

令和6年度

奈良県景観・環境総合センター研究報告

No.12

2024

ANNUAL REPORT OF
NARA PREFECTURE LANDSCAPE
AND ENVIRONMENT CENTER

はじめに

平素は、奈良県景観・環境総合センターの業務の推進にご理解ご協力を賜り、厚くお礼申し上げます。

この度、令和6年度奈良県景観・環境総合センター研究報告が出来上がりましたので、ご報告いたします。

当センターは、平成25年4月に（旧）奈良県保健環境研究センターから大気環境担当と水環境担当が分離し、奈良県景観・環境保全センターへ統合されて、名称を奈良県景観・環境総合センターに変更しました。本冊子は当センターの研究部門（大気係・水質係）について、研究施設の概要や業務概要、調査研究・報告等を取りまとめたものです。

当センターの研究部門では、環境関連の検査業務や、県が環境施策を実施する上で必要とされる技術的支援、調査研究を行っています。

検査業務については、法令に基づく常時監視のための測定や環境行政上必要な測定、また突発的な異常水質等の発生時の原因特定のための水質測定等を行っています。

調査研究については、行政ニーズを踏まえた課題設定を心がけるとともに、地域性だけでなく広域性も同時に考慮すべき課題については、国立環境研究所と複数の地方環境研究所等の研究者が参加して共同研究を実施する、いわゆるⅡ型共同研究に積極的に参加するなど、内容の充実を図っています。

また、調査研究業務に客観的かつ公正な評価を加え、調査研究の充実とその成果の普及を図ることを目的に、学識経験者による外部評価制度を導入しています。

近年、地球温暖化に伴う豪雨や猛暑などの極端な気象現象が増加し、生活や経済に深刻な影響を及ぼしています。これらの問題に対応するため、緩和策（温室効果ガス削減）だけでなく、適応策（被害軽減やリスク回避）が必要とされています。

そこで国では2018年（平成30年）に「気候変動適応法案」が閣議決定され、気候変動の影響に対応するための適応策を法的に明確化するとともに、地域における気候変動の影響や適応策に関する情報を収集・整理し、県民に発信する拠点として「気候変動適応センター」が法的に位置づけられました。

このような背景を受け、当県においても、県内の気候変動影響に関する情報を収集・整理・分析し、施策に反映させるとともに、県民・事業者に必要な情報の提供や技術的助言を行う拠点として、当センターに「奈良県気候変動適応センター」を令和7年1月6日に設置しました。

地方環境研究所は、行政の環境施策の実施や危機管理事象への対応を下支えする機関であり、実態に即した対策を取るための科学的根拠を示すことが求められています。

これらの期待に応えるべく、日々業務の推進に精励してまいりますので、皆様にご高覧いただき、ご意見やご助言をいただければ幸いです。

令和8年2月

奈良県景観・環境総合センター
所長 城山 二郎

目 次

第1章 総 説

1. 沿 革	1
2. 組 織	1
(1) 機構と事務分掌	1
(2) 職員構成	2
(3) 職員名簿	2
3. 施 設	3
(1) 土 地	3
(2) 建 物	3
(3) 奈良県景観・環境総合センター試験研究施設 配置図	4
4. 新規購入備品	5
5. 予算及び決算	5
6. 企画情報関連	6
(1) 職員の出席した学会，研究会，講習会，研修会等	6
(2) 当センター職員を講師とする講演会，技術・研修指導	8
(3) 国立環境研究所・地方環境研究所との共同研究	8
(4) 景観・環境総合センター研究発表会	8
(5) 外部評価制度	8

第2章 試験・検査概況

大気係	11
水質係	14

第3章 調査研究・報告

第1節 研究ノート

1. 2023年度における微小粒子状物質（PM _{2.5} ）成分分析調査結果について村上友規・志村優介・久保友佳子・上林政貴・杉本恭利	17
2. 奈良県におけるPM _{2.5} 中の有機トレーサーおよび前駆VOCの高時間分解観測村上友規・久保友佳子・上林政貴	21
3. 奈良県内大気中のアルデヒド類及び前駆体の調査久保友佳子・村上友規・上林政貴・杉本恭利	24
4. 県内大気中の地点別 VOC の状況について久保友佳子・村上友規・杉本恭利	30
5. 大和川水系岡崎川の水質改善に関する検討北岡洋平・平山可奈子・浦西洋輔・辻本真弓・岡本雄二・井上ゆみ子・田原俊一郎	35
6. 奈良県内の河川におけるヒト及び動物用医薬品の環境実態調査辻本真弓・平山可奈子・岡本雄二・井上ゆみ子	38

7. 県内河川における化学物質環境調査	岡本雄二・辻本真弓・平山可奈子・井上ゆみ子	43
8. AIQS-GC を用いた奈良県内公共用水域の平常時スクリーニング分析について	平山可奈子・平井佐紀子・岡本雄二・辻本真弓・北岡洋平・井上ゆみ子	47

第2節 資料

1. ベンゾ[a]ピレンの捕集・分析におけるふっ素樹脂フィルタ使用の検討	下田明史・長岡孝浩・久保友佳子・村上友規・杉本恭利	55
2. 大気粉じん中の六価クロム測定に係る検討	長岡孝浩・久保友佳子・下田明史・村上友規・杉本恭利	57
3. 大和川水系だるま橋におけるWET手法を用いた生物影響評価について	平井佐紀子・井上ゆみ子	59

第3節 他誌掲載論文の抄録

特集記事：第51回環境保全・公害防止研究発表会

各座長によるセッション報告 (大気・騒音IV, その他 I).....	村上友規	61
各座長によるセッション報告 (気候変動IV、生物 I).....	杉本恭利	61
各座長によるセッション報告 (生物III).....	井上ゆみ子	62
各座長によるセッション報告 (気候変動IV、生物 I).....	井上ゆみ子	62

第4節 報告書の要旨

光化学オキシダント等の変動要因解析を通じた地域大気汚染対策提言の試み

.....	村上友規	63
-------	------	----

第5節 研究発表の抄録

(1) 外部研究発表抄録

1. 奈良県におけるPM _{2.5} 中の有機トレーサー (SOA) 及びVOCの高時間分解観測	村上友規・久保友佳子・上林政貴・西村理恵・浅川大地・池盛文数・茶谷聡・菅田誠治	65
2. 奈良県内大気中におけるホルムアルデヒド及びアセトアルデヒド濃度の経年変化	久保友佳子・村上友規・杉本恭利・上林政貴	65
3. 奈良県におけるPM _{2.5} 中の有機トレーサー及び前駆VOCの高時間分解観測	村上友規・久保友佳子・上林政貴	66
4. 奈良県におけるPM _{2.5} 中の有機トレーサー及び前駆VOCの高時間分解観測	村上友規・久保友佳子・上林政貴	66
5. 奈良県内大気中のアルデヒド類及び前駆体の調査	久保友佳子・村上友規・杉本恭利・上林政貴	67
6. VOC・PM _{2.5} 観測グループの成果報告 (SOA 観測結果の概要)	村上友規	67
7. 大和川流域におけるマイクロプラスチックの環境実態調査	平山可奈子・浦西洋輔・田原俊一郎	68
8. 大和川水系岡崎川の水質改善に関する検討	北岡洋平・辻本真弓・岡本雄二・平山可奈子・平井佐紀子・井上ゆみ子	68

9. 大和川水系岡崎川の水質改善に関する検討	北岡洋平・辻本真弓・岡本雄二・平山可奈子・平井佐紀子・井上ゆみ子	69
10. AIQS-GC を用いた奈良県内公共用水域の平常時スクリーニング分析について	平山可奈子・北岡洋平・辻本真弓・岡本雄二・平井佐紀子・井上ゆみ子	69
 (2) 景観・環境総合センター所内研究発表会要旨		
1. 県内大気中におけるホルムアルデヒド及びアセトアルデヒド濃度の経年変化	久保友佳子	70
2. 大和川流域におけるマイクロプラスチックの環境実態調査	平山可奈子	70
3. レセプターモデルを用いた大阪府及び奈良県における PM _{2.5} 発生源の経年解析	村上友規	71
4. WET 手法による岡崎川の生物影響評価について	平井佐紀子	71
 (3) 共同発表業績	72
 奈良県景観・環境総合センター研究報告投稿規定	73

CONTENTS

Notes

1. An Analysis of the Composition of Fine Particulate Matter (PM_{2.5}) in 2023
• • • • • MURAKAMI Yuki • SHIMURA Yusuke • KUBO Yukako • KAMBAYASHI Masaki
and SUGIMOTO Kiyotoshi 17
2. High-Time-Resolution Observations of Organic Tracers in PM_{2.5} and Precursor VOCs in Nara Prefecture
• • • • • MURAKAMI Yuki • KUBO Yukako and KAMBAYASHI Masaki 21
3. Monitoring of Aldehydes and Their Precursors in the Atmosphere of Nara Prefecture
• • • • • KUBO Yukako • MURAKAMI Yuki • KAMBAYASHI Masaki and SUGIMOTO Kiyotoshi 24
4. Characteristics of Atmospheric VOCs at Different Locations in Nara Prefecture
• • • • • KUBO Yukako • MURAKAMI Yuki and SUGIMOTO Kiyotoshi 30
5. A Consideration on the Water Quality Improvement of the Okasaki River, the Yamato River System
• • • • • KITAOKA Yohei • URANISHI Yosuke • TSUJIMOTO Mayumi • OKAMOTO Yuji •
HIRAYAMA Kanako • INOUE Yumiko and TAHARA Syunichiro 35
6. Environmental Survey of Veterinary Drugs in the Rivers of Nara Prefecture
• • • • • TSUJIMOTO Mayumi • HIRAYAMA Kanako • OKAMOTO Yuji and INOUE Yumiko 38
7. An Environmental Survey of Chemical Substances in Rivers in the Prefecture
• • • • • OKAMOTO Yuji • TSUJIMOTO Mayumi • HIRAYAMA Kanako and INOUE Yumiko 43
8. Screening Analysis of Normal Public Waters in Nara Prefecture Using AIQS-GC
• • • • • HIRAYAMA Kanako • KITAOKA Yohei • OKAMOTO Yuji • TSUJIMOTO Mayumi •
HIRAI Sakiko and INOUE Yumiko 47

Data

1. An Investigation into the Use of Fluororesin Filters for the Collection and Analysis of Benzo[a]pyrene
• • • • • SHIMODA Akifumi • NAGAOKA Takahiro • KUBO Yukako • MURAKAMI Yuki
and SUGIMOTO Kiyotoshi 55
2. An Investigation into the Measurement Method of Hexavalent Chromium in Atmospheric Dust
• • • • • NAGAOKA Takahiro • KUBO Yukako • SHIMODA Akifumi • MURAKAMI Yuki
and SUGIMOTO Kiyotoshi 57
3. An Evaluation of Daruma Bridge Site, the Yamato River System, with Whole Effluent Toxicity (WET) Tests
• • • • • HIRAI Sakiko and INOUE Yumiko 59

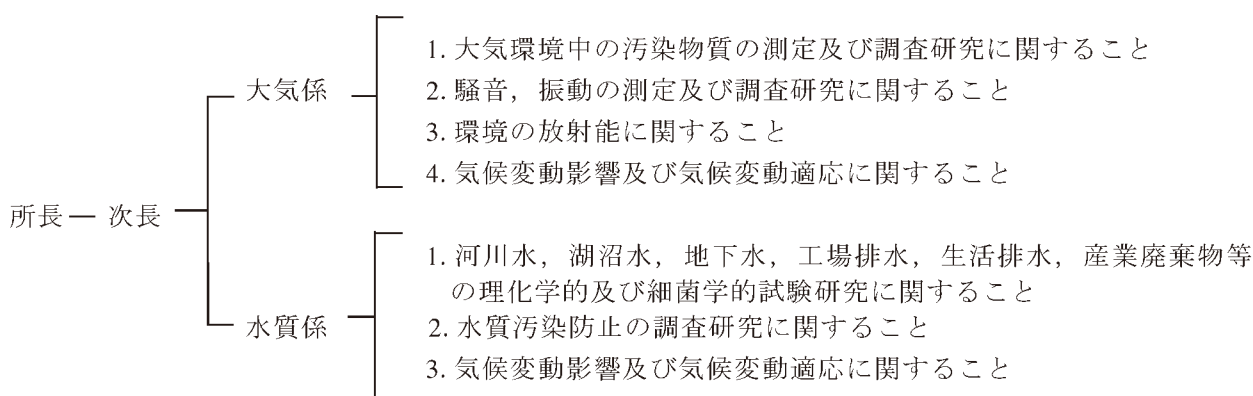
第1章 総説

1. 沿革

昭和23年 6月25日	奈良県告示第167号を以て、奈良市登大路町奈良県庁内に奈良県衛生研究所を設置
昭和28年 3月31日	奈良県条例第11号を以て、奈良市油阪町に庁舎を新築移転
昭和41年 3月30日	奈良市西木辻八軒町に奈良保健所との合同庁舎を新築移転
昭和46年 3月24日	奈良市大森町に独立庁舎を新築移転
昭和46年 5月 1日	奈良県行政組織規則の改正により、総務課、環境公害課、予防衛生課の3課を設置
昭和48年 4月 1日	奈良県行政組織規則の改正により、食品化学課を新設
昭和50年 2月28日	前庁舎に接して約 1,276 m ² の庁舎を新築
昭和62年 4月 1日	奈良県行政組織規則の改正により、総務課、公害課、環境課、食品化学課、予防衛生課の5課制に編成替え
平成 2年 4月 1日	奈良県行政組織規則の改正により、総務課、大気課、水質課、食品生活課、予防衛生課に編成替え
平成12年 4月 1日	奈良県感染症情報センターを所内に設置
平成14年 4月 1日	奈良県行政組織規則の改正により、奈良県保健環境研究センターと名称変更し総務課と試験研究グループ（大気環境担当、水環境担当、食品担当、ウイルス・細菌担当）に編成替え
平成18年 4月 1日	奈良県行政組織規則の改正により、総務課、精度管理担当、大気環境担当、水環境担当、食品担当、ウイルス・細菌担当に編成替え
平成22年 4月 1日	技術担当を置く
平成23年 4月 1日	技術担当を解く
平成25年 4月 1日	奈良県行政組織規則の改正により、大気環境担当及び水環境担当は奈良県景観・環境総合センターの試験研究部門として大気係、水質係に編成替え。奈良県保健環境研究センターは奈良県保健研究センターと名称変更し、総務課、精度管理担当、食品担当、細菌担当、ウイルス・疫学情報担当に編成替え。試験研究施設は桜井市栗殿に新築移転。
令和 7年 1月 6日	奈良県気候変動適応センター設置

2. 組織(試験研究部門のみ)

(1) 機構と事務分掌 (令和7年4月1日現在)



(2) 職員構成

(令和7年4月1日現在)

区 分	事務職員	技術職員		計
		獣医学	理工農学	
所 長			1	1
次 長	1			1
大 気 係			6	6
水 質 係			6	6
計	1		13	14

(3) 職員名簿

(令和7年4月1日現在)

係 名	職 名	氏 名	係 名	職 名	氏 名
	所 長	城 山 二 郎			
	次 長	岡 部 泰 也			
大 気 係	統括主任研究員	吉 田 孝 子	水 質 係	統括主任研究員	井 上 ゆみ子
	副 主 任	山 本 徹		主任研究員	岡 本 雄 二
	総括研究員	村 上 友 規		主任研究員	角 百 夏
	主任研究員	下 田 明 史		主任研究員(フル再)	山 下 浩 一
	主任研究員	吉 田 実 希		主任主事	平 山 可奈子
	主任研究員	久 保 友佳子		主任主事	長 岡 孝 浩

3. 施 設（試験研究施設のみ）

(1) 土 地

（令和7年4月1日現在）

地 名	地 目	面 積	現在の状況	所 有 者
桜井市栗殿 1000 番地	宅 地	8,741.86 m ²	宅 地	奈 良 県

(2) 建 物

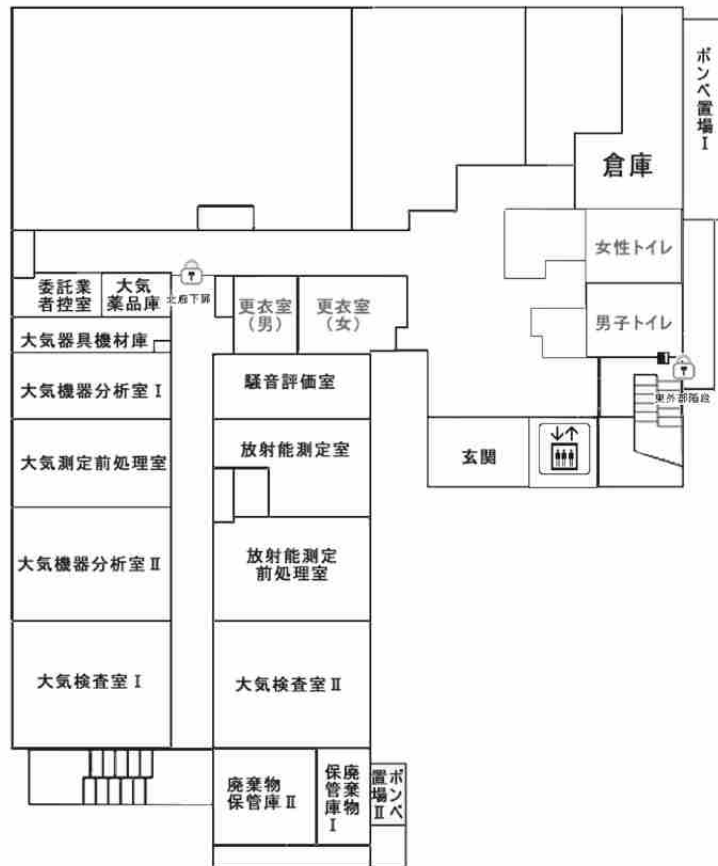
（令和7年4月1日現在）

施 設	面 積	使用開始年月日	建物経過年数	所 有 者
本館鉄筋コンクリート 4 階	3,264.17 m ²	平成 25 年 4 月 1 日	12 年	奈 良 県
（ 本 館 1 階 ）	(860.13)			
（ 本 館 2 階 ）	(786.77)			
（ 本 館 3 階 ）	(786.77)			
（ 本 館 4 階 ）	(786.77)			
（ 本 館 P1 階 ）	(43.73)			
倉 庫	7.00 m ²	平成 25 年 4 月 1 日	12 年	

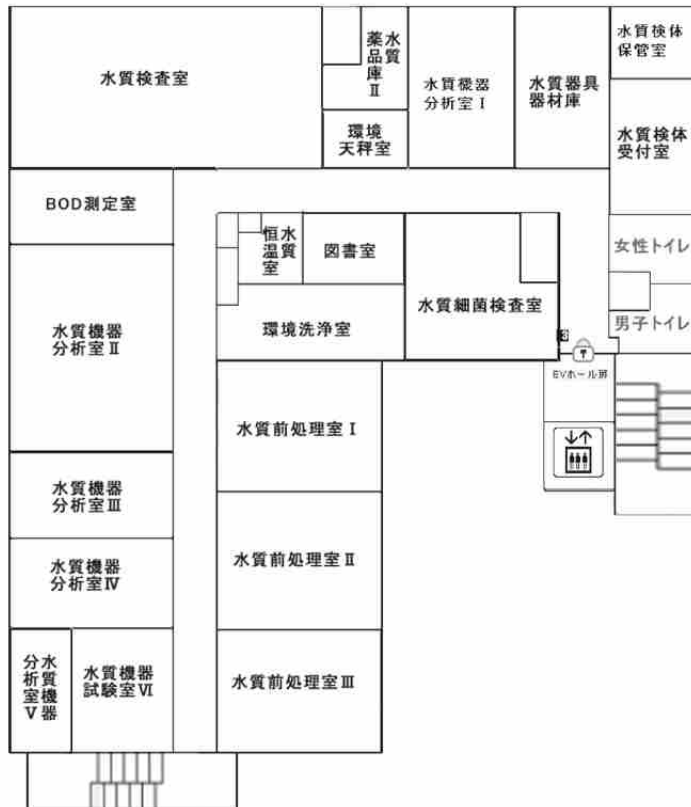
※大気係は1階西棟，水質係は2階全棟にて試験研究を実施．

(3) 奈良県景観・環境総合センター試験研究施設 配置図

(1階)



(2階)



4. 新規購入備品（単価 20 万円以上）

品 名	規 格	購入年月日
マイクロウェーブ試料分解装置	(株)アナリティクイエナジャパン製 speedwaveXPERT	R7.1.10
電子天秤	(株)島津製作所製 UP8201X	R7.2.14
ミニポンプ用基準流量計	柴田科学(株)製 FC-M1	R7.2.21
イオンクロマトグラフ	サーモフィッシャーサイエンティフィック(株)製 INUVION RFC、VWD-IC、PCM-530 AS-AP TEMP、ICW-3000	R7.3.14

5. 予算及び決算（令和 6 年度）

検査手数料（証紙収納額）

（単位 円）

種 別	内 訳	予 算 額	証紙収納額
景観・環境総合センター手数料	大気試験	119,000	0
	水質試験	2,624,000	2,756,760
合 計		2,743,000	2,756,760

歳 出

（単位 円）

款・項・目	予 算 額	支 出 額	残 額
(款) 福祉保健費	190,000	188,948	1,052
(項) 地域福祉費	190,000	188,948	1,052
(目) 保健研究センター費	190,000	188,948	1,052
(款) 環境森林費	30,862,220	29,096,772	1,765,448
(項) 水資源・環境政策費	30,862,220	29,096,772	1,765,448
(目) 水・大気環境費	24,319,220	23,043,576	1,275,644
(目) 廃棄物対策費	6,543,000	6,053,196	489,804
合 計	31,052,220	29,285,720	1,766,500

*景観・環境総合センターへの令達額。人件費を含まず。

6. 企画情報関連

(1) 職員の出席した学会、研究会、講習会、研修会等

i) 大気係

年・月・日	内 容	開 催 地
R 6. 5.14	金沢大学環日本海域環境研究センターの研究紹介 2	Web 開催
5.21～24	環境放射能分析研修	千葉市
6. 3	大気環境学会講演会「植物起源揮発性有機化合物（BVOC）の大気への放出とその後」	Web 開催
6.26	統一精度管理調査結果説明会＜令和 5 年度調査結果＞	Web 開催
7.23	大気環境総合センター令和 6 年度セミナー『ERCA の研究成果発表』	Web 開催
9. 5	II 型共同研究「光化学オキシダント等の変動要因解析を通じた地域大気汚染対策提言の試み」VOC・PM2.5 観測グループ 第 4 回会合	Web 開催
9.11～13	第 65 回大気環境学会	横浜市
10.25	日本環境化学会 大気環境部会「大気中有害物質の最新研究：揮発性有機化合物、PFAS、マイクロプラスチックの分析と挙動 ～環境研究総合推進費が解き明かす未来への挑戦～」	Web 開催
11.14～15	第 51 回全国環境研公害防止研究会	奈良県
11.19	II 型共同研究「光化学オキシダント等の変動要因解析を通じた地域大気汚染対策提言の試み」VOC・PM2.5 観測グループ 第 5 回会合	Web 開催
12.10	II 型共同研究「光化学オキシダント等の変動要因解析を通じた地域大気汚染対策提言の試み」VOC・PM2.5 観測グループ 第 6 回会合	Web 開催
12.16～17	第 39 回全国環境研協議会東海・近畿・北陸支部研究会	金沢市
12.23	令和 6 年度道路交通振動・騒音担当者説明会	Web 開催
12.26	大気環境学会中部支部講演会	Web 開催
R 7. 1.10	令和 6 年度道路交通振動・騒音担当者説明会	Web 開催
1.17	令和 6 年度第 2 回近畿大気汚染常時監視連絡会	大津市
1.27～28	令和 6 年度化学物質環境実態調査環境科学セミナー	東京都
1.29～30	JASIS 関西 2025	大阪市
1.31	令和 6 年度新潟県保健環境科学研究所 調査研究発表会	Web 開催
1.20～2.7	令和 6 年度大気分析研修	Web 開催
2.19～20	第 40 回全国環境研究所交流シンポジウム	つくば市
3.10～11	II 型共同研究全体会合	東京都

ii) 水質係

年・月・日	内 容	開 催 地
R 6. 6.26	統一精度管理調査結果説明会<令和5年度調査結果>	Web 開催
7.26~29	令和6年度 VOCs 分析研修 (水質)	所沢市
8.28	第48回瀬戸内海水環境研会議及び第31回2024年度 瀬戸内海研究フォーラム in 大阪	高槻市
9.30	統一精度管理調査 東海・近畿・北陸ブロック会議	Web 開催
10.30	II型共同研究「災害時における化学物質の網羅的簡易迅速測定法を活用した緊急調査プロトコルの開発」及び「公共用水域における有機-無機化学物質まで拡張した生態リスク評価に向けた研究」全体会合	つくば市
10.31	環境研究総合推進費【IMF-2301】「法学及び工学的アプローチの連携による災害・事故時における化学物質と環境リスク管理制度並びに情報基盤に関する研究」机上演習会合	つくば市
11.14	第51回環境保全・公害防止研究発表会	橿原市
12. 9~13	令和6年度水質分析研修 (ICP-MS コース)	所沢市
12.10	日本環境化学会「劔持堅志先生と奥村為男先生を偲ぶ追悼講演会」	大阪市
12.16	令和6年度生物学的調査推進のための研修会	Web 開催
12.16~17	第39回全国環境研協議会東海・近畿・北陸支部研究会	金沢市
12.18	II型共同研究「多様な水環境の管理に対応した生物応答の活用に関する研究」及び「公共用水域における有機-無機化学物質まで拡張した生態リスク評価に向けた研究」の2課題合同開催ワークショップ	福井市
12.19	II型共同研究「公共用水域における有機-無機化学物質まで拡張した生態リスク評価に向けた研究」及び「多様な水環境の管理に対応した生物応答の活用に関する研究」全体会合	福井市
R 7. 1.27~28	令和6年度化学物質環境実態調査環境科学セミナー	東京都
1.30~31	JASIS 関西 2025	大阪市
2.18	第70回日本水環境学会セミナー「今、ネイチャーポジティブを考える」	Web 開催
2.19~20	第40回全国環境研究所交流シンポジウム	Web 開催
2.21	II型共同研究「災害時における化学物質の網羅的簡易迅速測定法を活用した緊急調査プロトコルの開発」2024年ラウンドロビンテスト報告会	Web 開催
2.28	令和6年度全国環境研協議会東海・近畿・北陸支部 有害化学物質部会	堺市
3.12	研究セキュリティシンポジウム～研究の自由、透明性、開放性とセキュリティの両立のために～	Web 開催
3.17~19	第59回日本水環境学会年会	札幌市
3.26	国立環境研究所 気候危機対応研究イニシアティブ「二酸化炭素除去技術 CDR の課題と可能性～「1.5℃目標」達成に向けて」	Web 開催

(2) 当センター職員を講師とする講演会、技術・研修指導

年・月・日	内 容	対 象 者	担 当
R6.10.1 ~ 4	令和6年度奈良県立医科大学 公衆衛生学実習	奈良県立医科大学 医学部4年生 4名	大気係

(3) 国立環境研究所・地方環境研究所との共同研究

地方公共団体環境研究機関等と国立環境研究所とのⅡ型共同研究

「公共用水域における有機-無機化学物質まで拡張した生態リスク評価に向けた研究」

水質係 辻本真弓

「災害時等における化学物質の網羅的簡易迅速測定法を活用した緊急調査プロトコルの開発」

水質係 北岡洋平 平山可奈子

「多様な水環境の管理に対応した生物応答の活用に関する研究」

水質係 平井佐紀子

「光化学オキシダント等の変動要因解析を通じた地域大気汚染対策提言の試み」

大気係 村上友規 久保友佳子

(4) 景観・環境総合センター研究発表会 ※詳細は本誌第3章第4節(2)参照

i) 令和6年6月28日

「県内大気中におけるホルムアルデヒド及びアセトアルデヒド濃度の経年変化」

大気係 久保友佳子

「大和川流域におけるマイクロプラスチックの環境実態調査」

水質係 平山可奈子

ii) 令和7年2月28日

「レセプターモデルを用いた大阪府及び奈良県におけるPM_{2.5}発生源の経年解析」

大気係 村上友規

「WET手法による岡崎川の生物影響評価について」

水質係 平井佐紀子

(5) 外部評価制度

i) 外部評価制度の導入

調査研究業務に客観的かつ公正な評価を加え、調査研究の充実とその成果の普及を図ることを目的に、平成19年度から保健環境研究センターとして外部評価制度を導入している。

平成25年度からは、保健環境研究センター大気環境担当・水環境担当が、景観・環境総合センター大気係・水質係へと組織変更され、保健環境研究センターは保健研究センターと名称変更されたが、外部評価制度は両者合同で行っている。

外部評価委員

(令和6年4月1日現在)

	氏名	所属
委員長	多賀 淳	近畿大学
委員	須崎 康恵	奈良県立医科大学
委員	山田 誠	龍谷大学
委員	川崎 清史	同志社女子大学
委員	片野 泉	奈良女子大学

ii) 令和6年度評価対象となった調査研究（当センター分のみ抜粋）

担当	主任研究者	課題名	共同研究者
大気係	村上 友規	高時間分解条件による SOA 及び VOC の同時観測	久保 友佳子
水質係	北岡 洋平	大和川水系岡崎川の水質改善に関する検討	辻本 真弓 岡本 雄二 平山 可奈子 平井 佐紀子

iii) 外部委員による総合評価

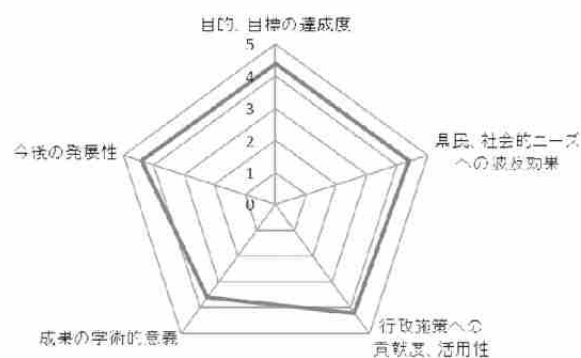
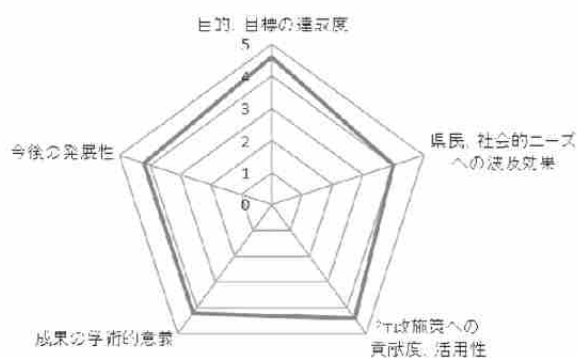
令和6年度の調査研究について、全体を通じ次のように評価された。

- ・コロナの時期にはできないこともあったが、活発な研究が完全に復活していた
- ・基礎研究の基礎データをしっかり出していくことが県民の納得につながると思う
- ・緻密な分析と緻密な作業、フィードバックもして、いいデータを持っていると思う
- ・研究発表を論文の形で発表することがいいと思う

iv) 外部委員による個別評価

外部委員による評価は、①目的・目標の達成度、②県民・社会的ニーズへの波及効果、③行政施策への貢献度、活用性、④成果の学術的意義、⑤今後の発展性の観点から行われる。

それぞれについて、5段階評価で行い各委員の平均で表した。



第2章 試験・検査概況

大 気 係

大気係では、大気汚染防止法及び奈良県生活環境保全条例に基づく行政検査を主要な業務としている。

行政検査の測定として、大気中の特定粉じん、二酸化窒素、降下ばいじんの調査、有害大気汚染物質のモニタリング調査、微小粒子状物質成分分析調査、酸性雨調査、放射能の測定(原子力規制庁委託)、騒音の環境調査等を実施した。

令和6年度に実施した行政検査及び調査研究等の業務の概要は以下のとおりである。

1. 大気環境

大気汚染物質による大気環境の状況を把握するために以下の調査を実施した。令和6年度に実施した大気汚染関係の検体数及び項目数を表1、表2に示す。

1) 特定粉じん(アスベスト)の調査

(1) 環境調査

大気中の特定粉じんの環境測定を、住宅地域(天理市)、商業地域(大和高田市)、工業地域(大和郡山市)、旧アスベスト製品取扱工場周辺(王寺町、斑鳩町)の計5箇所を4季各3日間行った(60検体)。

(2) 発生源調査

解体作業等の現場2箇所を調査を行った(8検体)。

2) 大気汚染状況(簡易法による二酸化窒素(NO₂)等の)の調査

大気汚染の常時監視を補完するための調査で、トリエタノールアミン円筒ろ紙法(TEA法)によるNO₂等の測定を、一般環境(天理市、桜井市)の2地点について毎月行った(24検体)。

3) 大気汚染状況(降下ばいじん量)の調査

桜井市において、ダストジャー法により、降下ばいじん量の測定を毎月行った(12検体)。

4) 有害大気汚染物質調査

(1) 優先取組物質【VOCs】の測定

テトラクロロエチレン、トリクロロエチレン、ベンゼン等の11物質を、一般環境(天理局、桜井局)、発生源周辺(大和郡山市)の3地点でキャニスター採取、GC/MS法で毎月測定した(84検体)。

また、酸化エチレンを一般環境(天理局、桜井局)の2地点で捕集管採取、GC/MS法で毎月測定した(72検体)。

(2) 優先取組物質【アルデヒド類】の測定

ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドの2物質を一般環境(天理局、桜井局)の2地点で捕集管採取、HPLC法で毎月測定した(72検体)。

表1 令和6年度 大気汚染測定一覧表 (検体数)

業務区分	測定内容	月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	合計	
行政測定	特定粉じん	アスベスト	23	0	0	15	0	0	15	0	0	15	0	0	68	
	簡易法監視	NO ₂	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	24	
	降下ばいじん	ばいじん量	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	
	有害大気汚染物質		VOC (11)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	84
			酸化エチレン	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72
			アルデヒド (2)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72
			水銀	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	84
			金属 (5)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	84
	要監視項目		ベンゾ(a)ピレン	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72
			VOC (3)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72
			イオン (9)	0	58	0	0	58	0	0	58	0	0	58	0	232
			無機元素成分 (29)	0	58	0	0	58	0	0	58	0	0	58	0	232
	微小粒子状物質		炭素成分 (8)	0	58	0	0	58	0	0	58	0	0	58	0	232
			質量濃度	0	42	0	0	42	0	0	42	0	0	42	0	168
	酸性雨	イオン等 (11)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	
小計			72	265	49	64	265	49	64	265	49	64	265	49	1,520	
自主検査			381	62	26	26	26	29	29	29	35	26	94	263	1,026	
合計			453	327	75	90	291	78	93	294	84	90	359	312	2,546	

※有害大気汚染物質、要監視項目及び微小粒子状物質については、二重測定及びブランクを含む。

表2 令和6年度 大気汚染測定一覧表 (項目数)

業務区分	測定内容	月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	合計	
特定粉じん	アスベスト		23	0	0	15	0	0	15	0	0	15	0	0	68	
簡易法監視	NO ₂		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	24	
降下ばいじん	ばいじん量		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	
行政測定	VOC (11)		77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	924	
	酸化エチレン		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72	
	有害大気汚染物質	アルデヒド (2)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	144	
		水銀	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	84	
		金属 (5)	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	420	
		ベンゾ(a)ピレン	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72	
	要監視項目	VOC (3)	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	216
		イオン (9)	0	522	0	0	522	0	0	522	0	0	522	0	0	2,088
	微小粒子状物質	無機元素成分 (29)	0	1,682	0	0	1,682	0	0	1,682	0	0	1,682	0	0	6,728
		炭素成分 (8)	0	464	0	0	464	0	0	464	0	0	464	0	0	1,856
	質量濃度	0	42	0	0	42	0	0	42	0	0	42	0	0	168	
酸性雨	イオン等 (11)	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	132	
小計		198	2,885	175	190	2,885	175	190	2,885	175	190	2,885	175	13,008		
自主検査		12,761	1,915	691	691	691	706	706	706	736	691	3,003	8,749	32,046		
合計		12,959	4,800	866	881	3,576	881	896	3,591	911	881	5,888	8,924	45,054		

VOC (11): アクリロニトリル、塩化ビニルモノマー、クロロホルム、1,2-ジクロロエタン、ジクロロメタン、テトラクロロエチレン、トリクロロエチレン、1,3-ブタジエン、ベンゼン、トルエン、塩化メチル
 アルデヒド (2): ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド
 金属 (5): 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、クロム及びその化合物
 VOC (3): キシレン類、四塩化炭素、1,1,1-トリクロロエタン
 イオン (9): SO₄²⁻、NO₃⁻、NO₂⁻、Cl⁻、NH₄⁺、Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺
 無機元素成分 (29): Na, Al, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Rb, Mo, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Sm, Hf, W, Ta, Th, Pb
 炭素成分 (8): 有機炭素 (OC1, OC2, OC3, OC4) 元素状炭素 (EC1, EC2, EC3) 炭素補正值 (OCpyro)
 イオン等 (11): 降水量, pH, EC, Cl, NO₃⁻, SO₄²⁻, NH₄⁺, Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺

(3) 優先取組物質【水銀】の測定

一般環境 (天理局, 桜井局), 発生源周辺 (大和郡山市) の3地点で捕集管捕集法 (アマルガム捕集管), ダブルアマルガム方式水銀測定装置で毎月測定した (84 検体).

(4) 優先取組物質【金属5物質】の測定

一般環境 (天理局, 桜井局), 発生源周辺 (大和郡山市) の3地点でハイボリュームエアースンプラー採取, マイクロウェーブ加圧容器法で前処理の後, ICP/MS 法により, 毎月測定した (84 検体).

(5) 優先取組物質【ベンゾ(a)ピレン】の測定

一般環境 (天理局, 桜井局) の2地点でハイボリュームエアースンプラー採取, 超音波抽出, HPLC 法で毎月測定した (72 検体).

5) 要監視項目の測定

一般環境 (天理市) 1 地点でキシレン類, 及びオゾン層破壊物質 (四塩化炭素, 1,1,1-トリクロロエタン) 計3項目をキャニスター採取, GC/MS 法で毎月測定した (72 検体).

6) 微小粒子状物質 (PM_{2.5}) の成分分析調査

一般環境 (天理局, 桜井局) 2 地点で成分分析調査を実施した. 調査日は令和6年5月, 8月, 11月, 令

和7年2月の4季各14日間であった.

(1) イオン成分の測定

イオン成分 (SO₄²⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, Cl⁻, NH₄⁺, Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺) 合計9項目を測定した (232 検体).

(2) 無機元素成分の測定

無機元素成分 (Na, Al, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Rb, Mo, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Sm, Hf, W, Ta, Th, Pb) 合計29成分を測定した (232 検体).

(3) 炭素成分の測定

炭素成分 (有機炭素 OC1, OC2, OC3, OC4 元素状炭素 EC1, EC2, EC3 炭素補正值 OCpyro) 合計8成分を測定した (232 検体).

(4) 質量濃度の測定

質量濃度を測定した (168 検体).

7) 酸性雨調査

桜井市において降雨時自動開放型採取装置で採取した雨水について, 降水量, pH, 導電率, イオン成分濃度の測定を毎月行った (12 検体).

8) 化学物質環境汚染実態調査

環境省委託により, 一般環境 (天理局) 1 地点について, 大気試料採取等を実施した.

2. 放射能

原子力規制庁委託環境放射能水準調査事業として、降水、大気浮遊じん、降下物、蛇口水の放射性核種の分析及び空間放射線量率の測定については年間を通じて478検体の測定を行った。茶葉等の食品試料については9検体の測定を行った。各検体数および項目数については、表3、表4に示した。

また、原子力規制庁が実施した放射能分析確認調査に参加し、分析比較試料10検体の分析を行った。

3. 騒音・振動

(1)自動車騒音測定

道路沿道の自動車騒音について、2地点において24時間の騒音測定を行った。

(2)発生源周辺調査

事業場周辺の騒音・振動について、騒音、振動の測定はなかった。

(3)関係機関への騒音計、振動レベル計の貸出

市町村等関係機関に騒音計、振動レベル計等の貸出を行った(10件)。

4. 調査研究等

1) 調査研究

(1) 地方公共団体環境研究機関等と国立環境研究所とのⅡ型共同研究

「光化学オキシダント等の変動要因解析を通じた地域大気汚染対策提言の試み」

(2) 奈良県保健研究センター及び景観・環境総合センター調査研究

「高時間分解条件によるSOA及びVOCの同時観測」(外部評価)

(3) 奈良県保健研究センター及び景観・環境総合センター研究発表会

「県内大気中におけるホルムアルデヒド及びアセトアルデヒド濃度の経年変化」

「レセプターモデルを用いた大阪府及び奈良県におけるPM_{2.5}発生源の経年解析」

2) 事業に係る技術等検討

事業に係る技術等検討として令和6年度は以下の課題について検討を行った。

(1) ベンゾ[a]ピレンの捕集、分析におけるふっ素樹脂製フィルタ使用の検討 [下田明史]

(2) 県内大気中の地点別VOCの状況について [久保友佳子]

(3) 奈良県における大気粉じん中の六価クロム測定方法の検討 [長岡孝浩]

表3 令和6年度 放射能測定一覧表 (検体数)

業務区分	測定区分	月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	合計
行政測定	環境放射能		40	44	40	39	40	38	43	38	37	41	35	43	478
	食品放射能		0	0	1	2	0	1	1	0	2	2	0	0	9
	精度管理(その他)		0	0	1	1	1	2	4	0	0	0	0	1	10
	小計		40	44	42	42	41	41	48	38	39	43	35	44	497
	自主検査		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	合計		40	44	42	42	41	41	48	38	39	43	35	44	497

表4 令和6年度 放射能測定一覧表 (項目数)

業務区分	測定区分	月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	合計
行政測定	環境放射能		42	46	44	41	46	42	45	40	41	43	37	47	514
	食品放射能		0	0	3	6	0	3	3	0	6	6	0	0	27
	精度管理(その他)		0	0	64	64	64	128	256	0	0	0	0	64	640
	小計		42	46	111	111	110	173	304	40	47	49	37	111	1,181
	自主検査		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	合計		42	46	111	111	110	173	304	40	47	49	37	111	1,181

水 質 係

水質係では、水質汚濁防止法及び廃棄物処理法に基づき計画的に行う行政検査を主要な業務としている。その他に緊急的に県行政機関から依頼される検査及び景観・環境総合センター手数料条例に基づく依頼検査等を行っている。

行政検査としては、公共用水域の水質常時監視、工場・事業場等の立入調査に伴う排水基準監視、地下水の水質常時監視、底質・土壌、ゴルフ場排水に関する水質検査、廃棄物処理法に基づく一般廃棄物・産業廃棄物施設関係の水質検査を行った。また、環境省から委託された化学物質環境汚染実態調査に関する検査を実施した。

令和6年度に実施した検査の区分ごとの検体数及び項目数をそれぞれ表1及び表2に示し、それらの概要を以下に述べる。

1. 行政検査

1) 河川水等の検査

(1) 公共用水域の水質監視

公共用水域の水質汚濁状況を常時監視するために、

県が定めた「令和6年度公共用水域及び地下水の水質測定計画」に基づいて大和川水系、紀の川水系及び淀川水系の計72地点の水質検査を実施した。検査項目は、一般項目として透視度等3項目、生活環境項目としてBOD等10項目、健康項目としてカドミウム等27項目、特殊項目としてクロム等6項目、その他項目として塩化物イオン等11項目、要監視項目としてクロロホルム等27項目の計84項目であった(414検体, 6,717項目)。なお、水系別の検体数及び項目数を表3に示した。

(2) 行政河川水等の検査

上記の公共用水域の水質監視を除く河川水等の水質検査を実施した(165検体, 1,475項目)。その内訳は次のとおりである。

① 産業廃棄物関係水質検査

産業廃棄物埋立処分施設等の周辺河川水について水質検査を実施した(71検体, 903項目)。

② その他の水質検査

魚のへい死、事故等による緊急時検査、苦情処理等に関わる検査、及びその他の行政上必要な検査を実施した(94検体, 572項目)。

表1 令和6年度 水質検査一覧表(検体数)

区分	月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	合計	
河川水等	行政検査	公共用水域	38	33	32	38	34	40	40	33	33	40	21	32	414
		行政河川	37	48	6	12	10	11	5	11	3	8	9	5	165
		小計	75	81	38	50	44	51	45	44	36	48	30	37	579
	依頼検査	依頼河川	3	23	4	11	10	1	17	22	1	0	24	5	121
		自主検査	調査	36	60	93	36	96	40	66	96	112	106	0	96
合計		114	164	135	97	150	92	128	162	149	154	54	138	1,537	
排水水等	行政検査	立入	11	11	16	7	13	8	9	3	12	7	3	3	103
		行政放流水	3	6	3	1	8	8	4	5	1	2	6	0	47
		小計	14	17	19	8	21	16	13	8	13	9	9	3	150
	依頼検査	放流水	2	8	1	3	0	4	1	8	2	3	1	2	35
	自主検査	調査	0	0	2	2	0	0	0	4	0	4	0	4	16
合計		16	25	22	13	21	20	14	20	15	16	10	9	201	
地下水	行政検査	定期調査	0	0	3	10	6	5	10	3	0	0	1	0	38
		行政地下水	0	9	2	5	11	0	17	8	0	11	6	0	69
		再調査	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	自主検査	調査	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4	0	8
合計		0	9	5	15	17	5	27	15	0	11	12	0	116	
底質・土壌等	行政検査	0	1	14	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	18
	自主検査	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	合計	0	1	14	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	18
ゴルフ場排水	行政検査	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10	
	依頼検査	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	合計	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10	
総計		130	199	176	125	189	127	169	198	164	182	76	147	1,882	

表2 令和6年度 水質検査一覧表（項目数）

区分	月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	合計
河川水等	公共用水域	444	508	783	682	902	625	805	394	379	530	313	352	6,717
	行政検査 行政河川	206	366	50	147	100	96	43	206	38	85	99	39	1,475
	小計	650	874	833	829	1,002	721	848	600	417	615	412	391	8,192
	依頼検査 依頼河川	18	156	48	76	78	8	102	155	8	0	152	30	831
	自主検査 調査	790	82	2,562	144	2,568	806	252	3,286	3,740	1,330	0	246	15,806
合計	1,458	1,112	3,443	1,049	3,648	1,535	1,202	4,041	4,165	1,945	564	667	24,829	
排水水等	立入	64	85	100	47	78	41	56	18	72	58	23	21	663
	行政検査 行政放流水	32	162	49	4	40	87	42	25	12	21	52	0	526
	小計	96	247	149	51	118	128	98	43	84	79	75	21	1,189
	依頼検査 放流水	7	58	5	23	0	35	6	58	14	23	7	17	253
	自主検査 調査	0	0	38	36	0	0	0	84	0	48	0	4	210
合計	103	305	192	110	118	163	104	185	98	150	82	42	1,652	
地下水	定期調査	0	0	12	534	354	295	534	15	0	0	1	0	1,745
	行政検査 行政地下水	0	90	10	50	110	0	172	80	0	11	62	0	585
	再調査	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	自主検査 調査	0	0	0	0	0	0	0	48	0	0	48	0	96
	合計	0	90	22	584	464	295	706	143	0	11	112	0	2,427
底質・土壌等	行政検査	0	13	252	0	13	0	0	13	0	13	0	0	304
	自主検査	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	合計	0	13	252	0	13	0	0	13	0	13	0	0	304
ゴルフ場排水	行政検査	0	0	0	0	0	480	0	0	0	0	0	0	480
	依頼検査	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	合計	0	0	0	0	0	480	0	0	0	0	0	0	480
総計		1,561	1,520	3,909	1,743	4,243	2,473	2,012	4,382	4,263	2,119	758	709	29,692

2) 排水水等の検査

(1) 工場・事業場等立入調査

水質汚濁防止法及び県生活環境保全条例等により排水基準が適用される工場・事業場、有害物質を排出するおそれのある工場・事業場及び排出量 50 m³/日未満の小規模事業場の排水等について水質検査を実施した(103 検体, 663 項目)。

(2) 排水水等の行政検査

産業廃棄物物理立処分施設等からの排水について行政依頼による水質検査を実施した(47 検体, 526 項目)。

3) 地下水の検査

地下水の水質状況を常時監視するために、県が定めた「令和6年度公共用水域及び地下水の水質測定計画」に基づく35地点の定期水質検査を実施した。検査項目は、健康項目としてカドミウム等27項目、要監視項目及びその他項目として24項目(奈良県独自項目を含む)であった(38 検体, 1,745 項目)。

また、全国的に地下水汚染が問題になっていることを受け、令和6年度及び過年度に基準超過が見られた地下水について行政上必要な検査を実施した(70 検体, 586 項目)。

4) 底質・土壌等の検査

底質・土壌等についての成分等の検査を実施した

(18 検体, 304 項目)。

5) ゴルフ場排水の検査

奈良県の自主検査として県内のゴルフ場排水中の農薬検査を実施した(10 検体, 480 項目)。

6) 化学物質環境汚染実態調査に関する検査

環境省委託事業である化学物質環境汚染実態調査として、大和川本川1地点において底質3検体及び水質2検体、大和川支川1地点において水質1検体の試料採取を実施し、環境省の分析委託業者に送付した。また、水質1検体について4,4'-ジアニロジフェニルエーテル及びジフェニルエーテルの分析を実施し環境省へ報告した。

2. 依頼検査

景観・環境総合センター手数料条例に基づき、手数料を徴収して以下の検査を実施した。

1) 河川水等の検査

市町村等からの依頼により水質検査を実施した(121 検体, 831 項目)。

2) 排水水等の検査

一般廃棄物処理関連施設等からの依頼により排水の水質検査を実施した(35 検体, 253 項目)。

表3 令和6年度 水系別水質検査検体数及び項目数

区分	月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	合計
大和川	検体数	35	16	16	35	17	17	37	16	17	36	17	16	275
	項目数	408	298	608	594	213	208	768	203	204	491	214	177	4,386
紀の川	検体数	3	4	14	3	4	14	3	4	14	3	4	14	84
	項目数	36	170	165	88	146	165	37	169	165	34	99	165	1,439
淀川	検体数	0	13	2	0	13	9	0	13	2	1	0	2	55
	項目数	0	40	10	0	543	252	0	22	10	5	0	10	892
新宮川	検体数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	項目数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	検体数	38	33	32	38	34	40	40	33	33	40	21	32	414
	項目数	444	508	783	682	902	625	805	394	379	530	313	352	6,717

3. 調査研究等

1) 調査研究

(1) 国立環境研究所とのII型共同研究

①「災害時等における化学物質の網羅的簡易迅速測定法を活用した緊急調査プロトコルの開発」

令和5年度に標準物質を用いずに迅速に約1000物質の同定が可能なAIQS-GCシステムによる分析法を構築した。令和6年度は、県内の紀の川水系及び大和川水系の河川水試料を対象に化学物質の存在実態を季節ごとに調査した。

②「多様な水環境の管理に対応した生物応答の活用に関する研究」

環境省では、現在の化学物質の個別規制では対応できない、未知物質や規制対象外の物質、さらには物質間の複合的な影響等も含めて評価する手法として、生物応答を利用したWET手法の導入を検討している。令和6年度は大和川水系環境基準点であるだるま橋における水生生物への影響について、ニセネコゼミジンコを用いるミジンコ繁殖試験法を実施し、本年報に掲載した。

③「公共用水域における有機-無機化学物質まで拡張した生態リスク評価に向けた研究」

本研究は、国内公共用水域の水質試料の分析を行い、概算濃度と毒性情報から生態リスク評価を進めることを目的としている。令和6年度は奈良県浄化センターの流入下水及び放流水を採取し、生活由来化学物質等を主な標的として網羅的に分析を実施した。

(2) 奈良県保健研究センター及び景観・環境総合センター調査研究「大和川水系岡崎川の水質改善に関する検討」(外部評価)

水質改善が求められている大和川水系岡崎川について関連水路を含めた詳細調査を継続的に行い、水質実態を明らかとした。水質汚染の程度が大きい範囲及び時期を特定して汚染源等についての考察を行い、行政担当課と情報共有した。

(3) 奈良県保健研究センター及び景観・環境総合センター研究発表会

①「大和川流域におけるマイクロプラスチックの環境実態調査」

②「WET手法による岡崎川の生物影響評価について」

2) 事業に係る技術等検討

事業に係る技術等検討として、令和6年度は以下の課題について検討を行った。

(1) 大和川水系河川及び下水処理施設下流の医薬品類存在実態調査 [辻本真弓]

(2) 県内における化学物質実態調査 [岡本雄二]

(3) AIQSを用いた網羅分析法の構築 [平山可奈子]

(4) WET手法による河川水の水質影響評価について [平井佐紀子]

第3章 調査研究・報告

第1節 研究ノート

2023 年度における微小粒子状物質 (PM_{2.5}) 成分分析調査結果について

村上友規・志村優介*・久保友佳子・上林政貴**・杉本恭利

An Analysis of the Composition of Fine Particulate Matter (PM_{2.5}) in 2023

MURAKAMI Yuki・SHIMURA Yusuke・KUBO Yukako・KAMBAYASHI Masaki and SUGIMOTO Kiyotoshi

緒 言

2009 年 9 月に「微小粒子状物質による大気汚染に係る環境基準について」が告示され、微小粒子状物質(以下 PM_{2.5} とする)の環境基準が定められた。これを受けて、2010 年 3 月 31 日に、「大気汚染防止法第 22 条の規定に基づく大気汚染の状況の常時監視に関する事務の処理基準について」が改正され、微小粒子状物質の質量濃度の測定に関する記載が追記された。これにより、地方公共団体においては、PM_{2.5} の環境基準の達成状況を把握するために、常時監視を実施している。更に、効果的な PM_{2.5} 対策の検討のため、PM_{2.5} の二次生成機構を含む PM_{2.5} 及びその前駆物質の大気中の挙動等の科学的知見の集積並びに発生源寄与割合の推計に資するという観点から、改正事務処理基準において、PM_{2.5} の成分分析を行うことが求められている。

奈良県においては、2016 年度以降は天理局(以下、天理)及び桜井局(以下、桜井)にて成分分析を実施している。本報告では、両局における 2023 年度の PM_{2.5} 成分分析調査結果について報告する。

方 法

1. 調査地点及びサンプリング期間

2023 年度における PM_{2.5} 成分分析は奈良盆地内の一般環境局である天理及び桜井で実施した。天理は測定局周辺を田畑に囲まれ、住宅地や商業地域からはやや離れた立地であることから、都市郊外部の状況を反映している。桜井は地方都市の市街地に位置し、北側に中和幹線、西側に天理街道が通っており、それらが交差する位置関係にある。また、近隣には田畑も多く広がっており、寒候期には野焼きの影響も受けやすい地域でもある。各局の位置関係については図 1 に記載する。

サンプリング期間は環境省が指定するコア期間を含む春期(5 月 11 日から 5 月 24 日)、夏期(7 月 20 日から 8 月 2 日)、秋期(10 月 19 日から 11 月 1 日)、冬期(1 月 18 日から 1 月 31 日)での各季節 14 日間(合計 56 日間)実施した。



図 1 県内サンプリング地点(天理・桜井)

2. 調査対象成分及び解析方法

1) 調査対象成分

調査対象成分として、表 1 に示す成分を分析した。

表 1 調査対象成分

PM _{2.5} 濃度								
イオン成分	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
	Na	Al	Si	K	Ca	Sc	Ti	V
無機成分	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As
	Se	Rb	Mo	Sb	Cs	Ba	La	Ce
	Sm	Hf	W	Ta	Th	Pb		
炭素成分	OC1	OC2	OC3	OC4	OCpyro			
	EC1	EC2	EC3					

PM_{2.5} 質量濃度(以下、PM_{2.5} 濃度)の測定及び各種成分分析は、環境省マニュアルに準じた¹⁾ PM_{2.5} 濃度はフィルタ秤量法により実施し、2回の秤量値の差が±3 μg 以内になるまで、繰り返し秤量した。イオン成分は PTFE ろ紙を 2 分の 1 に切断したのを用い、イオンクロマトグラフ(Thermo Fisher Scientific 社製 ICS-1100)で測定した。無機元素成分は、イオン成分測定に用いた PTFE ろ紙の残り 2 分の 1 をマイクロウェーブ (Analytik jena 社製 TOPwave)を用い、フッ化水素酸、硝酸および過酸化水素の混合溶液にて酸分解したのち、ICP-MS

*奈良県廃棄物対策課 **奈良県脱炭素・水素社会推進課

(Agilent 社製 7500 ICP-MS および 7900 ICP-MS) で測定した。炭素成分は石英系紙のうち 1.5 cm² を用い、熱分解・光学補正方式(Thermal-Optical)のカーボンアナライザー(Sunset Laboratories 社製 Model4L)にて、2成分(有機炭素:OC および元素状炭素:EC)を測定(IMPROVE_A プロトコル)した。

2) 濃度上昇要因を考察する際に利用したデータ

(1) 天気図

天気図は気象庁のホームページからダウンロードした²⁾。

(2) 後方流跡線解析

後方流跡線解析は国立環境研究所地球環境研究センターで開発された METEX を使用した³⁾。METEX は NCEP Climate Forecast System Version 2 (CFSv2) 6-hourly Products を気象データとして用い、空間分解能 0.5°×0.5°、鉛直レベル 37 層にて流跡線解析を行うことができる。春期の硫酸イオン(SO₄²⁻)濃度について、高濃度になる原因を調べるため、桜井(北緯:34.52, 東経:135.84)を起点とし、桜井上空 1500 m に到達した 96 時間前までの後方流跡線を取得した。

(3) PM_{2.5} 成分自動測定結果

PM_{2.5} 成分自動測定結果は環境省ホームページよりダウンロードした⁴⁾。当該自動測定器は国内に 10 カ所設置されており、最も近い観測地点である大阪にて大気エアロゾル化学成分連続自動分析装置(ACSA-14)で測定された PM_{2.5} 中の水溶性有機炭素(fWSOC)のデータを利用した。fWSOC は低温燃焼時に発生するほか、二次生成によっても濃度が上昇することが知られている。

(4) PM/SPM 比

奈良県における PM_{2.5} 濃度および浮遊粒子状物質(SPM)濃度の常時監視データは奈良県大気環境常時監視システムよりダウンロードした⁵⁾。なお、当該データは PM_{2.5} サンプルング時間に合わせて、午前 10 時から翌午前 10 時までのデータを利用した。環境省の黄砂飛来状況報告書⁶⁾によると、PM/SPM 比が 0.5~0.7 の範囲では黄砂の影響が顕著であり、0.8 を超える場合は煙霧の可能性が指摘されている。それ故、濃度上昇要因が黄砂によるものかを判断する検討材料として利用した。

(5) PM_{2.5} 成分分析結果について

PM_{2.5} 成分分析結果のうち、アルミニウム(Al)を土壌成分の指標として、SO₄²⁻を大陸からの人為起源の指標として用いた。

結果と考察

1. 成分分析測定結果

図 2 に成分分析結果の積算グラフを、表 2 に天理および桜井局における季節別の主要成分平均濃度を示す。2022 年度における PM_{2.5} の日平均濃度は、天理 1.7~26.4 μg/m³、桜井で 1.8~27.5 μg/m³ の範囲で推移し、環境基準である日平均 35 μg/m³ を超過する日は観測されなかった。PM_{2.5} の質量濃度

は、暖候期において春季の 5 月 17 日および 5 月 22 日、ならびに夏季の 7 月 26 日から 28 日にかけて一時的に上昇が見られたが、夏季全体としては例年と比較して概ね低濃度で推移した。一方、寒候期では、秋季の 10 月 24 日~26 日、および冬季の 1 月 18 日および 31 日に濃度上昇が確認されたものの、冬季全体としては例年と比較して低濃度であった。有機炭素(OC)は通年にわたり PM_{2.5} に占める割合が高く、特に春季から秋季にかけてその傾向が顕著であった。SO₄²⁻は例年、光化学反応が活発化する春季および夏季に高濃度となる傾向があるが、2022 年度においては天理および桜井のいずれにおいても春季平均 2.0 μg/m³、夏季平均 2.0~2.3 μg/m³ と、平年と比して低濃度であった。硝酸イオン(NO₃⁻)および塩化物イオン(Cl⁻)は冬季に最も高濃度を示し、これは低温下における粒子化の促進が主因と考えられた。

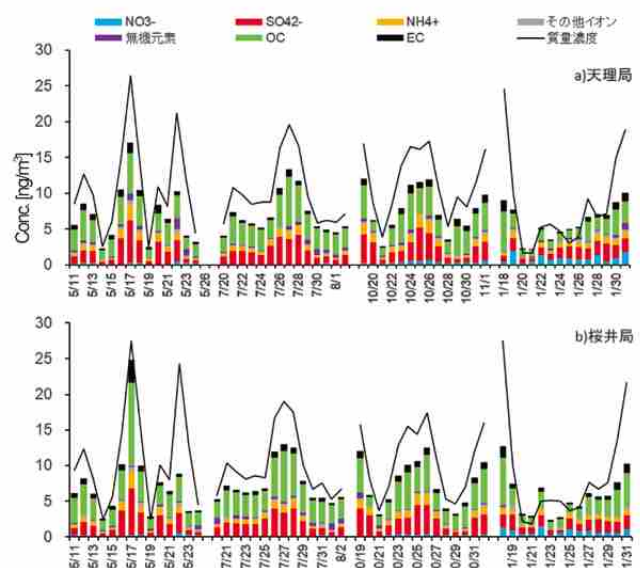


図 2 成分分析結果の積み上げグラフ (a) 天理, (b) 桜井

表 2 成分分析結果 (a) 天理, (b) 桜井

(a) 天理	春季	夏季	秋季	冬季	年間
	AVG	AVG	AVG	AVG	AVG
質量濃度 (μg/m ³)	11.0	10.0	11.6	8.4	10.3
NO ₃ ⁻ (μg/m ³)	0.182	0.073	0.333	0.891	0.370
SO ₄ ²⁻ //	1.982	1.991	2.242	1.499	1.929
NH ₄ ⁺ //	0.743	0.627	0.888	0.603	0.715
Cl ⁻ //	0.009	0.002	0.032	0.058	0.025
Na ⁺ //	0.058	0.076	0.066	0.059	0.065
K ⁺ //	0.081	0.054	0.093	0.077	0.076
Mg ²⁺ //	0.014	0.012	0.011	0.010	0.012
Ca ²⁺ //	0.078	0.025	0.030	0.033	0.041
Al (ng/m ³)	217.4	43.3	283.8	31.7	144.1
Ti //	12.872	3.956	7.615	3.341	6.946
V //	0.852	0.681	0.577	0.282	0.598
Ni //	1.050	0.897	1.143	0.487	0.894
Zn //	15.2	23.6	19.7	32.6	22.8
As //	0.926	0.641	0.797	0.657	0.755
Sb //	0.751	0.643	0.813	0.996	0.801
Pb //	5.308	3.128	5.684	4.777	4.724
OC (μg/m ³)	2.90	3.42	3.16	2.04	2.88
EC //	0.70	0.48	0.74	0.54	0.61

(b) 桜井	春季	夏季	秋季	冬季	年間
	AVG	AVG	AVG	AVG	AVG
質量濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	11.2	10.0	10.8	8.7	10.2
NO_3^- ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.172	0.077	0.200	0.721	0.293
SO_4^{2-} "	2.013	2.008	2.259	1.441	1.930
NH_4^+ "	0.696	0.623	0.825	0.525	0.667
Cl ⁻ "	0.009	0.002	0.016	0.037	0.016
Na^+ "	0.062	0.075	0.069	0.070	0.069
K^+ "	0.095	0.053	0.092	0.102	0.086
Mg^{2+} "	0.015	0.012	0.012	0.013	0.013
Ca^{2+} "	0.086	0.017	0.022	0.041	0.041
Al (ng/m^3)	241.2	149.5	314.2	31.1	184.0
Ti "	14.575	4.842	7.102	3.526	7.511
V "	0.789	0.652	0.540	0.319	0.575
Ni "	0.962	0.826	0.865	0.511	0.791
Zn "	13.8	17.5	21.5	25.6	19.6
As "	0.896	0.684	0.850	0.684	0.778
Sb "	0.651	0.605	0.699	0.953	0.727
Pb "	5.599	3.174	5.329	4.664	4.692
OC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	3.48	3.71	3.20	2.36	3.19
EC "	0.72	0.51	0.67	0.60	0.62

2. 濃度上昇の要因について

本報告では、春季および夏季においてPM_{2.5}の質量濃度が上昇した要因について考察を行った。これらの議論を行う前に、サンプリング期間中の気象条件や後方流跡線解析の結果について概観する。

(1) 天気図

サンプリング期間中の天気図を図3に示す。

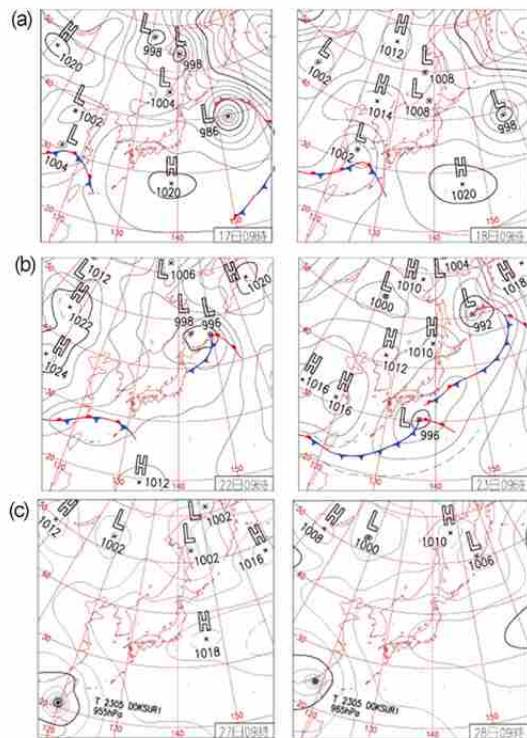


図3 天気図 (a) 5月17-18日, (b) 5月22-23日, (c) 7月27-28日

5月17日は、日本列島全体が高気圧に覆われた影響で国内各地点で気温が上昇し、奈良県内では最高気温が31.7℃に達した。また、この時期としては異例の猛暑日となる市町村(岐阜県揖斐川町)もあり、国内全体で高温になった。一方、5

月22日には日本列島南方に前線を伴う低気圧が存在していた。7月27日は、日本列島が高気圧に覆われ、晴天が広がり、国内各地点で猛暑日となった。

(2) 後方流跡線解析結果

後方流跡線解析の結果を図4に示す。春季においては、5月16日から18日および5月22日から23日にかけて流跡線が中国大陸を通過していた。特に5月16日から18日は中国大陸の広範囲を経由していた一方で、5月22日から23日はタクラマカン砂漠やゴビ砂漠などの黄土地帯を通過していた。また、7月27日から28日の流跡線は太平洋を通過していた。

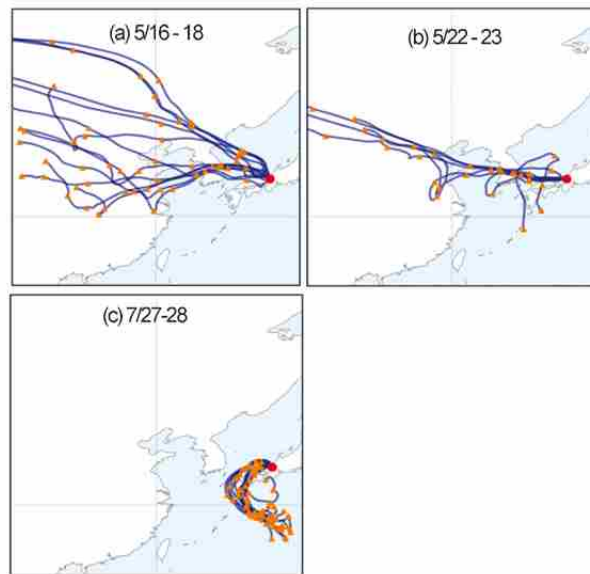


図4 後方流跡線解析 (a) 5月16-18日, (b) 5月22-23日, (c) 7月27-28日

(3) ACSA-14のデータ

図5に春季および夏季におけるfWSOCの経時変化を示す。春季においては、5月16日から18日および5月22日から23日にかけて段階的な濃度上昇が観測された。特に5月17日は、日中に濃度が高く、夜間に減少する二次生成の挙動がわずかに確認された。夏季では、日中に濃度が上昇し、夜間に減少する明瞭な二次生成の傾向が確認された。

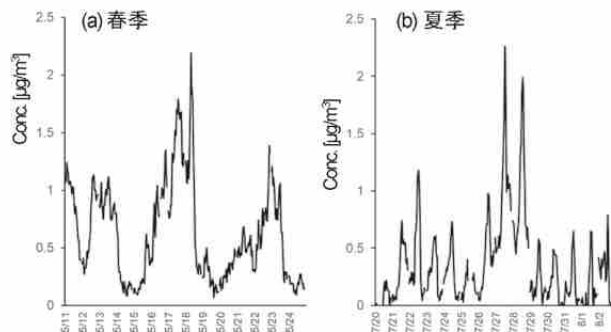


図5 fWSOC (ACSA-14:国設大阪局) (a) 春季, (b) 夏季

(4) PM/SPM比について

春季には黄砂の影響を受けた可能性があるため、PM/SPM比を確認した。PM/SPM比は、5月17日は天理で0.84、桜井

で0.88, 一方で5月22日は天理で0.59, 桜井で0.72であった。

(5) 成分分析結果について

図6(a)に春季におけるPM_{2.5}質量濃度, 図6(b)にSO₄²⁻およびAlの濃度変化を示す。成分分析の結果, 5月17日はSO₄²⁻の濃度が比較的高い一方で, 5月22日はAlの濃度が上昇していた。

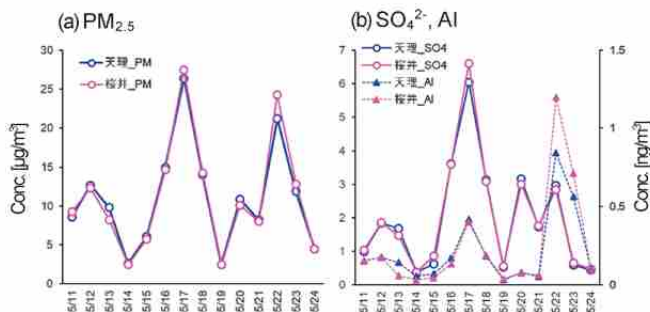


図6 成分分析結果(春季) (a) PM_{2.5} (b) SO₄²⁻, Al

3. 春季における濃度上昇要因について

環境省の黄砂飛来状況報告書⁹⁾によれば, 日本列島南方に前線が停滞する気圧配置下では黄砂の影響を受けやすいとされている。本報告においても, 5月22日はこの条件に該当していたことが確認された。一方, 5月17日は国内が高気圧に覆われ, 季節外れの高温が記録された日であり, 図5(b)の分析結果からも, 黄砂に加え, 二次生成が進行しやすい気象条件であったことが示唆された。後方流跡線解析の結果によると, 5月17日の気塊は中国広域の上空を経由しており, 5月22日に桜井へ到達した気塊はタクラマカン砂漠およびゴビ砂漠上空を通過していた。このため, 5月17日は人為起源汚染物質を含む広域的な輸送の影響を受けた可能性が高く, 5月22日は黄砂の影響を受けやすい状況にあったことが示唆された。PM/SPM比の分析では, 5月17日は0.84~0.88と高い値を示し, 5月22日は0.59~0.72であった。環境省の先行報告によればPM/SPM比が0.5~0.7の範囲では黄砂の影響が顕著であり⁹⁾, 0.8を超える場合は煙霧の影響も示唆される。成分分析の結果, 5月17日にはAlに加えてSO₄²⁻の濃度が上昇し, 5月22日にはAl濃度の上昇が顕著であった。Alは土壌起源の指標元素であり, 同様に土壌起源とされるTiとの相関係数は両局で0.99と高かった。さらに, Ca²⁺は国内の表層土壌には低濃度であるのに対し, 黄砂粒子には高濃度で含まれることが知られており, Alとの相関係数が両局で0.90と高かった点からも, 黄砂の寄与が示唆された。一方, SO₄²⁻の発生源は主として人為起源であることから, 5月17日に同成分が高濃度を示した背景には, 広域的な汚染物質の輸送および二次生成の寄与が考えられる。

以上より, 5月17日および5月22日はいずれも黄砂の影響を受けたと考えられるが, 5月17日はこれに加えて人為起源の大気汚染物質および二次生成成分がPM_{2.5}濃度上昇に寄与

した可能性が高い。

4. 夏季における濃度上昇要因について

2022年7月27日の天気図によれば, 日本列島は広範囲に高気圧に覆われ, 晴天が持続していた。この気象条件により気温が上昇し, 大気中での二次生成が促進されたと推察される。後方流跡線解析の結果から, 同日の気塊は主に太平洋から流入しており, 大陸由来の汚染物質の影響は限定的であったと考えられる。また, ACSA-14の観測においては, 大阪地域において二次生成の進行を示唆する結果が得られており, 本調査地点でもOC濃度が同時期に上昇していた。一般的に, 夏季におけるOCの多くは水溶性有機炭素として存在するとされており, 本報告においても同様の傾向が確認された。これらの結果から, 当該期間におけるPM_{2.5}濃度上昇は主として光化学反応に起因する二次生成物の寄与によるものであると考えられる。

まとめ

2022年度のPM_{2.5}濃度は, 天理・桜井ともに環境基準を超過する日はなく, 季節によって一時的な濃度上昇が観測された。春季の5月17日および22日には, 後方流跡線解析や成分分析より黄砂の影響が示唆されたが, 特に17日は高気圧に伴う高温や広域的な人為起源汚染の影響, ならびに二次生成の進行が濃度上昇に寄与したと考えられた。PM/SPM比やAl・Ca²⁺の相関も黄砂寄与の根拠となった。夏季の7月27日には, 広域的な高気圧の影響で晴天が続き, 太平洋起源の気塊流入と高温条件により, 光化学反応を伴う二次生成が促進された。OC濃度の上昇およびACSA観測結果からも, 当該期間におけるPM_{2.5}濃度上昇は主に二次生成によるものであることが示唆された。

参考文献

- 1) 環境省水・大気環境局大気環境課:大気中微小粒子状物質(PM_{2.5})成分測定マニュアル
- 2) 気象庁:気象データダウンロードページ
<https://www.data.jma.go.jp/risk/obsdl/>
- 3) 国立環境研究所:地球環境データベース METEX,
<https://db.cger.nies.go.jp/ged/metex/ja/index.html/>
- 4) 環境省:微小粒子状物質(PM_{2.5})成分自動測定結果
https://www.env.go.jp/air/osen/pm_resultmonitoring/post_25.html
- 5) 奈良県:奈良県大気環境常時監視システム
<https://nara-taiki.jp/download.html>
- 6) 環境省:令和3年度黄砂飛来状況報告書(2023年3月)

奈良県における PM_{2.5} 中の有機トレーサーおよび前駆 VOC の高時間分解観測

村上友規・久保友佳子・上林政貴*

High-Time-Resolution Observations of Organic Tracers in PM_{2.5} and Precursor VOCs in Nara Prefecture

MURAKAMI Yuki・KUBO Yukako and KAMBAYASHI Masaki

緒言

2021年9月、世界保健機関（WHO）により微小粒子状物質（PM_{2.5}）の推奨値が年平均 5 μg/m³ に引き下げられたことから、今後は更なる PM_{2.5} 濃度の低減が望まれている¹⁾。PM_{2.5}に関する科学的知見の集積のため、2013年度以降より全国的に PM_{2.5}成分分析が実施されており、これまでの奈良県における PM_{2.5}成分分析結果を長期解析したところ、硫酸イオン（SO₄²⁻）等の成分は減少傾向にあった一方で、主要成分である有機炭素（OC）は他の成分と比較して減少割合が低い傾向にあった²⁾。また、全国規模でも同様の解析がなされており、OC濃度に経年的な減少が見られないことが報告されている^{3) 4)}。このことから、今後の PM_{2.5}濃度低減に向けた取り組みに際し、OCの環境動態の解明が重要な課題となる。

OCは一次排出粒子（POA）と二次生成粒子（SOA）に大別されるが、前者は自動車排ガスや固定発生源等から直接排出され、後者は発生源から放出された揮発性有機化合物（VOC）が大気中のOHラジカル等と反応することにより二次生成されることが知られている。近年の発生源対策により、POAは減少傾向にある一方で、SOAは対策が進んでいないため、将来的にOC中のSOAの寄与割合が相対的に大きくなることが予想される。このことから、今後の PM_{2.5}濃度の低減には、SOAの環境動態の解明が必要不可欠であるが、そのためにはSOAの前駆体であるVOCの環境動態も合わせて議論する必要がある。そこで、本研究ではPM_{2.5}中のSOAとVOCの同時観測を実施し、それらの挙動について確認した。

方法

1. 観測地点および採取時間

PM_{2.5}およびVOCの観測は、奈良県桜井市にある景観・環境総合センター屋上（以下、桜井）にて実施した。桜井は奈良盆地の南東部に位置し、周辺は吉野杉針葉樹林

*奈良県脱炭素・水素社会推進課

帯が分布するため、暖候期にはαピネンやイソプレンなどの植物を起源とするVOC（BVOC）およびそれらを前駆体として二次生成されるSOAの影響を受けやすい地域である。



図1 観測地点(桜井:景観・環境総合センター)

採取時間は、日中は 9:00-11:00 (D1)、11:00-13:00 (D2)、13:00-15:00 (D3)、15:00-17:00 (D4) の2時間ごと、夜間は 17:00-翌 9:00 までの16時間 (N) とした。PM_{2.5}はハイボリュウムエアサンプラ (HV) にPM_{2.5}インパクターを取り付け、石英繊維フィルタに捕集した。VOCは昼夜共に6Lキャニスターの約8割程度まで大気試料を捕集できるようリストラクタおよびマスフローコントローラーを調整し、一定流量で捕集した。考察に用いたPM_{2.5}質量濃度等の常時監視データおよび気温や風向風速等の気象データは常時監視局である桜井局（一部、天理局）のデータを利用した。

2. 分析方法

SOAのうち指標成分である有機トレーサー（SOAトレーサー）の分析は、池盛らの方法を参考に行った⁵⁾。具体的には、捕集後の石英繊維フィルタの一部を試験管に切り出し、ジクロロメタン/メタノールを2:1の割合で混合した抽出液を用いて、石英繊維フィルタから対象となるSOAトレーサーを超音波抽出した。遠心分離後、抽出液の一部を分取し、窒素吹付けにより乾固させ、N,O-Bis(trimethylsilyl) trifluoroacetamide に1%の Trimethyl-

silyl chloride を混合した試薬 (BSTFA+ 1%TMCS) を 40 μL , 更にピリジンを 10 μL 加え, 恒温槽内にて 75°C で 2 時間加熱し, 誘導体化を行った. 誘導体化後, イソオクタン 200 μL を用いて希釈し GC/MS で測定した. また, VOC は 環境省の有害大気汚染物質測定方法マニュアルの方法に従い, PAMS (Photochemical Assessment Monitoring Stations) や HAPs (Hazardous Air Pollutants) ガスに含まれる VOC 成分を測定した.

3. 対象成分

各 SOA トレーサーの前駆体となる VOC として, 広葉樹林由来の VOC はイソプレン, 針葉樹林由来の VOC は α ピネンを対象とした. イソプレン由来の SOA トレーサーとしては, 2-methyl erythritol (2ME), 2-methyl threitol (2MT) および 2-methylglyceric acid (2MGA) を対象とした. なお, 2ME と 2MT は合算値で 2MTs として解析した. α ピネン由来の SOA トレーサーとしては, Pinonic acid (PNA), Pinic acid (PA) および 3-Methylbutane-1,2,3-tricarboxylic acid (MBTCA) を対象とした. トルエン由来の SOA トレーサーとしては, 2,3-Dihydroxy-4-oxopentanoic acid (DHOPA) を対象とした. なお, 採取に石英繊維フィルタを用いた場合, PNA はガス吸着の影響が大きいと見られるため, 解析の際にはその点に留意する必要がある.

結果と考察

1. イソプレンおよび SOA トレーサー

イソプレンとその SOA トレーサーである 2MTs および 2MGA の濃度経時変化を図 2 に示す. 観測期間を通して SOA トレーサーは D3 に濃度が上昇した後, D4 に濃度が減少する傾向にあったが, 前駆体であるイソプレン濃度は SOA トレーサー濃度が減少した D4 に増加する傾向にあった. イソプレンは OH ラジカルによる光酸化等により二次粒子を生成することが知られている. 大気中の OH ラジカル濃度は太陽からの紫外線放射との線形依存性が報告されていることから, 日中に OH ラジカル濃度が極大となることが予想される. 桜井は BVOC の発生源となる森林が近傍にあり, 桜井で観測される SOA トレーサーのほとんどが観測地点周辺で発生したものと仮定すれば (移流を無視), OH ラジカルによる光酸化等が盛んな真昼に SOA の生成が最も活発になったものと考えられた. 一方で, D4 には OH ラジカル生成の減少に伴い, イソプレンの光酸化が弱まったことから, 植物からのイソプレンの放出量が OH ラジカルの光酸化による分解量を上回ったのではないかと考えられた.

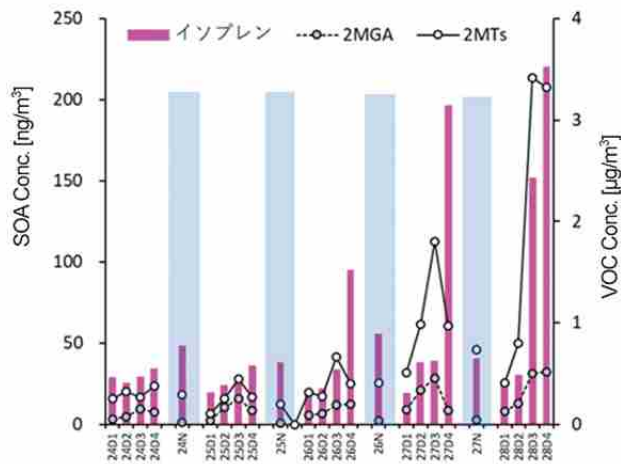


図 2 イソプレンおよび SOA トレーサー

2. α ピネンおよび SOA トレーサー

α ピネンとその SOA トレーサーである PNA, PA および MBTCA の濃度経時変化を図 3 に示す. 前駆体である α ピネンの濃度は夜間に上昇する傾向を示した. このことから, α ピネンの分解や夜間よりも日中に盛んになることが伺える. 一方で SOA トレーサー濃度は D1~D2 に上昇する傾向があり, 前述のイソプレン由来 SOA トレーサーと異なる挙動を示した. 針葉樹林からの α ピネンの放出は温度に依存するため, 夜間でも放出・蓄積される. また, α ピネンは OH ラジカルの他に O_3 によっても分解されるため, 夜間に α ピネンの分解が進行する可能性がある. それ故, 以降は仮説であるが, 夜間に蓄積した (もしくは O_3 ラジカルにより, ある程度分解が進行した) α ピネンおよびその分解物が, 日の出から D1 (5:00~9:00) にかけて OH ラジカルによる光酸化が進行し, 結果として D1~D2 (9:00~13:00) に高濃度の SOA トレーサーが検出された可能性がある. これらを検証するためには, テープろ紙を用いた SOA トレーサーの分析を実施し, 夜間も含めた挙動を確認する必要がある.

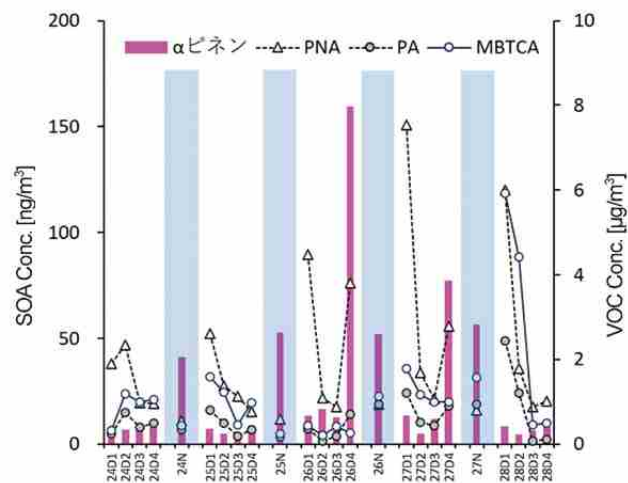


図 3 α ピネンおよび SOA トレーサー

3. トルエンおよび SOA トレーサー

トルエンおよびその SOA トレーサーである DHOPA の濃度経時変化を図 4 に示す。DHOPA の濃度は、観測期間を通じて概ね日中 (D3~D4) にピークを示す傾向が確認された。一方、前駆体であるトルエンは、期間全体を通じて濃度変動が一定ではなく、24 日~26 日には日中 (D3~D4) にかけて濃度が上昇したのに対し、27 日および 28 日には同時間帯で濃度が低下しており、観測期間内でも異なる挙動を示した。なお、本文中で言及していないが、27 日~28 日の気象条件としては、最高気温の上昇および風速の低下が確認されており、二次生成反応が進行しやすい大気状態であったと推察される。このため、27 日~28 日はトルエンは大気中で二次反応により消費された可能性がある。しかしながら、仮にトルエンの二次反応が活発であったとすれば、この期間の DHOPA 濃度が増加していることが予想されるが、実際の観測では顕著な濃度上昇は確認されなかった。このように、観測地点における SOA トレーサー濃度は、単に前駆体濃度や気象条件の影響のみならず、他地域からの移流等の外的要因も含めた複合的な影響を受けることが考えられる。したがって、SOA 生成における各要因の寄与を明らかにするためには、気象場や大気輸送を含めた包括的な解析が必要である。

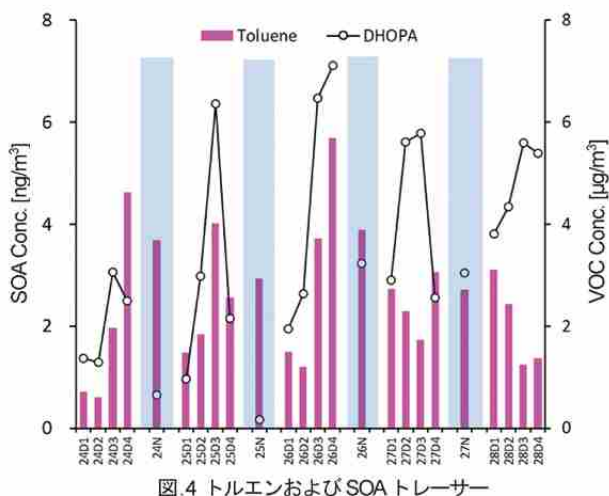


図4 トルエンおよび SOA トレーサー

まとめ

本調査において、イソプレン由来の SOA マーカーである 2ME, 2MT, 2MGA は、D3 に濃度上昇を示し、D4 には減少傾向を示した。一方で、イソプレン自身の濃度は D4 にかけて増加傾向を示し、これらトレーサーとの挙動に相違がみられた。この挙動の相違は、D3 において OH ラジカルによる光酸化反応が活発化し、SOA 生成が促進されたことに起因する可能性がある。一方で、D4 では、OH ラジカルの生成が抑制されたことによりイソプレンの分解

が進行せず、結果として SOA 生成が抑制されたものと推察される。

α ピネンは夜間に濃度上昇を示したことから、日中に分解が進行した可能性が示唆された。また、 α ピネン由来の SOA マーカーである PNA, PA, MBTCA は、D1~D2 にかけて濃度が上昇し、イソプレン由来マーカーとは異なる挙動を示した。 α ピネンの放出は温度に依存するため、夜間においても放出されるほか、オゾン (O_3) による酸化反応も受けることから、夜間に蓄積および一次酸化が進行することが推察される。また、早朝から午前にかけて OH ラジカルとの反応により SOA 生成が促進された可能性がある。これを検証するためには、夜間を含む詳細な時間分解能を有するデータの取得が不可欠である。

DHOPA は観測期間を通じて D3~D4 に濃度ピークを示したが、トルエン濃度は 24~26 日と 27~28 日で異なる傾向を示した。トルエン及び DHOPA の関係は前駆体濃度・気象条件だけでなく、他地域からの移流など多要因が関与している可能性を示唆しており、今後は気象・輸送を考慮した包括的な検証が求められる。

謝 辞

本研究に関する内容は、国立環境研究所と地方環境研究所の II 型共同研究の一環として実施しました。また、有機トレーサーの分析方法をご指導いただきました名古屋市の池盛様を初め、関係各位に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) WHO: WHO global air quality guidelines (2021)
- 2) 村上友規, 志村優介, 高林愛, 他: 奈良県景観・環境総合センター研究報告, 10, 27-31 (2022)
- 3) 浅川大地: 大阪市立環境科学センター報告 第 5 集, 29-34 (2021)
- 4) Kumagai, K.: The 62nd Annual Meeting of Japan Society for Atmospheric Environment, 134-135 (2021)
- 5) Ikemori, F., Nishimura, R., Saito, S., et al: *Atmosphere*, 12, 579 (2021)

奈良県内大気中のアルデヒド類及び前駆体の調査

久保友佳子・村上友規・上林政貴*・杉本恭利

Monitoring of Aldehydes and Their Precursors in the Atmosphere of Nara Prefecture

KUBO Yukako・MURAKAMI Yuki・KAMBAYASHI Masaki and SUGIMOTO Kiyotoshi

緒言

大気環境分野において代表的なアルデヒド類（ALD）であるホルムアルデヒド（FA）及びアセトアルデヒド（AA）は大気汚染防止法に基づき、有害大気汚染物質の優先取組物質として定められ、環境動態の把握及び排出抑制が求められている。ALDは様々な固定発生源から直接排気される他、ボイラーや自動車などの排ガス中にも含まれている。特に都市部においては自動車を中心とした移動体から大気環境中への放出量が多いとされている。このように一次的に排出されるほか、光化学反応が活発になる夏季には、大気中での二次生成の寄与が6～8割と言われている^{1) 2)}。

奈良県内のALD類の状況としては、既報³⁾にて報告を行ったとおり、一次排出は減少傾向にあるにも関わらず、大気中濃度は増加傾向にあり、近年は二次生成の寄与が高くなっている可能性がある。二次生成されるALD類については、その前駆体と併せて考察することが望まれる。Isopreneは夏季の大気中FAの前駆体として寄与の8～9割を占めており⁴⁾、樾、竹及び草本などから放出される事が知られている。また、Isopreneの放出には光依存性及び温度依存性があり、夏に多量に放出される。一方で、AAの前駆体として最も主要なものは、Propylene, cis-2-Butene, trans-2-Butene, cis-2-Pentene, trans-2-Pentene等のアルケン類であるとの報告がある⁴⁾。他にも、スギ等針葉樹から放出される α -Pineneや β -PineneもAAの前駆体とされている⁴⁾。また、一般的にEthanolの酸化によりAAが二次生成されることが知られており、自動車にエタノール燃料を比較的多く使用しているブラジルでは、AAの大気中濃度が他都市と比較して高いという報告がある⁵⁾。また、東京都では大気中EthanolとAAの経時変化の挙動が類似し、大気中での二次生成による濃度の上昇が示唆されたとの報告もある⁶⁾。さらに、漆喰にEthanolを塗布すると、AAが二次生成し、さらにAAが漆喰中の水酸化カルシウムと反

応することで酢酸ナトリウムを経てAcetoneとなるという報告もある⁷⁾。

そこで、本研究では、ALD類及びその前駆体の環境実態を把握することを目的とし、二次生成が多いとされる夏季に時間分解測定を行い、その結果を解析した。

方法

1. 対象物質

対象物質を表1に示すFAの前駆体としてIsoprene, AAの前駆体としてPropylene, cis-2-Butene, trans-2-Butene, cis-2-Pentene, trans-2-Pentene, α -Pinene, β -Pinene, Ethanolを選定した。またAAの反応生成物であるAcetoneの測定も行った。

表1 対象物質

	種別	成分
FA前駆体	植物由来	Isoprene
AA前駆体	アルケン類	Propylene, cis-2-Butene, trans-2-Butene, cis-2-Pentene, trans-2-Pentene
	植物由来	α -Pinene, β -Pinene
	アルコール類	Ethanol
AA反応生成物	ケトン類	Acetone

2. Ethanol及びAcetoneの測定方法の検討

Ethanol及びAcetoneは当センターにて測定実績がなかったため、既報^{8) 9) 10)}を参考に測定方法の検討を行った。

1) 標準試料の作成

Ethanol（試薬特級、和光純薬㈱製）及びAcetone（試薬特級、和光純薬㈱製）を規定量混合した。高純度窒素（太陽日酸㈱製）に満たされた500 mL真空瓶に混合試薬をマ

マイクロシリンジで注入し、気化させることで標準原ガスとした。2時間後、ガスタイトシリンジで標準原ガスを規定量採取し、洗浄後に十分に減圧し、あらかじめ50 µLの水を添加したキャニスターに注入した。その後、高純度窒素で100kPaまで加圧することで、標準ガスを調製した。キャニスターの加湿に用いる添加水は純水製造装置（ADVANTEC製）から採取した超純水を加熱沸騰させたものを用いた。標準ガスを圧希釈することで検量線用標準試料を作製し、さらに濃縮装置への各標準試料の導入量を変えることで9点（12.5, 25, 50, 100, 250, 500, 1000, 2500, 5000 ppt）の検量線を作成した。

2) 測定条件

測定には濃縮装置としてEntech7200（Entech製）を、GC/MSはAgilent7890GC with a 5977 MSD（Agilent製）を使用した。表2にGC/MSの測定条件を示す。この条件は当センターにて有害大気汚染物質の測定に用いてきた条件からSCAN範囲のみを変更したものである。また、保持時間の確認及びライブラリ検索を行い、表3に示した定量イオン及び参照イオンを確認することでEthanol及びAcetoneと同定した。

表2 条件

導入量	400 mL
カラム	DB-1 (60 m×0.32 mm 1.0 µm)
流量	50 mL/min
オープン温度	35°C (4 min) →5°C/min→140°C →15°C/min→220°C (2min)
MSイオン源温度	250°C
MS四重極温度	150°C
モード	SIM・SCAN
SCAN範囲	m/z 29~270 (変更前 m/z 35~270)
ヘリウムガス	1.5 L/min
定量方法	内部標準法 (Toluene-d8)

表3 同定イオン

	定量イオン(m/z)	参照イオン(m/z)
Ethanol	45	31
Acetone	58	43

3) ブランク測定

洗浄後十分に減圧したキャニスターを用意し、50 µLの水を添加し、高純度窒素で200 kPaまで加圧し、ブランク

試料を作成した。

4) 添加回収試験

Ethanol及びAcetoneがキャニスターから十分に回収されることを確認するため、添加回収試験をおこなった。Ethanol（試薬特級，和光純薬（株）製）及びAcetone（試薬特級，和光純薬（株）製）を規定量混合した。高純度窒素に満たされた500 mL真空瓶に規定量の混合試薬をマイクロシリンジで注入し、2時間気化させた。注入量については注入前のシリンジと注入後のシリンジの重量をはかり、その差から正確な注入量を算出した。洗浄後に十分に減圧し、あらかじめ50 µLの水を添加したキャニスターを4個用意し、うち1個には気化させた混合試薬をガスタイトシリンジで規定量添加した。その後、同じ場所で同時に大気試料の採取を行った。採取した試料を測定し、得られた結果から式1を用いて回収率を算出した。

$$\text{回収率(\%)} = (A_{std} - A_{air}) / A_{add} \times 100 \quad (\text{式1})$$

$$\left(\begin{array}{l} A_{std} : \text{標準添加キャニスター内の対象物質質量 (\mu\text{g})} \\ A_{air} : \text{標準無添加キャニスター内の対象物質質量 (\mu\text{g})} \\ A_{add} : \text{標準の添加量 (\mu\text{g})} \end{array} \right)$$

5) 下限値の算出

検量線の最低濃度の5回繰り返し測定による標準偏差(σ)から検出下限値(3σ)及び定量下限値(10σ)を算出した。

3. 時間分解測定

1) 測定期間

2023年夏季（7月24日～28日）に日中2時間毎（D1: 9～11時, D2: 11～13時, D3: 13～15時, D4: 15～17時）、夜16時間（N: 17～翌9時）の時間分解測定を行った。また、夏季との比較のため2024年冬季（2月26日～3月1日）にも同様の測定を行った。

2) 採取地点

一般大気汚染測定局である桜井局に隣接する保健研究センター屋上にて試料採取を行った。本地点周辺にはスギ等の山林が多く広がっており、植物の影響を受けやすい地点と考えられる。



図1 採取地点

3) 測定及び解析方法

環境省の「有害大気汚染物質測定方法マニュアル」¹⁾に従い測定した。ただし、Ethanol及びAcetoneについては検量線がないため、前述のとおり測定方法の検討を行い、2025年1月に作成した検量線を使用し、SCANデータを解析することで大気中濃度を算出した。そのため、データについてはある程度の不確かさを含むことに留意する必要がある。

また気象条件については桜井局の常時監視データ及び気象庁のホームページより奈良県のデータを引用した。

結果と考察

1. Ethanol及びAcetone測定の検討結果

検量線の結果を図2に示す。決定係数がどちらも0.99以上であり、直線性は良好と判断した。また、定量下限値、検出下限値は表4のとおりであった。添加回収率は表5のとおりどちらも85%以上と良好な結果であった。以上の結果より、環境調査に適応できることを確認した。また、ブランク値は定量下限値以下であった。

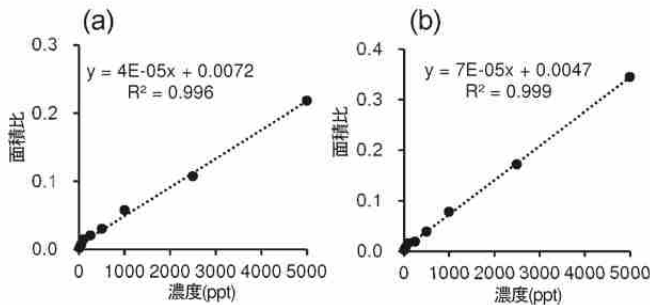


図2 (a)Ethanol, (b)Acetone 検量線

表4 下限値

	検出下限値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	定量下限値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Ethanol	0.0081	0.027
Acetone	0.022	0.073

表5 添加回収試験結果

	標準添加量 (μg)	大気中濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	回収率 (%)
Ethanol	0.019	14.0	96
Acetone	0.023	4.6	86

2. 夏季時間分解測定結果

1) 気象条件

図3に採取時の日射量、気温、風速、風向を示す。日中は連日 30°C 以上、最高気温は 35°C 以上の猛暑日であった。また、27日のD4、28日のD3、D4については曇りであったため、日射量が少なかった。風向については基本的には日中は北西寄り、夜間は南東寄りであった。

2) ALD類

図4にALD類の結果を示す。ALD濃度は夜間に低く、日中に高いことから、日中は二次生成により大気中濃度が増加していると考えられる。FA濃度は日中後半(D3、D4)にピークトップがある一方で、AA濃度は日中前半(D1、D2)にピークトップがある。前駆体の違いによりAAとFAの挙動が異なっていると仮定し、各ALDと前駆体の比較をおこなった。

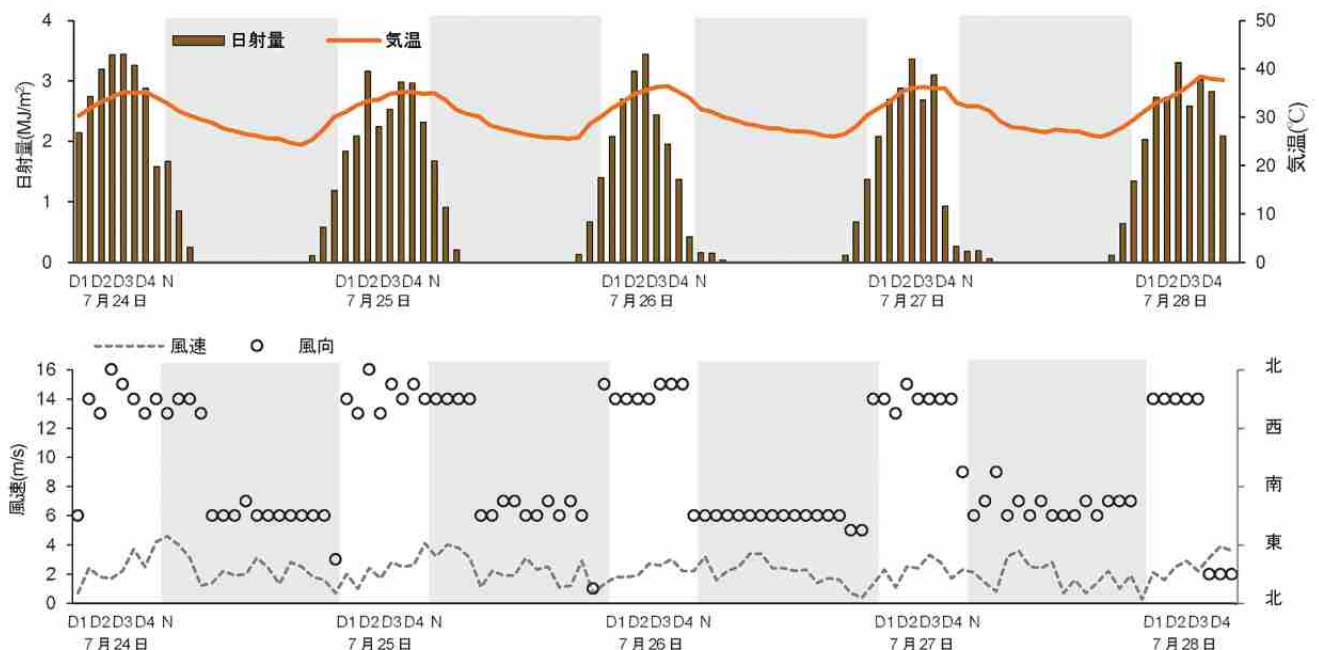


図3 試料採取時の気象条件

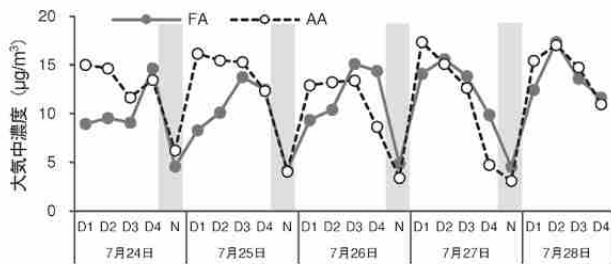


図4 ALDの経時変化

2) FA及び前駆体の比較

図5にFA及びその前駆体を比較した結果を示す。全体的な特徴として、FA濃度はIsoprene濃度に追従するような挙動を示した。これは大気寿命の比較的短いIsopreneの発生に伴い、短時間のうちにFAが二次生成されたためだと考えられる。二次生成で消費されるIsopreneが同時に観測された要因として、大気中寿命が約20分程度である^{12) 13)}ことから、本観測地点近傍の発生源に由来して観測されたものと考察する。実際に、観測地点はIsopreneの発生源である広葉樹林帯を有する三輪山(東約1.5 km)、鳥見山(南東約2 km)が隣接していることを確認した。27D4、28日D3、D4は天候が曇りであったことからFAへの反応が進みにくかったためIsopreneが比較的に高濃度となったと考えられる。

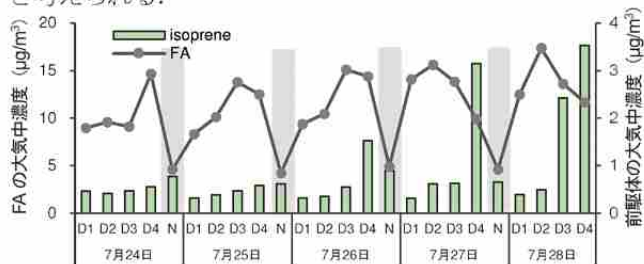


図5 FA及びIsopreneの経時変化

3) AA及び前駆体の比較

図6にAAと各前駆体の比較を行った結果を示す。AAの前駆体のうち約44~90%はEthanol, 3~46%は α -Pinene, 2~27%はPropyleneが占めていた。また、AAは日中に高濃度である一方、夜間の前駆体濃度は日中の約5倍であった。夜間に蓄積された前駆体が日中の光化学反応により消費されていると考えられる。

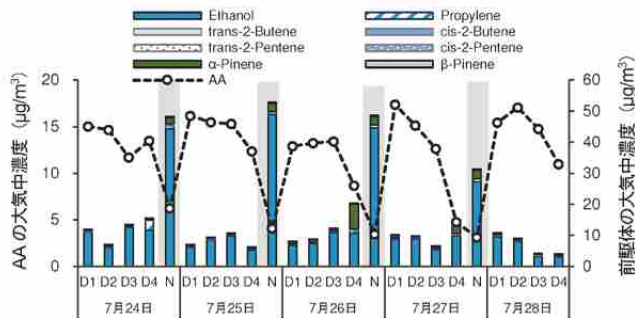


図6 AA及びその前駆体の経時変化

ただし、アルケン類及びピネン類の大気寿命は数時間程度である一方、Ethanolは60時間と長時間^{12) 13)}である。短時間でEthanolがAAへと二次生成することは考えにくい。また、夜間は風向が南寄りとなるため、南部にEthanolの一次的な発生源があることで、夜間のEthanolが高濃度になる可能性も考えられる。そこで、Ethanol同様、夜間に高濃度となる傾向がある α -PineneとEthanolを風向きとともに比較した(図7)。Ethanolは夜間のみ高濃度となっているのに対し、 α -pineneは26D4、27D4のように日中であっても南寄りの風が吹いた時に顕著に大気中濃度が上昇している。南東部には α -pineneの発生源である針葉樹林帯が隣接しているため、南寄りの風であった26D4、27D4、夜間は α -pineneの濃

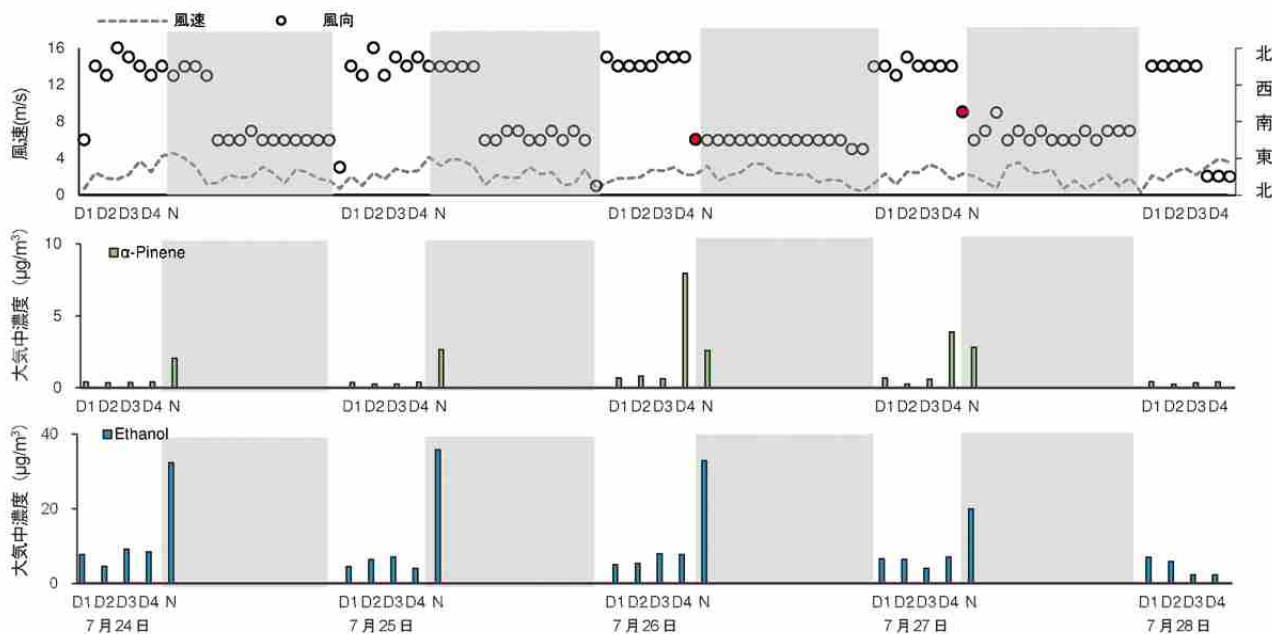


図7 風向風速、 α -pinene, Ethanolの経時変化

度が高くなったと考えられる。一方Ethanolは風向による濃度変動は示されなかった。このことにより、経時的な濃度変動は周辺の発生源によるものではないと考えられる。また、局所的かつ定時的な排出源により夜間に高濃度、昼間に低濃度となる可能性もある。この場合は、季節を問わず同様の傾向を示すと考えられる。そこで夏季及び冬季のEthanolの経時変化を比較した(図8)。冬季のEthanolの経時変化は、夏季のような明確な変化ではなかった。このことにより、局所的かつ定時的な排出源がある可能性は排除された。

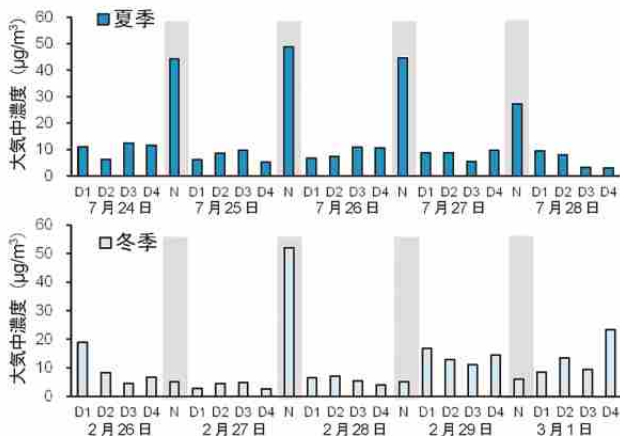
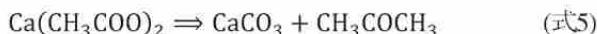
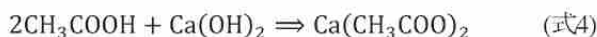
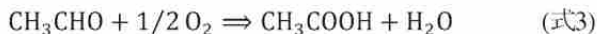
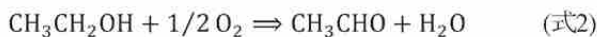


図8 夏季及び冬季の Ethanol の経時変化

文献調査の結果、チャンバー内で木の板にEthanolを気中暴露させるとAAが2時間後から発生するという結果¹⁴⁾や、木造建築住宅内でEthanolを気中暴露させると2時間後からAAが発生するという結果¹⁵⁾が報告されている。また、前述のとおり、漆喰にEthanolを塗布すると10分後からAAが二次生成し、さらにAAは漆喰中の水酸化カルシウムと反応することで、酢酸及び酢酸カルシウムを経由し、Acetoneとなることが知られている。その反応式は以下のように考えられている⁷⁾。



以上をふまえると、外壁の素材や塗料等の周囲環境により、比較的短時間で大気中のEthanolがAAへ変化する可能性が考えられる。今回の試料は図9のように周辺をコンクリートの壁や屋根、床に囲まれた屋上で採取した。コンクリートの成分にも水酸化カルシウムが含まれており、同様の反応が起こっている可能性が考えられる。そこで

Ethanol, AA, Acetoneの比較を行った(図10)。

Ethanolは夜間、AAは日中前半、Acetoneは日中後半にピークトップがあることがわかった。外壁や屋根、床のコンクリートや塗装に大気中のEthanolが暴露することでAAへと変化している可能性が考えられる。また、日光の照射、温度上昇により反応が促進され、夜間に溜まったEthanolがAAへ、さらにAcetoneへと順番に変化するため、相対的にAAは日中前半に濃度が高く、Acetoneは日中後半に濃度が高くなった可能性がある。

ただし、室内ではなく室外にてそのような反応が起こるかについては、さらなる検討が必要である。



図9 サンプルング箇所

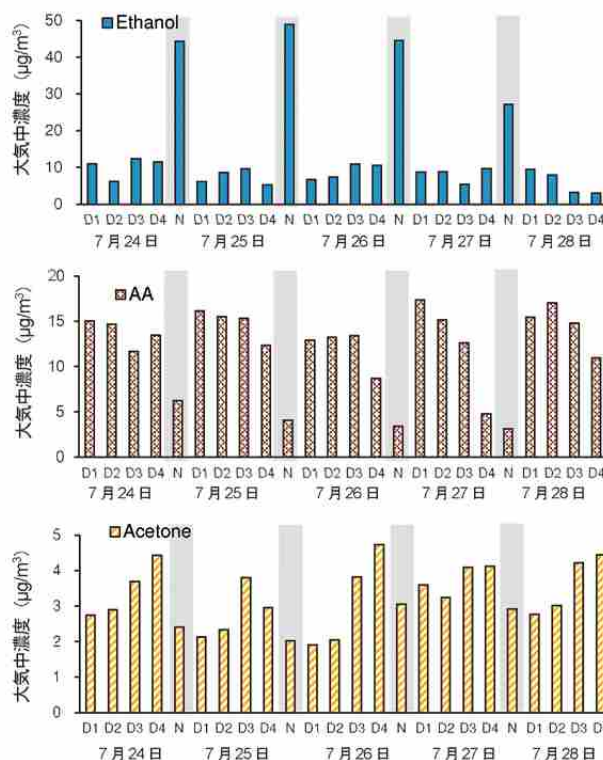


図10 Ethanol, AA, Acetone の経時変化

まとめ

Ethanol及びAcetone分析の検討の結果、定量可能であった。また、ALD及びその前駆体について、2023年夏に時間分解測定をおこなった結果を解析した。日中のIsoprene濃度が高くなるに従い、FA濃度が高くなっていたことから、IsopreneからFAが二次生成されていることが示唆された。AAの前駆体のうち80%はEthanolが占めており、夜間の前駆体濃度は日中の約5倍高かった。夜間に溜まったEthanolからAAが二次生成され、さらにAcetoneが生成した可能性が示唆された。

謝辞

国立環境研究所と地方環境研究所のII型共同研究により実施した。

参考文献

- 1) 独立行政法人 産業技術総合研究所・化学物質リスク管理研究センター共編：詳細リスク評価書シリーズ17 ホルムアルデヒド, 丸善 (2009)
- 2) 独立行政法人 産業技術総合研究所・化学物質リスク管理研究センター共編：詳細リスク評価書シリーズ11 アセトアルデヒド, 丸善 (2007)
- 3) 久保友佳子, 村上友規, 上林政貴他：奈良県景観・環境総合センター年報, 11, 42-46 (2023)
- 4) D.J. Luecken, W.T. Hutzell, M.L. Strum, et al : *Atmospheric Environment*, 47, 477-490 (2012)
- 5) Ha Thi-Hoang Nguyena, Norimichi Takenaka, Hiroshi Bandow, et al : *Atmospheric Environment*, 35, 3075-3083 (2001)
- 6) 棚島智恵子, 星純也, 高橋和清：東京都環境科学研究所年報, 28-29 (2022)
- 7) 関根嘉香, 北原滝男 : *Japanese Journal of Clinical Ecology*, 22, 120-126 (2013)
- 8) Nobuo Ochiai, Akira Tsuji, Naomi Nakamura, et al : *Journal of Environmental Monitoring*, 4, 879-889 (2002)
- 9) 関裕樹, 佐々木丈瑠, 西村和彦他：川崎市公害研究所年報, 38, 23-28 (2011)
- 10) 星純也, 樋口雅人：東京都環境科学研究所年報, 43-49, (2006)
- 11) 環境省 有害大気汚染物質等測定方法マニュアル (平成9年2月 令和6年4月最終改訂)
- 12) 福崎有希子, 石倉淳士, 星純也, 他：大気環境学会誌, 53, 13-24 (2018)
- 13) Daniel Grosjean : *J. Braz. Chem. Soc.*, 8, 433-442 (1997)
- 14) Shin-ichiro Tohmura, Atsuko Ishikawa, Kohta Miyamoto, et al : *Journal of Wood Science*, 58, 57-63 (2011)
- 15) 平澤匠, 鍵直樹, 海塩涉他：空気調和・衛生工学会

県内大気中の地点別VOCの状況について

久保友佳子・村上友規・杉本恭利

Characteristics of Atmospheric VOCs at Different Locations in Nara Prefecture

KUBO Yukako・MURAKAMI Yuki and SUGIMOTO Kiyotoshi

緒言

揮発性大気汚染物質(Volatile Organic Compounds, VOC)とは揮発性を有し、大気中で気体状となる有機化合物の総称である。一部の成分はそれ自体が「継続的に摂取される場合には人の健康を損なうおそれがある成分」として大気汚染防止法にて「有害大気汚染物質」として定められ、環境基準が設けられている。また、光化学スモッグの原因となるオキシダント(Ox)の生成に関与するとされており、大気中のVOCの実態を把握することが求められている。

こうした事情を踏まえ、奈良県では大気汚染防止法に基づき、平成9年10月よりVOC9成分の測定を開始し、現在では14成分について月に1回のモニタリング調査を行っている。さらに、高林ら²⁾は新たに計92成分を対象としたVOC多成分分析を行い、各成分のOx生成への寄与について明らかにした。ただし、この多成分分析は県内では桜井局のみを対象としており、県内複数地点についての実態を調査した事例はない。

そこで一般環境地点である天理局、道路沿道の自排櫃原局(櫃原局)、固定発生源周辺の大和郡山市昭和浄水場(郡山浄水場)の3地点のVOCの長期解析をすることで、県内の地点別のVOCの状況について把握することを目的とした。

方法

1. 対象地点

対象地点は奈良盆地内にある3地点(天理局、櫃原局、郡山浄水場)とした。天理局は周辺を田畑に囲まれ、住宅地や商業地域からはやや離れた立地であることから、都市郊外部の状況を反映した地点とみなした。自排局である櫃原局は県内の主要な幹線道路である国



図1 測定地点

表1.対象成分

種別	VOC	MIR	種別	VOC	MIR	種別	VOC	MIR	種別	VOC	MIR
アルカン類	Isobutane	1.23	アルケン類	1,3-Butadiene	12.61	芳香族類	n-Propylbenzene	2.03	その他	1,2-Dichloropropane	0.29
	n-Butane	1.15		Propylene	11.66		3-Ethyltoluene	7.39		c-1,3-Dichloropropene	3.7
	Isopentane	1.45		1-Butene	9.73		2-Ethyltoluene	5.59		t-1,3-Dichloropropene	5.03
	n-Pentane	1.31		t-2-Butene	15.16		1,2,3-Trimethylbenzene	11.97		1,1,2-Trichloroethane	0
	2,2-Dimethylbutane	1.17		c-2-Butene	14.24	m-Diethylbenzene	7.1	Tetrachloroethene		0.03	
	2-Methylpentane	1.5		1-Pentene	7.21	p-Diethylbenzene	4.43	1,2-Dibromoethane		0.1	
	3-Methylpentane	1.8		trans-2-Pentene	10.56	その他	Freon12			Chlorobenzene	0.32
	n-Hexane	1.24		cis-2-Pentene	10.38		Freon114			1,1,2,2-Tetrachloroethane	
	2,4-Dimethylpentane	1.55		2-Methyl-1-pentene	5.26	Chloromethane	0.04	m-Dichlorobenzene			
	Methylcyclopentane	2.19		アルデヒド類	Formaldehyde	9.46	Chloroethene	2.83		p-Dichlorobenzene	0.18
	2-Methylhexane	1.19			Acetaldehyde	6.54	Bromomethane	0.02		Benzylchloride	
	Cyclohexane	1.25		植物起源	Isoprene	10.61	Chloroethane	0.29		o-Dichlorobenzene	0.18
	2,3-Dimethylpentane	1.34			α-Pinene	4.51	Freon11			1,2,4-Trichlorobenzene	
	3-Methylhexane	1.61			β-Pinene	3.52	Freon113			Hexachloro-1,3-butadiene	
2,2,4-Trimethylpentane	1.26	芳香族類	Benzene	0.72	1,1-Dichloroethene	1.79	Freon134a				
n-Heptane	1.07		Toluene	4	Dichloromethane	0.04	Freon22				
Methylcyclohexane	1.7		Ethylbenzene	3.04	Acrylonitrile	2.24	Freon142b				
2,3,4-Trimethylpentane	1.03		m-&p-Xylene	7.795	1,1-Dichloroethane	0.07	Freon123				
2-Methylheptane	1.07		o-Xylene	7.64	c-1,2-Dichloroethene	1.7	Freon141 b				
3-Methylheptane	1.24		Styrene	1.73	Chloroform	0.02	Freon225ca				
n-Octane	0.9		4-Ethyltoluene	4.44	1,1,1-Trichloroethane	0					
n-Nonane	0.78		1,3,5-Trimethylbenzene	11.76	Tetrachloromethane						
n-Decane	0.68		1,2,4-Trimethylbenzene	8.87	1,2-Dichloroethane	0.21					
n-Undecane	0.61		Isopropylbenzene	2.52	Trichloroethene	0.64					

道24号線沿いに立地しており、道路交通の影響を受けやすい地点である。郡山浄水場は約70企業が立ち並ぶ昭和工業団地内にあることから、固定発生源の影響を強く受ける地点である。

2. 解析対象期間

解析対象期間は2020～24年度とした。ただし、樫原局については2023年12月に局を閉鎖したため、2020～23年12月までを対象期間とした。

3. 解析対象成分

解析対象成分を表1に示す。アルカン26種、アルケン10種、アルデヒド2種、植物起源3種、芳香族16種、その他33種とした。ただし、郡山浄水場のアルデヒド類については2020～23年度は測定をおこなっていないため、2024年度のデータのみ解析する。なお、全地点において平均大気中濃度が0.5 µg/m³未満の成分は解析対象から除外した。

4. 解析方法

環境省の「有害大気汚染物質測定方法マニュアル」³⁾に従い測定されたSCANデータの解析を行った。2020～22年度については全成分の検量線がないため、2024年8月に作成した検量線を使用することで長期的な傾向を概観した。ゆえに、データについてはある程度の不確かさを含むことに留意する必要がある。

5. オゾン生成能評価

VOC各成分のオキシダント生成への寄与について評価するため、オゾン生成ポテンシャル(Ozone Formation Potential : OFP)を各VOCの大気中濃度及びVOCの光化学反応性の指標である成分毎の最大オゾン生成効率(Maximum Incremental Reactivity : MIR)⁴⁾を用い、下記の式にて算出した。

$$OFP = C \times MIR \quad (\text{式})$$

$$\left(\begin{array}{l} OFP : \text{大気中各成分のオゾン生成ポテンシャル}(\mu\text{g-O}_3/\text{m}^3) \\ C : \text{各成分の大気中濃度}(\mu\text{g}/\text{m}^3) \\ MIR : \text{各成分の最大オゾン生成効率}(\mu\text{g-O}_3/\mu\text{g-VOC}) \end{array} \right)$$

結果と考察

1. 各地点の大気中濃度

1) アルカン類、アルケン類

アルカン類、アルケン類の平均大気中濃度を図2に示す。

Isopentane, n-Butane, Isobutaneを除き、樫原局及び郡山浄水場が天理局よりも濃度が高い。これらの成分はガソリン等石油燃料に含まれている成分⁵⁾であり、樫原局は自動車の影響が考えられる。また、郡山浄水場では自動車に加え、周辺の固定発生源からの影響を受けた可能性がある。

Isopentane, n-Butane, Isobutaneは天理局の濃度が比較的高く、郡山浄水場と同程度である。これらの成分は蒸気圧が比較的高い成分であり、ガソリン等の給油ロス時に大気中に放出される可能性のある成分である⁶⁾。天理局の北300mにはガソリンスタンドがあり、給油ロスの影響を受けている可能性が考えられる。

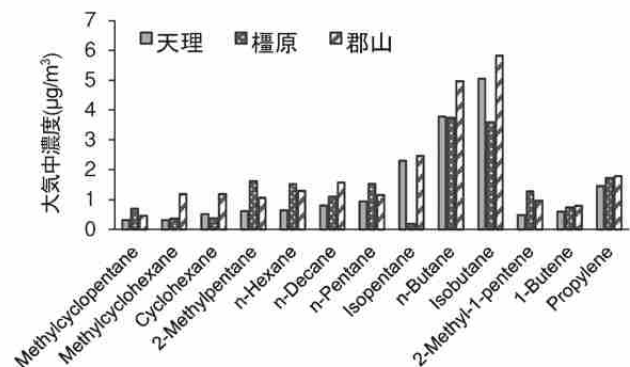


図2 アルカン類及びアルケン類の平均大気中濃度

2) アルデヒド類

アルデヒド類の平均大気中濃度を図3に示す。天理局と比較して、樫原局が1.3～1.7倍程度、郡山浄水場は1.4～2.4倍程度高い。アルデヒド類は自動車の排ガスから一次的に排出されるため⁷⁾、自動車からの影響を反映したものだと考えられる。また、ガソリン車よりもディーゼル車はアルデヒド類の排出寄与が高いとされている。ディーゼル車の排ガス中には酸素が残存しており、アルデヒド類が生成しやすい環境となっていることが原因と考えられている⁸⁾。各地点の周辺道路の24時間交通量(上下計)を表2に示す⁹⁾。郡山浄水場周辺道路は大型車の交通量が他局周辺道路と比較して3倍程度多い。大型車の大半はディーゼルエンジンを搭載していることから、郡山浄水場でアルデ

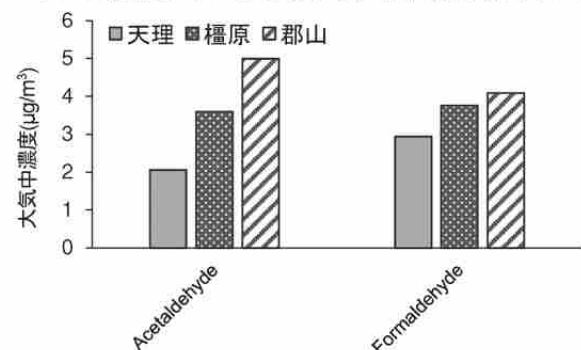


図3 アルデヒド類の平均大気中濃度

ヒド類の大気中濃度が高いのは大型車の影響と考えられる。

表2 各局周辺道路の24時間交通量(上下計)

	天理局	橿原局	郡山浄水場
小型車(台)	11,981	15,887	12,799
大型車(台)	774	762	2,475
合計(台)	12,755	16,649	15,274

3) 植物起源VOC

植物起源VOCの平均大気中濃度を図4に示す。Isopreneについては天理局が若干高い。Isopreneはカン等広葉樹、竹、草本から放出される成分である。天理局の西2kmには竹林が広がっていることを反映していると考えられる。

α -pineneは天理局、橿原局で比較的高濃度であった。 α -pineneはスギ等針葉樹から放出される成分である。天理局東3 kmには広大なスギ林が広がっている。また、橿原局南西2 kmには山裾にヒノキの人工林がある畝傍山があり、南東3 kmにはスギ・ヒノキ・サワラ群が存在する天香具山がある¹⁰⁾。これら局近隣の針葉樹林の影響を受けていると考えられる。

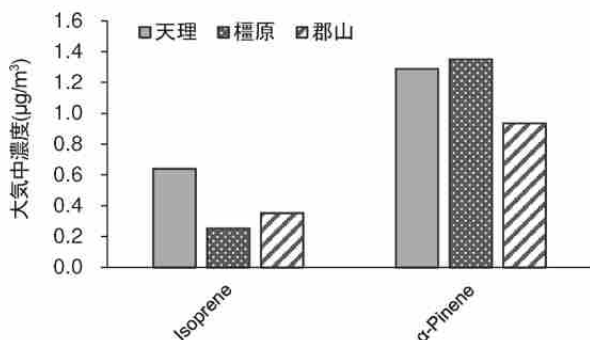


図4 植物起源VOCの平均大気中濃度

4) 芳香族類

芳香族類の平均大気中濃度を図5に示す。Benzeneの大気中濃度は橿原局が最も高くなった。Benzeneの主な発生源は自動車等移動体¹¹⁾であり、道路沿道に位置する橿原局は自動車の影響を受けやすいことを反映していると考えられる。

その他芳香族については郡山浄水場が1.5~4倍程度高い。ここで、Benzene以外の各成分の2020年の各市のPRTR届出排出量の合計値を表3に示す¹²⁾。各成分とも大和郡山浄水場市の届出排出量は他2市よりも突出して多い。各物質の大和郡山市の排出量の内訳を表4に示す。排出元は工業系が大半を占めており、郡山浄水場は固定発生源から大気への排出の影響を受けているため、芳香族の濃度が

他2局と比較して高くなったと考えられる。特にTolueneの大気中濃度は他の芳香族と比較して6~30倍程度高い。PRTR排出量を確認すると、他の芳香族より3~9倍程度多くなっており、その排出元はゴム製品製造業、電気機械製造業となっている。昭和浄水場の近辺にはこれらの固定発生源が存在していることから、その影響を受けていると考えられる。

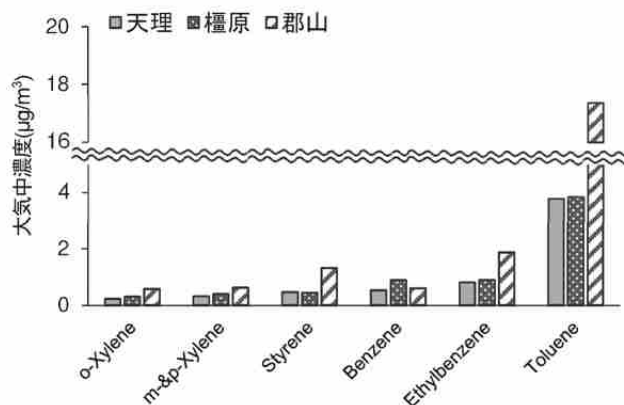


図5 芳香族類の平均大気中濃度

表3 2020年度PRTR届出排出量合計値(kg)

	天理市	橿原市	大和郡山市
Xylene	3,027	2,313	23,716
Styrene	—	—	7,100
Ethylbenzene	875	2,209	11,611
Toluene	20,132	4,909	66,798

表4 大和郡山市の2020年度PRTR届出排出量内訳(kg)

	Xylene	Styrene	Ethylbenzene	Toluene
化学工業	3,000	—	2,500	—
金属製品製造業	18,000	—	7,500	—
ゴム製品製造業	670	—	—	31,640
印刷・有価証券印刷業	45	—	—	—
電気機械器具製造業	—	—	—	31,000
燃料小売業	97	—	11	4,158
プラスチック製品製造業	—	7,100	—	—
輸送用機械器具製造業	1,900	—	1,600	—
窯業・土石製品製造業	4	—	—	—

5) その他

その他VOCの平均大気中濃度を図6に示す。Freon11, Freon12, m-Dichlorobenzene, Tetrachloromethane, 1,2,4-Trichlorobenzene, 1,2,4-Trichlorobenzene, Chloromethaneは

全地点で同程度であった。これら7成分は広域的に存在していると考えられる。特にFreon11, Freon12はクロロフルオロカーボン(CFC)と呼ばれる成分であり、モントリオール議定書に基づく規制により1996年までに先進国での生産が全廃されており、新たな排出はないと考えられる。また、大気寿命は数十年～百年と言われており、ほぼ分解されないことから、常に一定量、全域的に存在していると考えられる。

Chloroformは郡山浄水場で4.1～4.7倍程度が高くなった。これはサンプリング地点が浄水場であることに由来すると考えられる。Chloroformは水を塩素処理することで発生するため¹³⁾、他2局と比較して濃度が高くなったと考えられる。

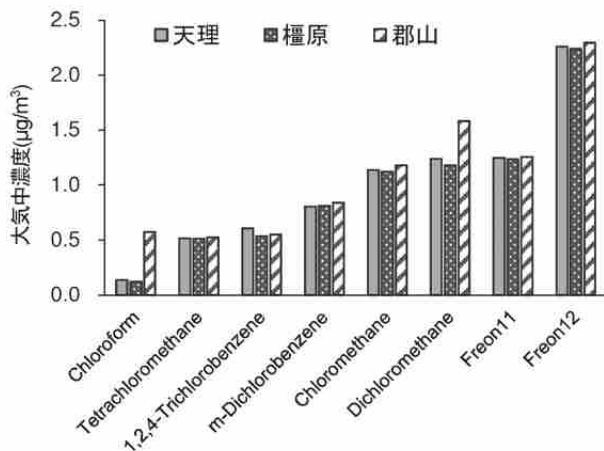


図6 その他 VOC の平均大気中濃度

2. オゾン生成能評価

各地点のオゾン生成能上位10成分を図7に示す。全地点で共通している成分はn-Butane, Isobutane, 1-Butene, Propylene, Acetaldehyde, Formaldehyde, Tolueneであった。また、植物起源VOCに着目すると、天理局はIsoprene, α -Pineneが上位に入っているのに対し、樫原局は α -Pineneのみ、郡山浄水場は上位に入っていなかった。また、樫原局はアルデヒド類、アルケン類等自動車由来成分が上位にあり、郡山浄水場は固定発生源由来の芳香族類(Toluene, m&p-Xylene, Ethylbenzene)が上位であった。

天理局は近隣の竹林やスギ林、樫原局は近隣の針葉樹林があること及び自動車が多いこと、郡山浄水場は固定発生源周辺であること等、局周辺の環境がそれぞれ反映された大気環境であると考えられる。

まとめ

県内複数地点のVOCの環境実態を把握するため、2020～2024年度のVOC測定結果を解析した。天理局は近隣の竹林およびスギ林から放出される植物起源VOCの濃度が比較的高く観測された。また、Isopentane, n-Butane, Isobutaneの濃度も比較的高く、これは近隣のガソリンスタンドからの影響と考えられる。樫原局は自動車由来のアルデヒド類、アルケン類、アルカン類の濃度が高かった。郡山浄水場は芳香族類及びアルデヒド類の濃度が高く、固定発生源が近隣にあること及び大型車の交通量が多いことが原因と考えられる。

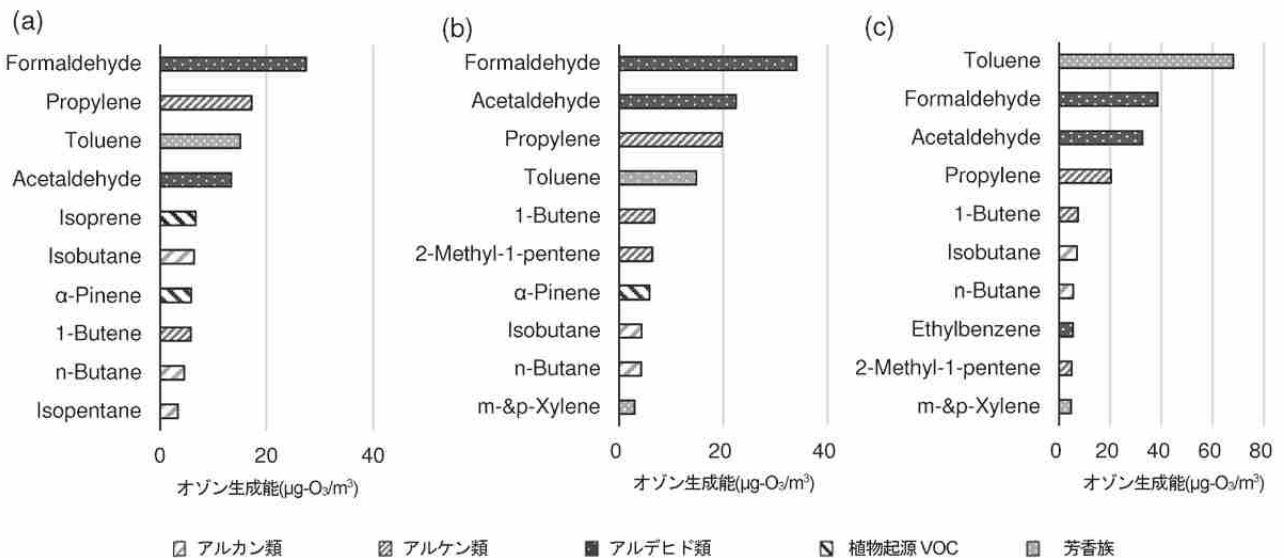


図7 (a)天理局、(b)樫原局、(c)郡山浄水場の最大オゾン生成濃度上位10成分

参考文献

- 1) 環境省水・大気環境局大気環境課：VOCと大気環境に関する資料，SPMとオキシダントの生成メカニズム，<https://www.env.go.jp/air/osen/voc/materials.html>
- 2) 高林愛，浦西克維，志村優介他：奈良県景観・環境総合センター年報，10，17-21(2022)
- 3) 環境省，有害大気汚染物質等測定方法マニュアル(平成9年2月 令和6年4月最終改訂)
- 4) Cater W.P.L：Updated Maximum Incremental Reactivity Scale and Hydrocarbon Bin Reactivities for Regulatory Applications, California Air Resources Board Contract, (2010)
- 5) Menglei Wang, Shunyi Li, Rencheng Zhu: *Atmospheric Environment*, 223, 1-9, (2020)
- 6) 横田久司，上野広行，石井康一郎他：大気環境学会誌，第47巻，第5号，231-239(2012)
- 7) 独立行政法人 産業技術総合研究所・化学成分リスク管理研究センター共編：詳細リスク評価書シリーズ11 アセトアルデヒド，丸善(2007)
- 8) 岡山 紳一郎：大気環境学会誌 第24巻 第3号, A43-A55(2019)
- 9) 令和3年度 全国道路・街路交通情勢調査 一般交通量調査 集計表 <https://www.mlit.go.jp/road/census/r3/>
- 10) 環境省 自然環境調査 Web-GIS <http://gis.biodic.go.jp/webgis/index.html>
- 11) 独立行政法人 産業技術総合研究所・化学成分リスク管理研究センター共編：詳細リスク評価書シリーズ18 ベンゼン，丸善(2008)
- 12) 環境省HP PRTR インフォメーション広場 <https://www.env.go.jp/chemi/prtr/risk0.html>
- 13) 独立行政法人 産業技術総合研究所・化学成分リスク管理研究センター共編：詳細リスク評価書シリーズ15 クロロホルム，丸善(2008)

大和川水系岡崎川の水質改善に関する検討

北岡洋平・浦西洋輔*・辻本真弓・岡本雄二・平山可奈子・井上ゆみ子・田原俊一郎*

A Consideration on the Water Quality Improvement of the Okasaki River, the Yamato River System

KITAOKA Yohei・URANISHI Yosuke・TSUJIMOTO Mayumi・OKAMOTO Yuji・HIRAYAMA Kanako・INOUE Yumiko and TAHARA Syunichiro

緒言

河川水質を改善し、清涼な周辺環境を維持することは人の健康や生活の安全性確保だけでなく、その環境に生きるすべての生物の保全に重要である。奈良県においても、「豊かな自然と歴史の共生、美しい景観と持続可能なくらしの創生」を目標に奈良県環境総合計画（以下、計画）が定められており、健全な水循環を構築するため、県内の源流・上流域から中・下流域まで一体的に取り組むとしている。

奈良県に存在する4水系（大和川水系、紀の川水系、淀川水系、新宮川水系）の中で、大和川は人口・事業所ともに約9割を抱える大和平野を流域とする重要河川である。大和川は過去には日本一水質が悪いと知られていたが、近年は改善が進み本川のBOD（生物化学的酸素要求量）が環境基準（5 mg/L以下）を満たす水準となっている。しかしながら、水質改善が進んでいない支川も未だ複数存在している。それら支川のうち、全長及び流域面積が大きく、改善傾向が小さい岡崎川を対象に、原因調査を行い水質改善策検討への寄与を目的として令和4年度から令和6年度まで水質調査を行った。

方法

1. 調査地点

当初設定した24地点から検討を加えて以下の19地点に絞り、調査地点とした。

岡崎川本川：環境基準点（昭和大橋及び岡崎川流末）とその間の6地点 [計8地点]

流入水路：本川流量に影響している水路9地点及び畜産事業場近傍を流れる水路2地点 [計11地点]

2. 調査項目

流量と流量収支、BOD、及び汚濁負荷量（=流量×BOD）を調査した。一部の試料については全窒素、全リン、アンモニア性窒素の測定を実施した

*奈良県水・大気環境課

3. 調査頻度

令和4年5月から令和7年1月（令和6年4月～5月は欠測）まで毎月1回 合計31回。

結果と考察

1. 岡崎川流末の流量、BOD及び汚濁負荷量

令和5年度時点で環境基準を満たさない岡崎川流末の流量及びBODの測定結果を図1に示す。

流量は夏期（6～8月）が多く冬期（12～2月）は少ない、BODは夏期に低値、冬期に高値の傾向で、相反の関係が認められた。冬期にはBODが異常値とも言える高値を示す事例が複数回あり、別途考察を行った（後述）。

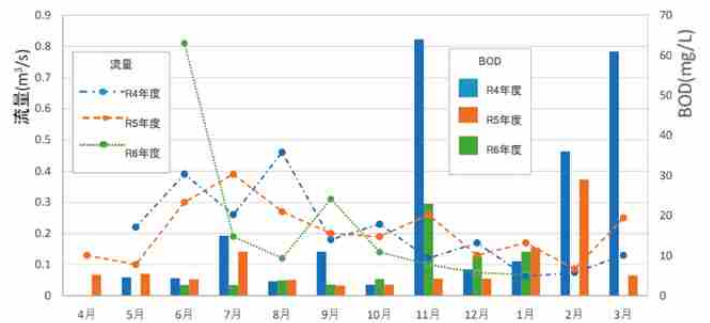


図1 岡崎川流末の流量及びBOD
(令和4年5月～令和7年1月)

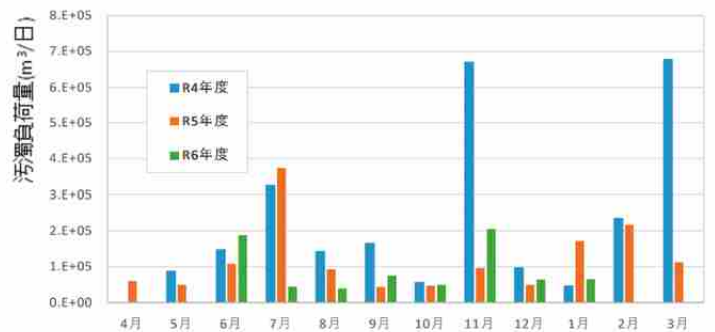


図2 岡崎川流末の汚濁負荷量
(令和4年5月～令和7年1月)

流量とBODの積である汚濁負荷量の推移を図2に示す。BODが極端な高値を示した、あるいは流量が多い月に数値が大きくなったが、その他に明確な傾向は見られなかった。(検定(各地点と時期に対応がない、帰無仮説：なし、対立仮説：あり)¹⁻²⁾においても年度間の有意差はなかった。

2. 岡崎川の水質に影響がある箇所

調査対象地点の年度別BOD平均値を図3に示す。高頻度にBOD高値を示した地点は、

- ①岡崎川流末付近(岡崎川流末, 地点12, 地点8及び中間地点)
 - ②ため池(下池)付近(地点10, 地点11)
 - ③昭和大橋
- である。

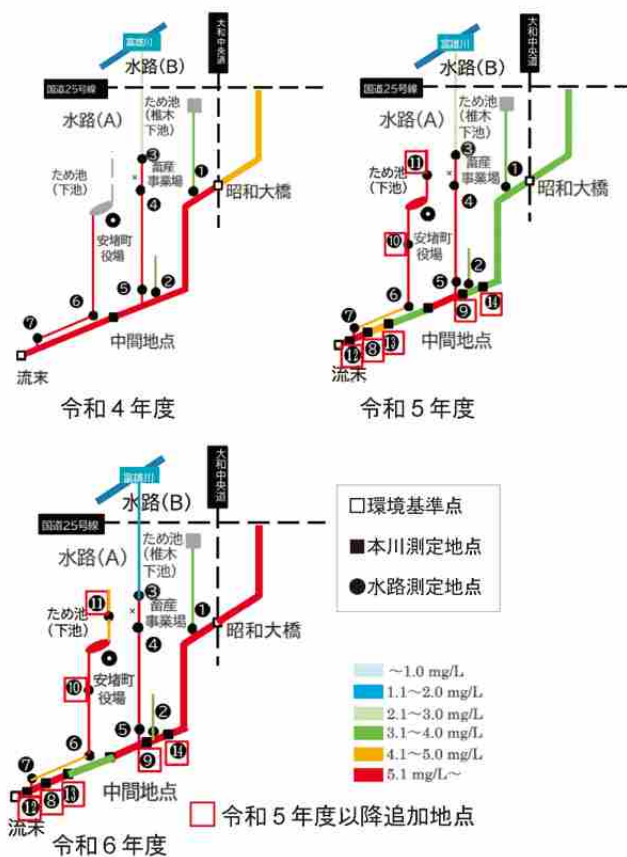


図3 調査地点における平均BOD

岡崎川流末は、これまでも概ね環境基準達成率が低い地点である。地点8, 地点12を含む付近は事業場や農地が多く、一般住宅において下水道接続率が低いことが特徴である。採水時に河川沿いを目視で調べたが、明確な汚染源は特定できなかった。

ため池については、令和5年度から調査を行っており、恒常的にBOD値が高い水が水路に放出されることが推察された。

3. 岡崎川流末付近における冬期のBOD上昇現象

主に冬期に、岡崎川流末、中間地点より下流側の地点12及び地点8でBODが異常な高値を示す事象を複数回経験した(図4)。これらの事象の試料は、色相は茶色で透視度が低く、臭気も強いものであった。そこで、主な汚染物質と考えられる全窒素(T-N)、全リン(T-P)を測定した。さらに、令和5年4月から令和6年2月まで流末、地点12及び中間地点の3地点で底質を採取し、T-N及びアンモニア性窒素(NH₄-N)の含有試験及び溶出試験を行った。

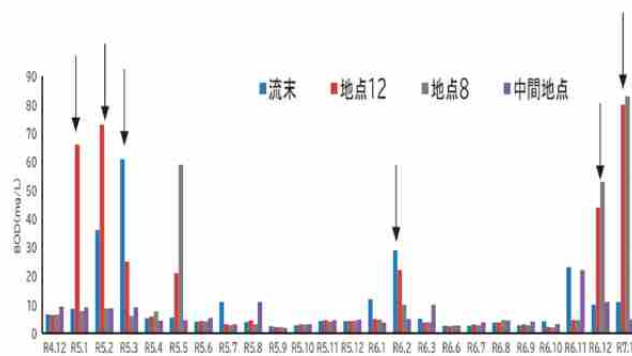


図4 岡崎川流末から中間地点におけるBOD (令和4年12月~令和7年1月)

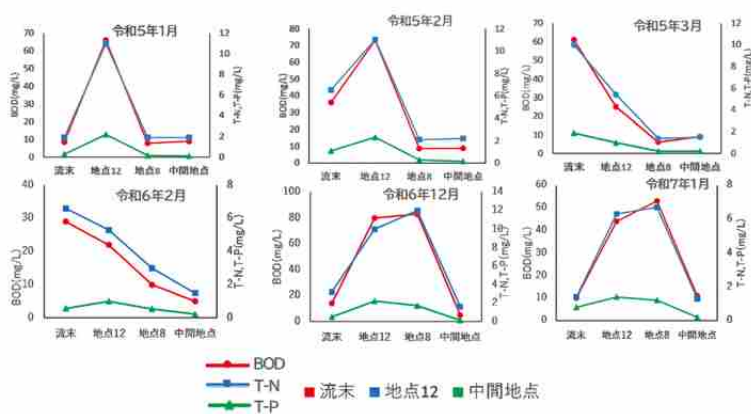


図5 岡崎川流末から中間地点におけるBOD上昇時のT-N及びT-P(水質)

水質のT-N, T-P, BODは地点間の挙動が相似であり、窒素、リンによる水質汚染であることが示唆された。農地が多い地域特性から、冬場の施肥³⁻⁴⁾が影響した可能性がある(図5)。底質⁵⁻⁶⁾の測定結果(図6)からは、冬期において地点12のT-N, NH₄-Nの数値が

高くなる現象が確認できた。水中微生物の活動が抑制され、汚染物質が底質に滞留した可能性が考えられた。

- 5) 環境省 水・大気環境局:底質調査方法(2012)
- 6) 湖沼技術研究会底質ワーキング:底質に係わる技術資料(2009)

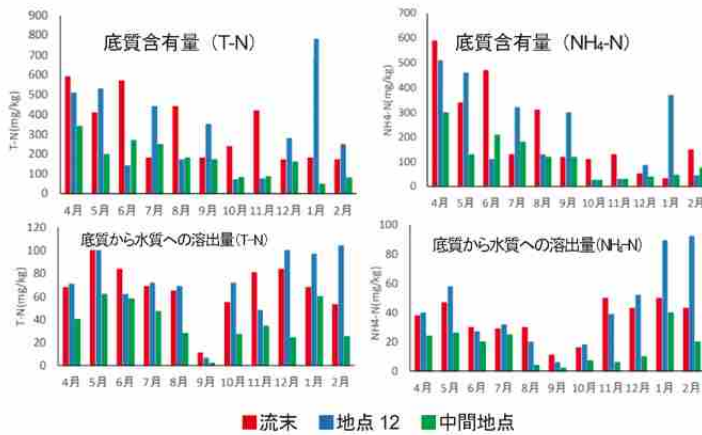


図6 流末付近のBOD上昇時のT-N及びNH₄-N (底質)

4. 流量収支の不整合について

水路の上下流で流量収支に整合性が見られない箇所が存在した。一例として令和6年6月から8月にかけて地点4に対し地点5の流量は30~60%程度まで減少していた。そこで、関係機関に問い合わせた結果、紀の川水系の吉野川分水による通水が考えられることが分かった。分水工は地点4と地点5の間に存在し、東西南3方向に通水がされている。また、農地への導水の影響も考えられた。

結 言

流量とBODには季節変動が見られたが相反の関係にあり、汚濁負荷量には年度間の有意差はなかった。汚染度の高い地点(流末、ため池)を特定した。行政担当課と情報共有し今後の対応を検討する必要がある。岡崎川の流末付近において、BODが高値を示す現象を観測し、その要因について詳細な検討を行った。その結果、底質中に高濃度の汚濁物が存在し、それらの溶出がBODの上昇に寄与している可能性が示唆された。また、冬期における本現象の顕著化は、河川流量の減少に起因すると考えられた。

参考文献

- 1) 化学と生物,51,483-495(2013)
- 2) 吉田寛輝:統計を身につける5つのステップ(2024)
- 3) 糟谷 真宏, 坂西 研二, 板橋 直, 他: 日本土壤肥科学雑誌. 第81巻第5号, 481-488(2010)
- 4) 大村 邦男, 黒川 春一: 北海道立農試集報. 59, 1-7(1989)

奈良県内の河川におけるヒト及び動物用医薬品の環境実態調査

辻本真弓・平山可奈子・岡本雄二・井上ゆみ子

Environmental Survey of Veterinary Drugs in the Rivers of Nara Prefecture

TSUJIMOTO Mayumi・HIRAYAMA Kanako・OKAMOTO Yuji and INOUE Yumiko

緒言

化学物質は、農薬や医薬品、石油加工製品等をはじめ多種多様な形で生産・使用されており、我々の生活に欠かせないものとなっている。一方、化学物質によるヒトや生態系への悪影響も懸念されており、そのリスクの適切な管理が求められている。そのため、水質汚濁防止法や農薬取締法、化学物質審査規制法等により、化学物質の適正な管理が取り組まれているが、水質規制の対象となっていない化学物質も数多く存在する。

これらの未規制化学物質のうち、医薬品類をはじめとした生活由来化学物質（PPCPs：Pharmaceutical and Personal Care Products）は、特定の生理活性を持つよう設計されているため、環境中の残存量が微量であっても生態系へ影響を及ぼす可能性があることから、PPCPsによる環境汚染に対して関心が高まっている。PPCPsに含まれるヒト及び動物用医薬品の一部には、感染症等の発生を予防するため、様々な抗菌剤が使用されている。使用された抗菌剤は生体内で代謝された後、尿中に排泄され、下水道などの排水処理施設を通じて水環境中に放出される。未規制化学物質に対する国内の取組として、環境省において化学物質による環境汚染を通じて人の健康や生態系に好ましくない影響が発生することを未然に防止するため、環境リスク初期評価事業¹⁾を進めている。本事業において、ヒト及び動物用医薬品として使われている抗菌剤であるスルファメトキサゾールの予測濃度が「水生生物に対する予測無影響濃度（PNEC）」を上回り、「詳細な評価を行う候補」にカテゴライズされた（令和元年：第18次取りまとめ²⁾）ほか、スルファジアジン及びリンコマイシンの予測濃度がPNECの10分の1を上回り、「更なる関連情報の収集に努める必要がある」と判定された（令和2年：第19次とりまとめ³⁾）。当センターにおいては浦西ら⁴⁾により奈良県内の大和川水系上流域河川を対

象としたPPCPsの環境実態調査を行ってきたが、前述した3物質を含む一部のヒト及び動物用医薬品については対象としておらず、県内の汚染実態の把握に至っていない。そこで本研究では、これら3物質を含むヒト及び動物用医薬品7物質（スルファピリジン、スルファジアジン、スルファメトキサゾール、スルファジミジン、スルファドキシシ、スルファジメトキシシ及びリンコマイシン）について、LC-MS/MSを用いて県内河川水の実態調査を行い、県内の汚染実態を把握するとともに、予測無影響濃度（PNEC：Predicted No Effect Concentration）情報との比較により生態リスク評価を行うことを目標とした。さらに、これらの物質の排出源と想定される下水処理施設における流入水（以下、流入水）及び放流水（以下、放流水）を採取し、その濃度実態を把握し、下水処理を通じた除去性を評価したので併せて報告する。

方法

1. 採水地点・時期

採水地点を図1に示す。採水地点は、県内の大和川水系及び紀の川水系とし、奈良県で調査を実施している環境基準基準点19地点（図1 No.1～19）に加え、排出源と想定される下水処理施設近辺の濃度実態を把握するため、県下水処理施設であり大和川上流域を処理区域とする奈良県浄化センター（以下、県浄化）の放流口の上流及び下流河川でも採水を実施した（図1 No.20～21）。また、下水処理施設の下水処理を通じた除去性を評価するため、県浄化の流入水及び放流水についても測定を行った。流入水及び放流水は24時間連続採水装置を用いて1時間毎に採水を行い、それらを等量混合したコンポジット試料を調査した。採水時期は、冬期（2025年2月）に実施した。

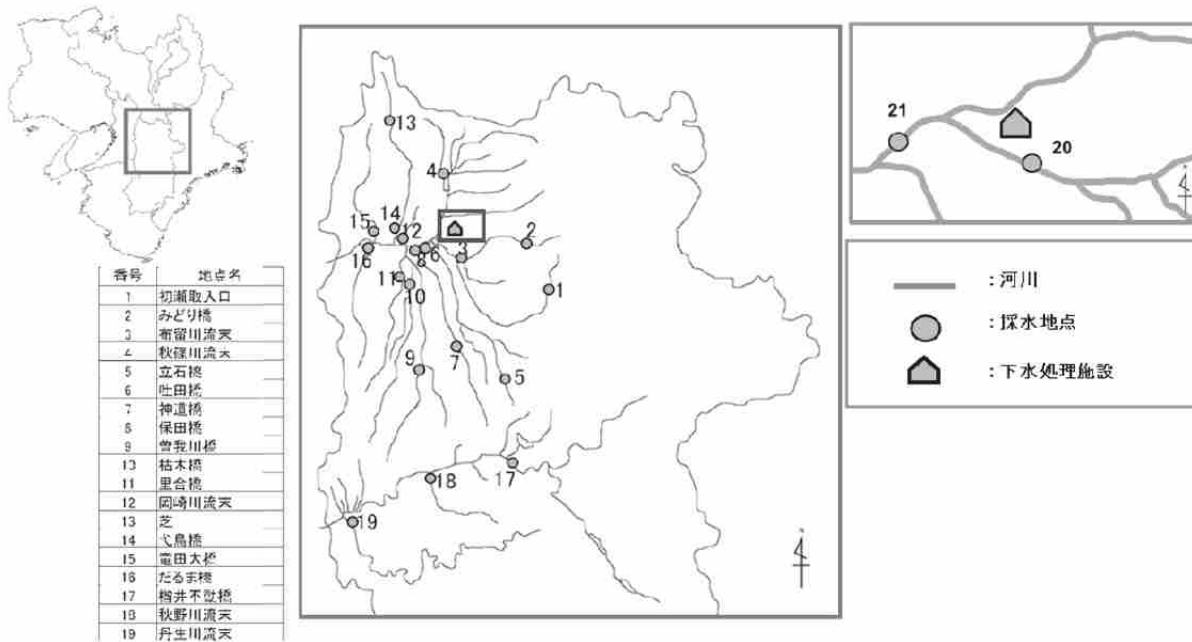


図1 調査地点

表1 測定対象物質

物質名	英名	モニターイオン (Pre. > Pro.) (m/z)		サロゲート (Pre. > Pro.) (m/z)	
		定量用	確認用		
スルファピリジン	Sulfapyridine	249.8 > 91.9	249.8 > 107.8	スルファピリジン- ¹³ C ₆	256.0 > 98.3
スルファジアジン	Sulfadiazine	251.0 > 92.1	251.0 > 107.9	スルファジアジン-d4	255.0 > 96.0
スルファメトキサゾール	Sulfamethoxazole	253.8 > 91.9	253.8 > 155.8	スルファメトキサゾール- ¹³ C ₆	259.9 > 98.0
スルファジミジン	Sulfadimidine	278.9 > 185.9	278.9 > 91.9	スルファジミジン-d6	284.9 > 155.8
スルファドキシシン	Sulfadoxine	310.9 > 91.85	310.9 > 155.8	スルファドキシシン-d3	315.0 > 108.2
スルファジメトキシシン	Sulfadimethoxine	310.9 > 91.85	310.9 > 155.8	スルファジメトキシシン- ¹³ C ₆	316.9 > 97.9
リンコマイシン	Lincomycin	407.0 > 126.0	407.0 > 359.0	リンコマイシン-d3	410.0 > 129.0

2. 測定対象物質

測定対象物質を表1に示す。分析対象とした化学物質は、基本的に純度97%以上の標準物質を用いて定量した。標準物質を希釈混合し、各1 mg/Lの混合メタノール溶液を調整し、これを0.5~100 µg/Lの範囲で50%メタノール水溶液となるよう段階的に希釈し、検量線用の試料を作製した。

3. 試薬、器具等

アセトンは残留農薬・PCB試験用(5000)、メタノール、超純水、ぎ酸はLC-MS用を使用した(以上、富士フイルム和光純薬(株)製)。固相カラムはWaters社製 Oasis® HLB Plus LP Extraction Cartridge (225mg)を、LC-MS/MSはWaters社製 ACQUITY UPLC Xevo TQ MSを用いた。

4. 分析方法

試料の前処理は、浦西ら⁴⁾の方法を参考とし、以下のとおり実施した。あらかじめアセトン5 mL、精製水10 mLを順次吸引注入して活性化、洗浄した固相カラムに、サロゲート各10 ngを加えた試料(河川水及び放流水は200 mL、流入水は50 mL)を流速10 mL/minで通水した。通水後、精製水20 mLで固相カラムを洗浄した後、遠心分離(2500 rpm, 5分間)及び窒素通気(15分間)により、固相カラム内の水分を除去してから、メタノール4 mLでバックフラッシュ溶出した。溶出液は、窒素ガス吹き付けにより0.1 mL程度になるまで濃縮した後、50%メタノール水溶液にて1 mLに定容し、LC-MS/MS測定用検液とした。LC-MS/MSによる測定条件及びSRM条件は西野ら⁵⁾

の測定条件を参考に最適化を行った。前処理フローは図2にまとめ、LC-MS/MSによる測定条件は表2に、SRM条件は表1に記載した。

5. 分析方法の確認

分析方法の確認については、「化学物質環境実態調査実施の手引き」⁹⁾（以下、手引き）に従い、検出下限値（以下、MDL）、定量下限値（以下、MQL）、回収率を算出した。

6. 生態系への影響評価

リスク評価にあたっては、化学物質の環境リスク初期評価ガイドライン⁷⁾に基づき、PNECと本調査で得られた実測濃度との比較により行うこととした。PNEC情報は、環境リスク初期評価報告書^{2) 3)}及び宇野ら⁸⁾の報告書から引用した。

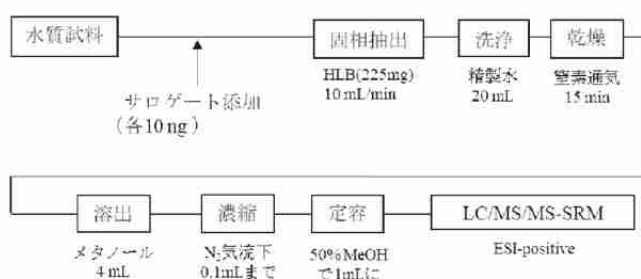


図2 分析フローチャート

表2 LC-MS/MS 測定条件

LC system	Acquity UPLC system (Waters)
カラム	Waters社製 CORETECSTM UPLC®C18+ (Φ2.1mm×100mm, 粒径 1.6µm)
移動相	A: 0.1% 硝酸水溶液 B: メタノール
グラジエント条件	0→2min A:100% B:0% 2→3.5min A:100→60% B:0→40% Linear gradient 3.5→5min A:60→35% B:40→65% Linear gradient 5→9min A:35→10% B:65→90% Linear gradient 9→10.5min A:10→0% B:90→100% Linear gradient 10.5→11.5 min A:0% B:100% 11.5→11.51min A:0→80% B:100→20% Linear gradient 11.51→17min A:80% B:20%
流量	0.2 mL/min
カラム温度	40 °C
注入量	5.0 µL
MS/MS system	Xevo TQ MS (Waters)
イオン化法	ESI-Positive
ESIキャピラリー電圧	2.0 kV
イオン源温度	150 °C
脱溶媒温度	500 °C
脱溶媒ガス流量	窒素ガス, 500 L/h

結果と考察

1. 分析法の検出下限値及び定量下限値について

測定対象物質（各1 ng）及びサロゲート物質（各10 ng）を河川水に添加し、添加回収試験を実施し

た。測定対象物質の回収率は、84～117%（CV:4.4～11%）であった。添加回収試験の結果から算出した各物質のMDL、MQLを表3に示す。

2. ヒト及び動物用医薬品の環境実態調査

1) 環境基準点におけるヒト及び動物用医薬品検出状況

大和川水系及び紀の川水系においてヒト用及び動物用医薬品の存在実態調査を行い、得られた結果を表3に示す。測定結果がMDL未満の場合はN.D.と表した。

環境基準点においては、本研究で調査対象としたヒト及び動物用医薬品7物質のうち3物質（スルファピリジン、スルファメトキサゾール、リンコマイシン）が調査地点の何れかで検出された。検出した動物用医薬品で比較的高濃度に広く分布が認められたのはスルファピリジンで、調査地点の58%（11/19）で検出され、最も高濃度で検出された地点はNo.15（竜田大橋）で検出濃度は41 ng/Lであった。スルファピリジンは国内外の調査においても広く検出されており、西野らによる大都市圏の調査⁵⁾では85%の地点から検出され、最高濃度は670 ng/Lと報告されている。国外の調査においても同様で、北京地域の北運河流域での調査⁹⁾では調査地点の90%で検出され、最大濃度は75 ng/Lであった。

次いで検出率が高かったのは、スルファメトキサゾールで、調査地点の37%（7/19）で検出され、最も高濃度で検出された地点はNo.15（竜田大橋）で検出濃度は35 ng/Lであった。スルファメトキサゾールについても国内外で広く検出されており、西野らによる調査⁵⁾では95%の地点から検出され、最高濃度は370 ng/L、国外の北京地域の北運河流域での調査⁹⁾では調査地点の73%で検出され、最大濃度は45 ng/Lであった。スルファピリジンとスルファメトキサゾールが高濃度で検出されたNo.15の地点がある斑鳩町は、令和5年度末時点で汚水処理人口普及率が79.3%（奈良県91.3%）¹⁰⁾と下水道整備が進んでおらず、未処理の生活雑排水等の流入源によるものと考えられた。

リンコマイシンは調査地点の26%（5/19）で検出され、最も高濃度で検出された地点はNo.4（秋篠川流末）で検出濃度は2.7 ng/Lであった。国内では木下らによる調査¹¹⁾において調査地点の30%から検出され、最高濃度は3 ng/L、国外の北京地域の北運河流域

表3 環境実態調査結果

種別	地点番号	地点名	河川名	物質名 (ng/L)						
				スルファピリジン	スルファジアジン	スルファメトキサゾール	スルファジミジン	スルファドキシム	スルファジメトキシム	リンコマイシン
環境基準点	1	初瀬取水口	大和川	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	2	みどり橋	布留川	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	3	布留川流末	布留川	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	4	秋篠川流末	秋篠川	(4.8)	N.D.	21	N.D.	N.D.	N.D.	2.7
	5	立石橋	寺川	(4.7)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	6	神道橋	熊島川	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	7	曾我川橋	曾我川	(2.6)	N.D.	(4.1)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	8	吐田橋	寺川	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	9	保田橋	熊島川	(4.2)	N.D.	(4.9)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	10	松木橋	葛城川	8.1	N.D.	6.9	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	11	聖合橋	高田川	6.8	N.D.	(3.9)	N.D.	N.D.	N.D.	(1.4)
	12	岡崎川流末	岡崎川	(3.3)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	13	芝	富雄川	(3.0)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	14	七島橋	富雄川	23	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	(1.6)
	15	竜田大橋	竜田川	41	N.D.	35	N.D.	N.D.	N.D.	(1.5)
	16	だるま橋	葛下川	11	N.D.	6.1	N.D.	N.D.	N.D.	(1.8)
	17	柳井不動橋	紀の川	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	18	秋野川流末	秋野川	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	19	丹生川流末	丹生川	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
下水処理施設関連	20	第一浄化上流	大和川	(4.6)	N.D.	(4.9)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	21	第一浄化下流	大和川	350	N.D.	86	N.D.	N.D.	N.D.	4.3
	-	流入水	-	800	N.D.	140	N.D.	N.D.	N.D.	18
	-	放流水	-	580	N.D.	110	N.D.	N.D.	N.D.	5.5
MDL(ng/L)				2.3	1.7	2.1	2.0	1.4	1.2	1.0
MQL(ng/L)				5.8	4.4	5.3	5.2	3.7	3.1	2.6
PNEC(ng/L)				-	100 ³⁾	100 ²⁾	6250 ¹⁾	-	6250 ¹⁾	140 ²⁾

N.D.は検出下限値未満、()付の数値は定量下限値未満を示す。太字部分は、定量値がPNECを超過した地点を示す。

域での調査⁸⁾では調査地点の62%で検出され、最大濃度は45.8 ng/Lであった。

2) 下水処理施設におけるヒト及び動物用医薬品検出結果

下水処理施設(県浄化)の上流及び下流の河川水、放流水及び流入水で実施した測定結果について、得られた結果を表3に示す。測定結果がMDL未満の場合はN.D.と表した。

県浄化周辺河川(上流・下流)を測定した結果、環境基準点で検出された3物質(スルファピリジン、スルファメトキサゾール、リンコマイシン)が環境基準点より高い濃度で検出された。流入水及び放流水においても同様の3物質(スルファピリジン、スルファメトキサゾール、リンコマイシン)が検出され、そのうちスルファメトキサゾールは流入水と放流水の何れもPNECを上回る濃度で検出された。

環境基準点を含む河川水の結果と比較し、3物質全てにおいて放流水の方が高い濃度で検出されており、県浄化上流地点と比較して下流地点の方がより検出濃度が高くなっていることから、下水処理施設が水環境中への流入源となっており、河川中の濃度を押し上げていることが推察された。西野らによる大都市域での調査結果⁵⁾においても、調査した下水処理施設のほとんどでスルファメトキサゾールがPNECを

上回る濃度で検出されており、奈良県においても同様の傾向が認められた。

3) 下水処理施設による除去率

次に、下水処理施設における処理性を把握するため、流入水と放流水の濃度から除去率を算出した。県浄化における対象物質の除去率を図3に示す。除去率は、{(流入水中の対象物質濃度-放流水中の対象物質濃度) / 流入水中の対象物質濃度} × 100により算出した。下水処理による除去率が50%を超えていた物質は、リンコマイシンのみで69%であった。スルファピリジン及びスルファメトキサゾールの除去率はそれぞれ28%と21%で、50%を下回っており、下水処理施設でほとんど処理されずに環境中へと流出していることが確認された。

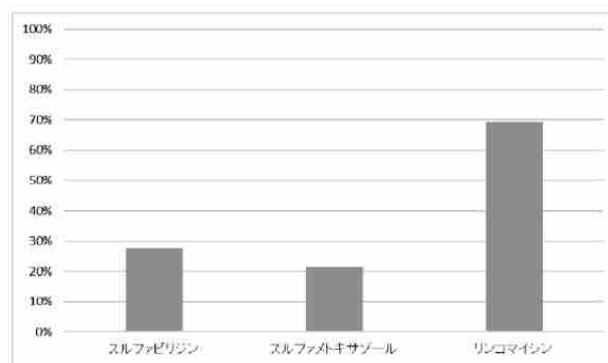


図3 下水処理施設による除去率

まとめ

LC-MS/MSによる一斉分析法を用いて、県内河川及び下水処理施設におけるヒト及び動物用医薬品7物質の環境実態調査を行った。調査対象とした7物質中3物質（スルファピリジン,スルファメトキサゾール, リンコマイシン）が河川水, 下水処理施設の流入水及び放流水から検出された。環境基準点における最大検出濃度を国内外の他都市の結果と比較したところ, 検出された全ての物質で同等か低い値であった。下水処理施設関連の調査においては, 流入水及び放流水において環境基準点での調査と同様の3物質が検出され, そのうちスルファメトキサゾールは流入水と放流水の何れもPNECを上回る濃度で検出された。

下水処理施設の除去率を算出した結果, スルファピリジン及びスルファメトキサゾールではそれぞれ28%と21%で, 50%を下回っており, 下水処理施設でほとんど処理されずに環境中へと流出していることが確認された。加えて, 県浄化上流地点と比較して下流地点の方がより検出濃度が高くなっていることから, 下水処理施設が水環境中への流入源となっており, 河川中の濃度を押し上げていることが推察された。

本調査においてPNECを上回る濃度を検出したのは, 下水処理施設の流入水及び放流水におけるスルファメトキサゾールのみであった。しかしながら, PNECは超過していないものの, 県浄化下流におけるスルファメトキサゾールも86 ng/LとPNECに近い値であり, 環境基準点2地点 (No.4, No.15) においてもスルファメトキサゾールがPNECの10分の1を上回っている。リンコマイシンについても, 下水処理施設の流入水においてPNECの10分の1を上回っていることから, これらの物質について引き続き調査を行い, 継続的な情報収集に努める必要があると考えられた。今後も引き続き県内河川における化学物質環境実態調査を行い, 地域に密着した詳細なデータの蓄積に努める予定である。

謝辞

本研究は, 2022年度から2024年度にかけて実施している国立環境研究所Ⅱ型共同研究「公共用水域における有機-無機化学物質まで拡張した生態リスク評価に向けた研究」の援助を受けて行われたことを記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 環境省：化学物質の環境リスク初期評価関連, <http://www.env.go.jp/chemi/risk/> (2025年4月1日閲覧)
- 2) 環境省：化学物質の環境リスク初期評価等 第18巻(2020),<https://www.env.go.jp/chemi/report/ierac18/index.html> (2025年4月1日閲覧)
- 3) 環境省：化学物質の環境リスク初期評価等 第19巻 (2021),<https://www.env.go.jp/chemi/report/ierac19/index.html> (2025年4月1日閲覧)
- 4) 浦西洋輔, 浦西克維, 城山二郎：大和川水系上流域における生活由来化学物質 (PPCPs) の環境実態調査, 環境化学, **32**, 1-8 (2022)
- 5) 西野貴裕, 加藤みか, 宮沢佳隆, 他：東京都環境科学研究所年報, **2023**, 54-58(2023)
- 6) 環境省大臣官房環境保健部環境安全課：化学物質環境実態調査実施の手引き (令和2年度版) (2021)
- 7) 環境省：化学物質の環境リスク初期評価ガイドライン (令和4年11月版)
- 8) 宇野映介ほか：福岡市保健環境研究所報,**39**,51-57 (2014)
- 9) Yonghao,H.,Qingshan,L.,Weiwei,Y.,et al:*Toxics*, **12**(3), 171(2024)
- 10) 令和6年8月22日環境省報道発表資料：令和5年度末の汚水処理人口普及状況について, https://www.env.go.jp/press/press_03579.html, (2025年4月1日閲覧)
- 11) 木下 輝昭, 小田 智子, 渡邊 喜美代, 他：東京都健康安全研究センター年報, **71**, 225-232 (2020)

県内河川における化学物質環境調査
 -4,4'-ジアミノジフェニルエーテル、ジフェニルエーテルの分析結果-

岡本雄二・辻本真弓・平山可奈子・井上ゆみ子

An Environmental Survey of Chemical Substances in Rivers in Nara Prefecture
 - Analyses of 4,4'-Diaminodiphenyl Ether and Diphenyl Ether -

OKAMOTO Yuji・TSUJIMOTO Mayumi・HIRAYAMA Kanako and INOUE Yumiko

緒言

環境省では、1974年度から一般環境中の既存化学物質の残留状況の把握を目的として「化学物質環境調査」を実施し、「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律」（以下、化管法）の指定化学物質の指定、その他化学物質による環境リスクに係る施策について検討する際の基礎資料としている¹⁾。

本調査の調査対象物質として2024年度に4,4'-ジアミノジフェニルエーテル及びジフェニルエーテルが選定され、全国調査が実施されることとなった。しかしながら、本調査は全国の代表的な地点のみでの調査であり、その地域における詳細な実態までは把握できない。そこで本研究では、上記2物質について、県内河川における実態調査を実施したので報告する。

方法

1. 調査物質

1) 4,4'-ジアミノジフェニルエーテル

4,4'-ジアミノジフェニルエーテルは、4,4'-オキシビスベンゼンアミンとも呼ばれ高分子化合物の原料や架橋剤として使用されており、化管法の対象物質である。物理化学的性状及び構造を表1及び図1に示す。

表1 物理化学的性状等²⁾

項目	4,4'-ジアミノジフェニルエーテル
分子量	200.24
融点	190 °C
沸点	350 °C
水溶解度	560 mg/L
蒸気圧	4.36E-006 mmHg
log P _{ow}	1.36 (実測値)
急性毒性	経口：LD ₅₀ ：685 mg/kg(マウス) 経口：LD ₅₀ ：700 mg/kg(ウサギ) 経口：LD ₅₀ ：650 mg/kg(モルモット)

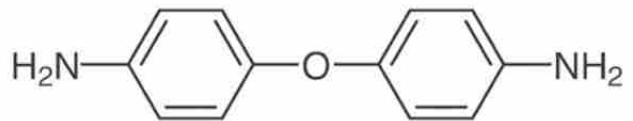


図1 4,4'-ジアミノジフェニルエーテルの構造

2) ジフェニルエーテル

ジフェニルエーテルは、フェノキシベンゼンとも呼ばれ石けん用香料や熱媒体として使用されており、環境排出が認められる物質である。物理化学的性状及び構造を表2及び図2に示す。

表2 物理化学的性状等³⁾

項目	ジフェニルエーテル
分子量	170.21
融点	28 °C
沸点	170.2 °C
水溶解度	0.002 g/100 mL
蒸気圧	2.7 Pa (25 °C)
log P _{ow}	4.21
比重	1.08
急性毒性	経口：LD ₅₀ ：2450 mg/kg(ラット) 皮膚：LD ₅₀ ：>7940 mg/kg(ウサギ)

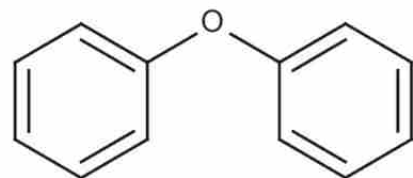


図2 ジフェニルエーテルの構造

2 調査地点及び調査時期

1) 4,4'-ジアミノジフェニルエーテル

調査地点は、大和川水系の環境基準点（図3の地点番号1～16）、下水処理施設の上流及び下流で実施した。また、下水処理施設への流入水及び放流水についても調査した。調査時期は、冬期（令和7年2月）とした。

2) ジフェニルエーテル

調査地点は、大和川水系及び紀の川水系の環境基準点（図3の地点番号1～19）、下水処理施設の上流及び下流で実施した。また、下水処理施設への流入水及び放流水についても調査した。調査時期は、夏期（令和6年8月）及び冬期（令和7年2月）とした。

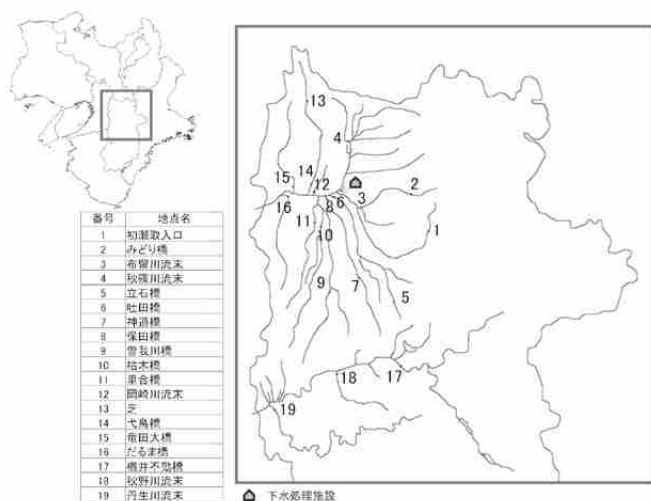


図3 調査地点

3 試薬

1) 4,4'-ジアミノジフェニルエーテル

4,4'-ジアミノジフェニルエーテルは富士フイルム和光純薬（株）製（純度>99%）を、4,4'-ジアミノジフェニルエーテル-d12はCDN Isotopes製（純度>98%）を用いた。メタノールはLC-MS用、硝酸アンモニウムは高速液体クロマトグラフ用を使用した（以上、富士フイルム和光純薬（株）製）。精製水はMerck Millipore製純水製造装置により精製された水（以下、Milli-Q水）を用いた。固相カートリッジはWaters製Sep-Pak plus C18（360mg）を使用した。

2) ジフェニルエーテル

ジフェニルエーテル（特級）、ジフェニル-d10（環境分析用）及びポリエチレングリコール200は関東化学（株）製を、ジフェニルエーテル-d10はCDN Isotopes製（純度>98%）

を用いた。アセトン（残留農薬、PCB試験用）は富士フイルム和光純薬（株）製を、精製水はMilli-Q水を用いた。固相カートリッジはWaters製Sep-Pak plus PS-2 short（265mg）を使用した。

4 分析方法及び分析条件

1) 4,4'-ジアミノジフェニルエーテル

分析は、「平成19年度化学物質分析法開発調査報告書（以下、HI9白本）」³⁾に基づくこととしたが、当センターで実施したところ、標準液の分析においてピーク形状の著しいリーディングが認められた。装置注入量を5μLに変更し、最終検液をメタノール：水=50：50となるよう調製したところ、ピーク形状が改善したため、ピーク形状を改善した上でHI9白本の装置検出下限値（以下、IDL）及び定量下限値（以下、MQL）を満たすよう以下のとおり分析法を変更し実施した。

あらかじめメタノール10mL、精製水10mLでコンディショニングした固相カートリッジに、1μg/mLのサロゲート物質を100μL添加した水試料200mLを流速10mL/minで通水した。通水後、精製水5mLで固相カートリッジを洗浄した後、シリンジで約10mLの空気を送り間隙水を除去した。次いでメタノール5mLで溶出後、超純水で10mLに定容し、試料液とした。LCMS-SIMによる測定条件は表3に示す。

表3 分析条件

LC system	Aquity UPLC system (Waters)
カラム	Waters 社製Atlantis T3 2.1 × 150 mm, 5 μm
移動相	A: メタノール B: 10 mM 硝酸アンモニウム
グラジエント条件	0 → 10 min A: 10 → 95, B: 90 → 5 linear gradient 10 → 20 min A: B = 95: 5 20 → 30 min A: B = 10: 90
流量	0.2 mL/min
カラム温度	40 °C
注入量	5.0 μL
MS/MS system	Xevo TQ MS (Waters)
イオン化法	ESI-Positive
ESIキャピラリー電圧	3.5 kV
イオン源温度	120 °C
脱溶媒温度	350 °C
脱溶媒ガス流量	窒素ガス, 650 L/h
モニターイオン	4,4'-ジアミノジフェニルエーテル, 201 (M+H) ⁺ 4,4'-ジアミノジフェニルエーテル-d12, 209 (M+H) ⁺

2) ジフェニルエーテル

分析は、「令和3年度化学物質分析法開発調査報告書（以下、R3白本）」⁴⁾に基づくこととしたが、当センターで実施したところ、操作ブランク試験でブランクが検出された。汚染源及び低減方法について検討した結果、窒素通気

による乾燥時に固相カートリッジを2個連結することでブランクが低減された。GCMS-SIMの分析条件を表4に示す。

表4 分析条件

GC system : Thermo製 Trace1310	
カラム	Agilent製 DB-5MS 30m×0.25mm×0.25µm
気化室温度	250 °C
注入モード	スプリットレス (0.75 min後パージ)
注入量	1.0 µL
オープン温度	50 °C (2min Hold) 20 °C/min - 210 °C 30 °C/min - 320 °C (3min Hold)
キャリアーガス	He, 1 mL/min (定流量)
MS system : Thermo製 TSQ9000	
MSトランスファーライン温度	280 °C
イオン源温度	230 °C
イオン化エネルギー	70 eV
イオン化モード	EI
検出モード	SIM法
モニターイオン(m/z)	ジフェニルエーテル 170 (定量用), 141 (確認用) ジフェニルエーテル-d10 180 (定量用), 150 (確認用) ジフェニル-d10 164 (定量用)

5. 分析方法の検証

上記分析方法の検証のため、「化学物質環境実態調査実施の手引き（令和2年度版）」⁵⁾に基づきIDL, MQL及び添加回収率等を算出した。

結果と考察

1. 分析方法の検証

1) 4,4'-ジアミノジフェニルエーテル

検量線に用いる最低濃度の標準液 (0.5 ng/mL) を繰り返し7回測定してIDLを求めた結果、IDL: 0.05 ng/mL (IDL試料換算値: 2.5 ng/L), 変動係数 (以下, CV) : 2.9%であった。また、0.5~10 ng/mLの範囲で検量線を作成したところ、相関係数0.999以上と良好な直線性を示した。

環境試料を用いた添加回収試験を n=7 で実施し MQL を算出した結果、MQL: 5.4 ng/L, CV: 2.1%, 回収率: 100~105% (平均 103%), サロゲート内標準の回収率: 70~78% (平均 74%) であった。上記結果は、添加回収率: 70~120%以内、サロゲート内標準の回収率: 50~120%以内、CV: 20%以内を満たしており、IDL及びMQLのいずれもH19白本の値より低い値であった。以上の結果から、本法は環境実態調査に適用可能な精度を有する分析法であり、環境試料中の5.4 ng/Lレベルの4,4'-ジアミノジフェニルエーテルを定量可能と判断された。

2) ジフェニルエーテル

検量線に用いる最低濃度の標準液 (0.10 ng/mL) を繰り返し測定してIDLを求めた結果、IDL: 0.04 ng/mL (IDL試料換算値: 0.80 ng/L), CV: 16.3%であった。また、

0.10~10 ng/mLの範囲で検量線を作成したところ、相関係数0.999以上と良好な直線性を示した。

環境試料を用いた添加回収試験の結果は、回収率: 87~119% (平均 101%), サロゲート内標準の回収率 66~84% (平均 77%) であった。また、操作ブランクから計算した標準偏差と環境試料を用いた添加回収試験から算出した標準偏差を比較し、値の大きかった操作ブランク試験の値を用いてMQLを算出した結果、MQL: 5.6 ng/L, CV: 19.2%であった。上記結果は、添加回収率: 70~120%以内、サロゲート内標準の回収率: 50~120%以内、CV: 20%以内を満たしており、IDL及びMQLのいずれもR3白本の値より低い値であった。以上の結果から、本法は環境実態調査に適用可能な精度を有する分析法であり、環境試料中の5.6 ng/Lレベルのジフェニルエーテルを定量可能と判断された。

2 環境実態調査

1) 4,4'-ジアミノジフェニルエーテル

4,4'-ジアミノジフェニルエーテルの冬期河川実態調査を行った結果、全ての測定地点においてMQL: 5.4 ng/L未満であった。また、下水処理施設への流入水及び放流水においても同様に実態調査を行ったが、流入水と放流水のいずれもMQL未満であった。H19白本において、福岡県内の環境試料を測定しており、河川水及び海水のいずれも4,4'-ジアミノジフェニルエーテルを検出できなかったことが報告されている。また、平成20年度化学物質環境実態調査の初期環境調査⁶⁾においても奈良県を含む8県1市において調査が行われたが、全ての測定地点で4,4'-ジアミノジフェニルエーテルを検出できなかった。以上のことから、本調査結果においても過去の全国的な傾向と同様の結果であることが示された。

2) ジフェニルエーテル

大和川水系の地点番号10において、冬期に9.0 ng/L検出された。それ以外の環境基準点と下水処理施設の上流及び下流については、いずれの時期もMQL: 5.6 ng/L未満であった。R3白本において、川崎市内の環境試料を測定しており、最大10 ng/L検出されたことが報告されている。また、下水処理施設への流入水については、夏期に66 ng/L、冬期に115 ng/L検出されたが、放流水についてはいずれの時期もMQL: 5.6 ng/L未満であった。

環境省が平成16年に行ったジフェニルエーテルの生体影響試験結果を表5に示す。今回環境基準点1地点で検出された濃度は上記結果と比較し低く、水生生物への

影響はないと考えられる。

表5 生体影響試験結果⁷⁾

物質名	藻類 (Pseudokischnickia subcapitata)				ミジンコ (Daphnia magna)	魚類 (Oryzias latipes)
	速度法		面積法		急性遊泳障害	急性毒性
	72h-EC50	72h-NOEC	72h-EC50	72h-NOEC	48h-EC50	96h-LC50
ジフェニルエーテル	0.58 mg/l	0.32 mg/l	0.41 mg/l	0.25 mg/l	2.0 mg/L	1.8 mg/L

まとめ

県内河川における 4,4'-ジアミノジフェニルエーテル及びジフェニルエーテルの環境実態調査を実施した。

4,4'-ジアミノジフェニルエーテルの冬期河川実態調査及び下水処理施設への流入水及び放流水調査の結果は、全ての測定地点でMQL：54 ng/L未満であり、過去の全国調査結果と同様の結果であった。

ジフェニルエーテルは、冬期に環境基準点1地点で検出されたが、その濃度は生体影響試験結果と比較し低く、水生生物への影響はないと考えられる。

参考文献

- 1) 環境省環境保健部環境安全課：令和5年度版 化学物質と環境 (2024)
- 2) 環境省総合環境政策局環境保健部環境安全課：化学物質と環境 平成19年度化学物質分析法開発調査報告書, 901-902, 1282-1300 (2008)
- 3) 環境省大臣官房環境保健部環境安全課：化学物質と環境 平成19年度化学物質分析法開発調査報告書, 1282-1300 (2008)
- 4) 環境省大臣官房環境保健部環境安全課：化学物質と環境 令和3年度化学物質分析法開発調査報告書, 132-153 (2023)
- 5) 環境省大臣官房環境保健部環境安全課：化学物質環境実態調査実施の手引き (令和2年度版) (2021)
- 6) 環境省大臣官房環境保健部環境安全課：平成21年度版 化学物質と環境 (2010)
- 7) 環境省大臣官房環境保健部環境リスク評価室・化学物質審査室：生態影響試験 (藻類、甲殻類、魚類) 結果一覧 (令和7年3月版)

AIQS-GCを用いた奈良県内公共水域の平常時スクリーニング分析について

平山可奈子・北岡洋平・辻本真弓・岡本雄二・平井佐紀子・井上ゆみ子

Screening Analyses of Normal Public Waters in Nara Prefecture Using AIQS-GC

HIRAYAMA Kanako・KITAOKA Yohei・OKAMOTO Yuji・TSUJIMOTO Mayumi・HIRAI Sakiko and
INOUE Yumiko

緒言

現在、科学技術の進歩により快適な生活を送ることが可能となっているが、同時に社会で使用される化学物質の種類は急速に増加している。また、近年わが国では自然災害や事故が頻発しており、それに伴う化学物質の環境流出が懸念されている。

しかしながら、多くの事例において、魚類の斃死などの通報から原因物質の特定に至るまでに時間を要している。その要因としては、物質の定性・定量分析に標準物質を用いる必要があることが挙げられ、これにより多大な時間とコスト、高度な専門知識・技術が求められる。現状を踏まえ、原因物質を迅速かつ正確に測定可能な分析法の開発・活用が強く求められている。このような課題に対する解決策の一つとして、自動同定定量システム（AIQS: Automated Identification and Quantification System）を用いたスクリーニング分析が注目されている。本法は、装置性能を規定された評価基準を満たすように設定した²⁾状態で試料を測定することで、データベースに登録されている化学物質情報（保持時間やマススペクトル等）を活用して、標準物質を使用せずに農薬類や医薬・化粧品類など約1,000物質の同定・定量が可能である。実際に、東日本大震災による流出物質の特定のために AIQS を活用した事例も報告されており³⁾、その有用性が認識されつつある。

奈良県では、河川における化学物質の流出等による「異常水質」が毎年約50件発生し、迅速な原因究明が求められているところである。これまで我々は、多成分一斉分析手法の構築⁴⁾⁵⁾や令和5年度に AIQS を導入⁶⁾するなど、異常水質の原因物質の特定に努めてきた。より正確に事例の異常性を認識するためには、平常時の河川状態を把握することが不可欠であり、季節ごとの変動を考慮して定期的な分析・測定が必要である。

そこで本研究では、緊急時の比較対象となる平常時の環境中化学物質濃度を把握するために、AIQS を用

いた GC-MS/MS による分析（以下、AIQS-GC）を活用して令和6年度に採水した奈良県内主要河川のスクリーニング分析を行ったので報告する。

方法

1. 調査地点・時期

調査地点は、県内大和川水系の環境基準点 16 地点（図1）と、県内紀の川水系の環境基準点 3 地点（図2）とした。採水期間は、大和川水系において 2024 年 4 月、7 月、10 月、2025 年 1 月の計 4 回、紀の川水系において 2024 年 4 月から 2025 年 1 月までの月 1 回、計 10 回実施した。

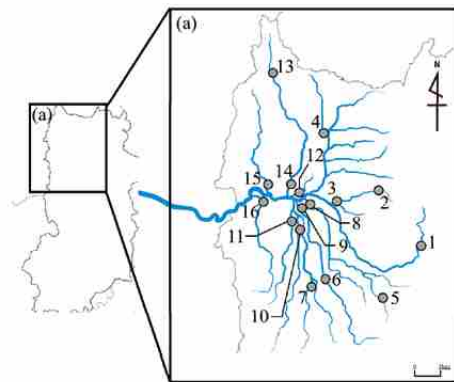


図1 大和川水系採水地点（16地点）

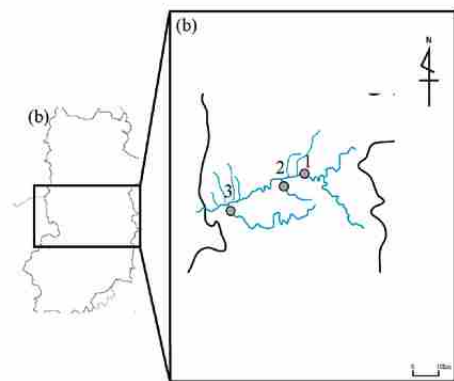


図2 紀の川水系採水地点（3地点）

2. 測定対象物質

対象物質は、AIQS のデータベースに登録されている農薬類、医薬・化粧品類等約 1,000 物質とした。

3. 試薬

ジクロロメタン、アセトン、ヘキサンおよび無水硫酸ナトリウムは残留農薬・PCB 試験用（以上、富士フィルム和光純薬(株)製）とした。また、内部標準液は AIQS/NAGINATA 内部標準 Mix（4クロロトルエン-d4, 1,4-ジクロロベンゼン-d4, ナフタレン-d8, アセナフテン-d10, フェナントレン-d10, フルオランテン-d10, クリセン-d12, ペリレン-d12 各 10 µg/mL），装置性能試験用試薬は AIQS/NAGINATA クライテリアサンプル Mix III（以上、林純薬工業(株)製）とした。超純水はメルク(株)製 Milli-Q Reference で作成した。

4. 装置、器具

固相抽出カラムは、Waters(株)製 Sep-Pak PS2 Plus Short Cartridge（300 mg, 以下 PS-2）、Sep-Pak AC2 Plus Short Cartridge（400 mg, 以下 AC-2）を用いた。カラムコンディショニングとして、PS-2はジクロロメタン 10 mL、アセトン 10 mL、超純水 10 mL の順に、AC-2 はアセトン 10 mL、超純水 10 mL を用いた。

GC-MS/MS は、Thermo Fisher Scientific 製 Trace 1310 及び TSQ 9000 を使用した。

5. 前処理

前処理は、環境省のマニュアルを参考に図 3 のとおり行った。水質試料 500 mL を、あらかじめカラムコンディショニングした PS-2 を上段、AC-2 を下段として連結し、ローラーポンプを用いて約 15 mL/min の流速で通水した。通水後、連結した固相カートリッジを精製水 20 mL で洗浄した。次に、固相抽出カラムを分離し、それぞれを窒素通気により約 40 分間乾燥させた。乾燥後、PS-2 はアセトン 2 mL およびジクロロメタン 3 mL で、AC-2 はアセトン 3 mL でそれぞれ溶出を行い、両溶出液を 10 mL のガラス製試験管に合わせた。得られた溶出液は窒素気流下で約 1 mL まで濃縮し、ヘキサン 5 mL を添加し、無水硫酸ナトリウムを少量加えて脱水した。さらに窒素気流下で 0.4 mL まで濃縮し、10 µg/mL の内部標準液 50 µL を添加後、全量が 0.5 mL となるようにヘキサンで調整し、1.5 mL バイアルに移して試験液とした。

6. 装置性能試験

AIQS-GC は、装置性能を規定された評価基準を満たすように最適化する必要がある。GC-MS/MS の条件を表 1 として、装置性能試験用試薬を測定し、表 2 に示す項目の基準値以内であることを確認した。

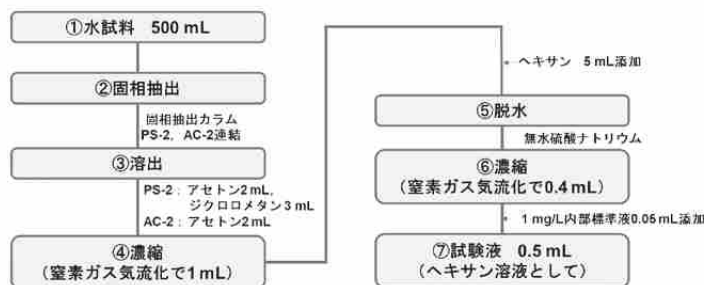


図 3 前処理フローチャート

表 1 GC-MS/MS 条件

項目	測定条件
GC-MS/MS装置	キャピラリーGC-四重極型 MS GC : Thermo TRANCEI310 MSMS : Thermo TSQ9000
カラム	DB-5ms(Agilent 製), 30m, 0.25mm, 0.25µm
カラム温度	40°C (2min) - 8°C/min - 310°C (5min)
注入口温度	250°C
注入量	1 µL
トランスファーライン温度	300°C
イオン源温度	200°C
注入法	スプリットレス(パージョブ時間:1min)
キャリアーガス	ヘリウム
線速度	40cm/s, 定線速度モード
イオン化法	電子イオン化(EI)法
チューニング法	DFTPPチューン
スキャン範囲	33amu~600amu
スキャン速度	0.2/sスキャン

表 2 装置性能試験の評価項目

注入口の評価	評価基準
イソキサチオン カブタホル	定量値が 0.7µg/mL 以上であること
注入口側のカラム状態の評価	
24ジクロロアニリン シマジン	定量値が 0.7µg/mL 以上であること
ベンタクロロフェノール 24ジニトロアニリン	定量値が 0.5µg/mL 以上であること テーリング値が 3.0 以下であること
MS側のカラム状態の評価	
フェニトロチオン	定量値が 0.7µg/mL 以上であること
イオン源	
その他の評価	
26ジメチルアニリン 26ジクロロフェノール ベンゾチアゾール フタル酸ジエチル リン酸トリブチル フタル酸ブチルベンジル	定量値が 0.7µg/mL 以上 1.3µg/mL 以下であること
保持時間の評価	
クロルピリホスメチル	RIの値が予想値の±10以内であること
内標準物質	
4クロロトルエン-d4 1,4-ジクロロベンゼン-d4 ナフタレン-d8 アセナフテン-d10 フェナントレン-d10 フルオランテン-d10 クリセン-d12	一定の強度で検出されること

7. 解析

データ解析は西川計測(株)製 AXEL for NAGINATA Version 1.2.8 (以下 NAGINATA) を使用した。NAGINATA を用いた自動判定は、その信頼度を保持指標やイオン強度比等から 5 段階で評価している。本調査では信頼度が最も高いと判定された化合物のうち、本手法の定量下限値: 0.01 µg/L を超えてデータベースで定量されたものを抽出することにした。

結果と考察

1. 水系別の総検出物質数

水系別の物質検出数を表 3 に示す。詳細は別表を参照されたい。なお AIQS を用いて得た定量値は、およその濃度値を把握するための半定量値であることに留意が必要である。

全期間における検出物質数は、大和川水系で 115 物質、紀の川水系で 61 物質であった。検出物質を項目別にみると、大和川水系は紀の川水系と比較して農薬類の検出数が 5.6 倍、医薬・化粧品類の検出数が約 2.5 倍であった。要因として、県内の人口と製造業の事業所数(従業員 4 人以上)は大和川流域に県全体の約 9 割が集まっている⁷⁾ことから、人口や土地利用の違いが化学物質の検出数に影響を与えたと考えられた。

多地点から検出された物質は、フタル酸ジエチルヘキシル、リン酸トリス(1-クロロ-2-プロピル)(可塑剤・難燃剤)、ジエチルトルアミド(農薬)、カフェイン、フェノキシエタノール(医薬・化粧品)、コレステロール(ステロール類)であった。フタル酸ジエチルヘキシルは塩化ビニル製品に含まれる可塑剤、リン酸トリス(1-クロロ-2-プロピル)はプラスチック製品の難燃剤、ジエチルトルアミドは昆虫忌避剤、カフェインはコーヒーなどの飲料に含まれる物質、フェノキシエタノールは医薬・化粧品に含まれる防腐剤、コレステロールは動物由来の主要なステロールである。これらの物質は一般的に広く使用されており、採水時期に関係なく検出した。

表 3 水系別検出物質数

項目	検出数	
	大和川水系	紀の川水系
アルカン類	25	25
可塑剤・難燃剤	14	11
農薬類	28	5
医薬・化粧品類	27	11
染料・顔料	5	1
ステロール類	2	2
合成原料	4	2
その他	10	4
合計	115	61

2. 各水系の検出物質数

水系ごとの地点別検出数を把握するため、全調査期間における各調査地点について、大和川水系は図 4～図 7 に、紀の川水系は図 8～図 9 に示す。

大和川水系において、検出物質数が最も多かった地点は、採水時期によって異なり、地点 10 (4 月)、地点 11 (7 月)、地点 8 (10 月)、地点 3 (1 月) であった。これらの地点は、大和川本川に接続する支川の下流域に位置しており、上流から工場排水や生活排水が未処理のまま流入している可能性が示唆された。

紀の川水系において、検出物質数が最大となった回数は、地点③(採水 10 回中 5 回)、地点②(同 4 回)、地点①の順であった。この違いは、河川が属する水質類型に起因している可能性がある。地点①は AA 類型、地点②は B 類型、地点③は A 類型であり、類型ごとに求められる水質の基準が異なることから、検出される化学物質の種類や数にも差が生じると考えられる。

検出物質の項目に着目すると、両水系とも医薬・化粧品類の検出数は冬季に最も多く見られた。その要因として、降水量が考えられた。奈良県では冬季に降水量が少なく、河川流量が減少する傾向がみられる。実際、令和 6 年における奈良県の降水量⁸⁾を見ると、冬季(令和 5 年 12 月～令和 6 年 2 月の平均値)は 48 mm であったのに対し、春季(3～5 月の平均値) 174 mm、夏季(6～8 月の平均値) 241 mm、秋季(9～11 月の平均値) 106 mm であった。このような降水量の違いから、冬季には河川に流出した医薬・化粧品類が他の季節と比べて河川水に希釈されにくく、結果、検出下限値である 0.01 µg/L を超えて検出される物質数が増加したと推察した。

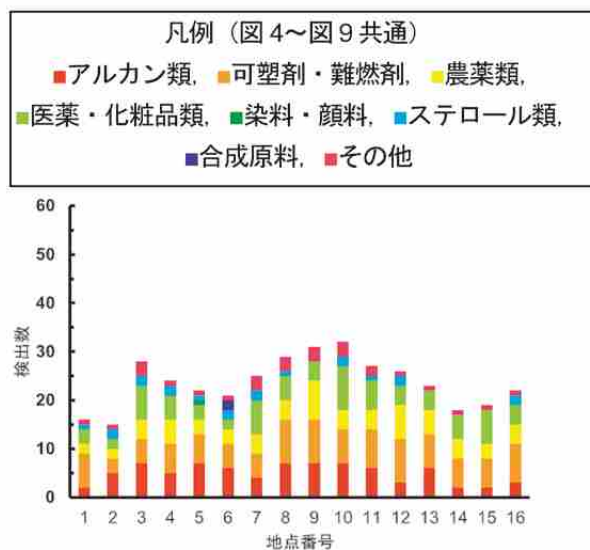


図 4 4 月採水時の検出物質数 (大和川)

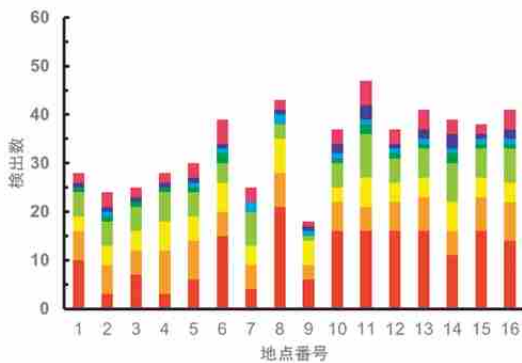


図5 7月採水時の検出物質数（大和川）

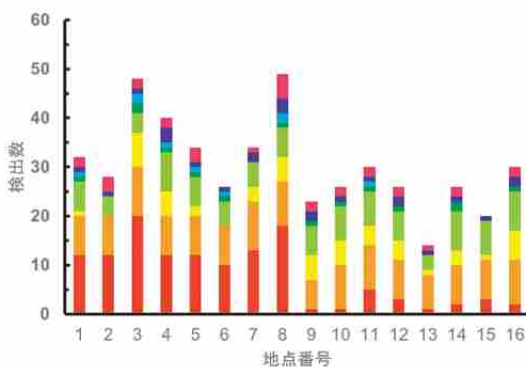


図6 10月採水時の検出物質数（大和川）

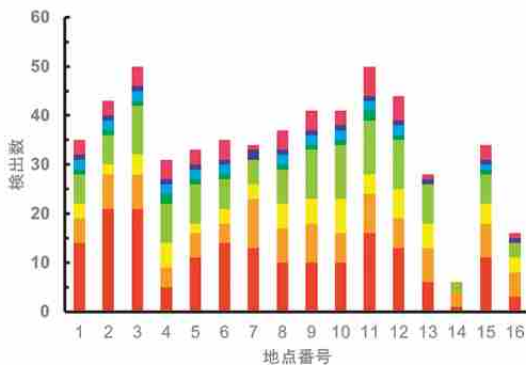


図7 1月採水時の検出物質数（大和川）

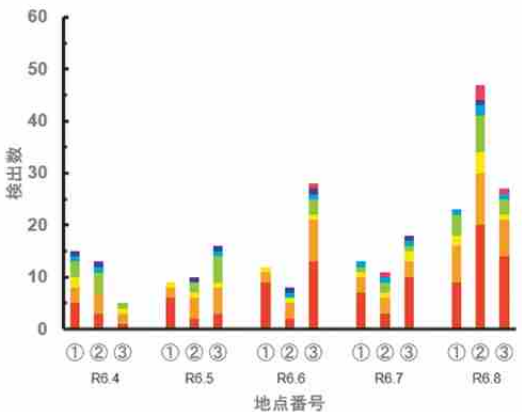


図8 4～8月採水時の検出物質数（紀の川）

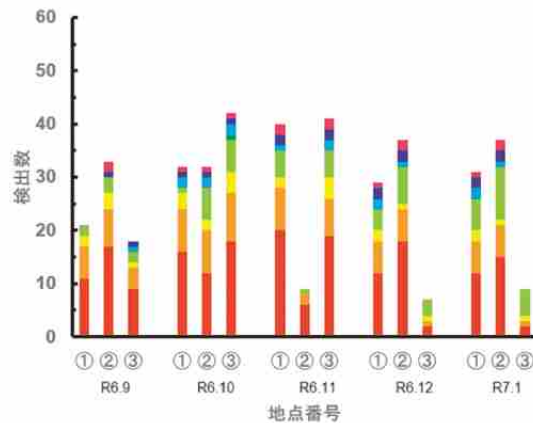


図9 R6.9～R7.1月採水時の検出物質数（紀の川）

3. 指針値との比較

AIQS のデータベースに登録されている化学物質のうち、環境基本法で指針値が設けられている物質が 6 物質検出された（表 4）。いずれの物質も、指針値⁹⁾と AIQS の定量値を比較すると十分に低い濃度であった。要監視項目であるフェニトロチオン、イソプロチオラン、ダイアジノン、フタル酸ジエチルヘキシルの 4 物質は、公共用水域の常時監視業務で公定法によって測定している。公定法で測定した濃度も指針値未満であり、AIQS の濃度と整合性が見られた。

表 4 指針値が設定されている物質の検出状況

化学物質名	測定結果【 $\mu\text{g/L}$ 】		指針値【 $\mu\text{g/L}$ 】
	大和川水系	紀の川水系	
フェニトロチオン	ND～0.13	ND	3
イソプロチオラン	ND～0.53	ND	40
ダイアジノン	ND～0.19	ND	5
フタル酸ジエチルヘキシル	ND～16	ND～78	60
アニリン	ND～0.09	ND	20
フェノール	ND～0.02	ND	10

4. 採水時期による検出物質濃度の変動

採水時期による検出物質濃度の変動を確認するため、多地点で検出された物質を精査した。

大和川水系においては、農薬類の一種であるプロマシル（除草剤）が 16 地点中 13 地点と多く検出された。表 5 のとおり、10 および 1 月では ND～0.17 $\mu\text{g/L}$ であるのに対し、4 および 7 月では ND～0.64 $\mu\text{g/L}$ と高濃度であった。除草剤は、通常 4 月下旬から 6 月下旬にかけて最も多用されることを踏まえると、今回の結果も使用時期と連動していた。他にも検出頻度の高い農薬類として、プロモブチド（除草剤）、ホスチアゼート（殺線虫剤）があり、これらも同様の傾向を示していた。これは、夏季に農薬類の使用量が多いことが原因であると考えられた。

表5 大和川プロマシル検出濃度

検出濃度 [μg/L]				検出濃度 [μg/L]				
4月	7月	10月	1月	4月	7月	10月	1月	
1	-	-	-	9	0.21	0.35	-	0.06
2	-	-	-	10	0.15	0.26	-	0.03
3	0.11	0.04	-	11	0.17	0.64	0.03	0.05
4	0.52	0.51	0.17	12	0.24	0.36	0.03	0.18
5	-	-	-	13	0.16	0.14	-	0.05
6	0.05	0.03	-	14	0.12	0.23	-	-
7	0.09	0.05	-	15	0.09	0.19	0.02	0.02
8	0.12	-	-	16	0.25	0.22	0.02	-

一方、カフェイン（医薬・化粧品等）については、両水系ともに1月に高濃度となっていた（図11、図12）。これは、カフェインが冬季に上昇するという他機関の報告¹⁰とも一致していた。また、1.水系別の総検出物質数の考察で述べたとおり、本県は冬季に降水量が低下し、河川流量も低下することから高濃度で検出したと考えられる。

以上より、時期によって検出される物質やその濃度が大きく変動していた。よって、平時の化学物質の濃度レベルを把握するためにも、季節変動を確認することは有用である。

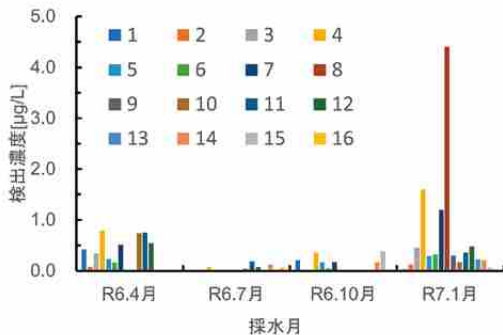


図10 大和川水系カフェイン検出濃度
凡例は地点番号を示す

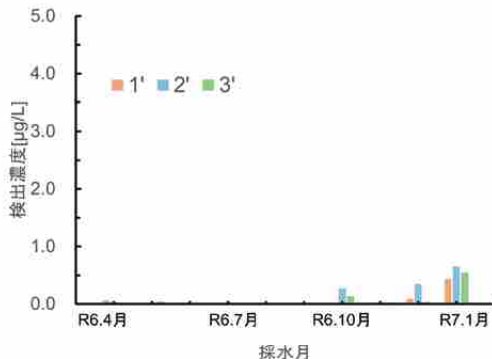


図11 紀の川水系カフェイン検出濃度
凡例は地点番号を示す

まとめ

緊急時の比較対象となる平常時の環境中化学物質濃度を把握するために、AIQS-GCを用いて、大和川水系と紀の川水系の環境基準点を対象にスクリーニング分析を実施した。

その結果、大和川水系から115種、紀の川水系から61種の化学物質が検出した。水系によって検出される物質の種類は大きく異なっており、化学物質の検出状況はサンプリング地点周辺の人口や土地利用に影響を受けると考えられた。

また、大和川水系における農薬類は冬季と比べて夏季の方が高濃度であった。この農薬類の濃度差は使用量の違いによるものと考えられた。一方、カフェインは夏季と比べて、冬季の方が高濃度となった。このように時期によって検出される物質やその濃度が大きく変動していた。平常時の化学物質の濃度レベルを把握するためには、季節変動を確認することは有用であるといえる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、ご指導とご助言をいただきました国立環境研究所中島大介先生及び中山崇先生に厚く御礼申し上げます。また本調査は、令和4年度から令和6年度にかけて実施している国立環境研究所II型共同研究「災害時等における化学物質の網羅的簡易迅速測定法を活用した緊急調査プロトコルの開発」の援助を受けて行われたことを付記し、謝意を表します。

参考文献

- 1) 内閣府：過去5年間の激甚災害の指定状況一覧、<https://www.bousai.go.jp/taisaku/gekijinbukko/list.html> (2025.4.8閲覧)
- 2) 環境省水・大気環境局水環境課：AIQS-GCによるスクリーニング分析法暫定マニュアル（令和5年3月）
- 3) 中島大介，鈴木剛，中山祥嗣，他：環境化学，29（2），129-137（2019）
- 4) 浦西洋輔，浦西克維，山下浩一：奈良県景観・環境総合センター研究報告，6，15-20（2018）
- 5) 浦西洋輔，浦西克維，川辺千明，他：奈良県景観環境総合センター研究報告，7，17-25（2019）
- 6) 浦西洋輔，高林泰斗，北岡洋平，他：全国環境研会誌，49(2)，（2024）
- 7) 奈良県総務部知事公室統計分析課：令和3年経済センサス活動調査（製造業に関する集計）確報，6-20
- 8) 気象庁：観測開始からの毎月の値，

9) 環境省: 水質汚濁に係る環境基準 要監視項目及び
指針値(人の健康の保護に係る項目)(平成5年3
月)

別表 両水系の検出物質数および検出濃度

分類	物質名	採水時期							
		春季 (3-5月)		夏季 (6-8月)		秋季 (9-11月)		冬季 (12-2月)	
		R6.4月 (大和川) 検出濃度 [µg/L]	R6.4月-R6.5月 (紀の川) 検出濃度 [µg/L]	R6.7月 (大和川) 検出濃度 [µg/L]	R6.6月-R6.8月 (紀の川) 検出濃度 [µg/L]	R6.10月 (大和川) 検出濃度 [µg/L]	R6.9-R6.11月 (紀の川) 検出濃度 [µg/L]	R7.1月 (大和川) 検出濃度 [µg/L]	R6.11-R7.1月 (紀の川) 検出濃度 [µg/L]
アルカン類 【25種】	デカン	-	0.01~0.10(136)	0.25~2.6 (716)	0.02~0.22(29)	0.04 (116)	0.91~1.6(39)	0.73~15 (316)	0.15~1.7(66)
	ウンデカン	-	-	0.01~0.03 (1116)	0.03(19)	0.02~0.04 (616)	0.03(49)	0.01~0.14 (616)	0.02~0.03(46)
	ドデカン	2.8~16 (1016)	-	0.98~7.3 (1016)	-	1.8~10 (816)	0.40~6.0(59)	0.62~4.6 (316)	0.55~5.7(66)
	トリデカン	-	-	0.01~0.03(416)	0.02~0.00(29)	0.02 (216)	-	0.02~0.06 (416)	0.03(26)
	テトラデカン	0.04~2.6 (1516)	0.06~0.14(46)	0.34~1.1 (416)	1.0(19)	0.21~0.53 (816)	0.45~0.50(39)	0.04~0.51 (716)	0.43~0.63(46)
	ペンタデカン	-	0.04(16)	0.02~0.35 (1016)	0.05~0.30(23)	0.05~0.47 (616)	0.02~0.18(29)	0.02 (916)	0.02(26)
	ヘキサデカン	-	0.11(26)	0.03~0.57 (1216)	0.02~0.32(59)	0.13~0.30 (816)	0.03~0.19(19)	0.04~0.50 (516)	0.14~0.21(46)
	ヘプタデカン	0.25~2.2 (1216)	0.38(16)	0.05~0.06 (816)	0.04~1.5(79)	0.05~0.94 (816)	-	0.13~0.20(29)	0.02~1.2 (816)
	オクタデカン	-	0.16(16)	0.02~0.40 (1316)	0.20~0.23(69)	0.08~0.30 (816)	0.02~0.12(39)	0.01~0.40 (516)	0.06~0.11(46)
	ノナデカン	0.12~0.97 (1216)	0.11(16)	0.06~0.16 (316)	0.37(19)	0.04~0.41 (616)	0.01~0.33(39)	0.01~0.19 (816)	0.03(26)
	エイコサン	-	0.07(16)	0.04~0.13 (1216)	0.03~0.25(89)	0.04~0.13 (816)	0.01~0.23(39)	0.02~0.24 (716)	0.01~0.03(46)
	ヘンエイコサン	0.05~0.42 (1316)	0.02(16)	0.02~0.10 (1316)	0.02~0.19(89)	0.01~0.09 (1016)	0.03~0.14(19)	0.01~0.17 (1116)	-
	ドコサン	0.07~0.23 (1116)	0.06(16)	0.01~0.20 (1516)	0.01~0.12(49)	0.04~0.12 (816)	0.01~0.11(19)	0.01~0.23 (1116)	0.02~0.03(26)
	トリコサン	0.07~0.45 (1016)	0.07(16)	0.07~0.26 (316)	0.01~0.20(59)	0.14~0.15 (316)	-	0.01~0.45 (216)	-
	テトラコサン	-	-	0.01~0.34 (1416)	0.03~0.46(39)	0.01~0.15 (916)	0.02~0.43(49)	0.02~0.17 (1316)	0.01~0.02(46)
	ペンタコサン	-	0.04(16)	0.01~0.85 (516)	0.03~0.97(49)	0.02~0.29 (516)	0.01~0.81(69)	0.02~0.23 (1116)	-
	ヘキサコサン	-	0.09(16)	0.03~0.82 (1016)	0.03~1.1(59)	0.01~0.34 (916)	0.00~1.1(59)	0.04~0.37 (1516)	0.03~0.06(46)
	ヘプタコサン	-	-	0.02~0.72 (516)	0.27~0.90(29)	0.28~0.30 (216)	0.01~0.81(59)	0.01~0.18 (1116)	0.04(26)
	オクタコサン	-	0.08(16)	0.04~0.68 (516)	0.12~1.0(39)	0.14~0.38 (316)	0.01~1.0(69)	0.01~0.14 (316)	0.12(26)
	ノナコサン	-	-	0.02~0.67 (216)	0.41~0.92(29)	0.26~0.32 (216)	0.03~0.90(39)	0.01~0.36 (1316)	0.07~0.07(26)
	トリアコンタン	0.14 (116)	-	0.04~0.61 (316)	0.10~0.94(39)	0.33~0.38 (316)	0.16~0.97(89)	0.04~0.37 (1116)	0.04~0.11(46)
	ヘントリアコンタン	-	-	0.07 (116)	0.15~1.1(39)	0.61~0.70 (216)	0.20~1.3(49)	0.53~0.98 (216)	0.37(26)
	ドトリアコンタン	0.07~0.25 (516)	-	0.30~0.69 (416)	0.89(19)	0.45~0.50 (216)	0.02~0.83(39)	0.19~0.84 (816)	0.06(26)
	トリアコンタン	-	-	-	0.64(19)	-	0.54(18)	0.43 (116)	-
	h-ノナン	-	-	0.05 (116)	-	-	0.02~0.04(19)	0.02 (116)	-
可溶性・難溶性 【14種】	フタル酸ジエチル	0.08~0.38 (1316)	0.02(36)	0.12~0.49 (1616)	0.02~0.07(39)	0.06~0.29 (1616)	0.02~0.20(39)	0.11~0.23 (1516)	0.01~0.14(66)
	フタル酸ジブチル	0.02~0.15 (1516)	0.02(16)	0.04~0.14 (1616)	0.02~0.05(69)	0.02~0.10 (1616)	0.03~0.07(69)	0.03~0.13 (1516)	0.03(46)
	フタル酸ジシロキシル	0.54~3.3 (616)	-	0.12~5.3 (316)	2.0~7.1(39)	0.07~1.6 (1616)	0.72~8.9(39)	0.01~1.4 (1316)	0.09~2.8(46)
	フタル酸ジブチル	0.29~1.3 (1516)	-	0.48~1.5 (1316)	0.02~0.48(59)	0.35~2.0 (1616)	0.15~1.2(59)	0.10~1.8 (1616)	0.08~0.11(46)
	フタル酸ジシロキシル	0.38~7.4 (416)	0.18~0.57(46)	0.12~0.19 (1116)	0.07~8.6(69)	0.02~21 (1616)	0.50~9.9(69)	0.05~0.82 (716)	0.037(16)
	フタル酸ジブチルベンジル	0.08 (116)	-	-	0.19(19)	0.06 (116)	0.33(19)	-	-
	2-エチル-1-ヘキサノール	-	-	-	-	-	-	-	-
	リン酸トリス (1-タクロロ-2-プロピル) 1	0.28~1.0 (1616)	0.02~0.21(66)	0.05~0.44 (716)	0.05~0.81(89)	0.06~0.63 (1516)	0.06~0.43(89)	0.04~0.29 (616)	-
	リン酸トリス (1-タクロロ-2-プロピル) 2	0.14~1.2 (1616)	0.03~0.44(46)	0.23~0.95 (216)	0.14~1.0(49)	0.22~0.63 (1416)	0.07~0.71(49)	0.09~0.68 (316)	-
	アジピン酸ジ (2-エチルヘキシル)	0.02~0.31 (816)	0.01(26)	0.06 (116)	0.05~0.83(39)	0.02~0.72 (416)	0.01~0.12(79)	0.02~0.04 (416)	0.048(16)
	フタル酸ジイソブチル (DIBP)	0.06~0.31 (516)	-	0.05~0.13 (1516)	0.02~0.04(79)	0.03~0.12 (1616)	-	0.04~0.20 (1516)	0.01~0.03(46)
	リン酸トリス (2-タクロロエチル)	0.14~0.25 (216)	-	-	-	0.14 (116)	-	0.14 (116)	-
	リン酸トリブチル	0.03~2.3 (416)	-	0.02~0.03 (416)	-	0.04~0.07 (216)	-	0.02~0.26 (416)	-
	フタル酸ジ-n-オクタール	0.06 (116)	-	-	-	-	-	-	-
ステロール系 【2種】	コレステロール	0.03~1.8 (1116)	0.12~0.46(36)	0.03~0.41 (316)	0.06~0.37(89)	0.07~0.27 (516)	0.25~0.66(89)	0.08~0.98 (1216)	0.10(116)
	β-シトステロール	0.04~0.69 (816)	-	0.04~0.51 (1116)	0.17(19)	0.17~0.29 (416)	0.07~0.33(19)	0.28~3.3 (1116)	0.16~0.20(46)
医薬・化粧品類 【27種】	スタアレン (スタリレン)	0.06~2.5 (1316)	-	0.02~1.7 (316)	0.11~2.1(39)	0.15~0.37 (216)	0.04~2.0(39)	0.02~0.47 (1016)	0.07(16)
	カフェイン	0.08~7.9 (1016)	-	0.04~0.51 (716)	0.02 (116)	0.05~0.46 (816)	0.02~0.26(39)	0.03~4.4 (1516)	0.03~0.34(56)
	ベンゾフェノン	-	-	-	0.04~0.06(89)	-	0.05~0.09(49)	0.06 (116)	-
	ベンジルアルコール	-	0.02~0.10(26)	0.06~0.35 (1316)	0.02(16)	0.01~0.21 (1316)	0.05~0.10(29)	0.02~0.20 (1116)	0.04~0.13(66)
	ヒドロキノン	-	-	-	-	-	-	0.01 (116)	-
	α-トレンブール	-	0.05(26)	0.03~0.19 (1016)	0.02~0.06(19)	0.01~0.11 (1516)	0.02~0.05(49)	0.01~0.11 (916)	0.03~0.07(36)
	2-フェノキシエタノール	0.02~1.8 (616)	0.37(16)	0.12~0.59 (1516)	0.03~0.19(79)	0.04~0.30 (1616)	0.03~0.20(89)	0.10~0.46 (1516)	0.10~0.17(26)
	フェナントレン	0.02~0.04 (516)	-	0.02~0.08 (1316)	-	0.02~0.06 (816)	0.02(19)	0.04~0.08 (1416)	0.02(16)
	ガラクトリド	0.03~0.31 (1116)	-	0.02~0.06 (616)	0.02 (116)	0.02~0.05 (416)	0.02(29)	0.03~0.35 (1216)	0.03(26)
	テブコナゾール	-	-	-	0.05(19)	-	-	0.02 (116)	-
	クロタミトン	0.26~0.41 (716)	-	-	0.18(19)	0.04~0.24 (516)	-	0.28~0.62 (716)	-
	アセトフェノン	-	-	0.02~0.04 (1016)	-	0.02~0.04 (1216)	-	0.02~0.06 (816)	-
	β-ダマスカン	0.02 (116)	-	-	-	-	-	0.02~0.09 (416)	-
	γ-ダマスカン	0.02 (116)	-	-	-	-	-	0.03~0.12 (316)	-
	レメンタール	-	-	0.03 (116)	-	0.03 (116)	-	-	-
	2-メトキシフェノール	-	-	0.02~0.30 (216)	-	-	-	-	-
	トナリド	0.02 (216)	-	-	-	0.04 (116)	-	0.02~0.05 (616)	-
	フェノール	0.02~0.09 (516)	-	0.02 (116)	-	0.02 (416)	-	0.02 (216)	-
	9-エトキシフェナントレン	-	-	-	-	0.05 (116)	-	-	-
	アニリン	0.09 (116)	-	-	-	-	-	0.02 (116)	-
	1,3-ジクロロベンゼン	0.02~0.04 (416)	-	0.02 (116)	-	-	-	-	-
	1,2-ジクロロベンゼン	0.02~0.03 (516)	-	0.02 (116)	-	-	-	-	-
	2-メチル-2,4-ペンタンジオール	-	-	-	-	0.05 (116)	-	-	-
	2-メチルペンタンジオール	0.02 (116)	-	0.04 (116)	-	-	-	-	-
	ロンギホレン	0.02 (316)	-	0.02 (116)	-	-	-	-	-
	アタキドシメチル	0.02 (116)	-	-	-	-	-	-	-
	αh-4,7,10,13,16,19-ドデカヘキサイエン酸メチル	0.91 (116)	-	-	-	-	-	-	-

-: 下限値未滿,

検出濃度値: 下限値を超過して検出した濃度範囲

検出濃度の () 内の数値: 水系ごとの地点数 (紀の川水系は地点数×月数)

別表 両水系の検出物質数および検出濃度（続き）

分類	物質名	採水時期							
		春季 (3-5月)		夏季 (6-8月)		秋季 (9-11月)		冬季 (12-2月)	
		R6.4月 (大和川) 検出濃度 [µg/L]	R6.4月-R6.5月 (紀の川) 検出濃度 [µg/L]	R6.7月 (大和川) 検出濃度 [µg/L]	R6.6月-R6.8月 (紀の川) 検出濃度 [µg/L]	R6.10月 (大和川) 検出濃度 [µg/L]	R6.9-R6.11月 (紀の川) 検出濃度 [µg/L]	R7.1月 (大和川) 検出濃度 [µg/L]	R6.11-R7.1月 (紀の川) 検出濃度 [µg/L]
農薬 【38種】	ビトリン3	0.46-4.6 (10/16)	3.3(1/6)	0.32-12 (5/16)	2.8(1/9)	2.2 (1/16)	1.8-12(5/9)	-	-
	ジエチルトルアミド	0.07-0.46 (10/16)	0.02-0.08(5/6)	-	0.02-0.37(6/9)	0.04-0.53 (11/16)	0.02-1.0(2/9)	0.02-0.13 (11/16)	0.05(2/6)
	ホスチアゼート 1	0.02-0.08 (13/16)	-	0.02-0.14 (15/16)	0.02-0.04(2/9)	0.02-0.07 (10/16)	0.02-0.04(2/9)	0.03-0.09 (14/16)	0.02-0.07(4/6)
	ホスチアゼート 2	0.02-0.05 (9/16)	-	0.02-0.11 (9/16)	0.02(4/9)	0.02-0.07 (8/16)	0.02-0.04(2/9)	0.02-0.07 (12/16)	0.02(2/6)
	エトキシゾール	-	-	-	-	-	0.04(2/9)	0.04 (1/16)	-
	チフェンピリド	0.02-0.09 (3/16)	-	0.02-0.33 (6/16)	-	0.02 (1/16)	-	0.03 (1/16)	-
	チオベンカルブ	-	-	0.01 (1/16)	-	-	-	-	-
	プロマシド	0.09-2.7 (13/16)	-	0.03-0.64 (13/16)	-	0.029-0.17 (5/16)	-	0.02-0.18 (5/16)	-
	プロモゾチド	-	-	0.10-0.99 (6/16)	-	-	-	-	-
	プロチタクトール	-	-	0.02-0.09 (3/16)	-	-	-	-	-
	イソプロピロキサゲン	-	-	-	-	0.21-0.53 (4/16)	-	-	-
	ピロキロリン	-	-	0.02 (1/16)	-	0.05-0.06 (2/16)	-	-	-
	フルトラン	-	-	-	-	0.09-0.12 (3/16)	-	-	-
	ヒメキサゾール	0.07 (1/16)	-	0.19-0.28 (3/16)	-	-	-	-	-
	ダイアジノン	-	-	-	-	0.19 (1/16)	-	-	-
	プロピタンホス	0.05 (1/16)	-	-	-	-	-	0.03 (1/16)	-
	エンドスルファミン	-	-	-	-	0.03 (1/16)	-	-	-
	ピリミノバクメチルE	-	-	0.02-0.05 (3/16)	-	-	-	-	-
	ピリミノバクメチルE	-	-	0.02-0.05 (2/16)	-	-	-	-	-
	フェニトキサゲン	0.04 (1/16)	-	-	-	-	-	-	-
	メチルダイムロン	0.02 (1/16)	-	-	-	-	-	0.04 (1/16)	-
	3,4-ジクロロアニリン	-	-	-	-	-	-	-	-
	3,5-ジメチルフェノール	0.03-0.05 (2/16)	-	0.03-0.05 (3/16)	-	-	-	0.03-0.06 (4/16)	-
	2-(メチルチオ)ベンゾチアゾール	-	-	-	-	0.02-0.04 (3/16)	-	0.02-0.06 (4/16)	-
	ジフェニルエーテル	-	-	0.01 (2/16)	-	-	-	-	-
	3,4-メチルフェノール	-	-	0.02-0.03 (3/16)	-	-	-	0.02 (3/16)	-
	ヘキサジノン	0.02 (1/16)	-	0.02 (1/16)	-	-	-	-	-
	2,4-ジメチルフェノール	0.02 (1/16)	-	-	-	-	-	-	-
染料・顔料 【5種】	2-ナフトキノン (ズカルセロゾルブ)	-	-	0.02-1.2 (2/16)	-	0.02-0.03 (3/16)	0.04(1/9)	-	-
	アントラセン	-	-	0.02-0.05 (13/16)	-	0.02-0.04 (6/16)	-	0.02-0.05 (12/16)	-
	オクタノール	-	-	0.02 (1/16)	-	0.02-0.03 (4/16)	-	0.02 (2/16)	-
	フタルイミド	0.05 (1/16)	-	-	-	-	-	-	-
p-アミノレンジアミン	-	-	-	-	0.04 (1/16)	-	-	-	
合成染料 【4種類】	3,5-ジtert-ブチル-4-ヒドロキシベンズアルデヒド	-	0.02-0.04(1/6)	0.06-0.17 (15/16)	-	0.02-0.08 (15/16)	-	0.02-0.14 (15/16)	-
	トリナフール	0.05 (1/16)	-	0.04-0.66 (5/16)	0.01-0.12(2/9)	0.02-0.05 (2/16)	0.05-0.14(2/9)	-	0.03-0.03(5/6)
その他 【10種】	ペンタメチルベンゼン	0.02 (1/16)	-	-	0.02(1/9)	0.03-0.07 (7/16)	0.02-0.05(2/9)	0.06 (1/16)	0.03-2(6/6)
	m-トルイジン	-	-	0.02-0.48 (2/16)	-	-	-	-	-
	4-ノニルフェノール	-	-	0.07-0.36 (14/16)	0.04-0.12(2/9)	0.05-0.21 (12/16)	0.02-0.04(2/9)	0.06-0.40 (12/16)	0.03(2/3)
	ステアリン酸メチル	0.02-1.3 (11/16)	-	0.05-0.06 (2/16)	0.03-0.07(2/9)	0.02-0.07 (2/16)	-	0.02 (2/16)	-
	2-tert-ブチルフェノール	-	-	0.06-0.19 (6/16)	-	0.06-0.11 (2/16)	-	0.05-0.12 (4/16)	0.02-2(6/6)
	ペンゾチアゾール	0.02-0.05 (10/16)	-	0.04-0.10 (14/16)	0.06-0.18(2/9)	0.02-0.07 (13/16)	0.06-0.18(2/9)	0.02-0.15 (13/16)	0.18(1/6)
	1,4-ジクロロベンゼン	0.02-0.03 (5/16)	-	0.02 (1/16)	-	-	-	-	-
	2,6-di-tert-ブチル-1,4-ベンジキノン	-	-	0.03-0.05 (4/16)	-	0.02-0.05 (2/16)	-	0.02-0.07 (10/16)	-
	2-necブチルフェノール	-	-	0.02 (1/16)	-	-	-	0.02-0.03 (2/16)	-
m-フェニレンジアミン	0.02 (1/16)	-	-	-	-	-	-	-	
ビスフェノールA	-	-	0.02-0.07 (3/16)	-	-	-	0.03-0.13 (5/16)	-	
1,3-ジクロロ-2-プロパノール	-	-	0.02-0.39 (2/16)	-	-	-	0.02 (1/16)	-	

第3章 調査研究・報告

第2節 資料

ベンゾ[a]ピレンの捕集・分析におけるふっ素樹脂フィルタ使用の検討

下田明史・長岡孝浩・久保友佳子・村上友規・杉本恭利

An Investigation into the Use of Fluororesin Filters for the Collection and Analysis of Benzo[a]pyrene

SHIMODA Akifumi・NAGAOKA Takahiro・KUBO Yukako・MURAKAMI Yuki and SUGIMOTO Kiyotoshi

緒言

奈良県では大気汚染防止法第22条に基づき、有害大気汚染物質の常時監視を実施しており、監視対象物質のうち、重金属類及びベンゾ[a]ピレン（以下、BaP）の捕集には石英繊維製フィルタを使用している。「有害大気汚染物質等測定方法マニュアル」¹⁾によれば、重金属類の多元素同時測定方法において「ふっ素樹脂フィルタ（以下、PTFEフィルタ）」及び「石英繊維製フィルタ」を用いた捕集方法が記載されており、うちPTFEフィルタは石英繊維製フィルタと比較してブランクとなる金属元素が少ないとされている。そのため、ブランクの影響を極力排除し、重金属類を精度よく分析するにはブランク値の低いPTFEフィルタの使用が望ましい。そこで、志村ら²⁾はPTFEフィルタを使用した重金属類の分析方法について検討し、PTFEフィルタが当該測定に使用可能であることを報告している。しかし、重金属類及びBaPは同一のフィルタを用いて捕集・分析を行うため、毎月の常時監視にPTFEフィルタを使用するためには、BaPについても使用可能か検討することが必要不可欠となる。

そこで、PTFEフィルタを用いたBaPの捕集及び分析方法を検討し、現在使用している石英繊維製フィルタからの代替可否について考察する。

方法

1. サンプルング地点及びサンプルング期間

サンプルングは、奈良盆地東南部に位置する保健研究センター屋上（桜井局（一般局））にて3月25日、4月8日、4月24日の3日間行った。

2. サンプルング方法

サンプルング方法は、「有害大気汚染物質等測定方法マニュアル」¹⁾に準じ行った。サンプルング装置には、紀本電子工業製ハイポリウムエアサンプラーを2台用い、1 m³/minの流量で24時間捕集を行った（約1440 m³捕集）。サンプルングフィルタには、PALL製石英繊維製フィルタ

2500QAT-UP及び住友電工ファインポリマー製ポアフロンWP500-50を用いた。

3. 試料の前処理

試料の前処理は、超音波抽出法を用い、「有害大気汚染物質等測定方法マニュアル」¹⁾に準じ行った。捕集したフィルタはステンレス製カッターで直径47 mmの円形に切り抜き試料とした。この試料を10 mL共栓付き褐色試験管に入れ、ジクロロメタン10 mLにて超音波抽出を行った。抽出時間は20 min行った。この抽出液を3000 rpmで10分間遠心沈殿処理した後、上澄み5 mLを採取して、40°Cの温浴上で、窒素気流吹き付けにて乾固直前まで濃縮し、1 mLのアセトニトリルで完全に溶解させ、測定用検液とした。

4. 測定方法

1) フィルタブランク

同一のPTFEフィルタから2検体分取し、3.で示した試料の前処理を施した後、測定に供した。

2) 添加回収試験

添加回収試験は、PTFEフィルタ及び石英繊維製フィルタを使用し、ブランクフィルタに対して実施した。また、マトリックスの影響を確認するために3月25日、4月8日、4月24日捕集のサンプルング済みフィルタに対しても実施した。ただし、4月8日、4月24日はPTFEフィルタに対してのみ実施した。各フィルタから5検体ずつ分取し、BaPの標準液2 ng/mLを添加し、3.で示した試料の前処理を施した後、測定に供した。

3) BaP濃度の比較

4月8日捕集の際には、PTFEフィルタ及び石英繊維製フィルタを用い、並行してサンプルングを行った。それぞれのサンプルング済みフィルタから5検体ずつ分取し、3.で示した試料の前処理を施した後、測定に供し、BaP濃度の比較を行った。

5. 測定条件

測定は高速液体クロマトグラフ（HPLC）を用いて表1

の条件で行った。

表1 HPLC測定条件

LC system	alliance(Waters)	
カラム	inertsil ODS-P Φ2.1mm×100mm, particle size 3μm	
移動相	A：超純水, B：アセトニトリル	
グラジエント条件 (A:B)	0→20 min	50:50→0:100
	20→25 min	0:100
	25→26 min	0:100→50:50
	26→30 min	50:50
送液	0.25ml/min (20→25min)/1.0.35ml/min)	
カラム温度	38°C	
検出器	蛍光検出器	
波長	励起波長：270nm, 蛍光波長：435nm	

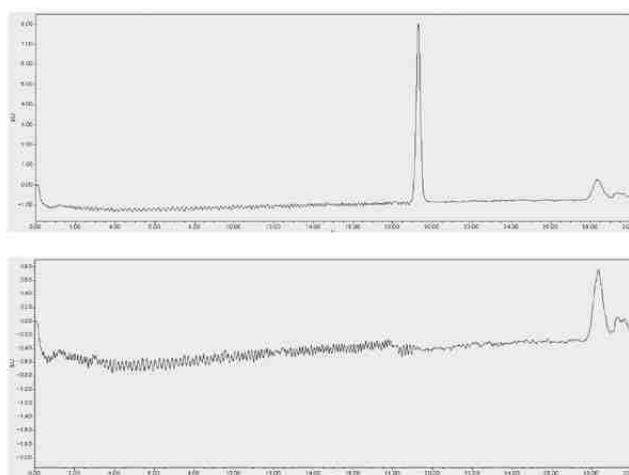


図1 BaP標準液2ng/mL(上), フィルタブランク(下)

結果

フィルタブランク, 添加回収試験, BaP濃度の比較について, それぞれ結果を図1, 表2, 表3, 表4に示す。

1. フィルタブランク

フィルタブランクの測定結果を図1に示す。表1の条件におけるBaPのリテンションタイムは約19.3minであったが, フィルタブランクにおいてはいずれの検体からも約19.3min付近にピークが出現しなかったことから, 今回使用したPTFEフィルタ自体は妨害物質を含まないことが示唆された。

2. 添加回収試験

ブランクフィルタの添加回収試験の結果を表2に示す。ブランクフィルタの添加回収試験では, 回収率は石英繊維製フィルタで105%, PTFEフィルタで98%を示した。いずれのフィルタにおいても良好な回収率を示した。

サンプリング済みフィルタの添加回収試験の結果を表3に示す。3月25日捕集分の添加回収試験では, 回収率は石英繊維製フィルタで101%を示した。一方で, PTFEフィルタは79%を示し, 低い値となった。これは窒素吹き付けの際, 約0.1mLになるまで試料を揮発させる必要があるが, 完全に乾固させてしまったために低くなったものと思われた。このため, PTFEフィルタのみで再度添加回収試験を行った。回収率は, 4月8日捕集の試料では93%となり, 4月24日捕集の試料では101%となった。これによりPTFEフィルタにおいても良好な回収率が確認された。

3. BaP濃度の比較

4月8日に捕集した試料について, PTFEフィルタ及び石英繊維製フィルタのBaP濃度を比較した結果を表4に示す。それぞれのフィルタの濃度比は0.92となった。

表2 添加回収試験(ブランクフィルタ)

フィルタ種別	BaP濃度 (ng/m ³)	回収率 (%)
石英繊維製(n=5)	0.033	105
PTFE(n=5)	0.034	98

表3 添加回収試験(3月25日捕集分)

フィルタ種別	BaP濃度 (ng/m ³)	回収率 (%)
石英繊維製(n=5)	0.033	101
PTFE(n=3)	0.026	79

表4 BaP濃度の比較(4月8日捕集分)

BaP濃度 (ng/m ³)		濃度比 (P/Q)
PTFE (P)	石英繊維製 (Q)	
0.042	0.046	0.92

考察

添加回収試験の結果から, PTFEフィルタにおいても添加した量が概ね正確に定量されることが確認された。また, BaP濃度の比較の結果では, PTFEフィルタにおいても石英繊維製フィルタと同程度の測定結果が得られ, 代替可能であることが示唆された。しかし, 今後複数回サンプリングを行い, 同程度の結果が得られるのか確認する必要があると考えられる。また, 季節変動等の影響を考慮するためには年間を通して確認する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 環境省水・大気環境局大気環境課; 有害大気汚染物質測定方法マニュアル(2019), <https://www.env.go.jp/air/osenv/manual2/>
- 2) 志村優介, 上林政貴, 杉本恭利, 他: 奈良県景観・環境総合センター研究報告, 11, 47-51 (2023)

大気粉じん中の六価クロム測定に係る検討

長岡孝浩・久保友佳子・下田明史・村上友規・杉本恭利

An Investigation into the Measurement Method for Hexavalent Chromium in Atmospheric Dust

NAGAOKA Takahiro・KUBO Yukako・SHIMODA Akifumi
・MURAKAMI Yuki and SUGIMOTO Kiyotoshi

緒言

環境省は、有害大気汚染物質に該当する可能性がある物質としてリスト化した 248 物質の中で、特に健康リスクが高いと考えられる 23 物質を優先取組物質に指定している。

「六価クロム化合物（以下、六価クロム）」は優先取組物質として指定された物質の 1 つだが、これまで測定法が定まっていなかったことから、当面は「クロム及びその化合物」として測定を行ってきた。

このような中、令和 5 年 5 月 19 日に「有害大気汚染物質マニュアル（以下、マニュアル）」が改訂され、六価クロムの形態変化を抑制する手法が追記された。これを受け、上林ら²⁾は六価クロム測定時の温度による影響について検討を行い、温度の影響により六価クロム濃度が過小評価となる事例を報告した。そこで本調査では、過小評価が生じる条件について追加の屋内実験を行った。また、奈良県内での実測定結果と屋内実験結果の比較を行い、実測定結果に対する気温の影響について考察したので報告する。

方法

1. 温度による六価クロム濃度への影響確認試験

マニュアルに従い作成したアルカリ含侵ろ紙に、六価クロム標準液を抽出時の濃度が 1.0 µg/L となるように添加した。その後、添加したろ紙を、インキュベーター内で 10°C、20°C、30°C、40°C、45°C、及び 50°C で 24 時間静置した。さらに、抽出時の濃度が 0.5 µg/L となるように添加したろ紙を用意し、10°C、20°C、30°C 及び 40°C で 24 時間静置した。静置後はろ紙中の六価クロムの抽出を行い、イオンクロマトグラフ誘導結合プラズマ質量分析法（IC/ICP-MS 法）で分析を行った。各条件につき標準液を添加していないろ紙をブランクとして用意し同様に分析を行った。

2. 奈良県内における六価クロム濃度の調査

測定対象期間は 8 月及び 9 月とし、月ごとに 1 回の測定を 3 地点（天理市、大和郡山市、桜井市）で行った。

結果

温度による影響確認試験の結果を図 1 及び図 2 に示す。抽出時の六価クロム濃度が 1.0 µg/L となるように添加した場合、六価クロム濃度は 30°C 以上で静置させると減少することを確認した。また、40°C 以上ではさらに減少した。一方、抽出時の六価クロム濃度が 0.5 µg/L となるように添加した場合、30°C 以上で静置しても、濃度の減少は確認されなかった。

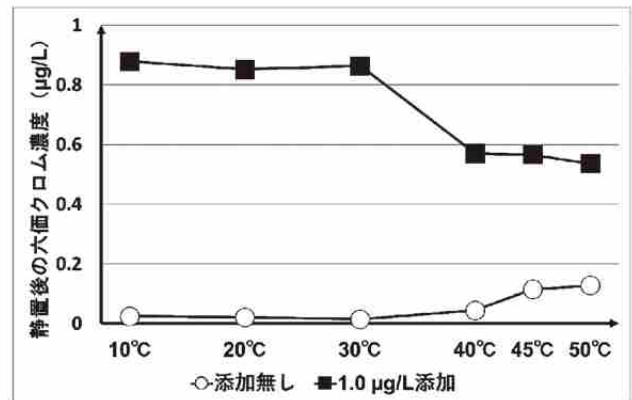


図 1 添加回収試験結果（1.0 µg/L 添加時）

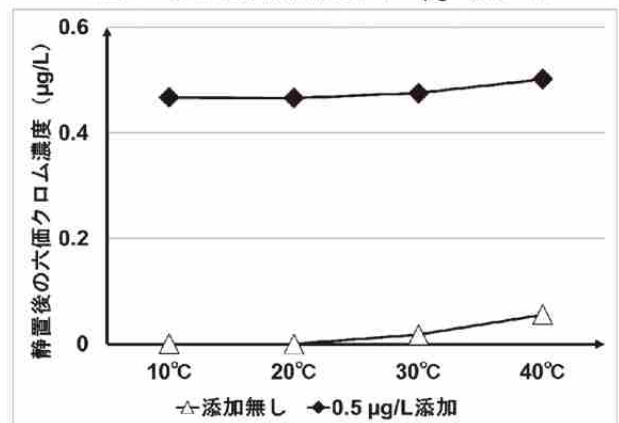


図 2 添加回収試験結果（0.5 µg/L 添加時）

また、奈良県内における大気粉じん中の六価クロム濃度を測定した結果を表1に示す。

表 奈良県内における六価クロム測定結果

		(単位：ng/m ³)		
		測定値	トラベルブランク値	定量下限値
8月	天理市	0.19	0.057	0.048
	大和郡山市	0.21	0.040	
	桜井市	0.15	0.044	
9月	天理市	0.10	0.047	0.033
	大和郡山市	0.12	0.044	
	桜井市	0.0098	0.068	

8月及び9月の測定において定量下限値はいずれも目標定量下限値(0.08 ng/m³)を満たした。また、天理市において実施した二重測定(7月:74%, 8月:27%)も良好な結果が得られた。

考察

屋内実験の結果から、温度による六価クロム濃度の過小評価は、アルカリ含浸ろ紙からの抽出濃度が0.5 µg/Lを超え、かつ30度以上で静置された場合に起こることが示唆された。また、実測定において得られた結果を抽出時濃度として計算すると最大でも0.15 µg/Lであり、奈良県内では気温の高くなる夏季においても過小評価の影響は小さいと考えられる。

まとめ

気温が引き起こす六価クロム濃度の過小評価について、より詳細な条件が判明した。奈良県内では濃度低下の影響は小さいと考えられるが、今後突発的な六価クロムの高濃度事例が発生した場合には、気温の影響について考慮する必要があると思われる。

参考文献

- 1) 環境省：有害大気汚染物質等測定方法マニュアル、(令和6年3月改訂)
- 2) 上林政貴, 杉本恭利：奈良県景観・環境総合センター研究年報, 11, 55-56 (2023)

大和川水系だるま橋におけるWET手法を用いた生物影響評価について

平井佐紀子・井上ゆみ子

An Evaluation of Daruma Bridge Site, the Yamato River System, with Whole Effluent Toxicity (WET) Tests

HIRAI Sakiko and INOUE Yumiko

緒言

大和川水系は、奈良県人口の90%以上が居住する大和平野を流域とし、住宅地だけでなく農地、工業地域及び山間地を包含するきわめて重要な公共用水域である。かつては水質が悪い河川として知られ、近年は改善傾向にあるものの対策が必要な支川も存在している。

本検討では大和川の県内最下流域に近く、近年に住宅開発等が進展した環境基準点であるだるま橋において採取した河川水を対象とし、ニセネコゼミジンコ (*Ceriodaphnia dubia*) を用いたWET手法による生物影響評価を行ったので報告する。

方法

1. 試料

採取地点：大和川水系葛下川だるま橋（環境基準点）
 採取日：令和6年6月3日
 検体種別と数：河川水，1検体

2. 飼育水

ニセネコゼミジンコの飼育に使用する水（以下、飼育水）は、水道水をの蛇口直結型浄水器（三菱レイヨン・クリンスイ（株）製のHGC9SWカートリッジを通した水に硬水（コントレックス，硬度1475）を5%加えて硬度76に調整し，24時間以上エアレーションを行ったものを使用した。

表1 繁殖試験条件

生物種	ニセネコゼミジンコ
飼育温度	25±1℃
照明	16時間明/8時間暗
飼育水量及び試験数 (1濃度区あたり)	15 ml /容器×10試験
飼育生物数(開始時)	1匹/容器
飼育期間	7日

3. 試験方法

ミジンコ繁殖試験は、環境省で検討されている手法等^{1,2)}を参考にした。試料水を飼育水で5濃度区（5%，10%，20%，40%，80%）に希釈したもの及び対照区（0%：飼育水のみ）を用いて生後24時間以内のミジンコを7日間飼育し，その間に生まれた仔虫の数を対照区と比較することにより繁殖に対する慢性毒性を評価した。繁殖試験条件を表1に示す。

4. データ解析

データの解析は、日本環境毒性学会のウェブサイトにて配布されている解析ソフトECOTOX³⁾を使用した。このソフトで有意差検定を行い，対照区との有意差が認められた濃度区のうち最も低い濃度区をLOEC（Lowest Observed Effect Concentration：最小影響濃度）とし，LOECの一つ下の濃度区をNOEC（No Observed Effect Concentration：最大無影響濃度）とした。

5. 結果及び考察

繁殖試験結果を図1及び表2に示す。だるま橋で採取した試料については80%濃度区において有意差が認められた。従ってNOECは40%となり，本試料はニセネコゼミジンコに対する繁殖毒性が認められた。

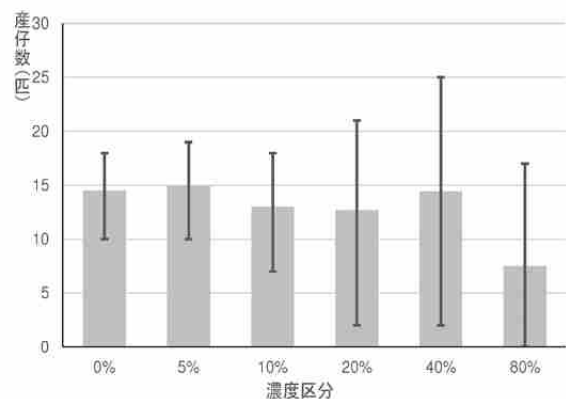


図1 だるま橋試料の繁殖試験結果

表2 ミジンコ繁殖試験結果

濃度区	産 仔 数									
0%	18	15	10	13	13	16	17	14	13	16
5%	14	19	11	10	18	19	14	16	19	10
10%	12	13	10	13	17	16	12	7	18	12
20%	21	13	2	16	8	12	17	17	2	19
40%	12	25	14	2	18	19	8	12	21	13
80%	3	5	12	1	17	0	1	11	10	15

同時に行った金属とイオン成分、農薬等の分析ではいずれも環境基準値を超える検出はなかった。

ニセネコゼミジンコは、化学物質審査規制法による試験法で推奨されるオオミジンコ (*Daphnia magna*) と化学物質に対する感受性大きく変わらないことが報告されており⁴⁾、かつライフサイクルが短いため生物応答試験に適しているとされる。

今回、試料採取した6月は田植えや夏作物の植え付け等により農薬が多用される時期である。一時的に河川水中の農薬類の濃度が上昇したことにより、農薬に感受性が高いミジンコへの繁殖毒性が認められた要因となったと推察される。

まとめ

大和川水系葛下川の環境基準点であるだるま橋で令和6年6月に採取した河川水にはニセネコゼミジンコに対する繁殖毒性が認められた。

今回のWET試験の結果により、通常の水質検査では分析できていない農薬や化学物質などの影響があった可能性が示唆された。すべての化学物質や農薬を測定することは不可能であり、異なる化学物質種による複合的な生物影響については不明であることが多い。WET手法は、河川水など公共用水域における総合的な生物影響を評価するために有効な手段であると考えられる。

参考文献

- 1) 長谷川絵里：名古屋市環境科学調査センター年報, 1, 81-83 (2012)
- 2) 排水（環境水）管理のバイオアッセイ技術検討部会：生物応答を用いた排水試験法（検討案）(2014)
- 3) 日本環境毒性学会 HP:
<https://www.intio.or.jp/jset/ecotox.htm>
- 4) 新野竜大, 阿部良子, 山口直子, 他：環境化学, 25, 55-60 (2015)

第3章 調査研究・報告

第3節 他誌掲載論文の抄録

特集記事：第 51 回環境保全・公害防止研究発表会

各座長によるセッション報告（大気・騒音Ⅳ，その他Ⅰ）

村上友規

全国環境研会誌, 50(1), 22-30, 2025

本セッションでは、PM_{2.5}、大気粉じん中の六価クロム、およびアスベスト等の発表が行われた。PM_{2.5}に関する発表は、野焼きに関するものと無機元素に焦点を当てたものがあり、なかでも、前者はバイオマス燃焼の指標とされるレボグルコサンとPM_{2.5}濃度との相関関係を解析することにより、PM_{2.5}濃度上昇の要因を考察するものである。これにより、野焼きの削減およびすき込みへの転換を促進するための科学的根拠として活用可能となった。六価クロムに関する発表では、測定手法の精度向上に向けた検討がなされ、試料の採取および処理における適切な手法が示された。これらの成果は、2023年5月に改訂された六価クロム測定マニュアルに反映されており、今後のモニタリング体制の信頼性向上に資するものであった。また、アスベストに関する発表では、測定立入検査の優先順位を合理的に決定するための手法として、建物からの漏えい率を算出する試みがなされた。これにより、優先度の高い現場を事前に把握することが可能となり、限られた資源の中で効率的かつ効果的な立入検査の実施を可能とする実務的な知見が得られた。

特集記事：第 51 回環境保全・公害防止研究発表会

各座長によるセッション報告（気候変動Ⅳ、生物Ⅰ）

杉本恭利

全国環境研会誌, 50(1), 22-30, 2025

本セッションでは、「森林生態系における新たな生物・環境モニタリング手法の検討」および「大分県沿岸域の海水温等に係る長期的なトレンドの解析」に関する発表が行われた。前題は、20年にわたり実施し得た知見や検討状況及び今後についての紹介が行われた。オゾン等による大気汚染の森林に対する影響をモニタリングする手法として、目視 衰退度は得られる知見が非常に限定で不十分であった。そこで、新たな手法である、オゾンの気孔取込み量をベースとした新指標を用いたモニタリングについて言及がなされた。後題は状態空間モデルを使用し、観測時の誤差の除外および欠測データの補間を行ったうえで、大分県沿岸域における真の海水温を推定したものであった。

特集記事：第 51 回環境保全・公害防止研究発表会

各座長によるセッション報告 (水環境Ⅲ)

井上ゆみ子

全国環境研会誌, 50(1), 22-30, 2025

本セッションでは、水環境に関する化学分析、里海づくり、マイクロプラスチックをテーマとする 5 題の研究発表があった。化学分析テーマでは、有機フッ素化合物 (PFAS) に関する 2 題と自動同定定量システム (AIQS-GC) による環境調査に関する 1 題があり、調査結果と汚染源や分析条件に関する考察がなされた。里海づくりをテーマとした発表では、瀬戸内海環境基本計画「きれいな海」から「豊かな海」への方針転換を受けたアサリの育成に関する研究であった。マイクロプラスチックに関する発表は、ガイドライン法の対象外となる微少な繊維状物質を分析する試みについてのもので、ガイドライン法で選択されるマイクロプラスチックとはポリマー種別割合が大きく異なるとの結果が報告された。

特集記事：第 51 回環境保全・公害防止研究発表会

各座長によるセッション報告 (気候変動Ⅳ、生物Ⅰ)

井上ゆみ子

全国環境研会誌, 50(1), 22-30, 2025

本セッションは、海域や河川における生物に関する 3 題の発表を扱った。1 題目は閉鎖性の強い湾内におけるアマモ場面積の測定に魚群探知機を用い、その有効性を確認するものであった。2 題目は、外来付着珪藻の国内河川における侵入状況を調査したもので、国内での初確認から数年を経て全国に生息域が拡大していることが報告された。最後の演題は、水環境管理に生物応答試験を地域特性に応じて導入する取り組みに関する検討で、未規制物質や未知の物質に対する調査手法として期待されるとの内容であった。

第3章 調査研究・報告

第4節 報告書の要旨

—国立環境研究所と地方環境研究所とのⅡ型共同研究

「光化学オキシダント等の変動要因解析を通じた地域大気汚染対策提言の試み」—

成果報告書（VOCPM グループ）

村上友規

本研究では、光化学オキシダント（Ox）と微小粒子状物質（PM_{2.5}）の削減に向けた課題の解明を目的として、VOC および SOA の共同観測を実施した。Ox は NO_x や VOC の削減にもかかわらず環境基準の達成率が極めて低く、効果的な対策が求められている。一方、PM_{2.5} は環境基準をおおむね達成しているが、その主要成分である有機炭素（OC）は大きく減少していない。特に、VOC から生成される SOA への対策が今後の PM_{2.5} 削減において重要である。本研究では、VOC および SOA の昼間の環境動態に着目し、高時間分解能での観測を実施し、地点間の比較と特徴の把握により、Ox および SOA の発生・生成メカニズムの解明を目指した。

第3章 調査研究・報告

第5節 研究発表の抄録

(1) 外部研究発表抄録

奈良県における PM_{2.5} 中の有機トレーサー (SOA) 及び VOC の高時間分解観測

村上友規¹⁾, 久保友佳子¹⁾, 上林政貴²⁾, 西村理恵³⁾, 浅川大地⁴⁾, 池盛文数⁵⁾, 茶谷聡⁶⁾, 菅田誠治⁶⁾
¹⁾奈良県景観・環境総合センター, ²⁾奈良県脱炭素・水素社会推進課, ³⁾大阪府立環境農林水産総合研究所,
⁴⁾大阪市立環境科学センター, ⁵⁾名古屋市環境科学調査センター, ⁶⁾国立環境研究所

令和6年9月11日～13日 (横浜市) 第65回 大気環境学会年会

WHOは令和3年9月に微小粒子状物質 (PM_{2.5}) の推奨値を 5 µg/m³ (年平均) に引き下げており、今後は更なる PM_{2.5} 濃度の低減が望まれている。PM_{2.5} の主要成分の一つである有機エアロゾルのうち、光化学反応などにより生成する二次有機エアロゾル (SOA) は、前駆物質である揮発性有機化合物 (VOC) の環境動態を含めた議論が必要になるが、これらの報告事例が少ないことから、更なる知見の集積が望まれている。そこで、本研究では SOA (特に人為・植物起源の有機トレーサー成分) と前駆物質である VOC を対象に、昼間の高時間分解条件での同時観測を実施した。なお、観測地点は郊外部の奈良県桜井市とするが、結果の考察にあたり、都市環境の異なる複数の観測地点を比較することで、SOA 及び VOC の環境動態がより詳細に明らかになる事が期待される。そこで、同時期に観測を実施した大阪市 (都市部) 及び羽曳野市 (都市郊外部) の観測結果も併せて考察した。

奈良県内大気中におけるホルムアルデヒド及びアセトアルデヒド濃度の経年変化

久保友佳子¹⁾, 村上友規¹⁾, 杉本恭利¹⁾, 上林政貴²⁾
¹⁾奈良県景観・環境総合センター, ²⁾奈良県脱炭素・水素社会推進課

令和6年9月11日～13日 (横浜市) 第65回 大気環境学会年会

奈良県内大気中のアルデヒド類について、一次排出及び二次生成の長期的な状況を明らかにするため、一般環境の天理局及び沿道の自排櫃原局の 2008～22 年度のモニタリングデータの解析を行った。ベンゼンとの濃度比及び PO_x との相関を評価した結果、直近 5 年は二次生成の寄与が高いことが示唆された。

奈良県における PM_{2.5} 中の有機トレーサー及び前駆 VOC の高時間分解観測

村上友規¹⁾、久保友佳子¹⁾、上林政貴²⁾、
¹⁾奈良県景観・環境総合センター、²⁾奈良県脱炭素・水素社会推進課

令和6年11月14日～15日（橿原市） 第51回 環境保全・公害防止研究発表会

今後の PM_{2.5} 濃度低減に向けた取り組みに際し、OC の環境動態の解明が重要な課題となる。OC は一次排出粒子（POA）と二次生成粒子（SOA）に大別される。前者は自動車排ガスや固定発生源等から直接排出され、後者は発生源から放出された揮発性有機化合物（VOC）が大気中の OH ラジカル等と反応することにより二次生成されることが知られている。近年の発生源対策により、POA は減少傾向にある一方で、SOA は対策が進んでいないため、将来的に OC 中の SOA の寄与割合が相対的に大きくなることが予想される。このことから、今後の PM_{2.5} 濃度の低減には、SOA の環境動態の解明が必要不可欠であるが、そのためには SOA の前駆体である VOC の環境動態も合わせて議論する必要がある。そこで、本研究では PM_{2.5} 中の SOA と VOC の同時観測を実施し、それらの挙動について確認した。

奈良県における PM_{2.5} 中の有機トレーサー及び前駆 VOC の高時間分解観測

村上友規¹⁾、久保友佳子¹⁾、上林政貴²⁾、
¹⁾奈良県景観・環境総合センター、²⁾奈良県脱炭素・水素社会推進課

令和6年12月16日～17日（金沢市） 第39回全国環境研協議会 東海・近畿・北陸支部研究会

世界保健機関（WHO）による PM_{2.5} 年平均推奨値の引き下げ（5 μg/m³）を受け、さらなる PM_{2.5} 濃度の低減が求められている。奈良県における PM_{2.5} 成分の長期解析では、硫酸イオンなどは減少傾向を示す一方、有機炭素（OC）の減少は限定的であり、全国的にも同様の傾向が報告されている。OC は、一次粒子（POA）と二次生成粒子（SOA）に分類され、近年の排出対策により POA は減少しているが、対策が進んでいない SOA の相対的な重要性が高まっている。SOA は VOC の大気中での酸化反応により生成されるため、その環境動態の把握には VOC の同時観測が不可欠である。本研究では、PM_{2.5} 中の SOA と VOC の同時観測を実施し、特に植物由来の VOC および SOA に注目して解析を行った。

奈良県内大気中のアルデヒド類及び前駆体の調査

久保友佳子¹⁾, 村上友規¹⁾, 杉本恭利¹⁾, 上林政貴²⁾

¹⁾奈良県景観・環境総合センター, ²⁾奈良県脱炭素・水素社会推進課

令和6年12月16日～17日(金沢市) 第39回全国環境研協議会 東海・近畿・北陸支部研究会

有害大気汚染物質のひとつであるアルデヒド類について、奈良県内の一次排出は減少傾向にある一方、大気中濃度は減少しておらず、光化学反応による二次生成の寄与が高くなっている可能性が考えられる。そこで、本研究では、アルデヒド類及びその前駆体の環境実態を把握するため、夏季の時間分解測定の結果を解析したので報告する。

VOC・PM_{2.5}観測グループの成果報告(SOA観測結果の概要)

村上友規

令和7年3月10日～11日(東京都) II型共同研究「光化学オキシダント等の変動要因解析を通じた地域大気汚染対策提言の試み(VOC・PM_{2.5}観測グループ)」全体会合

本報告では、3年間にわたって実施されたII型共同研究の成果として、VOC_{PM}グループによる取り組みについて報告した。VOC_{PM}グループでは、揮発性有機化合物(VOC)および微小粒子状物質(PM_{2.5})を対象に、高時間分解能での観測を実施した。さらに、得られた観測結果と数値シミュレーションとの比較・検証を行うことで、大気中におけるVOCおよびPM_{2.5}の環境動態や生成・変質プロセスの理解を深めた。

大和川流域におけるマイクロプラスチックの環境実態調査

平山 可奈子¹⁾, 浦西 洋輔²⁾, 田原俊一郎²⁾

¹⁾奈良県景観・環境総合センター, ²⁾奈良県水・大気環境課

令和6年8月28日(高槻市) 第31回2024年度瀬戸内海研究フォーラム in 大阪

世界中の海域で長径5mm未満の微細なプラスチック類の総称であるマイクロプラスチック(以下, MPs)が確認され, 海洋環境等への影響が懸念されている。日本周辺海域においてもMPsが確認されており, 発生源対策の検討が進められているところである。これらの検討のためには, 陸域から海域へ流出するMPsの分布実態を把握することが必要である。しかしながら, 陸域から海洋への主な流入源として考えられる河川は, 海洋の調査と比較して調査数が少なく, 十分なデータが蓄積されていない。

そこで本研究では, 奈良県内人口密集地を流れる大和川水系においてMPsの環境実態調査を行い, 濃度分布, 季節変動及び材質といった未解明の実態を把握することを目的とした。

大和川水系岡崎川の水質改善に関する検討

北岡洋平, 辻本真弓, 岡本雄二, 平山可奈子, 平井佐紀子, 井上ゆみ子

令和6年11月14日~15日(奈良県) 第51回環境保全・公害防止研究発表会

大和川水系は, 近年は水質改善が進み, 生物化学的酸素要求量(BOD)は環境基準(5mg/L以下)を満たす水準となった。しかしながら, 基準を達成していない支川も未だ複数存在している。このような支川は水質改善のための環境整備が行政上の喫緊の課題であるが, その水質については環境基準点のみの測定であり, 先行研究も乏しく詳細は不明である。そこで本研究においては, 重点対策支川のうち, 改善傾向があまり見られず, かつ全長及び流域面積が大きい岡崎川を対象として詳細な水質調査を実施した。また, 流入する水路についても同様の調査を行い, 水質改善策の検討を行った。

大和川水系岡崎川の水質改善に関する検討

北岡洋平，辻本真弓，岡本雄二，平山可奈子，平井佐紀子，井上ゆみ子

令和6年12月16日～17日（石川県） 第39回全国環境研協議会東海・近畿・北陸支部研究会

大和川水系は、近年は水質改善が進み、生物化学的酸素要求量（BOD）は環境基準（5 mg/L 以下）を満たす水準となった。しかしながら、基準を達成していない支川も未だ複数存在している。このような支川は水質改善のための環境整備が行政上の喫緊の課題であるが、その水質については環境基準点のみの測定であり、先行研究も乏しく詳細は不明である。そこで本研究においては、重点対策支川のうち、改善傾向があまり見られず、かつ全長及び流域面積が大きい岡崎川を対象として詳細な水質調査を実施した。また、流入する水路についても同様の調査を行い、水質改善策の検討を行った。

AIQS-GC を用いた奈良県内公共用水域の平常時スクリーニング分析について

平山可奈子，北岡洋平，辻本真弓，岡本雄二，平井佐紀子，井上ゆみ子

令和7年3月17日～19日（札幌市） 第59回日本水環境学会年会

近年、わが国では自然災害や事故が頻発しており、それに伴う化学物質の環境流出が懸念されている。流出物質の解明のために、環境中の化学物質を迅速かつ網羅的に分析する自動同定定量システム（AIQS-GC）の活用が注目されている。奈良県でも毎年のように異常水質事例が発生し、迅速な原因究明が求められているところである。今回、緊急時の比較対照となる平常時の環境中化学物質濃度を把握するために、AIQS-GC を用いて令和6年度に採水した奈良県内主要河川のスクリーニング分析を行ったので報告する。

(2) 景観・環境総合センター所内研究発表会要旨

①令和6年6月28日 開催

県内大気中におけるホルムアルデヒド及びアセトアルデヒド濃度の経年変化

久保友佳子

ホルムアルデヒド (FA) 及びアセトアルデヒド (AA) は有害大気汚染物質として環境実態の把握が重要視される物質である。FA 及び AA は固定発生源や移動体から一次的に排出される他、大気中での光化学反応による二次生成の寄与が環境濃度の変化に大きく影響している。奈良県内大気中の FA 及び AA について、一次排出及び二次生成の状況を明らかにするため、2008～2022 年度のモニタリングデータの解析を行ったので、その概要を報告する。

大和川流域におけるマイクロプラスチックの環境実態調査

平山可奈子

マイクロプラスチック (MPs) の多くは、環境中に放出されたプラスチックごみが紫外線などの影響によって細分化されることで発生する。MPs は、水生生物が餌として誤食することにより物理的に体組織を傷つけることや、吸着した汚染物質を生体内へ移行させるといった生態影響が懸念されている。そこで本研究では、奈良県内河川において2年間 MPs の環境実態調査を行い、その濃度分布や季節変動といった貴重な知見が得られたので報告する。

②令和7年2月28日 開催

レセプターモデルを用いた大阪府及び奈良県におけるPM_{2.5}発生源の経年解析

村上友規

2021年にWHOはPM_{2.5}の目標値を5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に引き下げ、2024年には米国も同基準を9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ へ改定するなど、国際的にPM_{2.5}基準の強化が進むなか、国内においても、基準改定に向けた議論が進むことが予想される。これを見据え、PM_{2.5}の発生源内訳および経年変化を精査し、行政施策がPM_{2.5}に与えた影響に関する知見を整理することが重要である。本報告では、2016～22年を対象にレセプターモデル（PMFモデル）を適用し、発生源寄与解析を行った。

WET手法による岡崎川の生物影響評価について

平井佐紀子

水質改善が課題となっている大和川水系岡崎川は、令和4年11月の調査時に環境基準点の流末で著しい水質悪化がみられた。そこで、調査時に採取した岡崎川流末及びその上流1km地点の2地点のサンプルでニセネコゼミジンコによるWET手法による生物影響評価を実施した。結果、NOEC（最大無作用濃度）は、岡崎川流末で40%となりニセネコゼミジンコに対して繁殖毒性が認められたがその1km上流地点では80%であり繁殖毒性は認められなかった。

(3) 共同発表業績

※当研究所職員は下線で示した。

1. Source Contribution Analysis of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in PM_{2.5} at Three Japanese Cities Using Positive Matrix Factorization with Organic Tracers

Atmosphere 2025, 16, 175 (Accepted: 31 January 2025)

Fumikazu Ikemori, Yuki Murakami, Megumi Takabayashi*, Rie Nishimura, Mami Hiramatsu, Maku Ueda, Ayako Yoshino, Satoru Chatani, Kei Sato and Seiji Sugata

*現所属：高林愛（奈良県水道局広域水道センター）

2. PMF モデルを活用した排出インベントリの不確実性推定の試み —九州地方（+近畿）in 2019-2020—

第8回アジア域の化学輸送モデルの現状と今後の展開に関する研究集会
(令和7年2月27日～2月28日)

浦西克維, 吉岡翔瑛, 村上友規, 嶋寺光, 茶谷聡, 菅田誠治

奈良県景観・環境総合センター研究報告投稿規定

1. 奈良県景観・環境総合センター研究報告は、本センターにおいて行った研究・調査の業績を掲載する。
2. 投稿者は、本センター職員とする。ただし、共同研究者はこの制限を受けない。
3. 原稿の種類と内容
 - (1) 研究報告

調査研究などで新知見を含むまとまったものは、研究報告として投稿できる。研究報告は、基本、表題 (和文, 欧文), 著者名 (和文, 欧文), 要旨 (200 字程度), 緒言, 方法, 結果, 考察, 文献および図表で構成されるものとする。ただし, 上記構成に限らず, 結果および考察等, 上記に相応する内容が含まれている投稿であれば差し支えない。
 - (2) 研究ノート

調査研究などでまとめておく必要のあるものは、研究ノートとして投稿できる。研究ノートは、表題 (和文, 欧文), 著者名 (和文, 欧文), 緒言, 方法, 結果, 考察, 文献および図表で構成されるものとする。ただし, 上記構成に限らず, 結果および考察等, 上記に相応する内容が含まれている投稿であれば差し支えない。
 - (3) 資料

測定技術や調査結果などの知見でまとめておく必要のあるものは、資料として投稿できる。記述の順は、表題 (和文, 欧文), 著者名 (和文, 欧文), 本文とする。本文には緒言, 方法, 結果, 考察に相当する内容を含め, 体裁にとらわれず自由に記述することができる。資料の長さは刷り上り 2 ページを超えない。
 - (4) 他誌掲載論文の要旨

他誌に掲載した論文の内容を紹介する。記述の順は、表題, 著者名, 掲載誌名, 要旨 (欧文も可) とする。
 - (5) 報告書の要旨

本センター職員が携わった研究・調査の業績のうち, 他機関等で発行された報告書に掲載された内容を紹介する。記述の順は、表題, 著者名, 掲載報告書, 要旨 (欧文も可) とする。
 - (6) 研究発表の抄録

内部および外部で開催された学会 (研究会を含む) に発表した内容を紹介する。記述の順は、表題, 発表者名, 学会名 (研究会名), 抄録 (欧文も可) とする。抄録の内容は 400 字以内 (欧文は 10 行以内) にまとめる。また, 共同発表実績についても紹介し, 表題, 学会名, 発表者を表記する。
4. 原稿作成要領
 - (1) 執筆要領
 - 1) 本文は日本語を用いる。日本語 (漢字・ひらがな・カタカナ) は MS 明朝 (全角), 数字・アルファベットは Times New Roman (半角) を用いる。フォントサイズは 10 ポイントとする。
 - 2) すべての原稿はワープロソフトで作成し, 句読点は「,」「.」「」(全角)とする。
 - 3) 原稿は A4 版用紙を使用する。表題 (和文, 欧文), 著者名 (和文, 欧文), 要旨は, 1 行 46 文字, 緒言以下は, 1 行 24 文字, 1 頁 46 行の 2 段組とする。
 - 4) 見出しおよび小見出しは MS ゴシック体および Arial を用いる。細分見出しには, MS 明朝および Times New Roman を用いる。基本的に, 頭出しの数字, 括弧, ドット等は半角を用いる。見出しには「1. , 2. , ...」を, 小見出しには「1), 2), ...」を, さらなる細文見出しには「(1), (2)...」「①, ②...」「i) , ii) ...」等の番号をつける。
 - 5) 単位・表記は国際単位系 (SI) を基本とし, 数字と単位の間は半角スペースを挿入する。
 - (2) 表題, 著者名, 所属機関名
 - 1) 表題の和文は MS ゴシック体とし, 欧文は冠詞, 前置詞・副詞, 接続詞以外の単語は第 1 字目を大文字にする。フォントサイズは表題のみ 12 ポイントとする。
 - 2) 著者名の欧文は, 姓・名の順とする。姓はすべて大文字とし, 名は最初の 1 文字のみを大文

字とする。

- 3) 本センター職員以外の著者名については、その右肩に「*、**」の記号をつけ、それぞれの所属機関名をその頁の最下段に脚注として記載する。

(3) 図・表および写真

- 1) 図・表および写真は、カラーでの投稿も可とするが、印刷版（白黒）の視認性に配慮し、カラーで投稿する場合、図・表の配色を工夫する。
- 2) 図・写真では下にタイトルと説明を、表では上にタイトル、下に説明を記載する。
- 3) 図は掲載サイズで、印刷時に鮮明となるよう作成する。
- 4) 図・表および写真は、線の太さ、文字の大きさなどを考慮し、本文中に挿入しておく。
- 5) 表の文字は基本的に MS 明朝体と Times New Roman、グラフ中の文字は MS ゴシック体と Arial、図表タイトルの文字は MS ゴシックと Arial を用いる。

(4) 脚注および引用文献

- 1) 脚注は「*」を用い、欄外に入れる。
- 2) 引用文献は¹⁾、^{1,2)}、¹⁻³⁾のように右肩に示し、最後に一括して番号順に列記する。
- 3) 文献は下記のように著者名（3名まで）、雑誌名、巻、ページ、年号（西暦）の順に記載し、巻数は Arial、欧文雑誌名はイタリック体とする。以下に例を示す。
 - 1) Sano,T.,Takagi,H.,Nagano,K.,et al:*Anal Bioanal Chem*, 399, 2511-2516 (2011)
 - 2) Draxler,R.R. and Rolph,G.D.:HYSPLIT Model.NOAA Air Resources Laboratory (2011)
 - 3) 彼谷邦光:飲料水に忍び寄り有毒シアノバクテリア, 57-69 (2001)
 - 4) 菊谷有希, 浅野勝佳, 浦西克維, 他:奈良県保健環境研究センター年報, 47, 58-60 (2012)
 - 5) 環境省総合政策局環境保健部環境安全課:化学物質と環境平成 24 年度化学物質分析法開発調査報告書, 182-208 (2013)

5. 原稿の提出について

- (1) A4 版用紙に印字した原稿を 1 部とする。なお、紙情報にあわせて図・表を含めた原稿を電子情報の形で提出のこと。
- (2) 原稿は所属担当統括主任研究員を経て編集委員に提出する。
- (3) 提出期限は編集委員会で定める。

6. 審査

原稿は編集委員会において審査し、採否を決定する。また編集委員会は必要に応じて、種類・内容の変更を求めることができる。

7. 校正

校正はすべて著者の責任とするが、編集委員会は編集の都合上変更を求めることができる。

8. その他

- (1) 年報編集に関し必要な事項は、すべて編集委員会において決定する。なお編集委員会はセンター所長（編集委員長）、次長、各担当統括主任研究員および編集委員長が指名した編集委員で構成する。
- (2) 編集委員会は、世間の注目を集めた環境問題についてのトピックスを掲載することができる。トピックスは、必要に応じて編集委員会が執筆を依頼する。記述の順は、表題、本文とする。本文には緒言、方法、結果、考察に相当する内容を含め、体裁にとらわれず自由に記述することが出来る。
- (3) 本投稿規定は編集委員会の決議により、改正することが出来る。

9. 附則

- (1) この奈良県景観・環境総合センター研究報告投稿規定は、平成 26 年 4 月 30 日から施行する。
- (2) この規定は、令和 2 年 9 月 1 日から施行する。
- (3) この規定は、令和 5 年 8 月 1 日から施行する。

編 集 委 員

城 山 二 郎 (委員長)
岡 部 泰 也
井 上 ゆみ子
吉 田 孝 子
角 百 夏
平 山 可奈子
山 本 徹

奈 良 県 景 観 ・ 環 境 総 合 セ ン タ ー 年 報

第 12 号 令 和 6 年 度 (2024 年)

編集発行人 奈良県景観・環境総合センター

〒633-0062 奈良県桜井市粟殿 1000

電話 0744-47-3162

FAX 0744-43-3416

印刷所 やまとびと株式会社

〒633-0064 奈良県桜井市戒重 339-3

電話 0744-45-3112