を使用しているとのことであり、分析結果との整合が確認された。

3.2 比色法の適用に向けた検討

前述のとおり、比色法は簡便かつCr⁶⁺の選択的定量が可能である。他の分析方法を用いる場合には、鉄共沈によるCr³⁺の除去などの前処理及び機器の調整等による時間を要するため、当該事業場の排水について、比色法を用いることを前提とした分析条件の検討を行った。

3.2.1 分析条件(酸の種類及びその濃度)

ジフェニルカルバジドによる発色は硫酸以外の酸でも確認されている²⁾。CaSO₄の析出が抑えられ、かつ定量性の良い条件を探るため、表3に示す酸の条件について比較を行った。

表3 酸の種類及びその濃度条件

酸の種類	モル濃度 (mol/L)
HNO ₃	0.1
HCl	0.5
H ₂ SO ₄	0.005
	0.05
	0.5
	1.8*

*はJISに定められた濃度：硫酸(1+9)

塩酸及び硝酸の濃度については、文献値²⁾を参考に設定した。一方、硫酸については、CaSO₄の生成を促すため、その濃度設定が重要となる。

CaSO₄の溶解度は二水塩・半水塩・無水塩などの形態ごとに異なることが知られている。安達ら³⁾によれば、その溶解度は表4に示すとおりで、水温、形態によりある程度の幅を持っている。また、排水水中に元々存在しているSO₄²⁻イオン濃度

やその他のマトリックスによる異種イオン効果等の影響を踏まえると析出限界付近の適当な濃度を設定することは難しい。このため、段階的な濃度設定により比較を行った。

表4 硫酸カルシウムの純水に対する溶解度³⁾

形態	水温(°C)			
	0	10	20	30
CaSO ₄ ·2H ₂ O	1.756	1.934	2.047	2.104
α -CaSO ₄ ·0.5H ₂ O	8.838	7.801	6.841	5.956
β -CaSO ₄ ·0.5H ₂ O	10.919	9.494	8.198	7.024
α -CaSO ₄	8.876	7.793	6.784	5.852
β -CaSO ₄	11.721	10.182	8.789	7.508
CaSO ₄	3.793	3.313	2.879	2.486

単位：g-CaSO₄/kg-H₂O

3.2.2 分析結果

前項の条件において、表1に示した操作フローに基づき比較分析を行った。比較は、A事業場排水中にCr⁶⁺濃度が、およそ0.4mg-Cr⁶⁺/Lとなるよう標準物質を添加して作成した試料(標準添加試料)を用い、それぞれ3回の測定を行った。各条件の検量線を図6に、標準添加試料の測定結果を表5に示す。また、試料の写真を図7に示す。

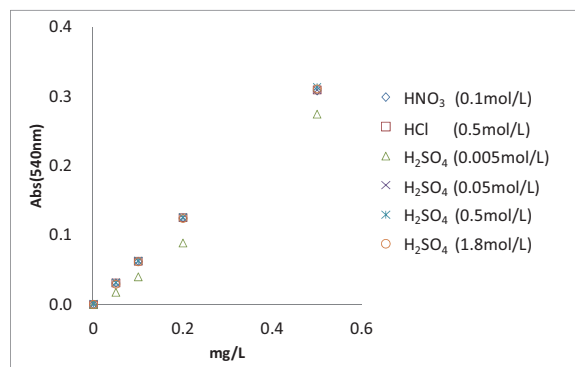


図6 各条件における検量線の比較結果

表5 各条件における標準添加試料の測定結果

酸の種類及び濃度条件	1回目	2回目	3回目	平均	標準偏差
HNO ₃ (0.1mol/L)	0.35	0.35	0.36	0.35	0.006
HCl (0.5mol/L)	0.28	0.28	0.28	0.28	0.000
H ₂ SO ₄ (0.005mol/L)	0.04	0.05	0.05	0.04	0.006
H ₂ SO ₄ (0.05mol/L)	0.39	0.35	0.38	0.37	0.021
H ₂ SO ₄ (0.5mol/L)	-	-	-	-	-
H ₂ SO ₄ (1.8mol/L)	-	-	-	-	-

単位は全てmg/L, 標準試料の濃度設定：0.4mg/L

※H₂SO₄ (0.5mol/L)及びH₂SO₄ (1.8mol/L)の条件は、CaSO₄析出のため未測定。

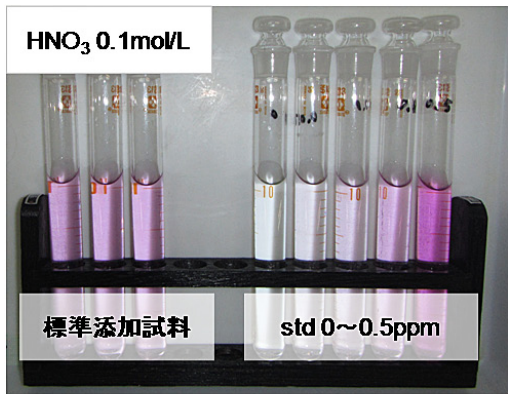


図 7 - 1

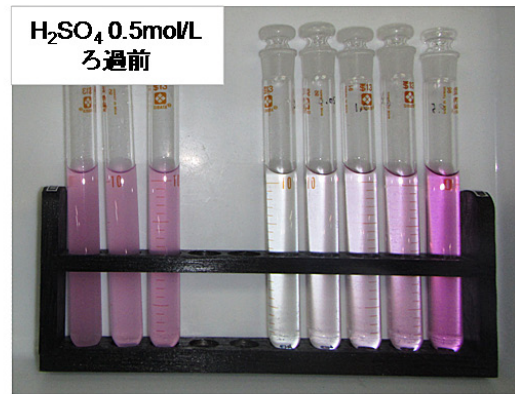


図 7 - 5 (結晶析出)

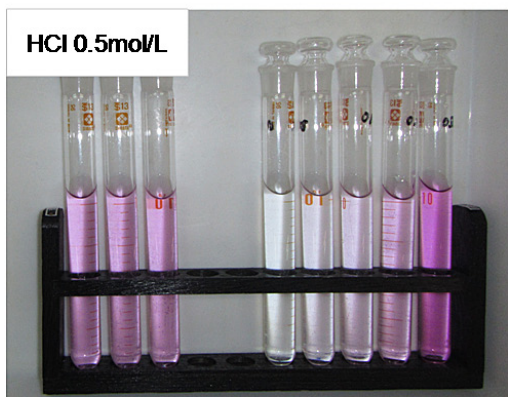


図 7 - 2



図 7 - 6

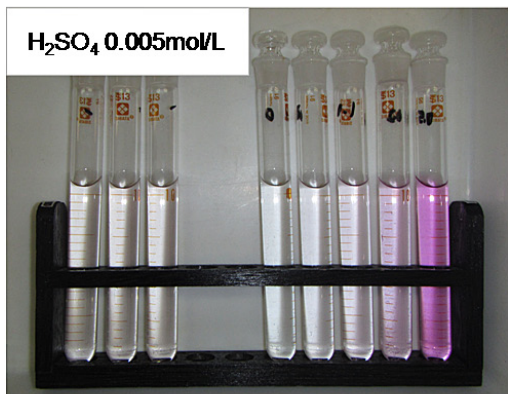


図 7 - 3

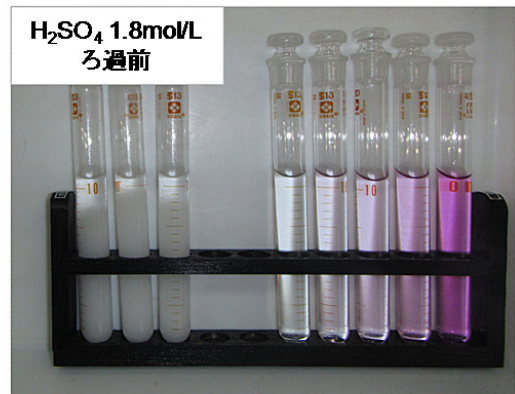


図 7 - 7 (結晶析出)

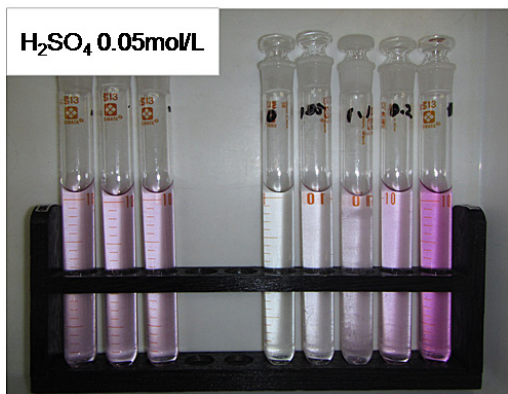


図 7 - 4

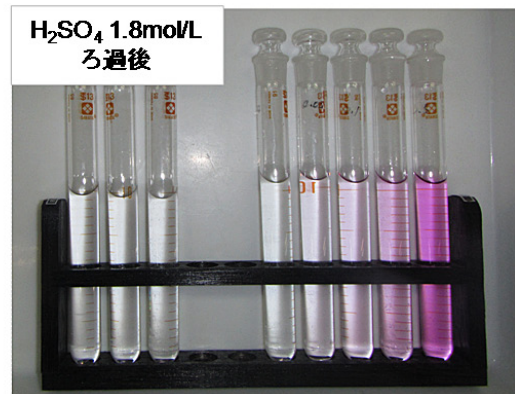


図 7 - 8

検量線については、硫酸0.005mol/Lを除く全ての条件で直線性が良く（決定係数 $R^2=1$ ，有効数字4桁），各条件間における顕著な差はみられなかった。

一方、標準添加試料の測定結果には顕著な差がみられた。設定濃度に最も近かったのは硝酸0.1mol/Lと硫酸0.05mol/Lの条件であった。

また、塩酸0.5mol/Lの条件では、平均値で設定濃度より0.12mg-Cr⁶⁺/L下回った。

さらに、硫酸0.005mol/Lの条件下では、十分な発色が得られず、硫酸0.5mol/L及び1.8mol/Lの条件では結晶の析出が確認され、測定を行うことが出来なかった。

析出を伴った硫酸0.5mol/L及び1.8mol/Lの条件については、目視によりわずかな発色が確認されたため、追加試験として0.45μmのメンブランフィルターを用いてろ過を行い、溶液のみの測定を試みた。その結果、硫酸0.5mol/Lでは0.24mg-Cr⁶⁺/L、硫酸1.8mol/Lでは0.01mg-Cr⁶⁺/Lであり、設定値の0.4mg-Cr⁶⁺/Lと比較して、過小評価となる傾向がみられた。

硫酸0.5mol/L以上の条件で発色が不十分であった要因の一つとして、高マトリックスであることに加え、CaSO₄の析出反応に伴う、物理的障害が発色反応に影響を与えたものと推察される。

4. まとめ

事業場排水から発生した白色結晶は、SEM, EDS, XRDによる分析の結果、CaSO₄であることが分かった。

これを踏まえ、析出物の発生を抑え、かつ、定量性の高い比色法を検討するため、添加する酸の種類と濃度について検討した。その結果、設定した条件範囲において、硝酸0.1mol/Lの条件と硫酸0.05mol/Lの二条件において析出を伴わず、一定の定量性も確認された。また、析出を伴う濃度の硫酸を使用した場合には、発色が阻害され、過小評価となる傾向がみられた。

今回行った検討により、高濃度Caを含有する試料に対し、酸の種類及び濃度の条件を整えることで一定の対応が可能になることが分かった。これに加え、①添加回収試験を併行して行う。②マトリックスマッチングを行う。③標準添加法を用いる。などの測定法と組み合わせることにより、Cr³⁺が共存する試料や、酸化還元反応によりCr⁶⁺の濃度が変化する可能性のある試料等への対応も期待ができる。

文 献

- 1) J. McNab and A. Sendborg : The EDAX EDITOR, Vol. 14, No. 1, p. 37
- 2) Noboru Hara : Experimental Investigation of Actual Problems in the Colorimetric Determination of Chromium with Diphenylcarbazide
- 3) 安達正雄, 谷本明 : 純水における硫酸カルシウムの溶解度表示式, 1975

5. 黒尊川清流保全モニタリング状況について

松木 葵・大森真貴子・貞岡秀俊*

Monitoring status for the clear stream conservation of Kuroson river.

Aoi Matsugi, Makiko Oomori, Hidetoshi Sadaoka

【要旨】 黒尊川流域が四万十川条例による共生モデル地区に指定され、水質モニタリングが開始されて10年が経過したことから調査結果のとりまとめを行った。

清流度については黒尊上、奥屋内上の2地点のみが四万十川条例に規定された黒尊川の基準値を満たした。全窒素については黒尊上及び黒尊を除く4地点、全りんとう水生生物の判定値については全地点で基準値を満たした。生活環境項目についてはいずれの地点でも河川A～AA類型の環境基準に適合した。

key words : 黒尊川, 四万十川, 清流, 濁り, モニタリング

1. はじめに

黒尊川は流路延長31.0km, 流域面積76.6km²の一級河川四万十川水系第一支川である。

高知県では、平成13年3月に制定された「高知県四万十川の保全及び流域の振興に関する基本条例」(以下、「四万十川条例」という)により、四万十川の清流保全の目安として独自の清流基準を定めている。

本条例では、地域の住民組織と行政間で、四万十川の保全の方策を重点的に行う「共生モデル地区」を定めることが可能であり、平成18年11月に黒尊川流域が指定された。

当センターでは共生モデル地区指定以前から水質モニタリングを行っており、調査開始から10年以上経過した。本報ではこれまでの調査結果についてとりまとめ、今後の課題等を検討した。

2. 調査概要

四万十川条例では、住民が親しみやすい基準で水質の状態を表すために、清流度、水生生物、窒素、りんについて四万十川独自の水質基準(四万十川清流基準)を設定している(表1)。黒尊川では、これらの項目に加え、国の定める環境基準項目であるSS, BOD, DO, 大腸菌群数、さらにTOCについても調査を実施してきた。

2. 1 調査地点

調査地点は集落ごとに区切り、①黒尊上、②黒尊、③奥屋内上、④奥屋内下、⑤玖木、⑥口屋内の6ヶ所を設定した(図1)。



図1 調査地点図

* 現安芸福祉保健所

表1 四万十川清流基準

基準地点		基準値			
河川名	地点名	清流度*	窒素	りん	水生生物**
四万十川	鍛冶屋瀬橋	7 m以上	0.3mg/L以下	0.01mg/L以下	1
	大正流量観測所	7 m以上	0.3mg/L以下	0.01mg/L以下	1
	橋	6 m以上	0.3mg/L以下	0.01mg/L以下	1
	具同	5 m以上	0.3mg/L以下	0.01mg/L以下	1
仁井田川	根々崎橋	4 m以上	1.0mg/L以下	0.04mg/L以下	2
吉見川	四万十川合流前	3 m以上	0.8mg/L以下	0.06mg/L以下	4
梶原川	田野々大橋	8 m以上	0.3mg/L以下	0.01mg/L以下	1
広見川	川崎橋	4 m以上	0.3mg/L以下	0.01mg/L以下	1
目黒川	四万十川合流前	10m以上	0.3mg/L以下	0.01mg/L以下	1
黒尊川	四万十川合流前	14m以上	0.3mg/L以下	0.01mg/L以下	1
後川	秋田橋	-	-	-	1
	後川橋	3 m以上	0.3mg/L以下	0.03mg/L以下	-
中筋川	五反田橋	-	-	-	3
	坂本橋	2 m以上	0.5mg/L以下	0.05mg/L以下	-

備考 窒素及びりんの指標については、全窒素及び全りんを測定する。
清流度、窒素及びりんの基準値は年間平均値とする。

- * 清流度 河川の水質に関し水平方向に見通した透明性を表す数値で、年4回の四季調査を行う。
- ** 水生生物 指標生物の種類数とASPT値により1～6のランクに分類し、年3回（春夏秋）調査を行う。

2.2 調査項目

2.2.1 清流度

雨が降ったあと4日以上経ち、河川水質が安定した晴れた日の昼間に調査を行う。水深0.3～1.0 m位の平瀬で、直径20cmのブラックディスク（黒色円盤）を水中に入れ、そのディスクを水平方向に見通したときに見えなくなる距離（m）を、清流度計を用いて測定を行った（図2）。



清流度計



ブラックディスク



図2 清流度の測定器具及び測定方法

2. 2. 2 水生生物

水生生物について、四万十川条例ではより地域に根差した調査を行えるよう、平成12~13年度に四万十川流域で行った調査結果を基に、独自の水質階級判定基準を策定している（以下、「四万十川方式」という）。

本調査においてもこの方式を用いており、地点ごとに水生生物採取用の網を用い、40種の指標生物から総スコア値（TS値）、指標生物数、平均スコア値（ASPT値）を求め、表2及び表3により水質評価を行った。なお、調査者数及び採取時間は自由とし、採取したすべての生物で判定を行った。

表2 水質階級判定基準

水質階級	指標生物種類数	ASPT値
1	10種以上	7.5以上
2	8種以上	7.0以上
3	7種以上	6.0以上
4	6種以上	5.0以上
5	5種以上	3.0以上
6	4種以下	3.0未満

表3 指標生物とスコア値

指標生物	スコア値	指標生物	スコア値
アミカ	10	テナガエビ	7
サワガニ	9	ブラナリア	7
チラカゲロウ	9	コカゲロウ	6
ヒラタカゲロウ	9	キイロカワカゲロウ	6
カワゲラ	9	ヒラタドROMシ	6
ナガレトビケラ	9	ホタル	6
携巢性トビケラ	9	スジエビ	6
ヘビトンボ	9	モクズガニ	6
ヨコエビ	9	イシマキガイ	6
タニガワカゲロウ	8	アミメカゲロウ	5
マダラカゲロウ	8	タイコウチ・ミズカマキリ	5
ヒゲナガカワトビケラ	8	シジミガイ	5
ナガレアブ	8	タニシ	4
カワニナ	8	モノアラガイ	3
モンカゲロウ	7	ヒル	2
サナエトンボ	7	ミズムシ	2
ナベブタムシ	7	アメリカザリガニ	1
シマトビケラ	7	赤いユスリカ（腹鰓アリ）	1
ガガンボ	7	サカマキガイ	1
ブユ	7	イトミミズ	1

2. 2. 3 全窒素・全りん

全窒素については銅・カドミウムカラム還元法、全りんについてはペルオキシ二硫酸カリウム分解法にて測定した。結果は、年度ごとの平均値によって判定した。

2. 2. 4 SS・BOD・DO・大腸菌群数・TOC

高知県公共用水域水質測定計画等の方法により測定を行った。

2. 3 調査期間

平成17年度から平成26年度までの10年間。

3. 調査結果

3. 1 清流度

清流度の測定結果を表4、図3に示した。黒尊上、奥屋内上の2地点が基準値を満たしており、基準値以下であった他の4地点も平均値は10m以上であった。また、黒尊から下流の地点では清流度の季節変動がみられ、春~夏季の間は低くなり、秋季に最も高くなる傾向があった（図4）。

なお、四万十川本川においても清流度は季節変動がみられ、特に秋季の値が春や夏に比べて高くなり、水中の透明度が高くなる傾向がある。

表4 清流度の調査結果集計表（H17~H26年度）

単位（m）

地点名	基準値	平均値	標準偏差	変動係数	データ数
黒尊上	14.0	16.6	6.0	0.4	28
黒尊		13.0	4.4	0.3	34
奥屋内上		14.9	4.8	0.3	34
奥屋内下		11.5	3.8	0.3	34
玖木		11.5	4.0	0.4	34
口屋内		13.8	5.0	0.4	34

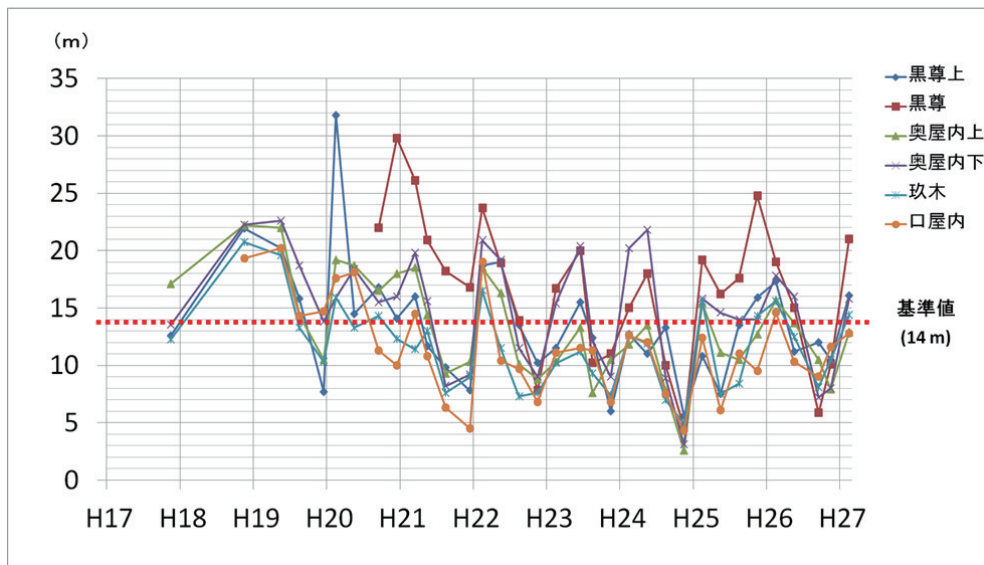


図3 清流度の調査結果 (H17~H26年度)

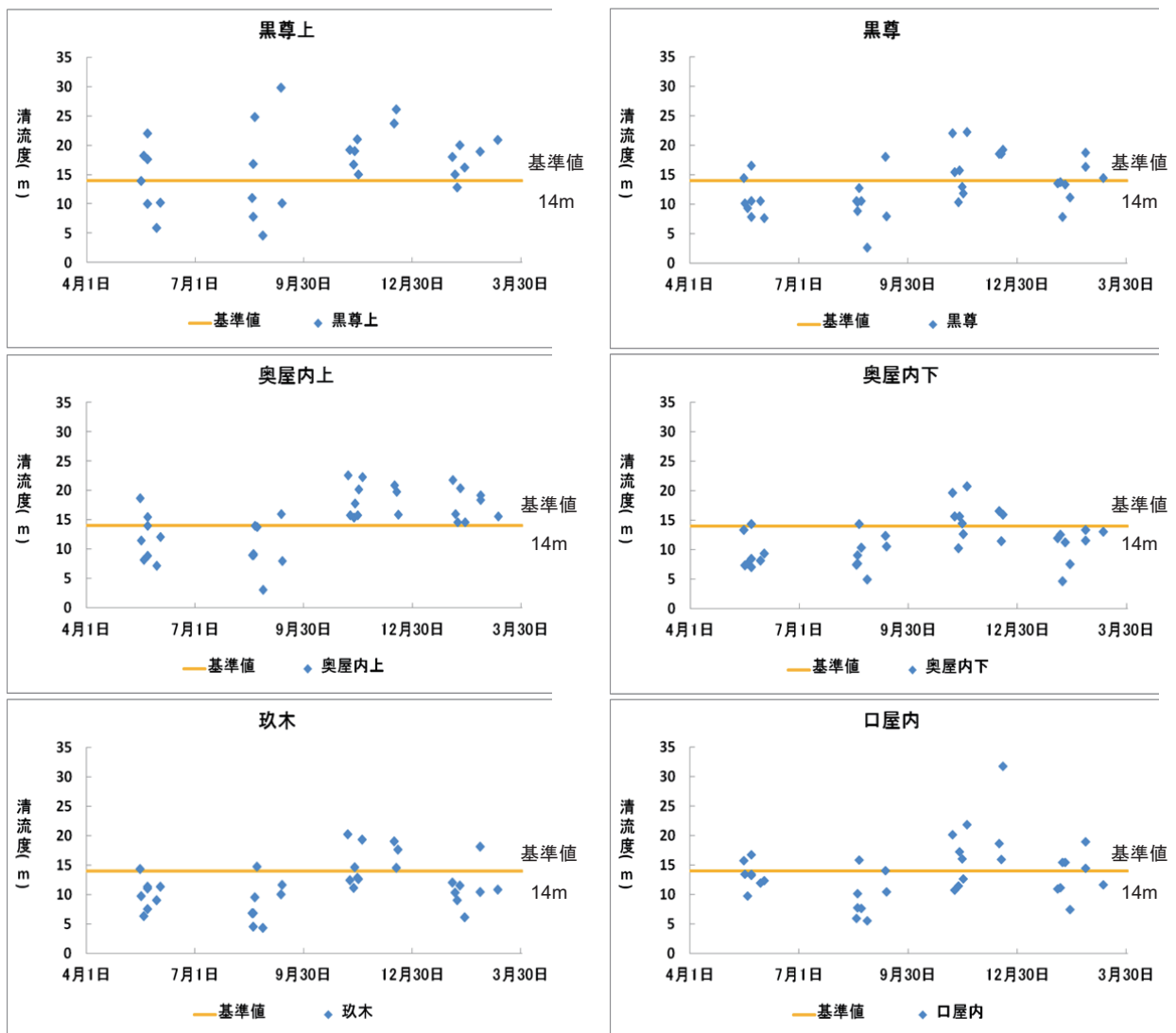


図4 各地点における清流度の変動 (H17~H26年度)

3.2 全窒素・全りん

全窒素及び全りんの測定結果をまとめたものを表5, 6及び図5に記した。全窒素の平均について、黒尊上及び黒尊が若干基準値を超過したが、他の4地点は概ね基準値と同値であった。全りんについてはいずれの地点でも基準値以下であった。

また、全窒素及び全りんの季節変動を見るため、結果を四季ごとに分けて平均をとり、グラフに示した。全窒素・全りんともに春～夏季にかけて値が高くなり、秋～冬季には減少する傾向がみられた。また、若干であるが下流にかけて値が小さくなる傾向がみられた。

表5 全窒素の10年間の調査結果集計表 (H17～H26年度)

単位 (mg/L)

地点名	基準値	平均値	標準偏差	変動係数	データ数
黒尊上	0.3	0.36	0.08	0.22	28
黒尊		0.33	0.08	0.25	34
奥屋内上		0.30	0.07	0.25	34
奥屋内下		0.29	0.09	0.32	34
玖木		0.26	0.08	0.31	34
口屋内		0.25	0.09	0.34	34

表6 全りんの10年間の調査結果集計表 (H17～H26年度)

単位 (mg/L)

地点名	基準値	平均値	標準偏差	変動係数	データ数
黒尊上	0.01	0.0033	0.0020	0.61	28
黒尊		0.0086	0.0067	0.78	34
奥屋内上		0.0050	0.0031	0.61	34
奥屋内下		0.0047	0.0028	0.60	34
玖木		0.0041	0.0020	0.48	34
口屋内		0.0038	0.0015	0.40	34

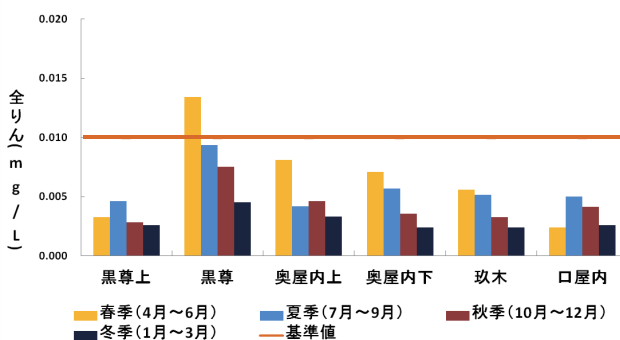
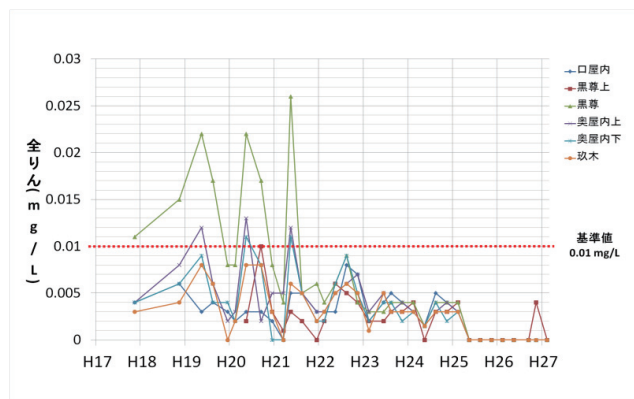
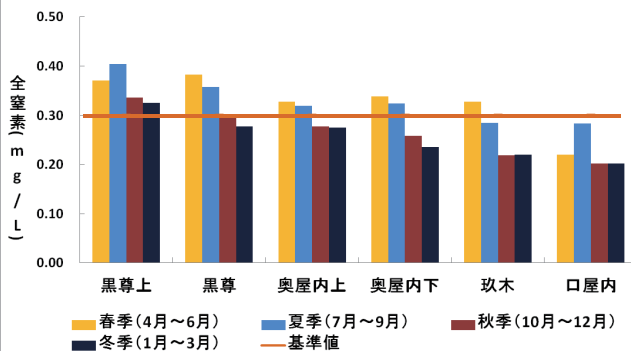
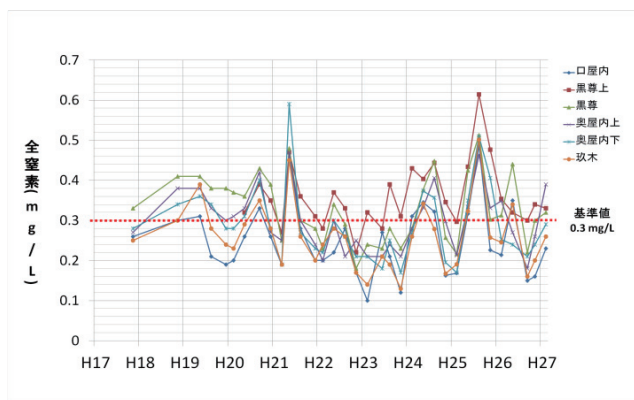


図5 全窒素・全りんの10年間の調査結果 (H17～H26年度) 及び地点ごとの季節変動

3.3 水生生物（四万十川方式）

平成17年度から26年度までの四万十川方式による水生生物の10年間の調査結果集計表を表7に示した。また、経年変化及び四季ごとの平均値を図6に示した。

いずれの地点でも種類数及びASPT値の平均値が基準値を上回っており、水質階級は1と判定された。種類数については、地点間での顕著な差異はなく、季節による周期的な変動がみられた。

ASPT値については、変動係数が非常に小さく、季節変動はほとんどなかった。

表7 水生生物の10年間の調査結果集計表（H17～H26年度）

種類数

地点名	基準値	平均値	標準偏差	変動係数	データ数
黒尊上	10	11.4	2.41	0.21	28
黒尊		11.5	2.05	0.18	34
奥屋内上		11.1	2.73	0.25	34
奥屋内下		10.7	2.73	0.25	34
玖木		11.4	2.24	0.20	34
口屋内		11.0	2.86	0.26	34

ASPT値

地点名	基準値	平均値	標準偏差	変動係数	データ数
黒尊上	7.5	7.98	0.21	0.03	28
黒尊		8.03	0.23	0.03	34
奥屋内上		7.94	0.31	0.04	34
奥屋内下		7.88	0.21	0.03	34
玖木		7.87	0.32	0.04	34
口屋内		7.71	0.27	0.04	34

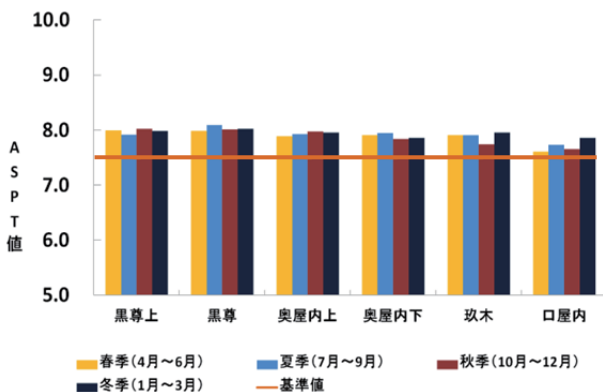
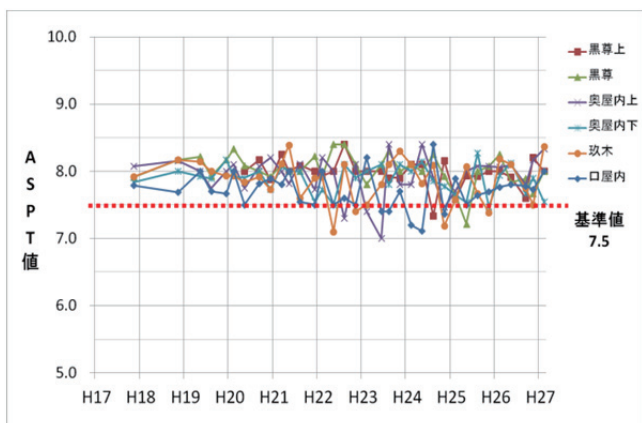
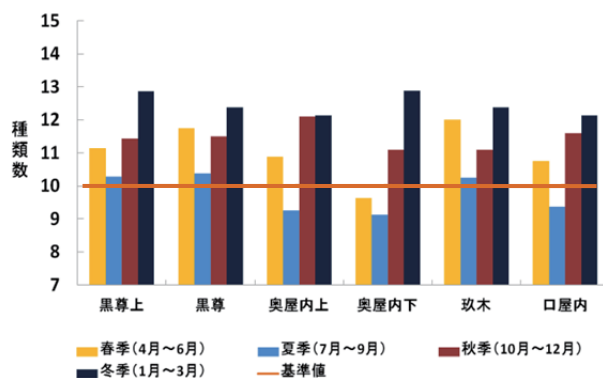
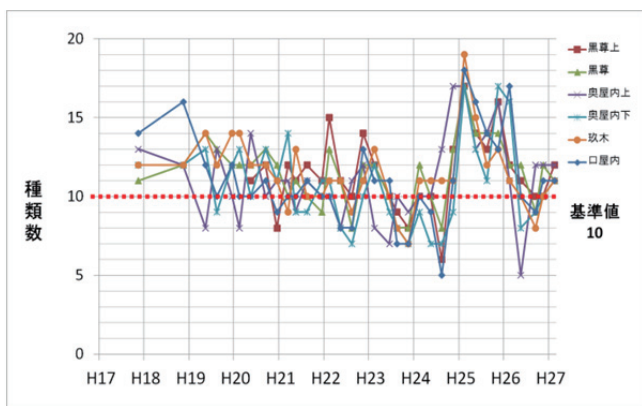


図6 水生生物の調査結果（H17～H26年度）及び地点ごとの季節変動

各種水生生物の出現回数を総括したものを表8に示した。全体的にスコア値の高い指標生物が多くみられ、カゲロウ類やトビケラ類の出現頻度が高かった。

特に、ヒラタカゲロウとカワゲラについては10年間の調査において全地点でほぼ毎回観測された。

表8 四万十方式による各種水生生物の出現回数総括表 (H17~H26年度)

No	指標生物	スコア値	地点名						(参考) 四万十川本川 橋 黒尊川合流 地点から約 10km上流
			黒尊上	黒尊	奥屋内上	奥屋内下	玖木	口屋内	
1	アミカ	10	0	2	6	4	8	3	2
2	サワガニ	9	15	14	8	5	5	2	1
3	チラカゲロウ	9	15	22	21	22	25	24	8
4	ヒラタカゲロウ	9	25	33	34	34	33	32	28
5	カワゲラ	9	28	34	33	32	33	30	28
6	ナガレトビケラ	9	16	15	16	20	22	19	10
7	携巢性トビケラ	9	18	23	21	20	20	16	18
8	ヘビトンボ	9	26	29	30	19	27	9	1
9	ヨコエビ	9	0	0	0	0	0	0	0
10	タニガワカゲロウ	8	20	27	24	23	23	21	27
11	マダラカゲロウ	8	20	27	26	23	21	21	20
12	ヒゲナガカワトビケラ	8	23	32	29	22	22	23	16
13	ナガレアブ	8	5	4	2	2	2	3	0
14	カワニナ	8	9	13	7	2	2	9	9
15	モンカゲロウ	7	0	1	1	4	0	5	1
16	サナエトンボ	7	8	11	8	15	17	14	5
17	ナベブタムシ	7	0	0	0	1	0	0	0
18	シマトビケラ	7	23	28	31	25	28	26	26
19	ガガンボ	7	12	18	16	19	15	20	10
20	ブユ	7	11	13	16	17	20	21	17
21	テナガエビ	7	0	0	0	2	6	12	5
22	プラナリア	7	1	1	3	0	2	0	2
23	コカゲロウ	6	21	28	29	27	27	26	27
24	キイロカワカゲロウ	6	0	0	0	0	0	0	0
25	ヒラタドROMシ	6	22	11	14	19	18	22	21
26	ホタル	6	0	2	1	0	0	2	0
27	スジエビ	6	1	0	0	3	2	3	0
28	モクズガニ	6	0	0	0	0	2	5	2
29	イシマキガイ	6	0	0	0	0	0	0	0
30	アミメカゲロウ	5	0	0	0	0	0	1	0
31	タイコウチ・ミズカマキリ	5	0	0	0	0	0	0	0
32	シジミガイ	5	0	0	0	0	0	0	3
33	タニシ	4	0	0	0	0	0	0	0
34	モノアラガイ	3	0	0	0	0	0	0	0
35	ヒル	2	1	3	4	3	8	3	11
36	ミズムシ	2	0	0	0	0	0	0	0
37	アメリカザリガニ	1	0	0	0	0	0	0	0
38	赤いユスリカ (腹鰓アリ)	1	0	0	0	0	0	0	0
39	サカマキガイ	1	0	0	0	0	0	1	0
40	イトミミズ	1	0	0	0	1	0	1	4
出現指標生物種数			21	23	23	25	24	28	25
H17 ~ H26採取回数			28	34	34	34	34	34	30

*1 …出現回数15回以上 …出現回数25回以上

*2 四万十川本川の出現回数はH14~H25年度に行った調査結果を記載

3. 4 BOD・SS・DO・大腸菌群数・TOC

BOD・SS・DO・大腸菌群数の測定結果について、地点ごとに平均をとり、河川環境基準と比較したものを表9に、経年変化及び四季ごとの平均値を図7に示した。また、より正確な有機物量の測定のため、TOCについても分析を行った。なお、BODに関して、定量下限値未満の値は下限値である0.5mg/Lとして処理を行った。また、SSに関しても同様の処理を行ったが、全ての値が下限値未満で標準偏差が0になった地点に関しては1mg/L未満と表記した。

BOD・SS・DOの平均値について、全地点で河川AA類型の基準値を満たし、地点間での顕著な差異はなく、概ね同様の値であった。

大腸菌群数に関しては、口屋内以外の地点で河川A類型の基準値を満たしており、下流の地点ほど平均値が大きくなっていた。

TOCについて、平均値はいずれの地点でも0.30±0.05mg/Lとなったが、図7のグラフからは若干ながら増加傾向がみられた。

季節変動について、SS以外の項目について周期的な変化があり、地点間での大きな差異はみられなかった。

BODは冬季に最も高くなり、次いで夏季が若干高くなる傾向がみられた。

DOについては冬季に最も値が大きくなり、夏季に最も低くなった。

大腸菌群数は秋～冬にかけて減少し、春季から増加し始め、夏季に最も増加する傾向がみられた。

TOCについても類似の傾向がみられているが、大腸菌群数ほど顕著な差異はなかった。

表9 生活環境項目の10年間の調査結果集計表 (H17～H26年度)

地点名	類型基準値	平均値	標準偏差	変動係数	データ数
黒尊上	(AA) 1 mg/L 以下	0.60	0.40	0.66	27
黒尊		0.59	0.33	0.56	33
奥屋内上		0.59	0.30	0.51	33
奥屋内下		0.61	0.32	0.52	33
玖木		0.58	0.32	0.55	33
口屋内		0.64	0.32	0.50	27

地点名	類型基準値	平均値	標準偏差	変動係数	データ数
黒尊上	(AA) 25mg/L 以下	<1	-	-	28
黒尊		1	0.07	0.07	34
奥屋内上		1	0.14	0.14	34
奥屋内下		<1	-	-	34
玖木		<1	-	-	34
口屋内		<1	-	-	28

地点名	類型基準値	平均値	標準偏差	変動係数	データ数
黒尊上	(AA) 7.5mg/L 以上	9.52	1.42	0.15	27
黒尊		10.31	1.30	0.13	32
奥屋内上		10.48	1.38	0.13	32
奥屋内下		10.44	1.47	0.14	32
玖木		10.35	1.47	0.14	32
口屋内		10.24	1.46	0.14	27

地点名	類型基準値	平均値	標準偏差	変動係数	データ数
黒尊上	(AA) 50MPN /100ml以下	78	118	1.5	27
黒尊		403	736	1.8	33
奥屋内上		679	1134	1.7	33
奥屋内下	(A) 1000MPN /100ml以下	523	926	1.8	33
玖木		840	925	1.1	33
口屋内		1066	924	0.9	27

地点名	基準値	平均値	標準偏差	変動係数	データ数
黒尊上	(なし)	0.26	0.07	0.25	27
黒尊		0.31	0.09	0.28	32
奥屋内上		0.33	0.11	0.32	32
奥屋内下		0.35	0.11	0.32	32
玖木		0.34	0.11	0.32	32
口屋内		0.28	0.11	0.40	27

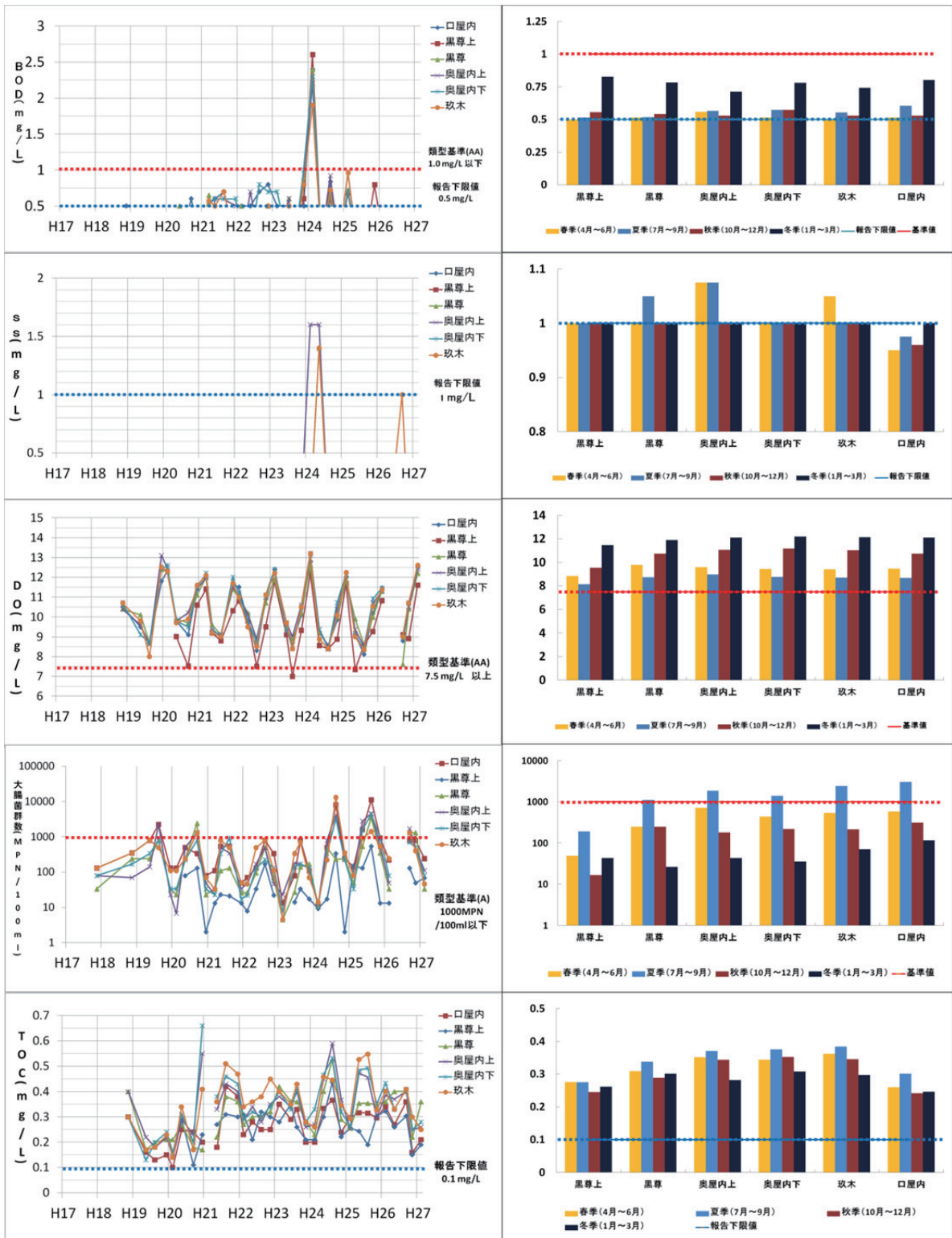


図7 生活環境項目の10年間の調査結果 (H17~H26年度) 及び地点ごとの季節変動

4. 考 察

清流度について、黒尊川は四万十川支流の中でも特に高い基準値が定められているが、今回のまとめで地点によっては基準を満たしていないことが把握できた。春季に低下する傾向については農業排水の流入による影響が考えられる。また、渓谷に位置する黒尊川は、日射量が少なく天候によっては清流度が若干低下することもある。また、地点によっては河床の巻き上げ等の影響により清流度が低下したことも考えられる。いずれにせよ、黒尊川の透明度は従来の濁度の測定による方法では比較しづらい事からも、清流度は最適な測定方法であると考えられる。

全窒素・全りんについては上流から下流にかけて減少する傾向にあることから、山林から流入した化合物が四万十川に合流するまでに生物活動に利用されていると考えられ、集落からの排出の影響は少ないと考えられる。

水生生物について、いずれの地点でも多種多様な生物が存在しており、環境の変化や汚濁に弱いカゲロウ類やカワゲラ類が多くみられていることから、黒尊川全体が水生生物にとって良好な河川環境であることが示された。

生活環境項目の測定結果からは流域全体の水質が継続的に良好に保たれている事が示されている。このことから、本項目については年平均的な値を示す秋季1回の測定で確認が可能であると思われる。

大腸菌群数について、最上流の黒尊上を除いては地点間で大きな差はなかった。若干、下流に行くほど値が大きくなる傾向がみられたが、主に森

林の枯葉や土壌中に存在する環境由来の大腸菌群が、降雨等により河川水中に供給されているためと推察される。なお、本項目についても河川A類型の基準値に近い値で推移していることから、年4回の測定は必要ないと思われる。

5. まとめ

平成17年度から平成26年度にかけて黒尊川のモニタリング調査を行った。清流度については黒尊上、奥屋内上の2地点のみが基準値を満たした。全窒素については黒尊上と黒尊を除く4地点、全りんと水生生物の判定値については全地点で基準値を満たした。生活環境項目についてはいずれの地点でも河川A～AA類型に適合した。

これらのことから、黒尊川の水質を監視するには清流度が最適であり、四季を通じての生活環境項目の測定については現状の黒尊川には必要ないと思われ、測定項目を見直す必要があると考える。

全体を通して、黒尊川の水質は10年間でほぼ一定に維持されてきたとみなせるが、今後も継続的にモニタリングデータを蓄積する必要があると考えられる。

文 献

- 1) 貞岡秀俊ら：四万十川清流保全モニタリング状況について、高知県環境研究センター所報, 29, 43-53, 2012
- 2) 堀内泰男ら：四万十川清流基準調査について、全国環境研会誌, 29, 51-56, 2004

IV 所報投稿規定

Ⅳ 高知県環境研究センター所報投稿規定

1. 所報の内容

- (1) 環境研究センターの概要 (当該年度)
 - 1) 沿革 2) 施設の概要
 - 3) 組織及び主な業務 4) 職員の一覧
 - 5) 人事異動 6) 予算 7) 主要備品
- (2) 業務概要 (前年度)
 - 1) 前年度決算 2) 学会・会議及び研修
 - 3) 研究発表 (要旨) 4) 環境教育・学習及び研修等
 - 5) 各担当の業務概要

2. 投稿規定

- (1) 投稿者の資格
投稿者は原則として当所職員あるいは当所職員との共同研究者及び編集委員会が認めた場合には、会員以外からの寄稿を受け付ける場合がある。
- (2) 原稿の種類
原稿は研究論文、資料及び投稿文等とする。研究論文は独創性に富み、新知見に基づく内容の論文とする。資料は実験、調査研究の結果及び研究過程でまとめた成果等記録すべき内容の論文。投稿文は環境研究センター内外を問わず投稿が出来るが、その内容は研究職員の示唆に富み資質向上に寄与するものとする。

(3) 原稿の執筆

原稿の執筆はワードプロセッサを用い、A4用紙を用い1頁43行とし、1行は22文字とする。詳細は、原稿執筆要領に従う。

(4) 原稿の提出と編集

原稿は所属担当チーフを経て編集委員会に提出する。編集委員会で編集された原稿は所長がこれを校閲する。

(5) 校正

原稿は3校までをもって校了とする。初校は著者が行い、再校以降は編集委員会が行う。

(6) 編集委員会

所報編集委員会は、各担当より一名参加するものとし、編集委員長は次長をもって充てる。所長はアドバイザーとして編集委員会に適宜参加する。編集委員会では、提出された原稿の査読を行い、内容に問題のある場合は、著者に修正を求める場合がある。

(7) 原稿

原稿は6月末までに編集委員会に提出するものとする。

(8) その他の事項

その他必要な事項は編集委員会で協議する。

原稿執筆要領

1. 文体

原稿は原則として当用漢字、現代かなづかいとする。

2. 表題、著者名

研究論文、資料共に表題及び著者名をつける。

3. 本文

- (1) 研究論文については、要旨、キーワード、はじめに、実験、調査 (材料と方法)、結果、考察、おわりに (謝辞)、文献の順序とし、表題及び要旨には英文訳をつける。謝辞については節をたてず、一行あけて書く。
- (2) 資料については「要旨」、「はじめに」の文章は省略して書き始め、「実験、結果、考察」

についてもそれらの文字に下線を引いた上、改行しないでそれぞれの内容を書く。

(3) 番号の付け方は原則として下記のようにする。

- 1 .
- 2 .
- 3 .
- 3 . 1
- 3 . 2
- 3 . 3
- 3 . 3 . 1
- 3 . 3 . 2
- 3 . 3 . 3

(4) 句読点 (, .) , (・) , (「 」) には一区画をあたえる。ただし、これらの記号が行の頭に出る場合は、前の行の右欄外に書く。

(5) 英、数字は一区画2文字とし、数字は原則としてアラビア数字を用いる。

(6) 書体はそれぞれ文字の下に次の記号を入れる。

ゴシック体 ~~~~~
イタリック体 —————
小キャピタル = = = = =
大キャピタル マルで囲む

(7) 使用する単位はSI単位系にしたがって表記することを原則とする。ただし容量単位は、リットル (L) , 立方メートル (m³) を用い

ることを原則とする。

(8) 生物名は和名の場合カタカナを用い、学名はイタリック体とする。

4. 表と図

(1) 表と図は、本文とは別にA4の大きさの用紙に書き、表では表の上部に、図では図の下部に番号と表題を表示する。注釈は表では下部に、図の場合は別紙に記載する。

(2) 表や図の本文中への挿入位置は原稿用紙の右欄外に←表1のように赤字で明示する。

5. 文 献

(1) 文献は本文の引用箇所の右肩に1), 2), 3), 4 - 6) のように通し番号で示す。記載方法は一文献ごとに行を改める。

(2) 雑誌の引用は、著者名：雑誌名, 巻 (号), 頁, 発行年 (西暦) の順に記載する。

(3) 共著の場合は、3名以内は全員を記載し、4名以上の場合は第1著者のみを記載し、その後に「ら」と記す。

(4) 文献の略名は、邦文誌は日本自然科学学術雑誌総覧、欧文誌はChemical Abstractsに従って記載する。

ANNUAL REPORT
OF
KOCHI PREFECTURAL ENVIRONMENTAL
RESEARCH CENTER
No.31, 2014



古紙配合率100%再生紙を使用しています
白色度は70%です