

ISSN 2433-7145
CODEN:MHKKDS

三重保環研年報

Ann. Rep. Mie Pref.
Hlth & Environ. Res. Inst.

三重県保健環境研究所年報

第 26 号 (通巻第 69 号)

2024 年

Annual Report of Mie Prefecture Health and Environment Research Institute

No. 26(Serial No. 69)

2024



三重県保健環境研究所

はじめに

令和6年度は、三重県の総合計画「強じんな美し国ビジョンみえ・みえ元気プラン」の3年目となります。当研究所では、そのビジョンがめざす『強じて多様な魅力あふれる「美し国」』を実現する取り組みの柱である「安全・安心の確保」に重点を置き、地域における科学的、技術的中核機関として、日々、調査研究、試験検査をはじめ公衆衛生情報の収集・解析と提供などに取り組んでいます。

さて、新型コロナウイルスが令和2年に世界的に流行し、令和5年5月に感染症法上の「新型インフルエンザ等感染症」から5類感染症に位置づけられましたが、近年新たな感染症が繰り返し発生しており、引き続き新たな感染症に備え、体制整備を推進していくことが重要となります。このため、令和4年には感染症法等が改正され、地方衛生研究所の体制整備が法制化されました。これを受け当研究所においても健康危機対処計画を策定し、新たな感染症へ対応可能な体制整備を推進しているところです。

一方、環境分野では、令和6年5月に「第六次環境基本計画」が閣議決定され、最上位の目的として「現在及び将来の国民一人一人の生活の質、幸福度、ウェルビーイング、経済厚生の上昇」（ウェルビーイング／高い生活の質）が明記されました。この目的を実現するための重点戦略の一つとして掲げられている「ウェルビーイング／高い生活の質を実感できる安全・安心な暮らしの実現、良好な環境の創出」においては、引き続き「生存基盤たる水・大気・土壌環境の保全の着実な実施」、「海洋ごみ対策」、「窒素・リンに関する持続可能な管理（「きれいで豊かな海」に向けた適切な栄養塩管理等）」等の施策を推進し、さらにその先の良好な環境の創出の水準を追求していくこととしています。また、個別分野の重点施策として掲げられている資源循環型社会の形成については、環境基本計画と整合した「第五次循環型社会形成推進基本計画」が令和6年8月に閣議決定され、重点分野の一つとして「ライフサイクル全体での徹底的な資源循環」が掲げられるなど、資源循環の取り組みを促進していくこととしています。現在、当研究所ではこれらの施策の方向性に合致した大気、水質、資源循環等に関する試験研究を行っているところです。

このような状況の中、県民の命と暮らしを守るため、さらなる感染症対策の推進、食の安全・安心と暮らしの衛生の確保、循環型社会の構築や生活環境の保全に係る新たな技術習得、調査研究や試験検査などに、科学的・技術的なエビデンスの提供に貢献できるよう、我々職員一人ひとりがしっかり取り組んでまいります。

これまでも関係行政機関、医療機関、高等教育機関ほか、多くの関係の皆様にご指導とご協力をいただきましたことを深く感謝し、ここに令和6年度の年報を提示いたします。ご高覧いただき、ご鞭撻賜りますようお願い申し上げます。

令和7年3月1日

三重県保健環境研究所

所長 下尾 貴 宏

目 次

I 概 要

1 沿革及び組織	頁
1. 1 沿革	1
1. 2 組織	2
2 業務概要	
2. 1 研究	3
2. 2 試験検査	8
2. 3 研修指導	15
2. 4 情報の収集・解析・提供	17
2. 5 品質マネジメントシステム運用の経過と現状	17
3 学会報告	19
4 他誌掲載論文	21

II 研究報告

1 ノート	
三重県における季節性インフルエンザウイルスのHemagglutinin遺伝子系統樹解析 (2023/24シーズン)	26
矢野拓弥, 川合秀弘, 下尾貴宏	
抗インフルエンザ薬バロキサビル マルボキシルにおける耐性変異を有する季節性インフルエンザウイルスの動向把握-三重県 (2019年5月~2024年10月)	32
矢野拓弥, 川合秀弘, 下尾貴宏	
急性呼吸器感染症における遺伝子組換え型アデノウイルスの動向 (2023年~2024年3月) -三重県	37
矢野拓弥, 川合秀弘, 下尾貴宏	
A/H3N2インフルエンザウイルスにおけるHemagglutinin遺伝子解析によるSubclade分類について (2014/15~2022/23シーズン) -三重県	42
矢野拓弥, 川合秀弘, 下尾貴宏	
三重県における農産物中の残留農薬検査について (2012年度~2023年度)	46
原 有紀, 内山恵美, 勝矢晃治, 渡部ひとみ, 豊田真由美, 吉村英基	

大豆加工食品中の遺伝子組換えDNA検査におけるPCR装置の同等性確認試験	55
吉田真平, 中野陽子, 原 有紀, 内山恵美, 吉村英基	
三重県産生鮮魚類の水銀調査 (2004年度～2024年度)	62
吉田真平, 吉村英基, 勝矢晃治, 内山恵美, 川合秀弘, 佐藤洋之, 下尾貴宏	
三重県産生鮮魚類のPCB調査 (2004年度～2024年度)	67
吉田真平, 吉村英基, 勝矢晃治, 内山恵美, 川合秀弘, 佐藤洋之, 下尾貴宏	
マルチベネフィットの視点でとらえた土壁材の再生製品開発に向けた基礎研究	72
近藤笑加, 今村一貴, 柘植 亮, 森 理佳, 矢野真弓, 石田健太, 山川雅弘	
再生品の環境安全性に関する調査研究－改良土・再生土－.....	81
近藤笑加, 山川雅弘, 今村一貴, 柘植 亮, 森 理佳, 矢野真弓, 石田健太	
2 資料	
2023年感染症発生動向調査結果	89
楠原一, 小林章人, 矢野拓弥, 川合秀弘	
2023年度感染症流行予測調査結果 (日本脳炎, インフルエンザ, 風疹, 麻疹) の概要	96
矢野拓弥, 楠原一, 小林章人, 川合秀弘, 下尾貴宏	
SARS-CoV-2 (オミクロン株) のゲノム分子疫学解析 (2023年11月～2024年11月) -三重県-	101
矢野拓弥, 川合秀弘, 下尾貴宏	
三重県における2023年度環境放射能調査結果	106
谷本健吾, 佐藤大輝, 吉村英基	
三重県内の家屋解体工事で発生する土壁材の処理実態調査結果.....	113
近藤笑加, 今村一貴, 山川雅弘	
三重県における光化学オキシダントの挙動に対する窒素酸化物の影響...	116
西川奈緒美, 佐藤邦彦, 小河大樹, 井原篤人, 寺本佳宏, 川合啓之	

I 概要

1 沿革及び組織

1.1 沿革

1) 衛生研究所

本研究所設立以前は、三重県には衛生試験所と細菌検査所があり、それぞれの目的に従って業務を行っていたが、地方衛生研究所設置に関する厚生省通達(昭和23年4月7日付発予第20号)により、昭和23年6月にこれらを統合して三重県衛生研究所が設立された。

昭和23年6月10日 衛生試験所及び細菌検査所を統合して三重県衛生研究所(津市広明町310番地)を設立。

昭和28年7月16日 食品衛生法の規定により検査施設として指定。(昭和28年7月20日三重県告示第525号)

昭和40年11月1日 津市栄町1丁目172番に移転。

昭和58年3月15日 三重県津庁舎(津市桜橋3-446-34:保健所・衛生研究所棟)に移転。

平成10年4月1日 三重県行政組織規程の一部改正により、三重県科学技術振興センター衛生研究所として業務を開始。

2) 環境科学センター

地方公害試験研究機関は、現在ではすべての都道府県、政令指定都市に設置されているが、昭和42年に三重県と静岡県において初めて独立した機関として設置されたのがその原点となっている。

昭和42年8月1日 三重県公害センター(四日市市堀木2-16-24)を設立。

昭和48年2月19日 三重県四日市庁舎敷地内(四日市市新正4-21-5)に移転。

昭和51年4月1日 三重県環境科学センターに改組、併せて、南勢支所(津市高茶屋小森町)を設置。

昭和54年10月16日 三重県環境科学センター南勢支所を三重県松阪庁舎(松阪市高町138)に移転。

平成5年4月1日 三重県環境科学センター南勢支所を廃止し、三重県環境科学センター松阪市駐在に改組。

平成10年4月1日 三重県行政組織規程の一部改正により、三重県科学技術振興センター環境科学センターとして業務を開始。

3) 保健環境研究所

県民の健康の維持増進と生活環境の安全確保のための科学的、技術的な基盤を担う三重県科学技術振興センター保健環境研究所として平成11年4月に衛生研究所と環境科学センターの統合がなされた。その後、地域保健・環境行政サービスの維持・向上を図るため、平成20年3月末をもって三重県科学技術振興センターが廃止。同年4月から保健環境研究部は健康福祉部と環境森林部の共同所管となり、併せて機関名称も保健環境研究所と改称した。

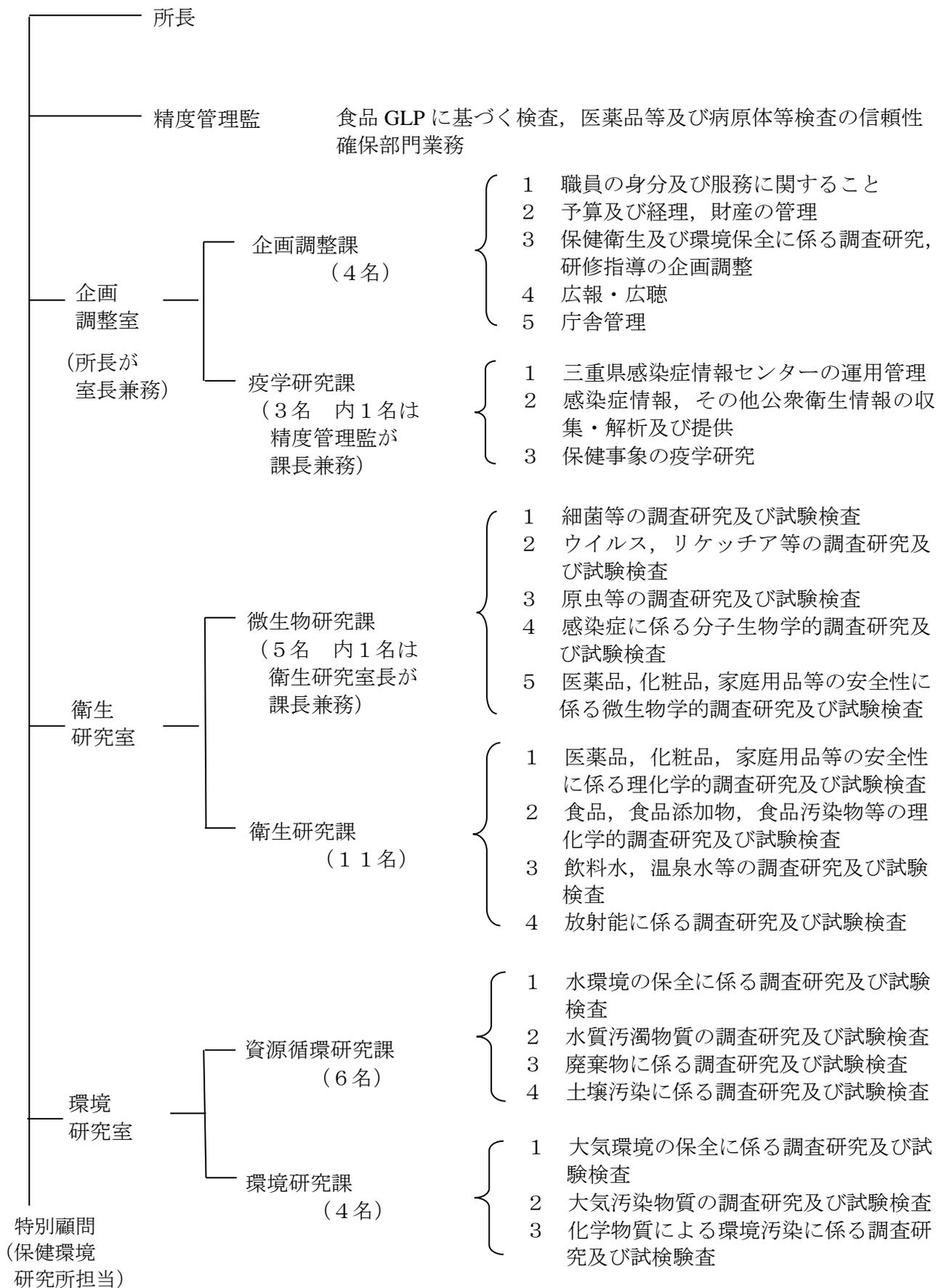
平成11年4月1日 三重県環境科学センターと三重県衛生研究所を統合し、三重県科学技術振興センター保健環境研究所として業務を開始。

平成11年8月13日 鈴鹿山麓リサーチパーク内(四日市市桜町3690-1)に新築移転。

平成13年4月1日 組織改編に伴い三重県科学技術振興センター保健環境研究部と改称。

平成20年4月1日 組織改編に伴い三重県保健環境研究所と改称。

1. 2 組織



2 業務概要

2.1 研究

1) 疫学研究課

(1) 成人の侵襲性細菌感染症サーベイランスの充実に資する研究（厚生労働科学研究費補助金） （令和4年度～令和7年度）

侵襲性肺炎球菌感染症，侵襲性インフルエンザ菌感染症，侵襲性髄膜炎菌感染症，劇症型溶血性レンサ球菌感染症の届け出症例の患者情報の収集及び，原因菌の確保を行い，国立感染症研究所において解析することにより，各疾患の感染症発生動向と原因菌の血清型や遺伝子型等の関連性を明らかにすることを目的としている．また，上記4疾患はいずれも患者の致死率が高く，公衆衛生対策が必要である．そのため患者及び病原体の積極的サーベイランスを実施し，ワクチンの効果，感染症発生動向に関連する原因菌の病原性因子の変化を前向きに評価することで，公衆衛生施策に資するエビデンスを構築する．

2) 微生物研究課

(1) 鈴鹿厚生病院における新型コロナ感染症 2019（COVID-19）患者血清疫学調査 （令和2年度～令和7年度）

新型コロナウイルス感染症 2019（COVID-19）は，SARS-CoV-2 ウイルスを病原体とする感染症である．2019年12月，中華人民共和国湖北省武漢市において確認され，2020年1月30日，世界保健機関（WHO）により「国際的に懸念される公衆衛生上の緊急事態（PHEIC）」が宣言され，3月11日にはパンデミック（世界的な大流行）の状態にあると表明された新規の感染症である．現時点では，COVID-19に関して明確に有効なワクチンや治療薬はなく，マスク着用，手指衛生，ソーシャルディスタンスといった対策を実施する以外に感染対策はない．また再感染，再燃例などの報告もあり，感染者の抗体がどの程度感染予防に効果があるのかははっきりとわかっていない．

2020年9月，三重県鈴鹿市の精神科単科病院である鈴鹿厚生病院（以下病院）においてCOVID-19の集団発生事例が発生し，病院の1つの病棟の患者の多くがCOVID-19患者となった．この病棟の患者は病気の特性からほとんど院外に出ることはなく，今後新たにSARS-CoV-2ウイルスに暴露される可能性は一般市民と比較すると低いと予想される．SARS-CoV-2ウイルスに対する抗体価について，現時点でのエビデンスは乏しく，病院におけるCOVID-19患者のSARS-CoV-2ウイルスに対する血清抗体価を継続的に測定することで，COVID-19の理解と今後の感染対策に寄与する可能性が高いと考えられる．

(2) 特定の新型コロナウイルス感染症集団事例を対象とした長期間の血清疫学調査 （令和5年度～令和6年度）

公益財団法人黒住医学研究振興財団 2023年度第31回研究助成金

これまで，2020年9月に県内の単科精神科病院で発生したCOVID-19の集団事例を対象として，血清疫学的に2年間の追跡調査を行ってきた．本研究では3年目の血清疫学調査を行い，調査対象者が新型コロナウイルス(SARS-CoV-2)の感染やCOVID-19ワクチンの接種で獲得した抗体の動態を明らかにする．これらのデータから，感染管理下にある調査対象者における再感染のリスクや，感染歴を有する人に対するワクチン接種の有効性等について検証し，今後の感染対策やワクチン行政に役立たせる．

(3) 伴侶動物におけるウイルス性胃腸炎の研究—ヒトの感染性胃腸炎との関係性— （令和4年度～令和6年度）

毎年秋から冬にかけて感染性胃腸炎が流行しており，大きな社会問題となっている．伴侶動物においても秋から冬にかけて胃腸炎が増加する傾向が認められる．このように，伴侶動物とヒト

の感染性胃腸炎の発生時期は同じであるが、その関係性は明らかにされていない。ヒトの感染性胃腸炎の病原体の9割以上はウイルスである。一方、伴侶動物の胃腸炎においてウイルスが関与するか否かについては不明な点が多い。本研究ではヒトの感染性胃腸炎の病原体と同じ種類(ノロウイルス、ロタウイルス、サポウイルス、アストロウイルス、コブウイルス、アデノウイルス、エンテロウイルスなど)のウイルスが伴侶動物においてどの程度浸潤しているかを調べるとともに、それらのウイルスの性状を解析し、ヒトの感染性胃腸炎との関係性を調べる。また、これらのウイルスを用いることでヒトの感染性胃腸炎の動物モデルの作出も検討する。

(4) 感染症発生動向調査で検出されたサポウイルスの解析・分離 (令和4年度～令和8年度)

2010年以降の感染性胃腸炎を対象とした感染症発生動向調査で検出されたサポウイルスの遺伝的特徴を解析することにより、病気を引き起こした下痢症ウイルスの特徴、変遷を明らかにする。

(5) 小児の急性呼吸器感染症におけるアデノウイルス動向およびゲノムの多様性 -三重県- 東海乳酸菌研究会研究助成 (令和6年度)

国内では、「感染症の予防及び感染症の患者に対する医療に関する法律」(感染症法)に基づいて様々な病原体のサーベイランスが実施されている。2020年以降の新型コロナウイルス(SARS-CoV-2)によるパンデミックの発生により、呼吸器系ウイルスのサーベイランスの重要性が再認識された。2023年5月には、新型コロナウイルス感染症の5類移行に伴い、防疫措置等が解除され、その後、夏季にはインフルエンザウイルスやRSウイルスなどの呼吸器感染症の増加がみられ、なかでも、2023年夏季以降は、アデノウイルスにより引き起こされる咽頭結膜熱の患者数が、過去10年で最多となった。そこで本調査研究では、三重県における呼吸器系症状を呈した患者から検出されたアデノウイルスの型別における流行状況と近年、国内外より報告されている遺伝子組換え型アデノウイルスの動向とウイルスゲノムの多様性を探ることを目的とする。

(6) 妊産婦および新生児における移行抗体を含む全年齢層におけるRSVウイルスに対する血清疫学調査 (令和5年度～令和7年度)

日本における全年齢層におけるRSV抗体保有率と妊産婦及び新生児における移行抗体価を把握し、今後のRSVワクチン接種戦略の基礎資料とする。2021年大流行前後の抗体保有率を評価する。

(7) RSウイルス感染症サーベイランスシステムの整備・流行動態解明および病態形成・重症化因子の解明に関する開発研究 (令和6年度～令和8年度)

世界保健機関(WHO)は、国際的なインフルエンザサーベイランスネットワークである世界インフルエンザ監視・対応システム(GISRS)の枠組みを利用して、RSVのグローバルサーベイランス活動を開始しており、RSVサーベイランスの国際的な協力が強く求められている。

そこで、症例定義に則って採取された検体を収集し、RSVグローバルサーベイランスでのウイルス検出の標準法であるリアルタイムRT-PCR法によるRSV検出を行い、国内での強固なRSVサーベイランス体制の構築を目指し、将来的に国内において検査陽性率を算出できるようなシステムを構築することを目的とする。

(8) 新型コロナウイルス感染症の積極的疫学調査 (令和2年度～)

本調査では、SARS-CoV-2ゲノム分子疫学解析により、国内流行ウイルスや海外流入ウイルスあるいは変異株における遺伝子的特徴とその動向を把握し変遷を明らかにする。

3) 衛生研究課

(1) 浴槽水のモノクロラミン消毒の普及に資する研究（令和5年度～令和7年度）

モノクロラミン消毒は、従来の遊離塩素消毒に代わる消毒方法のひとつで、高 pH 等の化学的特徴を有する一定の温泉水の消毒に有効とされている。しかしモノクロラミン消毒は、厚生労働省通知において遊離塩素に並ぶ浴用水の消毒方法として挙げられているものの、県内では未だ十分な普及が見られていない。

本研究では、個別の浴槽水を対象としてアンモニウムイオン等の消毒阻害成分の分析を行い、その結果をもとにした消毒法選択のための具体的提案も行うとともに、浴槽水に対するモノクロラミン消毒の効果試験を実施する。その結果をもとに、公衆浴場等の浴槽水における適切な消毒方法の選定を、技術的に支援するための指標化を試みる。

これらの情報発信と成果普及を通じて、公衆浴場の自主的な衛生管理の推進と、レジオネラ症をはじめとする健康被害の未然防止に資するものとする。

4) 資源循環研究課

(1) リサイクル材の環境リスク評価に関する調査研究（平成29年度～令和8年度）

廃棄物のリサイクルについては、廃棄物の性状に応じた適正な処理および使用用途のもと安全・安心が確保される必要があるが、リサイクルを装った不適正処理や安易なリサイクルが実施され、有害ガスや汚水が発生する等の周辺環境に影響をおよぼす事案も発生している。

本研究では、環境リスクを把握することが急務である廃棄物について、有害物質の溶出、有害ガスの発生等のおそれを調査し、潜在的な環境リスク評価を実施するとともに、有効利用方法の方向性を検討することを目的とする。

結果を廃棄物担当行政部局に提供することで、産業廃棄物処分業および産業廃棄物処理施設の許可の際の許可条件や指導事項の判断材料のひとつとなり、ひいては廃棄物の適正処理およびリサイクルの安全・安心の確保に貢献できる。

また、得られた研究成果等を事業者を提供し、提供した結果の利用状況や事業者の製品化の検討状況を聴き取り、必要な検査、調査を実施する。

(2) 再生品の環境安全性に関する調査研究（令和4年度～令和10年度）

「三重県循環型社会形成推進計画」の施策の一つである再生資源の適正な循環利用の促進に取り組むにあたっては、産業廃棄物の不適正な処分を防止しつつ、再生品の環境安全性を確保することが必要である。

本研究では、県内の産業廃棄物中間処理業者が産業廃棄物を再生材・再生資源として受入れ生産した再生品を対象として、再生品の製造時から利用中、廃棄時までの環境安全性を調査する。あわせて、再生資源の環境安全性と再生品製造に係る管理体制の調査を実施する。

結果を廃棄物担当行政部局に提供・共有して中間処理等の許認可や立入検査等に活用することで、再生品の環境安全性を確保し、資源の循環的利用の促進につなげる。

(3) 伊勢湾流入河川の流域別負荷量評価に関する調査研究（令和3年度～令和7年度）

閉鎖性海域である伊勢湾では、水質総量規制等様々な水環境保全対策により、赤潮発生件数は昭和50年代をピークに減少傾向にあるが、大規模な貧酸素水塊は現在も継続的に発生するなど、様々な問題・課題がある。また、伊勢湾では、窒素・りん等の栄養塩類の偏在に伴う栄養塩類の低下が、近年の海苔の色落ち等の生育不良につながっている可能性があるとして示されている。

「きれいで豊かな海」を目指す伊勢湾再生の取り組みとして、沿岸海域の水質に及ぼす影響を検証するため、陸域汚濁負荷の詳細な調査研究を実施する。

河川から流入する汚濁負荷を生物相への養分供給という観点から、季節変動の把握を念頭に三重県側の局所的な伊勢湾沿岸部への河川の汚濁負荷量を把握し、検証する。

(4) 地方公共団体環境研究機関等と国立環境研究所との共同研究 (Ⅱ型研究)

「廃棄物最終処分場の廃止判断と適正な跡地利用に資する多面的評価手法の適用に関する検討」(令和5年度～令和7年度)

廃棄物最終処分場廃止に係る検査および判断に関して地方環境研究所が有する知見の共有と、横断的な支援を可能にするネットワーク形成を図る。また、知見をもとに最終処分場の現場特異性と跡地の利用を考慮したうえで科学的かつ総合的に、廃止に関する評価手法を構築することを目的とする。

(5) 地方公共団体環境研究機関等と国立環境研究所との共同研究 (Ⅱ型研究)

「河川プラスチックごみの排出実態把握と排出抑制対策に資する研究」 (令和3年度～令和5年度)

海洋プラスチックごみは陸域から河川を通じた海洋流出が主要なルートと考えられるものの、陸域から河川におけるプラスチックごみ調査研究例は少ない。従って、河川プラスチックごみに関する調査研究は、海洋プラスチックごみに関連する現状把握やその削減に向けた取組の一環として進めるべき重要な課題である。

河川プラスチック及び河川敷・海岸漂着プラスチックといった河川プラスチックごみの調査研究を実施し、調査技術の向上や共通化を図りつつ、河川プラスチックごみの排出実態に関する基礎的な知見を得る。また、排出源の把握及び3R活動や回収対策等の排出抑制効果の検証に資するモニタリングのあり方を検討・提案する。

5) 環境研究課

(1) 自動同定定量システムを活用した災害時に流出が想定される化学汚染物質の把握に関する研究 (令和5年度～令和7年度)

災害時等に流出する化学物質は、生活環境に悪影響を起す可能性があるため、災害時等には可能な限り迅速に多種の化学物質を測定する必要がある。そのため、流出が想定される物質について日頃から把握し、災害時のスクリーニングに備えておくことは、迅速・精確なリスク判断を可能とし、周辺住民の安心感の醸成に寄与するとともに、流出事故時の対応の効率化にもつながる。そこで、本研究では、県内中小企業から流出が想定される化学汚染物質について情報収集し、そのうちGC-MSで測定可能な物質について、自動同定定量システム(AIQS)へ検量線やスペクトル等のデータベース登録を行う。作成したデータベースを活用することにより、流出時の化学物質のスクリーニングを可能とし、迅速な事故対応に備えることを目的とする。

(2) 地方公共団体環境研究機関等と国立環境研究所との共同研究 (Ⅱ型研究)

「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」 (令和4年度～令和6年度)

光化学オキシダント(以下「Ox」とする。)はNO_xやVOC等の対策にもかかわらず、依然として全国的に改善傾向がみられていない。また、PM_{2.5}に関しては高濃度事象の減少や環境基準達成率の向上は認められるが、一部地域においては基準の達成ができていない状況である。本研究では、これまでに実施した共同研究で取得してきた膨大なデータの利活用を図り、気候変動や越境汚染などを視野に入れた各地域の大気汚染物質の高濃度化要因の解明、統計モデルを用い、前駆物質の排出量の変化による大気汚染物質濃度の傾向をより正確に評価することを目指す。解析等は①統計モデルを使用したOxの評価、②各地域におけるOx高濃度化因子の解明、③PM_{2.5}データの長期的解析の3つの内容に分かれ、国立環境研究所と地方環境研究所等がそれぞれ役割分担して研究を進めている。(共同研究機関：国立研究開発法人国立環境研究所、地方環境研究機関、大学等)

(3) 地方公共団体環境研究機関等と国立環境研究所との共同研究（Ⅱ型研究）

「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」

(令和4年度～令和6年度)

本研究は、事故・災害時等の緊急調査を想定し、初動時スクリーニングに有効な GC/MS による全自動同定定量データベースシステム（AIQS-DB）の構築と、地方環境研究所等への実践的な普及を目的とする。2019～2021 年度に共同研究参加機関への普及を図ってきた中で、汎用化の過程で生じたデータベースにおける保持指標のずれの補正が課題として挙げられた。また、単なる化学測定手法である本法を、実際の災害や日常業務の中で利用するための総合的な方法論の確立と平時データの蓄積も次なる課題として認識される段階になった。前共同研究を発展的に継続し、実際の災害時に活用可能な緊急環境調査の方法論を開発する。（共同研究機関：国立研究開発法人国立環境研究所，地方環境研究機関等）

2. 2 試験検査

1) 微生物研究課

(1) 行政検査

医療保健部関係の依頼により、感染症発生動向調査事業、感染症流行予測事業及び感染症法に基づく病原微生物の分離・検出、同定、分子疫学マーカーとなるVNTR等のDNA検査や、養殖魚、鶏卵、蜂蜜の残留抗生物質検査を行った。

① 感染症発生動向調査事業

感染症の発生予防や蔓延防止対策の推進及び医療機関における適切な医療に寄与することを目的としたこの病原体等の検査は、県内の検査定点医療機関等で採取された呼吸器由来検体（唾液、鼻咽頭拭い液、咽頭拭い液、鼻汁等）および糞便、髄液、尿、全血、痂皮等からウイルスや細菌を検出するとともに急性期と回復期の血清を用いて検出された微生物に対する抗体価を測定した。検査対象は、新型コロナウイルス、インフルエンザ、感染性胃腸炎、日本紅斑熱、カルバペネム耐性腸内細菌目細菌感染症、手足口病、ヘルパンギーナ、重症熱性血症減少症候群等である。2023年1月から12月までに県内の病原体検査定点等医療機関から患者6,037人の検査依頼（6,318検体）があった。主な分離・検出病原体は、新型コロナウイルス、インフルエンザウイルス（AH3型）、日本紅斑熱リケッチア、インフルエンザウイルス（AH1pdm09型）、カルバペネマーゼ産生腸内細菌科細菌（CPE）、アデノウイルス3型、アデノウイルス2型、ライノウイルス等であった（表1）。

表1 感染症発生動向調査事業病原体等検査（新型コロナウイルス行政依頼検査含む）

検体名	検体数	主な検出病原体等	検出症例数
鼻咽頭拭い液	4,117	新型コロナウイルス	683
唾液	1,448	インフルエンザウイルス（AH3型）	75
血清	141	日本紅斑熱リケッチア	56
全血	135	インフルエンザウイルス（AH1pdm09型）	21
鼻汁	118	カルバペネマーゼ産生腸内細菌科細菌（CPE）	16
糞便	101	アデノウイルス3型	14
咽頭拭い液	110	アデノウイルス2型	12
皮膚病巣	65	ライノウイルス	12
その他 （鼻腔拭い液、髄液、菌株、尿、直腸拭い、血漿）	83	その他 ノロウイルス（GII.P16-GII.2）、ノロウイルス（GII.P31-GII.4）、コクサッキーウイルス（CA2）、コクサッキーウイルス（CA10）、（RSウイルス、HHV6等）	124
計	6,318		1,013

② 感染症流行予測事業

日本脳炎（感受性・感染源調査）、風疹、麻疹、インフルエンザ感受性調査ならびに新型インフルエンザ感染源調査を実施した。日本脳炎感染源調査については、2023年7～9月まで、三重県南勢地域で飼育された6ヵ月齢の肉豚（計80頭）の血液を松阪食肉公社で採取し、血清中のHI抗体を測定した。調査期間中のHI抗体保有豚は80頭中17頭であった。そのうち抗体価40倍以上については2-Mercaptoethanol（2-ME）感受性抗体の有無を確認しているが、抗体価40倍以上となった17頭について調べ5頭から検出された。日本脳炎、風疹、麻疹、インフルエンザ感受性調査については、2023年4月から9月に県内医療機関等で採血された血清（計372人）を用いて、日本脳炎は中和抗体、風疹、インフルエンザはHI抗体、麻疹はPA抗体価の測定を実施した。各々の抗体保有率は、日本脳炎63.4%、風疹92.7%、麻疹99.2%であった。インフルエンザはA/ビクトリア/4897/2022（A/H1N1pdm2009）8.1%、A/ダーウイン/9/2021（A/H3N2）29.3%、B/オーストラリア/1359417/2021（ビクトリア系統）23.4%、B/プーケット/3073/2013（山形系統）55.1%であった。

③ 感染症等対策事業

県内で発生した3類感染症の病原菌を感染症に対する防疫の見地から、感染症の予防及び感染症の患者に対する医療に関する法律に基づき、チフス菌、志賀毒素産生性大腸菌について遺伝子解析を実施するため2023年度は、腸管出血性大腸菌59株、チフス菌1株を国立感染症研究所に送付した。

④ 養殖魚、牛乳、鶏卵、はちみつ及び食肉の残留抗生物質検査

β -ラクタム、アミノグリコシド、マクロライド及びテトラサイクリン系の抗生物質について指標菌によるバイオアッセイ法により実施した。検査対象はタイ、ハマチ等の養殖魚20 検体、はちみつ 4 検体、鶏卵 12検体、牛乳7 検体、食肉10検体の合計53検体で、検査結果は全て陰性であった。

⑤ 結核菌分子疫学解析事業

結核に関する特定感染症予防指針に基づき、結核病床を有する医療機関（伊勢赤十字病院・三重中央医療センター）で新たに発生した結核患者から分離された結核菌について感染源、感染経路等を解明し結核の感染予防につなげるため、VNTR（Variable Numbers of Tandem Repeats）法による分子疫学的解析を実施した。

2023年度においては、当所に搬入された結核菌株もしくは抽出した核酸28件についてVNTR法による分子疫学的解析を実施した。結果、24領域の解析で新たに1種類のクラスターを確認した。

2) 衛生研究課

(1) 一般依頼試験

令和5年度の県民、事業者及び市町等からの一般依頼検査は、以下に示すとおりである。

① 地下水、水道水、温泉水、一般飲料水等試験

県民、事業者等からの依頼により、地下水等の水質について試験を行った。その結果は表1のとおりであった。

表 1 水等の依頼検査数

依頼品目	検体数	項目数
温泉付随ガス	1	1
鉱泉分析	2	—
鉱泉分析（飲用）	—	—
その他	—	—
計	3	—

② 薬品等試験

県内の他検査機関で対応できない、医薬品の日本薬局方適否試験4検体（計32項目）の検査を行った。

(2) 行政検査

① 食品衛生行政検査

食品の衛生と安全性を確保するため、食品衛生法等に基づき食品衛生行政検査を実施した。

食品衛生行政検査では、食品添加物、残留農薬、残留動物用医薬品、アレルギー物質等の検査を行っている。令和5年度は延べ491検体（9,485項目）について検査を実施した。

表 2 食品衛生行政検査結果

検査項目名	検体数	試験項目数	不適合数*
食品添加物			
品質保持剤：プロピレングリコール	3	3	0
保存料：ソルビン酸等9項目	31	279	0

防かび剤：イマザリル等4項目	14	56	0
酸化防止剤：BHA等4項目	14	56	0
着色料：合成着色料	12	312	0
甘味料：サイクラミン酸等3項目	19	57	0
漂白剤：二酸化イオウ・亜硫酸塩類	14	14	0
発色剤：亜硝酸ナトリウム	19	19	0
農産物等の残留農薬			
103項目	64	6,592	0
有機塩素系農薬	7	35	0
有機リン系農薬	21	420	0
茶農薬	5	210	0
残留動物用医薬品			
養殖魚	20	280	0
鶏卵	14	182	2
輸入肉	10	160	0
国産肉	32	484	0
総アフラトキシン	12	48	0
蛍光物質	6	6	0
遺伝子組み換え食品			
大豆	6	18	0
とうもろこし	6	12	0
アレルギー物質			
乳	11	22	0
卵	11	22	0
小麦	11	22	0
そば	11	22	0
落花生	11	22	0
えび、かに	11	22	0
魚介類中の環境汚染物質			
有機スズ化合物	10	20	0
総水銀・PCB	4	8	0
麻痺性貝毒	82	82	—
計	491	9,485	2

*：違反疑いにより調査中のものを含む

② 薬務行政検査

医薬品等の品質、有効性及び安全性を確保するため、薬機法（医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律）に基づき収去された県内製造医薬品2検体、医薬部外品2検体の検査を行ったところ、規格に適合していた。

また、後発医薬品の品質確保対策として厚生労働省が品目を指定して行う検査において6検体の溶出試験を実施したところいずれも規格に適合していた。

健康食品等に医薬品成分を故意に配合した無承認無許可医薬品による健康被害が多数報告されていることから、このようなものが含有されていないか、薬務課で買い上げた製品（5検体）について試験（各6項目）を行ったところ、不適はなかった。

③ 大麻行政検査

三重県大麻栽培者監視指導要領に基づき収去された大麻草 400 検体について THC 含有量の検査を行った。

④ 医薬品等製造販売承認申請書の審査

薬機法に基づき、医薬品等製造販売承認申請書の規格及び試験方法等について35件の申請書の内容審査を行った。審査項目は、含量規格、性状、確認試験、示性値（pH）、定量法等であった。

⑤ 家庭用品行政検査

有害物質を含有する家庭用品の安全性を確保するため、有害物質を含有する家庭用品の規制に関する法律に基づき家庭用品試買検査を実施した。その結果は表3に示すとおり繊維製品22検体、かつら等接着剤5検体、家庭用エアゾル製品9検体、住宅用洗浄剤4検体の計40検体について検査を実施した。

表3 家庭用品試買検査結果

試験品目	検体数	検査項目
繊維製品	22	ホルムアルデヒド
かつら等接着剤	5	ホルムアルデヒド
家庭用エアゾル製品	9	メタノール
住宅用洗浄剤	4	塩化水素又は硫酸、水酸化ナトリウム又は水酸化カリウム 漏水試験、落下試験 耐酸性・耐アルカリ性試験 圧縮変形試験
40		

⑥ 温泉行政検査

温泉資源の保護の観点から、温泉法に基づく立入検査を実施し、源泉の成分変化の状況等の調査を行い、主要成分の成分分析を実施した。また、温泉の適正利用の観点から、県内の温泉利用施設を対象に調査を実施し、掲示内容が適切であるかの確認及び浴槽水の採水・分析を実施した。

・源泉調査

調査源泉数：10ヶ所

令和5年度温泉行政検査（源泉）実施要領等に基づき、鈴鹿地域防災事務所管内において源泉の調査を行った。

・温泉施設の浴槽水調査

調査施設数：13施設（1次調査）

令和5年度温泉利用施設の浴槽水質検査等実施要領に基づき、浴槽水の分析を行った。

⑦ 環境放射能測定調査

ア 環境放射能水準調査事業（原子力規制庁委託事業）

原子力の平和利用の推進及び放射線障害の防止を目的として、原子力規制庁の委託事業である環境放射能測定を実施した。令和5年度は表4に示した試料の放射能測定を行った。

表4 環境放射能測定の概要

測定種別	対 象	試料数	備 考
全β線測定	降水	108	降雨ごと（1mm以上）
空間線量率測定	—	連続測定	モニタリングポスト
γ線核種分析	降下物	12	1ヶ月間採取
	大気浮遊じん	4	3ヶ月周期でサンプリング
	陸水	2	河川水，蛇口水
	土壌	2	0-5cm，5-20cm
	穀類	1	精米
	農産物	4	茶，ほうれんそう，だいこん
	牛乳	1	生乳
	海産生物	3	まだい，はまぐり，わかめ

イ 核種分析装置精度管理

水1試料，模擬土壌2試料，粉末試料4試料の計7試料についてCd-109，Co-60，I-131，Cs-137，Mn-54，Ce-139等の放射性核種のγ線核種分析を行い，放射能測定の精度管理を行った。

ウ モニタリング強化

国内外における原子力関係事象発生時には，国の指示に従い環境放射能モニタリングの強化を行うこととなっている。令和5年度も福島第一原子力発電所事故への対応のため，サーベイメータによる空間放射線量率の監視強化を継続して実施した。

(3) 水道水質精度管理事業

県内の水道水質検査を行っている機関を対象にして，検査データの精確さの維持向上を図るため，水質外部精度管理及び内部精度管理を行った。令和5年度は，①色度 ②一般細菌 ③ナトリウム及びその化合物 ④クロロ酢酸の4項目について実施した。参加機関は，企業庁の5浄水場，厚生労働省登録分析機関の3機関，市町の5水質試験室，保健環境研究所の計14機関であった。

その結果，全体的に良好な結果であったが，外れ値として棄却された場合は，必要に応じて分析法の検討・改善を行った。

3) 資源循環研究課

(1) 公共用水域の常時監視

水質汚濁防止法第16条の規定により定められた「令和5年度三重県公共用水域及び地下水の水質測定計画」に基づき，県内主要河川の水質汚濁の状況を常時監視するため，県内36河川52地点の河川水の分析（延べ504検体5,133項目）を環境研究課と協力して実施した。

(2) 工場・事業場排水の検査

水質汚濁防止法及び三重県生活環境の保全に関する条例に基づく規制対象工場・事業場について，排水基準等の遵守状況を把握するための立入検査時に採取された検体の分析（延べ183検体，1,439項目）を実施した（環境研究課実施分含む）。

(3) 問題発生時における原因調査等

へい死魚の発生や水質汚濁事故・土壌汚染発生等に伴う原因究明調査等を実施している。令和5年度は，水質汚濁事故・土壌汚染（延べ13検体，50項目）に対応するための緊急時の検査を実施した（環境研究課実施分含む）。

(4) 産業廃棄物関連調査

環境共生局廃棄物監視・指導課が立入し採取した産業廃棄物・土砂等の分析（29 検体，526 項目），資源循環推進課が採取した認定リサイクル製品に係る分析（延べ 3 検体，3 項目）を実施した（環境研究課実施分含む）。

(5) 不法投棄等現場における迅速安全性確認事業

不法投棄等の現場において廃棄物・粉じん等の分析（廃棄物等 3 検体，21 項目，電子顕微鏡による粉じん等の分析 11 検体）を実施した。

(6) 伊勢湾広域総合水質調査

伊勢湾の水質汚濁の実態と総合的な水質汚濁防止対策の効果を把握するため，水質調査を次のとおり実施した。

調査地点：13 地点（表層水，底層水），調査回数：4 回／年，調査項目：DO，COD，全窒素，全リン等 15 項目

4) 環境研究課

(1) 法・条例に基づく規制対象工場・事業場の検査等

大気汚染防止法および三重県生活環境の保全に関する条例に基づくばい煙発生施設等を有する工場・事業場の立入検査を行い，ばいじん，水銀，有害物質，VOC について分析した。

また，他法令等に基づく規制対象工場・事業場の排出基準遵守状況を把握するための立入検査に伴う検体についてポリ塩化ビフェニル，農薬等の有害化学物質分析を行った。

① ばい煙発生施設等の検査

ばいじんについて 15 検体，水銀について 6 検体，有害物質について 45 検体（窒素酸化物 20 検体，塩化水素 9 検体，硫酸化合物 15 検体，ふっ素化合物 1 検体），VOC について 27 検体の測定を行った。

② 工場・事業場排水等の有害化学物質検査

ポリ塩化ビフェニル 4 検体，農薬（チウラム）4 検体，農薬（シマジン，チオベンカルブ）8 検体，有機リン化合物 3 検体の分析を行った。

(2) 公共用水域の常時監視

水質汚濁防止法第 16 条の規定により定められた「令和 5 年度三重県公共用水域及び地下水の水質測定計画」に基づき，県内主要河川の水質汚濁の状況を常時監視するため，県内 33 河川 43 地点の河川水の分析（152 検体，延べ 477 項目，分析項目：LAS 等生活環境項目，チウラム等健康項目およびオキシ銅等要監視項目）を実施した。

(3) 産業廃棄物等の調査

環境共生局廃棄物監視・指導課が立入し採取した土砂等の分析（17 検体，分析項目：PCB やチウラム等，延べ 69 項目）を実施した。

(4) アスベスト除去作業周辺モニタリング調査

大気汚染防止法に基づき，特定粉じん排出作業等（アスベスト建材を含む建造物等の取り壊しなど）に伴って発生するアスベスト繊維の敷地境界における環境濃度測定を行った。

調査作業所数：計 8 箇所

(5) 有害大気汚染物質モニタリング調査

大気汚染防止法の規定に基づき有害大気汚染物質（優先取組物質）について、県内4地点で毎月1回サンプリングを実施し、以下の項目について分析した。

ニッケル化合物、ヒ素及びその化合物、マンガン及びその化合物、クロム及びその化合物、ベリリウム及びその化合物、水銀及びその化合物、VOC11物質（ベンゼン等）、アセトアルデヒド、ホルムアルデヒド、ベンゾ[a]ピレン及び酸化エチレンの計21物質。

(6) 微小粒子状物質モニタリング調査

微小粒子状物質（PM_{2.5}）の県内の実態を把握するため、季節ごとに試料採取を行い、質量濃度及び内容成分（炭素成分、イオン成分及び無機元素成分等）の調査を実施した。

調査地点：川越、尾鷲（2地点） 調査回数：14日間×4回

調査項目：質量濃度、炭素成分、イオン成分、無機元素成分等

(7) 化学物質環境実態調査（環境省委託事業）

化学物質による環境汚染の未然防止を図るため、全国の地方公設環境研究機関等が参加し、環境中（水質、底質、大気、生物）における化学物質の濃度レベルを継続的に把握している。

令和5年度は、初期・詳細環境調査及びモニタリング調査として四日市港と鳥羽港の水質・底質試料及び四日市市内の大気試料のサンプリングを実施し、分析機関に提供した。また、当所は詳細環境調査の分析機関として、四日市港で採取した水質試料について、*p*-クロロフェノールの分析を実施した。

(8) NO_x簡易測定調査（環境省委託事業）

自動車NO_x・PM法に基づく対策地域内の、現況及び将来年度において二酸化窒素に係る環境基準の超過が予想される交差点等において、簡易測定を季節ごとに実施し、当該地点における状況を把握した。

調査地点：5交差点×4回 調査回数：1週間×4回 調査項目：窒素酸化物、二酸化窒素

2. 3 研修指導

1) 疫学研究課

年月日	内 容	対象者	人 員	場 所	担当職員
2023.8.1	公衆衛生実地修練	三重大学医学部学生	1名	保健環境研究所	浅井, 川合
10.2	新医師臨床研修	新任医師 (いなべ総合病院)	2名	保健環境研究所	浅井, 川合
11.8	新医師臨床研修	新任医師 (県立志摩病院)	1名	保健環境研究所	浅井, 川合
11.13	新医師臨床研修	新任医師 (桑名市総合医療センター, いなべ総合病院)	4名	保健環境研究所	浅井, 川合
2024.2.1	新医師臨床研修	新任医師 (県立志摩病院)	2名	保健環境研究所	浅井, 川合
2.7	新医師臨床研修	新任医師 (県立志摩病院)	1名	保健環境研究所	浅井, 川合
2.22	食中毒統計研修	食品衛生監視員	5名	三重県勤労者福祉会館	浅井

2) 微生物研究課・衛生研究課

年月日	内 容	対象者	人 員	場 所	担当職員
2023.6.21	JICA2023 年度「感染症サーベイランス能力強化トレーニング」	JICA (インドネシア)	約 15 名	保健環境研究所	矢野
10.30	温泉保護・管理研修会	温泉事業者, 温泉行政担当者	75名	北トピア	森
11.7	キャリアデザイン概論	信州大学学生, 教員	31名	信州大学	森
11.17	レジオネラ対策シンポジウム	入浴施設衛生管理担当者, 入浴施設メンテナンス等事業者	約 120 名	東京都健康プラザ online 併用	森
12.7	B C 災害・テロ対策	特殊災害課程受講生	約 15 名	消防学校	川合, 吉村

2024.1.30	節足動物媒介感染症 三重県における発生状況とリスク、予防法について	伊勢志摩国立公園エコツアーリズム推進協議会	約 15 名	三重県伊勢庁舎	楠原
2.28	レジオネラ症対策講習会	浴場関係事業者	約 70 名	くわなメディアライブ online 併用	森

3) 資源循環研究課

年月日	内 容	対象者	人 員	場 所	担当職員
2023.4.7	廃棄物監視・指導課員等オリエンテーション	行政担当者	15名	オンライン	柘植
5.11	水質担当者会議	行政担当者	10名	吉田山会館	森, 矢野
5.29	分析講習会	行政担当者	11名	保健環境研究所	全員

4) 環境研究課

年月日	内 容	対象者	人員	場 所	担当職員
2023.5.11	大気担当者会議	行政担当者	17名	吉田山会館	西川

2. 4 情報の収集・解析・提供

1) 三重県感染症情報センター（疫学研究課）

国の感染症発生動向調査事業実施要綱に基づき、県内すべての医療機関から直ちに届出される1類感染症～4類感染症（63疾患で、平成18年12月8日付で交付された感染症の予防及び感染症の患者に対する医療に関する法律（以下感染症法）の一部を改正する法律に基づき、平成19年4月1日から結核を含む）、県内すべての医療機関から7日以内に届出される5類感染症（24疾患、侵襲性髄膜炎菌感染症及び風疹・麻疹は、直ちに）、県内の指定届出機関（定点医療機関）から週単位で届出される5類感染症（18疾患）、月単位で届出される5類感染症（7疾患）、新型インフルエンザ等感染症（4疾患、令和3年2月13日から新型コロナウイルス感染症及び再興型コロナウイルス感染症は新型インフルエンザ等感染症に位置付けられた。新型コロナウイルス感染症（病原体がベータコロナウイルス属のコロナウイルス（令和2年1月に中華人民共和国から世界保健機関に対して、人に伝染する能力を有することが新たに報告されたものに限る。）であるものに限る。）は令和5年5月8日から5類感染症となり、週単位での届出となった。）の合計116種類の患者発生情報を収集・解析し、週報、月報、年報等として提供した。特に令和2年1月以降に発生した新型コロナウイルス感染症（後にCOVID-19）の流行に際しては、インフルエンザの混合流行に備えた県独自のインフルエンザ及びインフルエンザ以外の上気道炎の追加調査を行い、迅速な情報収集・解析・提供に努めた。

また、三重県独自の感染症発生動向調査事業として、小児科定点の協力によりマイコプラズマ肺炎、クラミジア肺炎の患者発生動向調査を平成15年1月から継続して実施するとともに、インフルエンザ/COVID-19定点及び小児科定点の協力により、前出の上気道炎の追加調査を引き継ぐ形で急性呼吸器感染症（ARI）サーベイランスを令和5年5月より行っている。サル痘は令和5年5月26日からエムボックスに名称変更された。

（1）患者情報の収集・解析

1～5類感染症等の116種類、三重県独自の小児科定点把握対象2疾患（マイコプラズマ肺炎、クラミジア肺炎）の患者発生情報等を収集し、厚生労働省（国立感染症研究所感染症疫学センター）にオンライン報告するとともに、これらのデータをエクセルデータに変換したのち、クロス集計、時系列解析、地理的解析等を行った。

（2）患者情報の提供

前記により収集・解析した感染症及び結核の患者情報、並びに当研究所微生物研究課による病原体検出情報を三重県感染症情報センターホームページで提供・公開するとともに、県・地区医師会（会員）、指定医療機関、一般医療機関等にeメールにより情報提供を行った。また、県医師会報（月刊誌）に情報投稿を行った。

（3）三重県感染症発生動向調査企画委員会の開催

感染症発生動向調査事業等の効果的・効率的な推進を図るため、令和5年6月及び11月に「三重県感染症発生動向調査企画委員会」を開催し（新型コロナウイルス感染症拡大防止対策を考慮しWeb開催）、令和4年～令和5年における感染症の患者発生状況及び病原体検出状況、並びに結核患者発生状況等の検討を行った。

2. 5 品質マネジメントシステム運用の経過と現状

当研究所食品衛生検査部門においては、食品衛生法に基づくGLP基準及びISO9002:1994版国際規格に適合する品質システムを構築し、平成12年12月22日付けで（財）日本品質保証機構（JQA）の認証登録を受けた。また、同月15日付けでISO9001:2000版の新規格が発効したため、平成13年4月からシステムの再構築に着手し、平成14年1月1日付けで新システムの運用を開始し、同年8月2日付けでISO9001:2000版規格に基づく移行認証登録を受けた。新システムは、①顧客重視、②

経営者のリーダーシップ, ③関係職員の参画, ④プロセスアプローチによる資源の運用管理, ⑤システムアプローチによるマネジメント, ⑥継続的なパフォーマンス改善, ⑦事実に基づく意思決定へのアプローチ, ⑧供給者との互惠関係の確保・維持の 8 原則を柱とし, PDCA (Plan-Do-Check-Action) サイクルを廻転させることにより継続的改善が図られるものである。

平成 20 年 11 月 15 日には, ISO9001:2008 版が発効された。2008 年改訂版の規格要求事項には基本的な変更はないが, 2000 年版の「要求事項の明確化」, 「公式解釈を必要とするような曖昧さの除去」, 「ISO14000 との整合性の向上」が行われた。本システムの品質方針は, 「適正で信頼性の高い食品衛生検査を通じて, 顧客の信頼と満足を得るとともに, 公衆衛生の向上に寄与する」であり, これを実現するため, 毎年度, 具体的な品質目標並びに品質目標値及び重点施策を策定し, 適切な品質活動と, 顧客重視の視点等からのシステムの継続的改善に取り組んできた。

なお, 平成 12 年度の認証以降平成 25 年度まで 6 月及び 12 月に定期 (継続) 審査を受け, 当所の ISO システムが基準に適合していることが, 確認できている。

このように認証から 13 年が経過し, 多くの経験とノウハウを蓄積することができたことで, 審査機関の介在がなくとも独自で運用が可能と判断し, 平成 26 年度に ISO9001 システムの認証の継続を終了した。

地方衛生研究所をはじめとする県の食品衛生検査機関では, 平成 10 年度からすべての食品検査について試験検査業務の適正管理運営基準 (GLP) に基づく検査を行っているが, ISO で培ったノウハウを維持させながら, GLP の内部監査を実施している。

また, 平成 24 年からは, PIC/S (医薬品査察協定及び医薬品査察協同スキーム) に係る公的認定試験検査機関として認定され, 試験検査委託先からの適合性調査 (毎年) を受けるとともに, 平成 28 年 2 月 17 日には PMDA (医薬品医療機器総合機構) の査察を受けた。

さらに, 感染症法 (感染症の予防及び感染症の患者に対する医療に関する法律) に基づく感染症の患者等の検体又は感染症の病原体の検査については, 検査の信頼性を確保するための実施体制等が規定され, 「検査施設における病原体等検査の業務管理要領」が平成 28 年 4 月 1 日より施行されることとなり, 平成 28 年度から外部精度管理事業に参加し精度管理に取り組み, さらに平成 30 年 4 月 2 日より「三重県保健環境研究所病原体等に検査に係る業務管理要綱」を作成し施行した。

このようにして, 食品衛生検査, 医薬品等における検査, 病原体等の検査を水平展開させ, 信頼性確保部門として精度管理に努め検査精度の維持・向上に繋げていくこととしている。

3 学会報告

3.1 微生物研究課

- 1) 楠原 一, 小林章人, 川合秀弘, 中井康博, 下尾貴弘: 三重県におけるダニ媒介感染症の発生動向とその特徴, 令和5年度獣医学術近畿地区学会 (2023.9.17 大阪府堺市).
- 2) 楠原 一, 小林章人, 川合秀弘, 福田美和, 岩出義人, 浅井隆治: 三重県における感染性胃腸炎患者検体からの下痢症関連ウイルス検出状況(2017~2023年現在), 第34回ウイルス性下痢症研究会学術集会 (2024.9.25 宮城県仙台市)
- 3) 矢野拓弥: 小児における季節性インフルエンザウイルス (A/H3N2) のHA遺伝子アミノ酸変異解析 (2022年11月~2023年4月) - 三重県.第55回日本小児呼吸器学会 (2023.10.7-8 兵庫県 ハイブリット開催) .
- 4) 楠原 一, 中瀬真治¹⁾, 金原伸一¹⁾, 平野 均¹⁾, 宇野智行²⁾, 原 康之²⁾, 下村孝枝³⁾, 紀平由起子⁴⁾, 田辺正樹⁵⁾, 谷口清州⁶⁾, 黒澤克樹⁷⁾, 駒瀬勝啓⁷⁾, 神谷 元⁷⁾: 特定の新型コロナウイルス感染症集団事例を対象とした血清学的調査— ローレスポンダーの存在とワクチン接種の影響 —, 第27回日本ワクチン学会・第64回日本臨床ウイルス学会合同学術集会 (2023.10.21-22 静岡県静岡市). 1)三重県厚生連 鈴鹿厚生病院, 2)三重県医療保健部, 3)三重県伊勢保健所 健康増進課, 4)三重県津保健所保健衛生室, 5)三重大学附属病院 感染制御部, 6)国立病院機構 三重病院, 7)国立感染症研究所 感染症疫学センター
- 5) 矢野拓弥: 三重県における SARS-CoV-2 (デルタ株) の遺伝子変異および欠損について, 第82回日本公衆衛生学会 (2023.10.31-11.2 茨城県つくば市) .
- 6) 矢野拓弥, 下尾貴宏: A/H3N2 インフルエンザウイルスにおける Hemagglutinin 遺伝子解析によるアミノ酸変異の変遷について (2014/15~2022/23 シーズン) , 第53回東海乳酸菌研究会研究報告会 (2024.2.1 名古屋市) .
- 7) 小林章人: 三重県における令和5年食中毒発生状況及び腸管系病原細菌検出状況, 地方衛生研究所全国協議会東海・北陸支部微生物部会 (2024.3.7-8 名古屋市) .
- 8) 矢野拓弥: 三重県におけるインフルエンザの流行状況 (2023/24 シーズン), 地方衛生研究所

協議会東海・北陸支部微生物部会 (2024.3.7-8 名古屋市) .

- 9) 楠原 一: 2023年感染症発生動向調査結果について, 地方衛生研究所全国協議会東海・北陸支部微生物部会 (2024.3.7-8 愛知県名古屋市) .

3.2 衛生研究課

- 1) 森 康則, 中村 毅¹⁾, 大村浩一郎¹⁾, 坂口俊二¹⁾, 山口 智¹⁾, 堀内孝彦¹⁾, 上岡洋晴¹⁾: COVID-19パンデミックにおける全国の医療従事者の温泉利用などの行動制限と健康感・負担感の変化, 第88回日本温泉気候物理医学会総会・学術集会 (2023.5.13-14 大分県) .
 - 1) 日本温泉気候物理医学会学術委員会
- 2) 坂口俊二¹⁾, 山口 智¹⁾, 上岡洋晴¹⁾, 堀内孝彦¹⁾, 大村浩一郎¹⁾, 中村 毅¹⁾, 森 康則, 金子泰久²⁾, 菊池友和²⁾, 藤田洋輔²⁾: 長距離ランナーにおける入浴習慣および鍼灸に関する調査研究, 第88回日本温泉気候物理医学会総会・学術集会 (2023.5.13-14 大分県) .
 - 1) 日本温泉気候物理医学会学術委員会, 2) 全日本鍼灸学会
- 3) 大村浩一郎¹⁾, 堀内孝彦¹⁾, 坂口俊二¹⁾, 山口 智¹⁾, 中村 毅¹⁾, 森 康則, 上岡洋晴¹⁾: 温泉療法が保険診療の候補になる疾患のレビュー— リウマチ性疾患に対するランダム化比較試験に基づいて —, 第88回日本温泉気候物理医学会総会・学術集会 (2023.5.13-14 大分県) .
 - 1) 日本温泉気候物理医学会学術委員会
- 4) 水谷真康¹⁾, 野呂賢汰¹⁾, 島崎博也²⁾, 森 康則, 美和千尋²⁾, 山本航成¹⁾, 中村 毅¹⁾, 出口 晃¹⁾, 川村直人¹⁾: 浴槽の出入りに影響する因子の検討, 第88回日本温泉気候物理医学会総会・学術集会 (2023.5.13-14 大分県) .
 - 1) 小山田記念温泉病院, 2) 鈴鹿医療科学大学
- 5) 山本航成¹⁾, 水谷真康¹⁾, 野呂賢汰¹⁾, 島崎博也²⁾, 美和千尋²⁾, 森 康則, 中村 毅¹⁾, 出口 晃¹⁾, 川村直人¹⁾: 入浴動作練習および補助具の提案を行い自宅入浴が自立した一症例, 第88回日本温泉気候物理医学会総会・学術集会 (2023.5.13-14 大分県) .
 - 1) 小山田記念温泉病院, 2) 鈴鹿医療科学大学
- 6) 森 康則, 永井佑樹, 佐藤大輝, 豊田真由美, 亀山有貴, 谷本健吾, 小林章人, 吉村英基, 泉山信司¹⁾: 高アルカリ温泉水中のモノクロラミンと遊離塩素による *Mycobacterium phlei* と枯草菌、大腸菌の

消毒効果の比較, 日本温泉科学会第76回大会 (2023.9.4-6 山口県) .

1) 国立感染症研究所

7) 森 康則, 高橋孝行¹⁾: 温泉法登録分析機関を対象とした温泉成分分析法の全国調査, 日本温泉科学会第76回大会 (2023.9.4-6 山口県) .

1) 日本温泉科学会 温泉分析法研究会

8) 亀山有貴, 林 克弘, 足尾大樹¹⁾, 吉村英基, 川合秀弘, 下尾貴宏: ゼリー飲料からの品質保持剤検出事例に関する検討, 第56回東海薬剤師学術大会 (2023.12.3) .

1) 津保健所

3. 3 環境研究課

1) 中山 崇¹⁾, 宮脇 崇²⁾, 加藤みか³⁾, 伊藤朋子⁴⁾, 門上希和夫²⁾, 中島大介¹⁾, II型共同研究機関※: AIQS-GC での正確な保持時間予測手法の開発, 環境化学物質 3 学会合同大会 (2023. 5. 30-6. 2) .

1) 国立環境研究所, 2) 北九州市立大学, 3) 東京都環境科学研究所, 4) 岩手県環境保健研究所, ※ 参加機関 計 46 機関

※ただし、下線の発表者の所属は三重県保健環境研究所

4 他誌掲載論文

4. 1 微生物研究課

1) SARS-CoV-2 の分子疫学解析

矢野拓弥¹⁾

¹⁾三重県保健環境研究所

臨床と微生物 **51**(2), 170-176, (2024)

【要旨】

新型コロナウイルス感染症のパンデミック以降、全国の地方衛生研究所において次世代シーケンサーの導入が進み、国内の行政検査における SARS-CoV-2 のゲノムサーベイランスは急速に進展した。国内における病原体ゲノムサーベイランス体制は、従来、病原体ゲノム情報がリアルタイムに利活用された事例は限定的で、後日、研究レベルで実態解明が報告されることが多かった。COVID-19 パンデミック以降は、本体制は飛躍的な発展を遂げ、今回の COVID-19 パンデミックで培った病原体ゲノムサーベイランスは、今後、様々な感染症領域の公衆衛生対策の促進のための一翼を担うことが期待されている。COVID-19 は 2023 年 5 月に 5 類感染症へ移行したが、流行は依然として持続しており、今後においても、個々の感染防止対策を基本軸とし、引き続き、我々、地衛研は COVID-19 に限らず、あらゆる感染症について、ゲノムサーベイランスを活用した公衆衛生上のリスク把握に努めることが重要である。

2) 麻疹の抗体保有状況-2022 年度感染症流行予測調査（暫定結果）

大槻紀之¹⁾ 菊池風花¹⁾, 林 愛¹⁾, 新井 智¹⁾, 神谷 元¹⁾, 鈴木 基¹⁾, 矢野拓弥²⁾ (感染症流行予測調査事業麻疹調査グループ)

¹⁾国立感染症研究所, ²⁾三重県保健環境研究所

病原微生物検出情報誌, **44**, 140-142, (2023)

【要旨】

2022 年度の年齢群別麻疹抗体保有状況は麻疹抗体陽性と判断される 1:16 以上の PA 抗体保有率は、全体で 96.2% (4,988/5,185 名) であった。年齢群別にみると、ほとんどが 95%以上の抗体保有率を有していたが、0~5 か月 (55.6%), 6~11 か月 (8.6%), 1 歳 (77.2%), 5 歳 (91.2%), 17 歳 (93.9%), 69 歳 (90.0%) が 95%未満であった。加えて、発症予防の目安とされる PA 抗体価 1:128 以上の抗体保有率をみると、全体で 85.7% (4,442/5,185 名) であった。

3) 2022 年度感染症流行予測調査におけるインフルエンザ予防接種状況および抗体保有状況 (2023 年 4 月現在)

渡邊真治¹⁾, 長谷川秀樹¹⁾, 菊池風花¹⁾, 林 愛¹⁾, 北本理恵¹⁾, 新井 智¹⁾, 神谷 元¹⁾, 鈴木 基¹⁾, 矢野拓弥²⁾ (感染症流行予測調査事業インフルエンザ調査グループ)

¹⁾国立感染症研究所, ²⁾三重県保健環境研究所

病原微生物検出情報誌, **44**, 176-179, (2023)

【要旨】

A (H1N1) pdm09 亜型に対する抗体保有割合は前年と同様の傾向を示し、60 歳以上の年齢群での低下が著しかった。最も保有割合の高い年齢群は 10~14 歳で 38.0%, それ以上の年齢群では 50~54 歳まで右肩下がり減少した。A (H3N2) 亜型に対する抗体保有割合は、過去 3 年間では 10 代後半~20 代後半にピークを示していたのに対し、2022 年度は 5~29 歳の年齢群で 40%未満とほぼ横ばいで、この年齢群の低い抗体保有割合が示された。B 型 (山形系統) に対する抗体保有割合は過去 3 年間と同様の傾向を示したが、全体的に若干低い傾向にあった。年齢群別では 30~34 歳 (72.5%) と 55~59 歳 (41.6%) の二峰性のピークを示した。B 型 (Victoria 系統) に対する抗体保有割合は過去 3 年間と比較して低い傾向にあり、特に 40~49 歳では前年度から 30 ポイント以上の低下が認められた。49 歳以下では約 10%以下の保有割合で推移しており、最も保有割合が高かった 55~59 歳でも

23.9%であった。60歳以上の保有割合は過去3年間と同等であったが、約20%以下と低い保有割合であった。

4) 2022年度風疹予防接種状況および抗体保有状況—2022年度感染症流行予測調査(暫定結果)

森 嘉生¹⁾, 坂田真史¹⁾, 竹田 誠¹⁾, 長谷川秀樹¹⁾, 梁 明秀¹⁾, 林 愛¹⁾, 菊池風花¹⁾, 新井 智¹⁾, 神谷 元¹⁾, 鈴木 基¹⁾, 矢野拓弥²⁾ (感染症流行予測調査事業風疹調査グループ)

¹⁾国立感染症研究所, ²⁾三重県保健環境研究所

病原微生物検出情報誌, **45**, 57-59, (2024)

【要旨】

2022年度の感染症流行予測調査事業(風疹)における年齢別の抗体価1:8以上の抗体保有割合は、生後0~5か月で50%、生後6~11か月で7%、1歳で77%であった。2歳以上の年齢・年齢群では、おおむね90%以上であった。男女別に比較をすると、女性では2~69歳の年齢・年齢群において、おおむね90%以上(80-100%)であった。男性では40~69歳の年齢群で90%を下回り、40~44歳群で89%、45~49歳群で87%、50~54歳群で85%、55~59歳群で87%と、女性に比べて低かった。

5) 1972~2022年度の感染症流行予測調査事業の風疹抗体価のデータを用いた風しん含有ワクチン接種スケジュールとの抗体保有状況の関連性の比較

森 嘉生¹⁾, 坂田真史¹⁾, 竹田 誠¹⁾, 長谷川秀樹¹⁾, 梁 明秀¹⁾, 林 愛¹⁾, 菊池風花¹⁾, 新井 智¹⁾, 神谷 元¹⁾, 鈴木 基¹⁾, 矢野拓弥²⁾ (感染症流行予測調査事業風疹調査グループ)

¹⁾国立感染症研究所, ²⁾三重県保健環境研究所

病原微生物検出情報誌, **45**, 65-68, (2024)

【要旨】

1972~2022年度の感染症流行予測調査で得られた、延べ155,964名の抗風疹赤血球凝集抑制抗体の保有状況のデータを用いた。出生時期別の抗体保有状況の比較では、男性では男女に定期接種機会がなかった世代よりも、中学生女子にのみ接種機会が提供されていた出生集団(1962年4月~1979年3月)の方が、抗体保有率は低く、一方で、女性では、接種機会が提供された出生集団では、90%を超える抗体保有率が維持されていた。

6) An interlaboratory study on the detection method for *Escherichia albertii* in food using real time PCR assay and selective agars

Sakura A¹⁾, Shouhei H¹⁾, Keita Y²⁾, Yuka K³⁾, Satoko Y⁴⁾, Takuya Y⁵⁾, Norihisa M⁶⁾, Akihito K⁷⁾, Naoto T⁸⁾, Takayuki K⁹⁾, Yuki T¹⁰⁾, Nozomi S¹¹⁾, Noriko K¹²⁾, Yukiko Hara-Kudo¹⁾¹³⁾,

1) Division of Microbiology, National Institute of Health Sciences 2) Department of Microbiology, Yamanashi Institute of Public Health and Environment 3) Division of Microbiology, Kawasaki City Institute for Public Health 4) Miyagi Prefectural Institute of Public Health and Environment 5) Research Institute for Environmental Sciences and Public Health of Iwate Prefecture 6) Fukuoka City Institute of Health and Environment 7) Division of Microbiology, Mie Prefecture Health and Environment Research Institute 8) Shizuoka City Institute of Environmental Sciences and Public Health 9) Akita Prefectural Research Center for Public Health and Environment 10) Utsunomiya City Institute of Public Health and Environment 11) Saitama Institute of Public Health 12) Department of Microbiology, Tokyo Metropolitan Institute of Public Health 13) Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

Int. J. Food Microbiol, **414**, 110616(2024)

【Abstract】

Escherichia albertii is an emerging enteropathogen. Although *E. albertii*-specific detection and isolation methods have been developed, their efficiency on food samples have not yet been systematically studied. To establish a series of effective methods for detecting *E. albertii* in food, an interlaboratory study was conducted in 11 laboratories using enrichment with modified *E. coli* broth supplemented with cefixime and tellurite (CT-mEC),

real-time PCR assay, and plating on four kinds of selective agars. This study focused on the detection efficiency of an *E. albertii*-specific real-time PCR assay (EA-rtPCR) and plating on deoxycholate hydrogen sulfide lactose agar (DHL), MacConkey agar (MAC), DHL supplemented with rhamnose and xylose (RX-DHL), and MAC supplemented with rhamnose and xylose (RX-MAC). Chicken and bean sprout samples were inoculated with *E. albertii* either at 17.7 CFU/25 g (low inoculation level) or 88.5 CFU/25 g (high inoculation level), and uninoculated samples were used as controls. The sensitivity of EA-rtPCR was 1.000 for chicken and bean sprout samples inoculated with *E. albertii* at low and high inoculation levels. The Ct values of bean sprout samples were higher than those of the chicken samples. Analysis of microbial distribution by 16S rRNA gene amplicon sequencing in enriched cultures of bean sprout samples showed that approximately >96 % of the population comprised unidentified genus of family *Enterobacteriaceae* and genus *Acinetobacter* in samples which *E. albertii* was not isolated. The sensitivity of the plating methods for chicken and bean sprout samples inoculated with a high inoculation level of *E. albertii* was 1.000 and 0.848–0.970, respectively. The sensitivity of the plating methods for chicken and bean sprout samples inoculated with a low inoculation level of *E. albertii* was 0.939–1.000 and 0.515–0.727, respectively. The *E. albertii*-positive rate in all colonies isolated in this study was 89–90 % in RX-DHL and RX-MAC, and 64 and 44 % in DHL and MAC, respectively. Therefore, the sensitivity of RX-supplemented agar was higher than that of the agars without these sugars. Using a combination of enrichment in CT-mEC and *E. albertii* isolation on selective agars supplemented with RX, *E. albertii* at an inoculation level of over 17.5 CFU/25 g of food was detected with a sensitivity of 1.000 and 0.667–0.727 in chicken and bean sprouts, respectively. Therefore, screening for *E. albertii*-specific genes using EA-rtPCR followed by isolation with RX-DHL or RX-MAC is an efficient method for *E. albertii* detection in food.

7) 三重県におけるダニ媒介感染症の発生動向とその特徴

楠原 一, 小林章人, 川合秀弘, 下尾貴弘, 中井康博
三重県保健環境研究所
三重県獣医師会報しろちどり, **40**, 36-38 (2024) .

【要旨】

三重県におけるダニ媒介感染症の疫学的特徴を明らかにするため、重症熱性血小板減少症候群 (SFTS) と日本紅斑熱およびつつがむし病の流行状況を比較した。いずれの疾患も患者の多くはハイリスク群と考えられる高齢者であった。しかし、SFTS と日本紅斑熱は4～10月に伊勢志摩地域を中心とした県南部で発生しているのに対して、つつがむし病は11月に主に北勢地域で発生しており、それぞれの推定感染地域には多くのホットスポットが存在すると考えられた。その裏付けとしてダニの調査によるリスク評価に加えて、最近報告されている新興ダニ媒介感染症を含めたサーベイランス体制の強化が必要である。

8) 三重県におけるサポウイルスとノロウイルスの検出状況 (2017～2022年)

楠原 一, 小林章人, 北浦伸浩, 小掠剛寛, 岩出義人, 浅井隆治, 川合秀弘, 中井康博
三重県保健環境研究所
病原微生物検出情報 **44**, 62-64 (2023)

【要旨】

2017～2022年に搬入された感染性胃腸炎の検体703検体中96検体(13.7%)からサポウイルスが、142検体(20.2%)からNoVが検出された。サポウイルスの遺伝子型別の割合は、GI.1が39.6%(n=38)で最も多く、次いでGII.3が19.8%(n=19), GII.1が15.6%(n=15), GI.3が7.3%(n=7), GI.2とGII.2が各5.2%(n=5), GII.5とGV.1が各3.1%(n=3), GIV.1が1.0%(n=1)の順であった。一方、ノロウイルスの遺伝子型別の割合は、GII.4が56.7%(n=81)で最も多く、次いでGII.2が23.8%(n=34), GI.2とGII.3が各4.9%(n=7), GI.3が2.8%(n=4), GII.6が2.1%(n=3), GI.7とGII.17が各1.4%(n=2), GI.4が0.7%(n=1), GIIの型別不能が1.4%(n=2)の順であった。シーズン別の集計により、三重県におけるサポウイルスを原因とする感

染性胃腸炎は、GI.1 を中心に多様な遺伝子型株が関与しており、ノロウイルスを原因とする感染性胃腸炎と比較すると隔シーズンで同等以上に流行していたことが明らかとなった。

4. 2 衛生研究課

1) COVID-19 パンデミックにおける全国の医療従事者の温泉利用をはじめとする行動制限と健康感および負担感の経時変化

森 康則¹⁾²⁾, 中村 毅¹⁾, 大村浩一郎¹⁾, 坂口俊二¹⁾, 山口 智¹⁾, 堀内孝彦¹⁾, 上岡洋晴¹⁾

¹⁾日本温泉気候物理医学会 学術委員会, ²⁾三重県保健環境研究所

日本温泉気候物理医学会雑誌, **86**, 62-70 (2023)

【要旨】

国内外を脅かしたCOVID-19のパンデミックを機に、医師だけでなく、看護師、理学療法士、作業療法士等のコメディカルをはじめとする医療従事者に対して、非常に多くの社会的注目が集まることとなった。日本温泉気候物理医学会学術委員会では、このパンデミックにおかれた医療従事者の実態を、本学会の視点から、後世に記録する必要があると考えた。具体的には、医療従事者のCOVID-19に関連する患者対応やその業務内容が、温泉利用をはじめとする行動制限や主観的健康感、主観的負担感にどのような変化を与えたかの経時的な実態の把握を試みるものである。温泉療法医会の支援により、全国の医療機関や介護施設で勤務する医療職、介護職等を対象に研究協力を呼びかけた結果、N=754のデータを得ることができた。このデータを使って、統計解析を行った結果、業務上のCOVID-19患者の対応がある医療従事者らが、非対応の一般群に比べて、温泉旅行などの行動制限を強く受けていただけでなく、「気分」の低下、「身体的負担感」の増大を感じていたことが明らかになった。また、医師、看護師をはじめとする医療職と、介護福祉士をはじめとする介護職や、事務作業を行う一般職と群間比較を行ったところ、医療職が最も温泉旅行などの行動制限を受けており、他の職種に比べて「不安感」、「緊張感」、「ストレス感」、「身体的負担感」、「精神的負担感」を強く感じていたことがわかった。さらに、病院や診療所などの医療機関と、特別養護老人ホームなどの介護施設、一般施設といった勤務施設別に比較したところ、医療施設で勤務するの方が、「緊張感」や「ストレス感」、「身体的負担感」、「精神的負担感」を強く感じていたことが示された。以上のことから、COVID-19影響下で、全ての人に全体的に様々な負担や影響がある中、特に医療機関で勤務するCOVID-19患者に対応してきた医療職が、精神的な閉塞感から、健康感の低下、心身の負担感の増加を感じている実状が明確に示された。

2) Effects of Monochloramine and Free Chlorine Disinfection on Alkaline Hot Spring Water as Shown by Inactivation Experiments with *Mycobacterium phlei*, *Bacillus subtilis*, and *Escherichia coli*

Yasunori M^{1,2)}, Yuki N¹⁾, Daiki S¹⁾, Mayumi T¹⁾, Yuki K¹⁾, Kengo T¹⁾, Akihito K¹⁾, Hideki Y¹⁾ and Shinji I³⁾

¹⁾ Mie Prefecture Health and Environment Research Institute, ²⁾ Graduate School of Bioresource, Mie University, ³⁾ National Institute of Infectious Diseases

Journal of Hot Spring Sciences, **73**, 46-55 (2023)

【Abstract】

Monochloramine disinfection of alkaline hot spring water appears to allow the growth of various bacteria, including *Mycobacterium phlei*, which is a non-tuberculous mycobacterium. Reportedly, *M. phlei* is particularly resistant to monochloramine disinfection. In this study, the efficacy of monochloramine disinfection was examined by performing inactivation experiments using an alkaline hot spring containing *Bacillus subtilis* and *Escherichia coli*. Our results showed that *E. coli* was rapidly inactivated by both monochloramine and free chlorine. However, increased time duration and a higher concentration of monochloramine and free chlorine were required to inactivate *B. subtilis*. The CT value (concentration × time value) required for 1-Log inactivation of *B. subtilis* was approximately 2,000 mg/L·min for free chlorine and 250 mg/L·min for monochloramine. The results showed that *M. phlei* and *B. subtilis* were equally resistant to these disinfectants. In addition, free chlorine disinfection was very weakly effective in alkaline hot spring water, indicating that monochloramine disinfection was more effective

than free chlorine disinfection.

3) 温泉の化学：温泉水の化学組成

森 康則¹⁾

¹⁾三重県保健環境研究所

最新温泉医学(一般社団法人 日本温泉気候物理医学会編 分担執筆), 14-19, ISBN 978-4-600-01279-3, 2023.

【要旨】

温泉成分分析の結果は、温泉法第18条と温泉法施行規則第10条第2項に基づき、温泉利用許可を受けた者に対する法的義務として揭示が求められている。この分析結果に基づいて、地下水が「温泉」であるかどうかも判定され、温泉の泉質や適応症、禁忌症が決定される。このため、温泉の医学的活用においても、この分析結果はその医学的判断の論拠となる非常に重要な位置づけにあるといえる。

本報では、環境省が定める鉱泉分析法指針に基づいて温泉分析書に示された温泉水の化学組成、溶存成分、またその化学組成に基づく温泉の泉質や分類等について整理した。加えて、各温泉成分の化学的安定性に着目した分類と、温泉水中の硫黄分やラドンなど、不安定な化学成分の「老化現象」についても、実験事例を用いて解説した。

II 研究報告

ノート

三重県における季節性インフルエンザウイルスの Hemagglutinin 遺伝子系統樹解析 (2023/24 シーズン)

矢野拓弥, 川合秀弘, 下尾貴宏

Hemagglutinin Gene Phylogenetic Analysis of the Virus of Seasonal Influenza
(2023/24 season) - Mie prefecture

Takuya YANO, Hidehiro KAWAI and Takahiro SHIMOO

三重県感染症発生動向調査事業において 2023/24 シーズン (2023 年第 36 週~2024 年第 35 週) の季節性インフルエンザウイルスの流行は, A/H1N1pdm09 インフルエンザウイルス, A/H3N2 インフルエンザウイルスに加えて, B 型インフルエンザウイルス (ビクトリア系統) が 4 シーズンぶりに流行がみられ, 3 種の亜型による流行像であった. 2023/24 シーズンの季節性インフルエンザウイルスについて Hemagglutinin (HA) 遺伝子の系統樹解析を実施し Subclade 分類を行った. A/H1N1pdm09 インフルエンザウイルスは多くが Subclade D.2 であり流行期の前半 (2023 年 9 月~2024 年 1 月) に主に検出された. A/H3N2 インフルエンザウイルスは, Subclade J.1 が主流であり, 流行期の前半の 2023 年 9 月~2024 年 2 月に多く検出された. B 型インフルエンザウイルス (ビクトリア系統) は Subclade C.5, C.5.1, C.5.6, C.5.7 が検出されたが, 僅差ではあるが C.5.1 が最も多く, 2023 年 11 月~2024 年 4 月の間に検出され, 複数の C.5 の派生株 (C.5.1, C.5.6, C.5.7 等) が混在流行し, 多様化の傾向がみられた.

キーワード: 季節性インフルエンザウイルス, 2023/24 シーズン, 遺伝子系統樹解析,
三重県感染症発生動向調査事業

はじめに

新型コロナウイルス感染症の防疫措置等により減少していたインフルエンザの流行は, 措置等が緩和された 2022/23 シーズンには, 3 シーズンぶりにインフルエンザ流行が国内各地で認められた¹⁻³⁾. 非流行期である夏季にも本県を含め国内で季節性インフルエンザウイルスの分離・検出や患者報告が継続的にみられ³⁻⁵⁾, 全国的に A/H3N2 インフルエンザウイルス (A/H3N2 ウイルス) が主に検出され, 次いで少数ではあるが A/H1N1pdm09 インフルエンザウイルス (A/H1N1pdm09 ウイルス) が検出された⁵⁾. さらに 2023/24 シーズンは, A/H1N1pdm09 ウイルスと A/H3N2 ウイルスに

加えて, B 型インフルエンザウイルス (B 型ビクトリア系統) の 3 種の亜型によるインフルエンザ流行が確認され⁶⁾, 本県においても, 同種の亜型インフルエンザウイルスが検出された⁷⁾. そこで我々は本県における感染症発生動向調査事業において 2023/24 シーズンに分離・検出された季節性インフルエンザウイルスについて, ヘマグルチニン (Hemagglutinin : HA) 遺伝子系統樹解析による Subclade 分類を実施したので以下に報告する.

対象と方法

1. 季節性インフルエンザウイルスの分離・検出および亜型同定

表1 季節性インフルエンザウイルスの検体採取週別検出数

検体採取時期		週	AH1pdm09	AH3亜型	B型 (ヒクシア系統)	B型 (山形系統)	陰性	計
2023年	9月4日	～ 9月10日	36	2				2
	9月11日	～ 9月17日	37		2			2
	9月18日	～ 9月24日	38		1			1
	9月25日	～ 10月1日	39	1	3			4
	10月2日	～ 10月8日	40		2			2
	10月9日	～ 10月15日	41		1		1	2
	10月16日	～ 10月22日	42		3			3
	10月23日	～ 10月29日	43	1	2			3
	10月30日	～ 11月5日	44	2	3			5
	11月6日	～ 11月12日	45	5	1			6
	11月13日	～ 11月19日	46	1	2			3
	11月20日	～ 11月26日	47		1	1		2
	11月27日	～ 12月3日	48	2	1			3
	12月4日	～ 12月10日	49	1	3			4
	12月11日	～ 12月17日	50	1	4	2		7
12月18日	～ 12月24日	51	1	2	2		5	
12月25日	～ 12月31日	52					0	
2024年	1月1日	～ 1月7日	1					0
	1月8日	～ 1月14日	2		2	3		5
	1月15日	～ 1月21日	3		1	1		2
	1月22日	～ 1月28日	4	2		1		3
	1月29日	～ 2月4日	5		2	1		3
	2月5日	～ 2月11日	6		1	2		3
	2月12日	～ 2月18日	7		1	1		2
	2月19日	～ 2月25日	8			1		1
	2月26日	～ 3月3日	9			2		2
	3月4日	～ 3月10日	10		1	1		2
	3月11日	～ 3月17日	11			1		1
	3月18日	～ 3月24日	12			1		1
	3月25日	～ 3月31日	13	2		1		3
	4月1日	～ 4月7日	14			2		2
	4月8日	～ 4月14日	15			1		1
	4月15日	～ 6月2日	16～22					0
	6月3日	～ 6月9日	23	1				1
	6月10日	～ 7月21日	24～29					0
	7月22日	～ 7月28日	30		1			1
	7月29日	～ 8月11日	31～32					0
8月12日	～ 8月18日	33	1				1	
8月19日	～ 9月1日	34～35					0	
計			23	40	24	0	1	88

三重県感染症発生動向調査事業において、2023年第36週～2024年第35週（2023/24シーズン）の間に県内の医療機関を受診し、インフルエンザと診断された患者88人から採取した呼吸器由来の臨床検体を用いて、季節性インフルエンザウイルスの分離・検出を行った。

なお、調査対象者の臨床情報および臨床検体の使用に関しては三重県感染症発生動向調査事業における病原体検査指針に基づき、調査対象者または保護者による承諾書への署名を得た。検査依頼医療機関記入の調査票（患者情報）の使用にあたっては、倫理的配慮として、個人情報保護に留意し実施した。

1.1 季節性インフルエンザウイルスの分離

季節性インフルエンザウイルス分離にはMDCK（Madin-Darby canine kidney）細胞を用いた。ウイルス分離のために同細胞を24ウエ

ルの培養用プレートを用いてCO₂インキュベーター内で34℃、3～4日間単層培養した後、臨床検体0.1mLを接種し、60分間吸着後にトリプシン添加分離用培地を1mL加えた。その後、6～7日間のウイルス分離培養を行い、倒立顕微鏡下において細胞変性効果の有無を観察した⁸⁾。また、必要に応じて、ウイルス分離培養を継代し、2～3代培養を試みた。

1.2 季節性インフルエンザウイルスの検出および亜型同定

季節性インフルエンザウイルス分離株については赤血球凝集抑制（Hemagglutination inhibition：HI）試験による亜型同定試験⁸⁾を実施した。あるいは遺伝子検査による亜型同定のため季節性インフルエンザウイルス分離株および臨床検体からQIAamp Viral RNA Mini Kit（QIAGEN）を用いてRNAを抽出した。抽

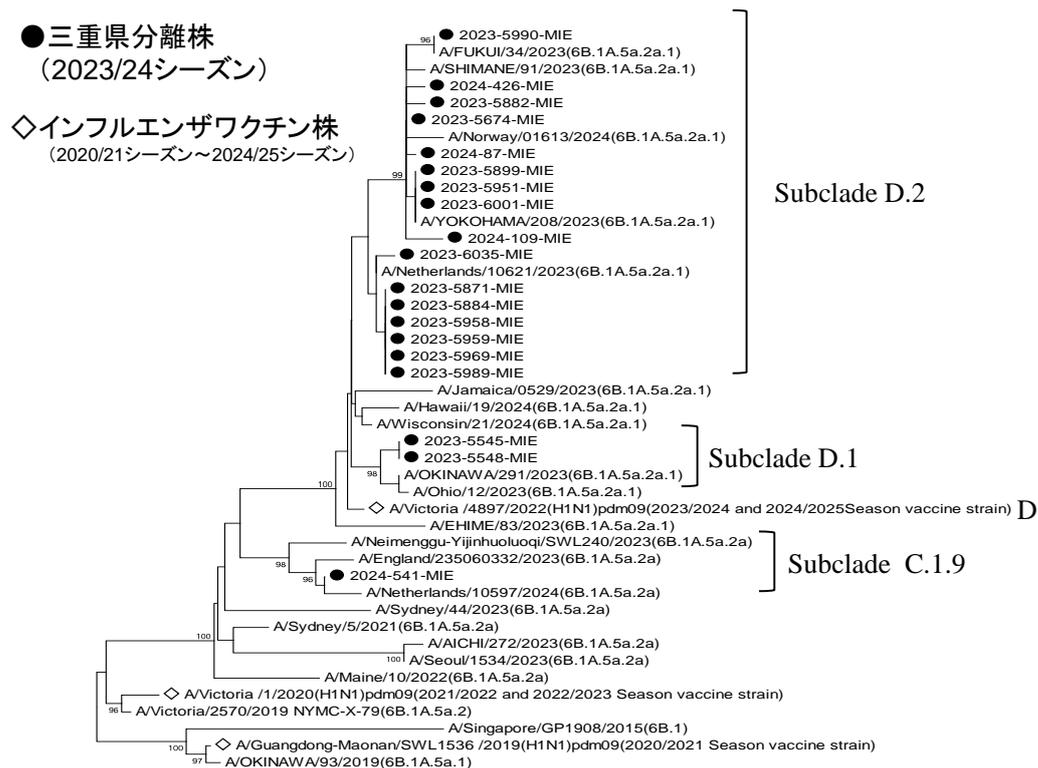


図1 AH1N1pdm09インフルエンザウイルス HA遺伝子系統樹解析(2023/24シーズン)

出 RNA は使用時まで -80℃ に保存し、Conventional RT-PCR 法および Real-Time RT-PCR 法による季節性インフルエンザウイルスの HA 遺伝子の検出⁸⁾を行い、A/H1N1pdm09 インフルエンザウイルス (A/H1N1pdm09 ウイルス)、A/H3N2 インフルエンザウイルス (A/H3N2 ウイルス) および B 型インフルエンザウイルス (ビクトリア系統、山形系統) の亜型同定を行った。

2. 季節性インフルエンザウイルスの HA 遺伝子系統樹解析

本シーズンに本県で分離あるいは検出された一部の A/H1N1pdm09 ウイルス (19 件) と A/H3N2 ウイルス (29 件) および B 型ビクトリア系統 (16 件) について、次世代シーケンサー (Next Generation Sequencer:NGS) 等を用いた HA 遺伝子の塩基配列を決定し遺伝子系統樹解析を実施した⁸⁾。

HA 遺伝子系統樹解析には、塩基配列解析ソフトウェア Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) version 11 を用いた。HA 遺伝子の系統樹作成には、近隣結合法 (Neighbor-Joining : NJ 法) により行い、Bootstrap test は 1,000 回実施した。国内外で流行しているウイルスと比較するため、Global Initiative on Sharing All Influenza Data (GISAID) EpiFlu database に登録された国内外の季節性インフルエンザウイル

ス株の HA 遺伝子配列データを入力し、HA 遺伝子系統樹解析を行った⁸⁾。

結果

1. 季節性インフルエンザウイルスの週別分離・検出状況

調査期間中に分離・検出された季節性インフルエンザウイルスの検体採取週別の分離・検出状況を表 1 に示した。

調査対象者 88 人から採取された呼吸器由来の臨床検体を用いて季節性インフルエンザウイルスの分離・検出を実施したところ、87 人から季節性インフルエンザウイルスが確認された。ウイルスが分離・検出された亜型内訳は、A/H1N1pdm09 ウイルス 23 件 (26.1%)、A/H3N2 ウイルス 40 件 (45.5%)、B 型ビクトリア系統 24 件 (27.3%) であった。なお、陰性は 1 件 (1.1%) であった。検体採取週別の分離・検出数は、A/H1N1pdm09 ウイルスが 2023 年第 36 週に 2 件確認され、以降は第 39 週 1 件、第 43 週～第 46 週に計 9 件確認され、その後、第 47 週から 2024 年第 35 週までに 11 件検出された。A/H3N2 ウイルスは、2023 年第 37 週に 2 件確認され、以降は第 38 週～51 週に計 29 件、2024 年以降は第 2 週～第 35 週までに計 9 件確認された。B 型ビクトリア系統は 2023 年第 47 週に 1 件、第 50 週～51 週に計 4 件確認され、

- 三重県分離株
(2023/24シーズン)
- ◇インフルエンザワクチン株
(2021/22シーズン～2024/25シーズン)

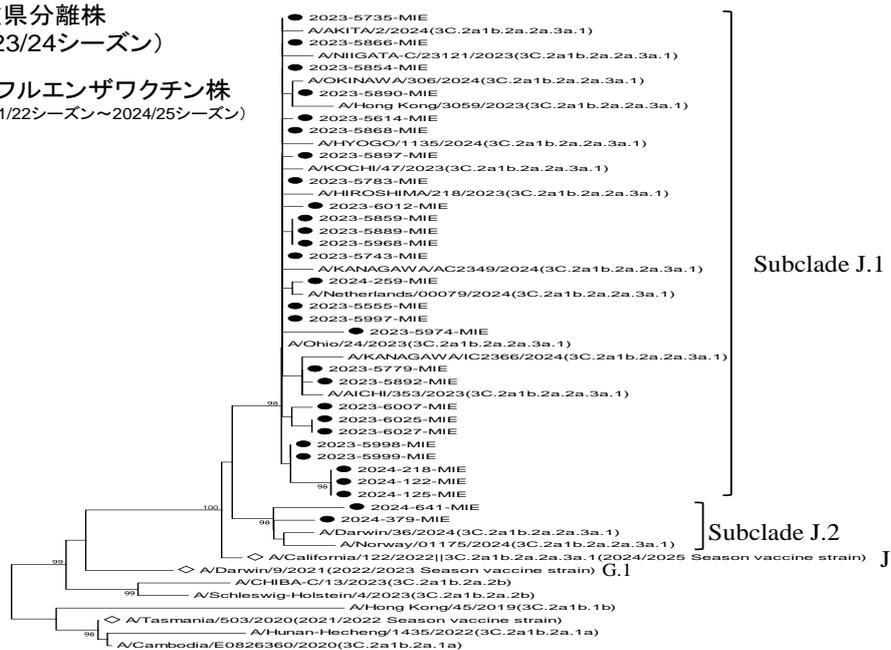


図2 A/H3N2インフルエンザウイルス HA遺伝子系統樹解析(2023/24シーズン)

2024年第2週～第35週までに計19件確認された。なお、本シーズンは前シーズンと同様にB型インフルエンザウイルス(山形系統)は検出されなかった。

2. HA遺伝子系統樹解析

2.1 A/H1N1pdm09インフルエンザウイルス

2023/24シーズンの国内外のA/H1N1pdm09ウイルスの流行株はHA遺伝子系統樹のClade 6B.1A.5a.2a (K54Q, A186T, Q189E, K308R; C.1), C.1内にはさらにClade 6B.1A.5a.2a.1 (P137S, K142R; C.1.1)などが派生し、さらにC.1.7, C.1.7.2, C.1.8, C.1.9等が複数存在する。

またC.1.1内にはSubclade D (T216A; 代表株A/Victoria/4897/2022), さらにD.1～3が派生している⁹⁾。

A/H1N1pdm09ウイルスのHA遺伝子系統樹解析を行った19件のうち1件はSubclade 6B.1A.5a.2a (C.1.9)であった。他の18件は2023/24シーズンのワクチン株であるA/Victoria/4897/2022株が属する6B.1A.5a.2a.1 (C.1.1)内のSubclade D.1 (2件), D.2 (16件)であった(図1)。

2.2 A/H3N2インフルエンザウイルス

最近のA/H3N2ウイルスの流行株は、HA遺伝子系統樹上のClade 3C.2a1b.2a.2 (Y159N, T160I, L164Q, G186D, D190N; G)に属している。

Clade 3C.2a1b.2a.2内ではさらに2a (H156S;

G.1, 代表株A/Darwin/9/2021), 2b (E50K, F79V, I140K; G.2)に分岐している。2a内には、2a.1b (I140K, R299K; G.1.1.2), 2a.3a.1 (I140K; J)などが分岐している⁹⁾。

また2a.3a.1 (J)は、さらにJ.1, J.2, J.3等への派生がみられており、今回、解析した29件は2023/24シーズンのワクチン株(A/California/122/2022; J)と同じClade内のSubclade J.1 (27件)とJ.2 (2件)に分類された(図2)。

2.3 B型インフルエンザウイルス

(ビクトリア系統)

近年のB型ビクトリア系統は、成熟HAに3アミノ酸欠損をもつClade V1A.3 (162-164アミノ酸欠損, K136E; A.3)に属しており、その多くは派生したV1A.3a.2 (A127T, P144L, K203R; C)に属している。さらにClade C内にはC.1, C.3, C.5などが派生しており、世界にはC.5に分類されるC.5.1, C.5.6, C.5.7などが流行している⁹⁾。

今回、解析した16件は、2023/24シーズンのワクチン株(B/Austria/1359417/2021; ビクトリア系統; C)と同じClade内のSubclade C.5 (1件), C.5.1 (7件), C.5.6 (4件)およびC.5.7 (4件)検出され、多様化の傾向がみられた(図3)。

3. 検体採取月別のSubclade分類

季節性インフルエンザウイルスの各亜型における検体採取月別のSubclade分類を表2に示した。

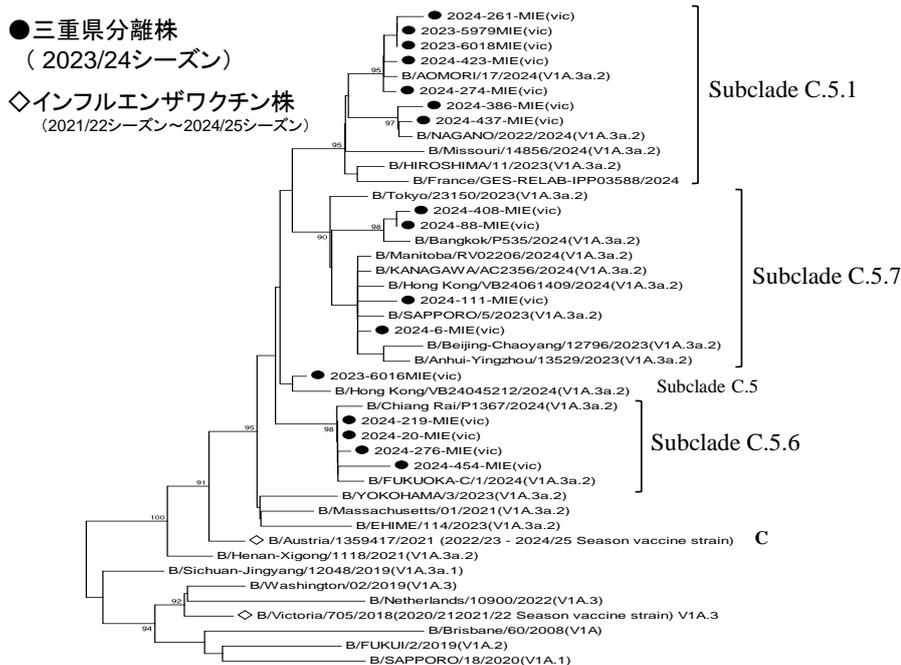


図3 B型インフルエンザウイルス(ビクトリア系統) HA遺伝子系統樹解析(2023/24シーズン)

表2 検体採取月別のSubclade分類

採取月	A/H1N1pdm09			A/H3N2		B型 (ビクトリア系統)				計
	C.1.9	D.1	D.2	J.1	J.2	C.5	C.5.1	C.5.6	C.5.7	
2023年9月		2	1	3						6
10月			3	10						13
11月			7	3			1			11
12月			2	7		1	1			11
2024年1月			2	2				1	3	8
2月				2			2	2		6
3月			1		1		2		1	5
4月							1	1		2
5月										0
6月	1									1
7月					1					1
計	1	2	16	27	2	1	7	4	4	64

A/H1N1pdm09 ウイルスは、Subclade D.2 が主流で流行の前半(2023年9月~2024年1月)に主に検出された。なお、Subclade D.1 は2023年9月に2件、C.1.9 は2024年6月に1件、散発的な検出であった。

A/H3N2 ウイルスは、Subclade J.1 が流行の前半から中盤(2023年9月~2024年2月)にかけて検出された。他のSubclade はJ.2 が2024年3月(1件)と7月(1件)に少数検出された。

B型ビクトリア系統は、Subclade C.5 の派生株であるC.5.1 が僅差であるが最も多く検出され、2023年11月~2024年4月までに計7件検出された。次いでSubclade C.5.6 が4件(2024年1月、2月、4月)、C.5.7 は4件(2024年1月、3月)等が検出された。

考 察

2023/24 シーズンの季節性インフルエンザウイルスの流行は、A/H1N1pdm09 ウイルス、A/H3N2 ウイルスに加えて、B型ビクトリア系統が4シーズンぶりに流行がみられ、3種の亜型による流行像となった。本シーズンはインフルエンザ流行期の前半に、A/H1N1pdm09 ウイルスとA/H3N2 ウイルスが検出され、両者による混在流行であった。流行期の後半になるとB型ビクトリア系統が主流へと変化した。本シーズンのインフルエンザ流行様式は前シーズンの2022/23シーズンのように¹⁰⁾、非流行期(夏季)における流行は確認されなかった。また、新型コロナウイルス感染症の防疫措置等による流行抑制も消失し2020年以前の新型コロナウイルスの流行前と同様の流行像へと戻っていたようである。

国内で分離された季節性インフルエンザウイルスのHA遺伝子の系統樹解析結果⁹⁾と本県における相関性は、全国のA/H1N1pdm09 ウイルス株の約半数はSubclade D.2 であり、本県においても同様の傾向であった。A/H3N2 ウイルスは、全国ではSubclade J.1 が主流で、次いでJ.2 の順で検出が多く、本県の検出状況と同じであった。B型ビクトリア系統の国内解析株は、Subclade C.5.7、C.5.1 およびC.5.6 の順で多く、複数のC.5 の派生株が混在し流行しており、本県の各亜型のSubclade における検出傾向は概ね類似していたが、複数の派生株の存在

は今後の動向へ注視が必要である。

2023/24 シーズンのワクチン株と本県での検出されたウイルス (Subclade) との抗原性の比較では, A/H1N1pdm09 ウイルスのワクチン株 A/Victoria/4897/2022 (Clade D) との抗原性⁹⁾は, Subclade D.2 および D.1 と類似であった。

本県での A/H3N2 ウイルスの流行株は, 本シーズンのワクチン株である A/Darwin/9/2021

(G.1) よりも Clade J や派生株である

Subclade J.2 の方が抗原性⁹⁾ は近似であった。

本県における B 型ビクトリア系統株は, 複数の Subclade C.5 の派生株が確認されており本シーズンのワクチン株の B/Austria/1359417/2021 (Clade C) と抗原性⁹⁾ は近縁で, A/H1N1pdm09 ウイルスと B 型ビクトリア系統は, ワクチン株と類似であったが, A/H3N2 ウイルスは, 抗原性の異なるウイルス株であり, 2024/25 シーズンの A/H3N2 ウイルスワクチン株は, A/California/122/2022 (SAN-022) へ変更された。

2024/25 シーズン (2024 年第 36 週以降) の全国の季節性インフルエンザウイルスの検出割合は, 現在のところ A/H1N1pdm09 ウイルスが優勢であるが, 少ないながらも同時に A/H3N2 ウイルスが混在流行¹¹⁾ している。さらには B 型ビクトリア系統が, 少数であるが検出がされており, 今後の各亜型の流行規模とその動態が注目され, 引き続き主流となる Subclade やワクチン株との抗原性状の違いなど継続的な動向調査が必要である。

謝 辞

本調査研究を行うにあたり, 三重県感染症発生動向調査事業で検体採取を担当された医療機関の諸先生方, 保健所および関係各位に御礼申し上げます。

文 献

- 1) 国立感染症研究所：都道府県別インフルエンザウイルス分離・検出報告状況、2022/23 シーズン
<https://www.niid.go.jp/niid/images/iasr/arc/gv/202223/data2022231j.pdf>
(2024.12.3access) .
- 2) 湊山亜未, 田村恒介, 新保孝治他: COVID-19 パンデミック発生後の季節性インフルエンザ発生動向の特徴-富山県. 病原微生物検出情報, **44**, 64-66 (2023) .
- 3) 三重県感染症情報センター：2022/2023 の検体採取時期別インフルエンザウイルス検出数

https://www.kenkou.pref.mie.jp/disease_influenza_virus/2022.html (2024.12.3access) .

- 4) 三重県感染症情報センター：定点当たり患者届出数<インフルエンザ>
<https://www.kenkou.pref.mie.jp/weeklyss/1.html> (2024.12.3access) .
- 5) 国立感染症研究所：インフルエンザ 2022/23 シーズン. 病原微生物検出情報, **44**, 165-167 (2023) .
- 6) 国立感染症研究所：都道府県別インフルエンザウイルス分離・検出報告状況、2023/24 シーズン
<https://www.niid.go.jp/niid/images/iasr/arc/gv/202324/data2023241j.pdf>
(2024.12.3access) .
- 7) 三重県感染症情報センター：2023/2024 の検体採取時期別インフルエンザウイルス検出数
https://www.kenkou.pref.mie.jp/disease_influenza_virus/2023.html (2024.12.3 access) .
- 8) 国立感染症研究所：インフルエンザ診断マニュアル (第 5 版) 令和 5 年 8 月.
<https://www.niid.go.jp/niid/images/lab-manual/influenza20230829.pdf> (2024.12.3 access) .
- 9) 国立感染症研究所：2023/24 シーズンのインフルエンザ分離株の解析 病原微生物検出情報, **45**, 182-186 (2024) .
- 10) 矢野拓弥, 川合秀弘, 下尾貴宏：3 シーズンぶりに流行した季節性インフルエンザウイルスの遺伝子系統樹解析および薬剤耐性インフルエンザウイルスの検出状況 (2022/23 シーズン) -三重県. 三重保環研年報, **25** (68), 34-40 (2023) .
- 11) 国立感染症研究所：都道府県別インフルエンザウイルス分離・検出報告状況、2024/25 シーズン
<https://kansen-levelmap.mhlw.go.jp/Byogentai/Pdf/data1j.pdf> (2024.12.3 access) .

ノート

抗インフルエンザ薬バロキサビル マルボキシルにおける耐性変異を有する季節性インフルエンザウイルスの動向把握-三重県(2019年5月~2024年10月)

矢野拓弥, 川合秀弘, 下尾貴宏

Epidemic trend of seasonal influenza viruses with a baloxavir marboxil - resistant mutation - Mie prefecture, Japan, (May 2019 ~ October 2024)

Takuya YANO, Hidehiro KAWAI and Takahiro SHIMOO

2019年5月から2024年10月までに三重県感染症発生動向調査事業において分離・検出されたA/H1N1pdm09インフルエンザウイルス(63件)およびA/H3N2インフルエンザウイルス(94件)およびB型インフルエンザウイルス(ビクトリア系統)(48件)について, 抗インフルエンザ薬であるバロキサビル マルボキシルに対する耐性変異の指標であるPolymerase acidic subunit (PA) 遺伝子のアミノ酸配列解析を実施した. 調査期間中のバロキサビル マルボキシル耐性変異の検出状況は, A/H1N1pdm09ウイルスは63件中1件(1.6%), A/H3N2ウイルスは94件中1件(1.1%)から本薬剤の耐性変異が確認され, この2例は本薬剤未投与の患者から検出された事例であった. またA/H1N1pdm09ウイルスは, バロキサビル耐性変異のPA (I38T) 耐性変異を有するウイルスであった. 一方でA/H3N2ウイルスは, 異なるアミノ酸によるPA (I38V) 耐性変異を獲得していた.

キーワード: 抗インフルエンザ薬, バロキサビル マルボキシル, 薬剤感受性試験, 抗インフルエンザ薬耐性株サーベイランス, 耐性変異

はじめに

我が国では抗インフルエンザ薬であるキャップ依存性エンドヌクレアーゼ阻害剤バロキサビル マルボキシル(バロキサビル; 商品名ゾフルーザ)が, 2018年3月より使用可能となり, 2017/18シーズンより抗インフルエンザ薬耐性株サーベイランスに新たに追加され, 全国規模での積極的な調査が実施されている^{1,2)}. これまでの本サーベイランスにおけるPolymerase acidic subunit (PA) 遺伝子のアミノ酸配列解析によるバロキサビル耐性変異の検出結果より, 2018年12月に横浜市で分離されたA/H3N2インフルエンザウイルス(A/H3N2ウイルス)は, バロキサビルが投与された患者(2名)からPA I38T耐性変異ウイルスが検出された^{2,3)}. また, 2019年1月~2月に神奈川県(2名)から分離されたA/H3N2ウイルス

は国内最初のバロキサビル未投与の患者からの報告例であった⁴⁾. その後, 本県において時期を遡ってPA耐性変異の検索を実施したところ, 神奈川県(報告より以前の2018年11月にバロキサビル未投与の小児患者(1名)から分離されたA/H3N2ウイルスは, PA I38T耐性変異株と確認され, 国内初期のPA I38T耐性変異ウイルスによるヒトからヒトへ伝播を示唆する事例であった^{5,6)}. そこで既報⁶⁾にて報告した2019年5月以降に本県で分離・検出されたA/H1N1pdm09インフルエンザウイルス(A/H1N1pdm09ウイルス), A/H3N2ウイルス, B型インフルエンザウイルスのビクトリア系統(B型ビクトリア系統)について, バロキサビル耐性変異ウイルスの浸潤状況把握のため, 調査を行ったので報告する.

表1 季節性インフルエンザウイルスのパロキサビル マルボキシル耐性変異遺伝子調査数

採取年	調査数	A/H1N1pdm09 ウイルス	A/H3N2 ウイルス	InfB (ビクトリア系統)
2019年5月～12月	53	32	7	14
2020年	20	9	1	10
2021年	0	0	0	0
2022年	6	0	6	0
2023年	88	12	71	5
2024年1月～10月	38	10	9	19
計	205	63	94	48

対象と方法

1. 調査対象

1.1 調査期間と対象

三重県感染症発生動向調査事業において、2019年5月～2024年10月の間に県内の医療機関を受診しインフルエンザと診断された患者から分離・検出された205件の季節性インフルエンザウイルスを調査対象とした。

パロキサビル耐性変異ウイルスの解析に使用したインフルエンザウイルス亜型別の調査数は、A/H1N1pdm09ウイルス（63件）、A/H3N2ウイルス（94件）、B型ビクトリア系統（48件）を用いた。

検体採取年別の調査数は、2019年（5月～12月）53件、2020年20件、2021年0件、2022年6件、2023年88件、2024年（1月～10月）38件である（表1）。

なお、2021年～2022年は COVID-19の流行禍の防疫措置等の影響によりインフルエンザ発生が抑制されインフルエンザの検体収集が困難であった。

1.2 患者情報

対象とした調査協力者あるいは小児患者の保護者から患者情報（年齢、投薬歴、臨床症状）および患者検体の使用に関する承諾書への署名を得た。

なお、当研究所へ調査を依頼した医療機関において記入された調査票（患者情報）の使用にあたっては、倫理的配慮として、個人情報保護などに留意し実施した。

2. PA遺伝子耐性変異解析

本県で分離・検出されたA/H1N1pdm09ウイルス、A/H3N2ウイルスおよびB型ビクトリア系統についてQIAamp Viral RNA Mini Kit（QIAGEN）を用いてRNAを抽出した。抽出RNAは使用時まで-80℃

に保存し、PA遺伝子の耐性変異解析に使用した。

2.1 PA耐性変異の塩基配列解析

臨床試験によりインフルエンザウイルスのパロキサビル耐性変異の指標⁷⁾とされるPA遺伝子の耐性マーカーの検出には国立感染症研究所のインフルエンザ診断マニュアル⁸⁾に従い実施した。

検出したPA遺伝子の塩基配列を決定し、PA遺伝子の38番目のアミノ酸についてIsoleucine (I) がThreonine (T)、Methionine (M) あるいはPhenylalanine (F) への置換 (I38T, I38M, I38F等)の有無を調べ、パロキサビル耐性変異ウイルスの判別を行った。

なお、一部の検体については、他のアミノ酸変異を探るためインフルエンザ診断マニュアル⁸⁾に記載の次世代シーケンサーによるゲノム解析を実施した。

2.2 PA I38T耐性変異検出

PA遺伝子のI38T耐性変異のスクリーニング検出には、国立感染症研究所のPAI38T耐性変異検出法実験プロトコル⁹⁾に示されたRNase H2 assay技術を用いて、A/H1N1pdm09ウイルス、A/H3N2ウイルスおよびB型ビクトリア系統についてRNase H-Dependent PCR (rhPCR)を行い、Allelic Discrimination解析によるPA遺伝子のI38T変異の検出を実施した。

結果

1. PA耐性変異検出状況

本県で分離・検出されたA/H1N1pdm09ウイルス（63件）、A/H3N2ウイルス（94件）およびB型ビクトリア系統（48件）、計205件について検体採取月別のPA遺伝子のアミノ酸耐性変異解析の結果を以下に示した（表2）。

表2 バロキサビル耐性変異遺伝子の検出状況

採取月	調査数	インフルエンザ 亜型			PA遺伝子耐性変異 (耐性マーカー)		
		A/H1N1pdm09	A/H3N2	InfB (ビクトリア系統)	A/H1N1pdm09	A/H3N2	InfB (ビクトリア系統)
		2019年	5月	7		2	
	6月	2				2	
	7月	1		1			
	8月	1		1			
	9月	15	10	3		2	
	10月	6	4			2	
	11月	8	8				
	12月	13	10			3	
2020年	1月	11	6	1		4	
	2月	7	2			5	
	3月	2	1			1	
2020年4月 ～ 2022年10月	0	2020年4月～2022年10月はCOVID-19の流行禍の防疫措置等によりインフルエンザ流行抑制					
2022年	11月	1		1			
	12月	5		5			
2023年	1月	7		7			
	2月	4		4			
	3月	4		4			
	4月	8		8			
	5月	3		3			
	6月	6		6			
	7月	7		7			
	8月	5	4	1	1*		
	9月	11	3	8		1**	
	10月	12	2	10			
	11月	8	2	5		1	
	12月	13	1	8		4	
2024年	1月	13	2	5		6	
	2月	8		2		6	
	3月	7	2	1		4	
	4月	3				3	
	5月	0					
	6月	1	1				
	7月	1		1			
	8月	1	1				
	9月	2	2				
	10月	2	2				
	計	205	63	94	48	1	1

※PA遺伝子 I38T変異 2023年8月採取 (A/H1N1pdm)

※PA遺伝子 I38V変異 2023年9月採取 (A/H3N2)

1.1 A/H1N1pdm09インフルエンザウイルス

A/H1N1pdm09ウイルス (63件)のうち、PA (I38T) 耐性変異 (Isoleucine→Threonine) を有するウイルスが1件 (1.6%) 検出された。

なお、本患児から採取された臨床検体を用いてウイルス分離を試みたがA/H1N1pdm09ウイルス株の分離は成功せず、従って薬剤感受性試験⁸⁾による確認検査には至っていない。

1.2 A/H3N2インフルエンザウイルス

A/H3N2ウイルス (94件)のうち、PA (I38V) 耐性変異 (Isoleucine→Valine) を有するウイルスが1件 (1.1%) 検出された。

国立感染症研究所インフルエンザ・呼吸器系ウイルス研究センターにて、バロキサビルに対する薬剤感受性試験⁸⁾を実施したところ、本感受性参照株と比較して感受性が低下しており、このA/H3N2ウイルス分離株はバロキサビル耐性株と判定された。

1.3 B型インフルエンザウイルス (ビクトリア系統)

B型ビクトリア系統 (48件) について、PA 遺伝子のアミノ酸配列の解析を行ったが、I38T、I38MあるいはI38F等のPAアミノ酸置換は確認されず、全てバロキサビル感受性ウイルスと判定された。

2. PA耐性変異が確認された患者疫学情報

2023年8月に発熱、上気道炎および鼻汁症状を呈した患者（3歳児）からPAI38T耐性変異を有するA/H1N1pdm09ウイルスが検出された。この患児は受診した医療機関において臨床検体を採取する前には抗インフルエンザ薬による治療歴はなかった。しかし、直前にインフルエンザに罹患した近親者がおり、バロキサビルを治療投与されていた事例であった。

2023年9月に発熱および上気道炎症状を呈した患者（3歳児）から、PAI38V耐性変異を有するA/H3N2ウイルスが分離・検出された。この患児は検体採取前には抗インフルエンザ薬の投与はされていない。また、直前に近親者に有症者がいたが医療機関を受診していないため、インフルエンザ罹患の有無と症状等の詳細は不明であった。

考 察

三重県感染症発生動向調査事業において、2019年5月～2024年10月に分離・検出された季節性インフルエンザウイルスのバロキサビル耐性変異検出状況は、A/H1N1pdm09ウイルスは63件中1件（1.6%）、A/H3N2ウイルスは94件中1件（1.1%）から本耐性変異遺伝子が検出された。これらの2例はバロキサビル未投与の患者から検出されたヒトからヒトへの伝播が示唆された事例で、今後の継続的な動向監視が重要である。今回の調査ではB型ビクトリア系統は、バロキサビル耐性変異は検出されていないが、A型インフルエンザウイルスと同様に引き続き、動向把握が必要である。

A/H1N1pdm09ウイルスは、バロキサビル耐性変異の指標⁷⁾であるPA（I38T）耐性変異を有するウイルスであったが、一方で同じく38番目のPA耐性変異が検出されたA/H3N2ウイルスは、前者とは異なるPAアミノ酸が耐性変異（I38V）を獲得していたが、本薬剤感受性試験の結果からバロキサビルに対する感受性が低下していたことが証明された事例であった。このことは、PA遺伝子の単一の変異を検出するI38T変異検出のスクリーニング検査法の実施ではなく、他のPA遺伝子のアミノ酸変異を考慮した塩基配列解析法の実施が必要であると考えられた。また、塩基配列解析が有用であった事例として、奈良県においてPA遺伝子の38番目とは異なる199番目のPA（E199G）変異による事例で、さらに、このバロキサビル耐性変異ウイルス（E199G）は、これまで世界的に確認されていないcommunity clusterからの報告例¹⁰⁾であった。現在のところ、バロキサビル耐性変異ウイルスはヒトからヒトへ限定的な感染伝播が確認¹¹⁾されているが、過去の事例では、薬剤は異なるが北欧を由来とするオセルタミビル耐性ウ

イルス（A/H1N1ウイルス：Aソ連型）が急速に広がり蔓延した。当時、国内の検出割合は2007/08シーズンの2.6%から2008/09シーズンは99.6%へと大幅に増加¹²⁾に転じたことから、医療体制への影響等、社会的に懸念される事項となった。また2013年11月～2014年初めに、札幌市を中心に発生したオセルタミビル耐性ウイルスの地域流行¹³⁾、あるいは散発事例から家族内感染^{14, 15)}等により、今後、バロキサビル耐性ウイルスにおいてもヒトからヒトへの伝播による感染拡大が憂慮されている。これらの背景から薬剤耐性ウイルスの出現の際には、治療薬剤の選択戦略が必要となるため、迅速な情報発信が医療機関や保健所等の関係機関から求められている。

近年のバロキサビルの供給量（見込み）は、令和3年度は1.2万人分とCOVID-19の流行禍の防疫措置等によりインフルエンザ流行が抑制され、減少したが令和4年度は136.5万人分、令和5年度は365.7万人分、令和6年度は554万人分^{16, 17)}と年々増加している。この背景から平時より、国内でのバロキサビル耐性変異ウイルスの動向を見極めるためにも、積極的な動向監視を行い、多くの症例解析と、そのデータの蓄積により適正な評価に繋げていくことが重要である。

謝 辞

本報告を行うにあたり、抗インフルエンザ薬の感受性試験を実施して頂きました国立感染症研究所の諸先生方にお礼申し上げます。

三重県感染症発生動向調査事業で検体採取を担当された医療機関の諸先生方および各保健所、関係各位に御礼申し上げます。

なお、本研究の一部は、公益財団法人岡三加藤文化振興財団および東海乳酸菌研究会研究助成を受けたものである。

文 献

- 1) 国立感染症研究所：抗インフルエンザ薬耐性株サーベイランス、
(<https://www.niid.go.jp/niid/ja/influ-resist.html>) .
(2024.12.6 access) .
- 2) Takashita E, Morita H, Ogawa R, et al :
Susceptibility of influenza viruses to the novel cap-dependent endonuclease inhibitor baloxavir marboxil. *Front Microbiol.* 2018;9: 3026.
(2024.12.6 access) .
- 3) Takashita E, Kawakami C, Morita H, et al :
Detection of influenza A(H3N2) viruses exhibiting reduced susceptibility to the novel

- cap-dependent endonuclease inhibitor baloxavir in Japan, December 2018. *Euro Surveill.* 2019;24: pii=1800698. (2024.12.6 access) .
- 4) Takashita E, Kawakami C, Ogawa R et al : Influenza A(H3N2) virus exhibiting reduced susceptibility to baloxavir due to a polymerase acidic subunit I38T substitution detected from a hospitalised child without prior baloxavir treatment, Japan, January 2019. *Euro Surveill.* 2019;24: pii=1900170. (2024.12.6 access) .
 - 5) Yano T, Ochiai H, Akachi S, Matsumura Y : Polymerase Acidic Subunit I38T Mutant Influenza A(H3N2) Virus Isolated from a Pediatric Patient without Prior Baloxavir Marboxil Treatment in Mie Prefecture (November 2018) *Jpn .Infect.Dis* : **73**(5), 383-385 (2020) .
 - 6) 矢野拓弥, 赤地重宏, 松村義晴 : 抗インフルエンザ薬バロキサビル マルボキシルにおける耐性変異を有する季節性A型インフルエンザウイルスの動向把握-三重県 (2018/19シーズン), 三重保環研年報, **21**, (通巻第64号), 29-34 (2019) .
 - 7) Omoto S, Speranzini V, Hashimoto T et al : Characterization of influenza virus variants induced by treatment with the endonuclease inhibitor baloxavir marboxil. *Sci Rep.* 2018;8: 9633. (2018) . (2024.12.6 access) .
 - 8) 国立感染症研究所 : インフルエンザ診断マニュアル (第5版) 令和5年8月. <https://www.niid.go.jp/niid/images/lab-manual/influenza20230829.pdf> (2024.12.6 access) .
 - 9) 国立感染症研究所 : PAI38T耐性変異検出法実験プロトコール. 2019年9月 Ver.1
 - 10) 高下恵美, 藤崎誠一郎, 森田博子 他 : 奈良県におけるバロキサビル耐性変異インフルエンザウイルスの community cluster, 病原微生物検出情報, **45** , 31-32 (2024) .
 - 11) 高下恵美, 森田博子, 小川理恵 他 : バロキサビル耐性変異ウイルスのヒトからヒトへの感染伝播, 病原微生物検出情報, **40** , 197-199 (2019) .
 - 12) Ujike M, Shimabukuro K, Mochizuki K et al : Oseltamivir-resistant A/H1N1 viruses during the 2007-2009 influenza seasons, Japan. *Emerg Infect Dis* **16** : 926-935 (2010) .
 - 13) Takashita E, Ejima M, Itoh R et al : A community cluster of influenza A(H1N1) pdm09 virus exhibiting cross-resistance to oseltamivir and peramivir in Japan, November to December 2013. *Euro Surveill.* **19**:pii: 20666 (2014) .
 - 14) 矢野拓弥 : オセルタミビル投与の小児患者から検出された耐性 A (H1N1) pdm09 ウイルスの検討小児感染免疫, **25**, 289-296 (2013) .
 - 15) 矢野拓弥, 高下恵美, 江島美穂 他 : 家族内感染が疑われたオセルタミビル投与前の小児患者から検出された抗インフルエンザ薬耐性 A (H1N1) pdm09ウイルス, 三重保環研年報, **16** (通巻第59号) , 35-41 (2014) .
 - 16) 厚生労働省 : 抗インフルエンザウイルス薬等の安定供給について 令和4年12月15日 <https://www.mhlw.go.jp/content/001027599.pdf> (2024.12.6 access) .
 - 17) 厚生労働省 : 抗インフルエンザウイルス薬等の安定供給について 令和6年11月21日 <https://www.mhlw.go.jp/content/001337068.pdf> (2024.12.6 access) .

ノート

急性呼吸器感染症における遺伝子組換え型 アデノウイルスの動向 (2023 年~2024 年 3 月) -三重県

矢野拓弥, 川合秀弘, 下尾貴宏

Trend of recombinant adenoviruses causing acute respiratory infections
(from 2023 to March 2024) - Mie prefecture

Takuya YANO, Hidehiro KAWAI and Takahiro SHIMOO

三重県感染症発生動向調査事業において, 2023 年 1 月~2024 年 3 月の間に県内の医療機関を受診し, 急性呼吸器症状を呈した患者から採取した呼吸器由来の臨床検体を用いて検出されたアデノウイルス(AdV) について遺伝子組換え型 AdV の動向を調査した. 調査期間中に検出された AdV の遺伝子である Hexon, Penton base, Fiber を用いて遺伝子系統樹解析による遺伝子組換え型 AdV の検索を実施した. 検出された遺伝子組換え型 AdV は 89 型 1 件と 108 型 4 件, さらに AdV 5 型と 89 型の新規の遺伝子組換え型 AdV が 1 件検出された.

キーワード: 三重県感染症発生動向調査事業, アデノウイルス, 遺伝子組換え型, 急性呼吸器感染症, Hexon, Penton base, Fiber

はじめに

アデノウイルス(AdV) は直径約 80~100nm の特徴的な正 20 面体構造で, ウイルス粒子の外側の capsid は 240 個の Hexon と正 20 面体の各頂点に 12 個の Penton を有し合計 252 個の capsid から構成され, Penton は Penton base と Fiber と呼ばれる突起からなる¹⁻³⁾. また AdV はエンベロープを持たない二本鎖 DNA ウイルスであり, ヒトに多彩な感染症を引き起こすことが知られており, 急性呼吸器感染症, 眼感染症, 消化器感染症が代表的な疾患である²⁾.

現在, アデノウイルス科マストアデノウイルスに属するヒトマストアデノウイルスは A 種から G 種までの 7 種に分類されている^{2,4)}. また AdV の型は 100 以上報告されており, 52 型以降は塩基配列の決定による遺伝型として報告されている⁵⁻⁷⁾. なお, 遺伝子組換え型が複数存在する AdV は Penton base, Hexon および Fiber の 3 領域の遺伝子配列の決定が必要で,

従来, 実施されていた Hexon 領域の配列情報のみでは遺伝子組換え型の同定は不能である^{7,8)}. 近年, 国内で流行性角結膜炎患者から多く検出されている遺伝子組換え型 AdV54 型⁹⁾ は, Penton と Hexon 領域は AdV54 型であるが Fiber 領域は AdV8 型の遺伝子配列を有している. 他にも呼吸器症状を呈した小児患者から検出された AdV57 型および AdV 89 型が遺伝子組換え型 AdV として報告されている^{10,11)}.

2023 年 5 月の新型コロナウイルス感染症の 5 類移行に伴い防疫措置等が緩和された. その後, 2023 年夏季以降, 三重県では AdV が起因とされる咽頭結膜熱の患者数は過去 10 年で最多となった¹²⁾.

そこで我々は三重県感染症発生動向調査事業において本県で 2023 年以降に呼吸器症状を有した患者から検出された AdV について遺伝子組換え型の有無を探索し, その動向把握調査を実施したので報告する.

1. 対象と方法

1.1 対象

三重県感染症発生動向調査事業において、2023年1月～2024年3月の間に県内の医療機関を受診し、急性呼吸器症状を呈した患者から採取された呼吸器由来の臨床検体98件を用いて検出された一部のAdV(30件)について遺伝子組換え型の解析に用いた。

なお、調査対象者の臨床情報および臨床検体の使用に関しては、三重県感染症発生動向調査事業における病原体検査指針に基づき、調査対象者または保護者による承諾書への署名を得ている。検査依頼医療機関記入の調査票(患者情報)の使用にあたっては、倫理的配慮として、個人情報保護に留意し実施した。

1.2 アデノウイルスのPenton base, Hexon およびFiber領域の遺伝子解析

AdVのHexon(H)領域は主要な中和決定領と関連していると考えられており、本領域をPCR法によるAdV遺伝子の検出のためスクリーニングを実施し、得られたHexon(H)領域のPCR増幅産物について塩基配列を決定しAdVの型別同定を実施した¹³⁾。

型が決定されたAdVは、前述のHexon(H)に加えて、抗原決定基を有するPenton base(P)およびFiber(F)領域の3領域における塩基配列の決定を試み、遺伝子組換え型AdVの検索を実施した。

なお、遺伝子組換え型AdVの表記の例として、AdV54型はPenton base(P)とHexon(H)領域は、AdV54型であるがFiber(F)領域は、AdV8型の配列を有している。この場合の遺伝子組換え型は、AdV54型(P54H54F8)と表記される。

表1 アデノウイルス型別(Hexon領域)

採取年	型別(Hexon領域)			計
	AdV2	AdV3	AdV5	
2023年	9	13	2	24
2024年(1月～3月)		5	1	6
計	9	18	3	30

1.3 アデノウイルスの遺伝子系統樹解析

前述の塩基配列を決定したAdVの3領域(Penton base, Hexon, Fiber)を用いて遺伝子系統樹解析を実施した。

AdVの遺伝子系統樹解析には、塩基配列解析ソフトウェアMolecular Evolutionary Genetics Analysis(MEGA) version 11を用いた。

AdVの3領域(Penton base, Hexon, Fiber)における遺伝子系統樹の作成には近隣結合法(Neighbor-Joining: NJ法)により行い、Bootstrap testは1,000回実施した。

結果

1. アデノウイルスのHexon領域における遺伝子型別

2023年1月～2024年3月の間にAdVのHexon(H)領域のPCR法による該当する遺伝子の検出および型同定した結果を表1に示した。調査期間中に検出されたHexon領域におけるAdVの型別内訳は、AdV2型(9件)、AdV3型(18件)およびAdV5型(3件)の計30件であった。

表2 アデノウイルスの3領域(Penton base, Hexon, Fiber)における組換え型

採取年	AdV2型			AdV3型	AdV5型		計	
	3領域	2型	89型 [※]	108型 [※]	3型	5型		5型+89型 [※]
2023年		4	1	4	13	2	24	
2024年(1月～3月)					5		1	6
計		4	1	4	18	2	1	30

※組換え型AdV

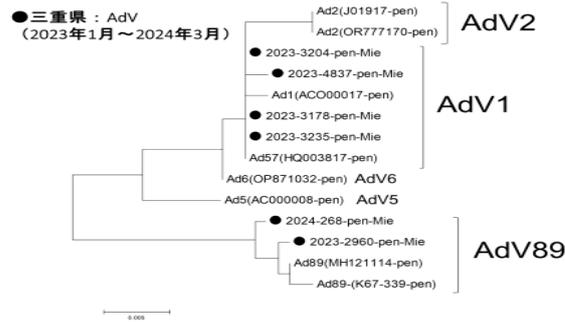


図1 アデノウイルス系統樹解析 (Penton領域)

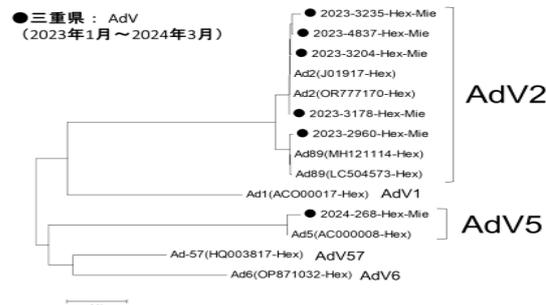


図2 アデノウイルス系統樹解析 (Hexon領域)

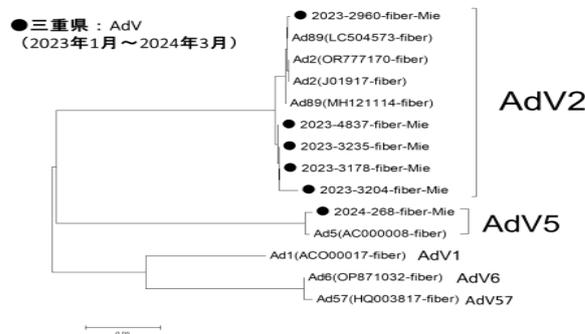


図3 アデノウイルス系統樹解析 (Fiber領域)

採取年別の AdV 型別内訳 (Hexon 領域) は、2023 年は AdV2 型 (9 件)、AdV3 型 (13 件) および AdV5 型 (2 件) の計 24 件であった。

2024 年 1 月～2024 年 3 月は、AdV3 型 (5 件) と AdV5 型 (1 件) の計 6 件検出された。

2. アデノウイルス 3 領域 (Penton base, Hexon, Fiber) の遺伝子組換え型の検索

AdV の 3 領域 (Penton base, Hexon, Fiber) における遺伝子系統樹解析と遺伝子組換え型の検索結果を図 1, 2, 3 および表 2 に示した。

本調査の結果より遺伝子組換え型 AdV 89 型 (P89H2F2)、108 型 (P1H2F2) および AdV5 型+89 型 (P89H5F5) が検出された。詳細は以

下のとおりである。AdV の型別における Hexon 領域の解析で AdV2 型と決定された 9 件のうち、遺伝子非組換え型 AdV は 2 型 4 件検出され、遺伝子組換え型 AdV は 89 型 1 件および 108 型 4 件を確認した。

また、Hexon 領域の解析で AdV5 型の遺伝子非組換え型は、AdV5 型 2 件が検出され、遺伝子組換え型 AdV5 型+89 型 1 件を確認した。

なお、遺伝子組換え型 AdV5 型+89 型は、現時点で正式な遺伝子型の分類されていないため暫定的な表記となる。また Hexon 領域の解析で AdV3 型であった 18 件は、全て遺伝子組換えが起こっていない AdV であった。

考 察

近年, AdV は抗原決定基である Hexon, Fiber, Penton base の遺伝子配列が組み変わった新たな型である AdV が報告されているが, 国内動向の情報は非常に少ない. そこで本県において遺伝子組換え型 AdV の探索のため, 従来の Hexon 領域に基づく型別解析に加え, Penton base と Fiber の遺伝子解析を行い, その浸潤状況を調査した.

2023 年 1 月～2024 年 3 月の調査期間中に検出された AdV について Penton base, Hexon, Fiber の 3 領域の遺伝子解析を実施し, AdV 遺伝子組換え型の検索を行った. Hexon 領域の解析で AdV2 型であった 9 件のうち, 遺伝子組換え型 AdV は 89 型 (P89H2F2) 1 件と 108 型

(P1H2F2) 4 件検出され, 本県における遺伝子組換え型 AdV の浸潤状況が明らかとなった.

さらに, 2024 年には AdV 5 型と 89 型の新規の遺伝子組換え型 AdV が検出されており, この新規の遺伝子組換え型 AdV は, 既に愛知県から 6 例の検出報告事例¹⁴⁾がある. 今回, 本県においても検出確認されたことは, 国内において広く拡散しているか否かの詳細は不明であるものの, 愛知県と隣県の三重県における発生事例であったことは, 地域発生および地域流行の可能性を視野にいたした遺伝子組換え型 AdV の今後の動向に関心が持たれる.

2023 年の夏季には, 三重県において AdV が起因とされる咽頭結膜熱の定点あたりの患者数は 5.56 人で, 1999 年の集計以降, 最多であった¹⁵⁾. 2023 年の全国における AdV の検出報告では AdV3 型¹⁶⁾が最も多く検出された. そこで, Hexon 領域の解析で AdV3 型であった 18 件について, 3 領域の遺伝子組換えの有無を調べた結果, 全ての AdV で, 遺伝子組換えは生じておらず, 2023 年の流行との直接的な関連性は確認されなかった. 今後も新たな知見の収集のためにも, AdV3 型の継続的な動向監視が必要であると思われる.

最後に, 本調査において本県での遺伝子組換え型 AdV の浸潤について僅かながらの知見を得たことは, 本調査の意義の明示に至った. しかしながら, 今回は, 短期的な調査期間であるため, 本県における遺伝子組換え型 AdV の動向の一部に過ぎない. このことより遺伝子組換え型 AdV の発生頻度や流行状況あるいは病原性などの解明に向けて多くの症例について検討する必要がある. 今後, さらなる詳細な解析を行うためにも継続的な遺伝子組換え型 AdV の動向把握を行うことは公衆衛生の向上に寄与するものと考えられる.

謝 辞

本調査研究を行うにあたり, 三重県感染症発生動向調査事業で検体採取を担当された医療機関の諸先生方, 保健所および関係各位に御礼申し上げます.

なお, 本研究の一部は, 東海乳酸菌研究会研究助成を受けたものである.

文 献

- 1) 畑中 正一 編集: ウイルス学, 朝倉書店, 東京都, 198-208 (1997).
- 2) 花岡希: DNA ウイルス/ポックスウイルス科, アデノウイルス科. 臨床と微生物, **50**(4), 297-306 (2023).
- 3) 国立感染症研究所: 病原体検出・検査マニュアル腸管アデノウイルス(感染性胃腸炎)令和 4 (2022) 年 5 月 Ver. 2
<https://www.niid.go.jp/niid/images/lab-manual/AdenoVirusDiarrhea20220518.pdf>
(2024.12.6 access)
- 4) International Committee on Taxonomy of Viruses: ICTV : <https://ictv.global/>
(2024.12.6 access)
- 5) 国立感染症研究所: アデノウイルス感染症 2008～2020 年. 病原微生物検出情報, **42**, 67-69 (2021).
- 6) Human Adenovirus Working Group :
<http://hadvvg.gmu.edu/>
(2024.12.6 access)
- 7) 藤本嗣人, 小長谷昌未, 川村朋子, 花岡 希: アデノウイルスの血清型から遺伝型へ: 型別と同定法. 病原微生物検出情報, **38**, 136 (2017).
- 8) Matsushima Y, Nakajima E, Ishikawa M, Kano A, et al : Construction of New Primer Sets for Corresponding to Genetic Evolution of Human Adenoviruses in Major Capsid Genes through Frequent Recombination
Matsushima Y, et al : Jpn J Infect Dis **67**, 495-502 (2014).
- 9) 山岸善也, 外川佳奈, 小和田和誠, 平野映子 他: 福井市でみられたアデノウイルス 54 型による流行性角結膜炎. 病原微生物検出情報, **36**, 227-228 (2015).
- 10) 辰己智香, 和田美江子, 三田哲朗, 飯塚節子 他: 本邦で初めて分離されたヒトアデノウイルス 57 型 (HAdV57) の 1 例-島根県. 病原微生物検出情報, **35**, 222-223 (2014).

- 11) Takahashi K, Gonzalez G , Kobayashi M, Hanaoka N et al : Pediatric Infections by Human mastadenovirus CTypes 2, 89, and a Recombinant Type Detected in Japan between 2011 and 2018, *Viruses* (12) : 1131-1145 (2019) .
- 12) 三重県感染症情報センター：咽頭結膜熱,
https://www.kenkou.pref.mie.jp/disease_conjunctival_fever.html
(2024.12.6 access)
- 13) 国立感染症研究所：咽頭結膜熱・流行性角結膜炎検査・診断マニュアル（第4版）
令和5年1月
- 14) 廣瀬絵美, 中村範子, 皆川洋子, 安達啓一, 安井善宏, 伊藤 雅, 佐藤克彦 : ヒトアデノウイルス 89 型と 5 型の新規組換え型株の検出-愛知県, 病原微生物検出情報, **42**, 227-228 (2021) .
- 15) 三重県感染症情報センター：定点当たり患者届出数<咽頭結膜熱>
<https://www.kenkou.pref.mie.jp/weeklyss/2.html>
(2024.12.13 access)
- 16) 国立感染症研究所：年別ウイルス検出状況, 由来ヒト：アデノウイルス, 2020～2024年,
<https://kansen-levelmap.mhlw.go.jp/Byogentai/Pdf/data66j.pdf>
(2024.12.6 access)

A/H3N2 インフルエンザウイルスにおける Hemagglutinin 遺伝子解析による Subclade 分類について (2014/15~2022/23 シーズン) -三重県

矢野拓弥, 川合秀弘, 下尾貴宏

Subclade classification of influenza virus A/H3N2 based on Hemagglutinin gene analysis
Mie Prefecture (2014/15-2022/23 seasons)

Takuya YANO, Hidehiro KAWAI and Takahiro SHIMOO

三重県内において2014/15~2022/23シーズンに分離・検出されたA/H3N2インフルエンザウイルス (A/H3N2ウイルス) について, Hemagglutinin (HA) 遺伝子系統樹解析によるSubclade 分類を実施した. 今回の調査で, A/H3N2ウイルスは遺伝子的に多様化が進み, 3~4シーズン内で複数の異なるSubcladeによる集団を形成し, その中から派生したウイルスが, 次の流行へとシフトする傾向がみられた. インフルエンザウイルスのワクチン株との抗原性状の差違, あるいは新たなSubcladeに属する流行ウイルスの出現傾向を捉えることは, 感染拡大防止の予防啓発等のインフルエンザ予防対策に活用が可能である. このことは高齢者等への重症化予防策の1つであるワクチン接種の方向性を明示でき, 県内の医療体制の連携強化および先進的な感染予防対策の推進に繋がることを期待される.

キーワード: A/H3N2 インフルエンザウイルス, Hemagglutinin(HA), Subclade 分類, 遺伝子系統樹解析, アミノ酸変異

はじめに

季節性インフルエンザウイルスは, ウイルス粒子の抗原性状が頻繁に変異する特性を有しており, 流行を繰り返している. この抗原性状の変化は, 流行動態および流行規模に密接な関係がある. 2020年1月以降のCOVID-19パンデミックにより国内外で移動制限等の防疫措置と組織や個人において感染抑制対策が講じられた. この防疫措置の期間中, 国内における季節性インフルエンザウイルスの流行は, 2シーズンにおいて明らかなインフルエンザの流行を示唆する傾向は認められなかった^{1,2)}. その後, 防疫措置等が緩和され2022/23シーズンは, 3シーズンぶりにA/H3N2インフルエンザウイルス (A/H3N2ウイルス) の検出報告がされ, インフルエンザの流行が全国各地で認められた^{3,4)}. そこで, 我々は, 新型コロナウイルス流

行前と流行後に三重県で分離・検出されたA/H3N2ウイルスについて, ヘマグルチニン (Hemagglutinin : HA) 遺伝子の Subclade 分類 (2014/15~2022/23 シーズン) を明らかにし, 流行ウイルスとインフルエンザワクチン株との相関性を探り, 公衆衛生の向上に繋がる知見を得ることを目的とした.

対 象

調査対象

三重県感染症発生動向調査事業において, 2014年第36週~2023年第35週 (2014/15~2022/23シーズン) の間に県内の医療機関を受診し, インフルエンザと診断された患者から採取した呼吸器由来の臨床検体を用いた. このうち分離あるいは遺伝子検査で検出されたA/H3N2ウイルスをHA遺伝子解析の対象とした.

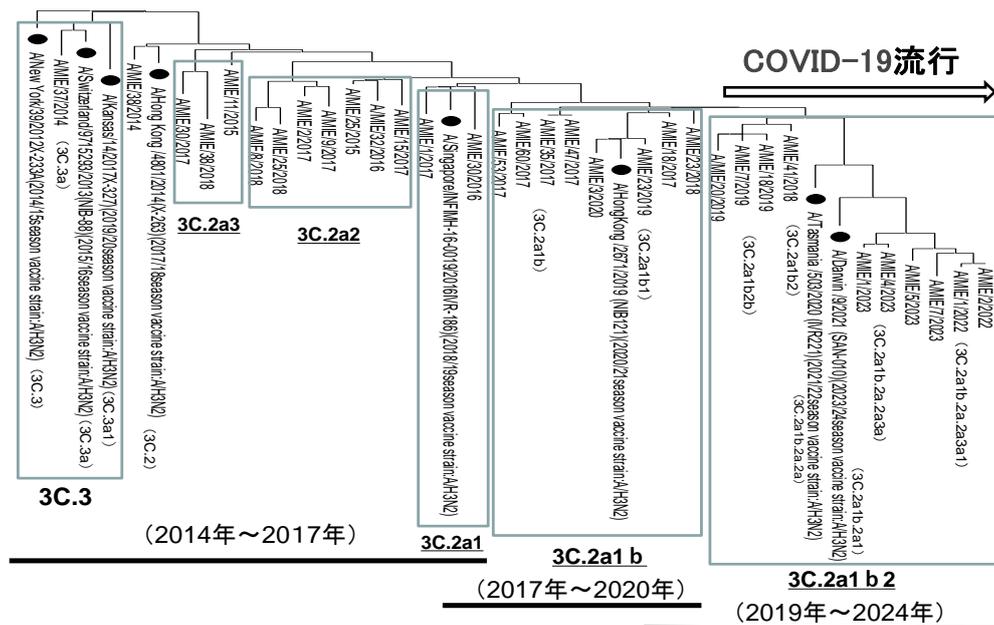


図1 A/H3N2インフルエンザウイルスのHA遺伝子系統樹解析(2014/15～2023/24シーズン)

なお、調査対象者の臨床情報および臨床検体の使用に関しては三重県感染症発生動向調査事業における病原体検査指針に従い、調査対象者または保護者による承諾書への署名を得た。検査依頼医療機関記入の調査票(患者情報)の使用にあたっては、倫理的配慮として、個人情報保護等に留意し実施した。

方法

1. インフルエンザウイルスの分離

インフルエンザウイルス分離には MDCK (Madin-Darby canine kidney) 細胞を用いた。分離のために同細胞を 24 ウェルの培養用プレートをを用いて CO₂ インキュベーター内で 34 °C, 3～4 日間単層培養した。その後、臨床検体 0.1 ml を接種し 60 分間吸着後にトリプシン添加分離用培地を 1 ml 加え、6～7 日間のウイルス培養を行い、倒立顕微鏡下において細胞変性効果の有無を観察した⁵⁾。

2. インフルエンザウイルスの検出および亜型同定試験

インフルエンザウイルスの亜型同定には、分離株および臨床検体から QIAamp Viral RNA Mini Kit (QIAGEN) を用いて RNA を抽出し、Conventional RT-PCR 法および Real-Time RT-PCR 法による HA 遺伝子検査⁵⁾にてインフルエンザウイルスの亜型同定を行った。

3. HA 遺伝子系統樹解析

分離あるいは検出された A/H3N2 ウイルスについて、HA 遺伝子の塩基配列を決定し遺伝子系統樹解析を実施した⁵⁾。

HA 遺伝子系統樹解析には、塩基配列解析ソフトウェア Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) version 11 を用いた。

遺伝子系統樹作成には、近隣結合法 (Neighbor-Joining : NJ 法) により行った。Bootstrap test は 1,000 回行った。

結果

1. A/H3N2 インフルエンザウイルスの HA 遺伝子系統樹解析

調査期間中に採取された臨床検体を用いてインフルエンザウイルスの分離・検出を実施し、患者検体より確認された A/H3N2 ウイルス 288 件の遺伝子系統樹解析を行った。

各シーズンに分離・検出された A/H3N2 ウイルスの HA 遺伝子系統樹解析結果により、Subclade 分類を実施し、図 1 に代表的な Subclade と表 1 に主な流行ウイルスを示した。

2. シーズン別の Subclade 分類

2.1 2014/15 シーズン～2017/18 シーズン

2014/15 シーズンは、Subclade 3C.2a と 3C.3a に属するウイルスが確認された。2015/16 シー

表1 ワクチン株と主な流行ウイルスのSubclade

流行シーズン	A/H3N2インフルエンザウイルス		主な流行ウイルス (Subclade)
	ワクチン株名	Subclade	
2014/2015シーズン	A/New York/39/2012	3C.3a	3C.2a, 3C.3a
2015/2016シーズン	A/Switzerland/9715293/2013	3C.3a	3C.2a
2016/2017シーズン	A/Hong Kong/4801/2014	3C.2	3C.2a, 3C.2a1
2017/2018シーズン	A/Hong Kong/4801/2014	3C.2	3C.2a1a, 3C.2a1b, 3C.2a2, 3C.2a3
2018/2019シーズン	A/Singapore/INF1M1H-16-0019/2016	3C.2a1	3C.2a1b, 3C.2a2
2019/2020シーズン	A/Kansas/14/2017	3C.3a1	3C.2a1b
2020/2021シーズン	A/HongKong/2871/2019	3C.2a1b.1b	流行なし
2021/2022シーズン	A/Tasmania/503/2020	3C.2a1b.2a.1	流行なし
2022/2023シーズン	A/Darwin/9/2021	3C.2a1b.2a.2a	3C.2a1b.2a.2b, 3C.2a1b.2a.2a.1b, 3C.2a1b.2a.2a.3a, 3C.2a1b.2a.2a.3a.1

ズンは前シーズンの流行ウイルスと類似の Subclade3C.2a に属するウイルスが主流であった。

2016/17 シーズンは、Subclade3C.2a および 3C.2a1 が主流であったが、2017/18 シーズンの流行ウイルスは、Subclade3C.2a1a, 3C.2a1b, 3C.2a2 および 3C.2a3 の混在が確認された。

2.2 2018/19 シーズン～2022/23 シーズン

2018/19 シーズンは、Subclade3C.2a1b が主流であったが、同時に少数であるが Subclade 3C.2a2 が確認された。

2019/20 シーズンは、2020 年 1 月に分離された A/H3N2 ウイルスは Subclade3C.2a1b に分類されたが、その後は、COVID-19 の流行開始による防疫措置等の影響で、翌シーズンの 2020/21 シーズンと 2021/22 シーズンは、国内流行が確認されず、本県においても、同ウイルスは検出されていない。

2022/23 シーズンの Subclade 分類を表 2 に示した。Subclade3C.2a1b.2a.2b, 3C.2a1b.2a.2a.1b, 3C.2a1b.2a.2a.3a, 3C.2a1b.2a.2a.3a.1 の 4 種の A/H3N2 ウイルスが確認された。シーズンの前半は Subclade3C.2ab.2a.2a.3a.1 と 3C.2ab.2a.2a.3a が主に検出されたが、春先以降から夏季には、Subclade3C.2a1b.2a.2b と 3C.2a1b.2a.2a.1b が検出された。その後、2023 年 8 月にはシーズンの流行の前半に検出された Subclade3C.2ab.2a.2a.3a.1 が再び確認された。しかし、2023 年 8 月に検出された A/H3N2 ウイルスはシーズン前半に検出されたウイルスと比較し、異なる HA アミノ酸変異 (I25V、V347M、I418L) を有していた。

3. ワクチン株と流行ウイルスのSubclade

シーズン別のワクチン株と主な流行ウイルスの Subcladeを表1に示した。

2014/15 シーズンは、Subclade3C.2aと3C.3aが流行したことから、3C.2aはワクチン株とは異なり、2015/16シーズンもワクチン株 (3C.3a) と相違していた。2016/17シーズン、2017/18シーズンは同じワクチン株 (3C.2) が使用されているが、流行株はSubclade 3C.2aの複数の派生株が流行に関与していた。2019/20シーズンのワクチン株はSubclade3C.3a1であるが、流行株の 3C.2a1bとは一致していない。その後、COVID-19の流行による防疫措置等の余波で2シーズン (2020/21シーズン、2021/22シーズン) の流行がなく、Subclade分類に至らなかった。しかし、2022/23シーズンにおけるA/H3N2ウイルスの流行株は、複数のSubcladeに属するウイルスが確認され、ワクチン株のSubclade3C.2a1b.2a.2aと異なり、表2に示した3C.2a1b.2a.2bが多数確認された。

考 察

本調査では 2014/15～2022/23 シーズンに本県において分離・検出された A/H3N2 ウイルスについて、インフルエンザウイルスの流行動態や流行規模に密接な関係がある HA 遺伝子の変遷を探った。今回の調査前の 2012/13 シーズンには Subclade3C が流行⁶⁾していた。その後、2014/15 シーズンには Subclade3C.2a と 3C.3a に属するウイルスが確認され、以後は Subclade3C の派生ウイルスが関与した流行が継続的にみられている。2015/16 シーズンと 2016/17 シーズンは Subclade3C.2a に属するウイルスが主流であったが、この 2016/17 シーズンは、さらに派生した Subclade 3C.2a1 への流行へシフトした。特に 2017/18 シーズンは Subclade3C.2a1a, 3C.2a1b,

表2 A/H3N2インフルエンザウイルスの採取月別クレード分類

採取月	Subclade 3C.2a1b.				計
	2a.2a.3a.1	2a.2a.3a	2a.2b	2a.2a.1b	
2022年11月	1				1
12月	3	2			5
2023年1月		5			5
2月	1	1	2		4
3月			4		4
4月			3	5	8
5月			3		3
6月			4	2	6
7月			4	3	7
8月	4				4
計	9	8	20	10	47

*2023年8月：HAアミノ酸変異 (I25V、V347M、I418L)

3C.2a2 および 3C.2a3 が混在し、遺伝子学的に複数の Subclade が流行に関与し、以後は Subclade 3C.2a1b の流行にシフトしたが、2020年1月以降の新型コロナウイルスの流行禍による防疫措置等の影響でインフルエンザウイルスの流行が抑制され、インフルエンザ流行史に残る非常に特異な事象であった。しかし 2022/23 シーズンは、3 シーズンぶりに国内流行が確認され A/H3N2 ウイルスによる小規模ながらインフルエンザ流行が各地で認められた^{1,4,7)}。今回は特殊な事情により流行抑制となった背景から、再流行となった A/H3N2 ウイルスの動向とその Subclade は非常に関心がもたれた。2022/23 シーズンの Subclade は Subclade 3C.2a1b.2a.2b, 3C.2a1b.2a.2a.1b, 3C.2a1b.2a.2a.3a および 3C.2a1b.2a.2a.3a.1 の 4 種に属するウイルスが確認され、その検出時期により、異なる Subclade による流行で、遺伝子的に多様化の傾向がみられた。また、シーズンの前半に検出されていた Subclade 3C.2a1b.2a.2a.3a.1 が再びシーズン後半に、アミノ酸配列は異なっていたが同じ Subclade のウイルスが検出される等の興味深い特徴がみられた。今回の調査より、近年の A/H3N2 ウイルスは遺伝子的に多様化が進み、3~4 シーズン内で複数の異なる Subclade による集団を形成し、その中から派生したウイルスが関与した流行へとシフトする傾向がみられた。また 2023/24 シーズンの最新の流行株は、ワクチン株と比較し抗原領域のアミノ酸に変異がみられていたことから、今後の流行ウイルスの動向とワクチン株との相同性に関心がもたれる。

今後はインフルエンザウイルスと新型コロナウイルスの同時流行が懸念されるなかで、インフルエンザウイルスのワクチン株と流行ウイルスの抗原性状の差違、あるいは新たな Subclade に分類されるウイルスの動向を捉えることは、感染拡大防止の予防啓発等のインフルエンザ予防対策に活用する上で有用である。このことは高齢者等への重症化予防策の 1 つであるワクチン接種

の方向性を明示でき、県内の医療体制の連携強化と先進的な感染予防対策の推進に繋がることが期待される。

謝 辞

本調査研究を行うにあたり、三重県感染症発生動向調査事業で検体採取を担当された医療機関の諸先生方および保健所等、関係各位にお礼申し上げます。

文 献

- 1) 国立感染症研究所：インフルエンザ 2020/21 シーズン。病原微生物検出情報，**42**，239-241 (2021)。
- 2) 国立感染症研究所：インフルエンザ 2021/22 シーズン。病原微生物検出情報，**43**，243-245 (2022)。
- 3) 国立感染症研究所：インフルエンザ 2022/23 シーズン。病原微生物検出情報，**44**，165-167 (2023)。
- 4) 湊山亜未，田村恒介，新保孝治他：COVID-19 パンデミック発生後の季節性インフルエンザ発生動向の特徴-富山県。病原微生物検出情報，**44**，64-66 (2023)。
- 5) 国立感染症研究所：インフルエンザ診断マニュアル (第 5 版) 令和 5 年 8 月。
<https://www.niid.go.jp/niid/images/lab-manual/influenza20230829.pdf>(2024.11.4 access)
- 6) 矢野拓弥，赤地重宏：過去 5 シーズンにおけるインフルエンザ非流行期と流行期に分離された AH3 亜型インフルエンザウイルスの遺伝子学的相関性 -三重県 (2012/13~2016/17 シーズン)，三重保環研年報 第**19**号 (通巻第 62 号)，27-33 (2017)。
- 7) 矢野拓弥，川合秀弘，下尾貴宏：3 シーズンぶりに流行した季節性インフルエンザウイルスの遺伝子系統樹解析および薬剤耐性インフルエンザウイルスの検出状況 (2022/23 シーズン) -三重県，三重保環研年報 第**25**号 (通巻第 68 号)，34-40 (2023)。

ノート

三重県における農産物中の残留農薬検査について (2012 年度～2023 年度)

原 有紀, 内山恵美, 勝矢晃治, 渡部ひとみ, 豊田真由美, 吉村英基

Survey of Pesticide Residues in Agricultural Products
in Mie Prefecture (from 2012 to 2023 Fiscal Year)

Yuki HARA, Emi UCHIYAMA, Kohji KATSUYA, Hitomi WATABE,
Mayumi TOYODA and Hideki YOSHIMURA

当研究所ではこれまでに農産物中の残留農薬迅速系統分析法を開発し, さらにこの方法を行政検査に適用して農産物中の残留農薬検査を行ってきた. 三重県内に流通している農産物の農薬残留実態を把握し, より効果的な食品監視を行う目的で, 過去 12 年分の検査結果について整理した. 検査を実施した 735 検体のうち 142 検体から残留農薬が検出された (検出率 19.3%). こまつな, ねぎからシペルメトリン, ほうれんそうからフルフェノクスロン, かんきつ類果実からメチダチオンの検出が多かった. 残留基準を超過した農産物は, 735 検体中 2 検体であった (違反率 0.3%).

キーワード: 残留農薬, 一斉分析法, 食品衛生法, ポジティブリスト制度

はじめに

近年, 食品流通の国際化やライフスタイルの欧米化等により, 食をめぐる環境は大きく変化している. 特に, 食の安全・安心への関心の高まりを背景として, 食品中の残留農薬の安全性に対する社会的な関心が高まっている.

食品衛生法では 1992 年 10 月 27 日付け厚生省 (現厚生労働省) 告示¹⁾を皮切りに, 段階的に残留農薬基準設定項目が追加され, 設定項目は 26 項目から 1998 年までに約 200 項目まで増加した. そのため, それまで告示されていた, 個別分析法を主とした公定分析法では分析に多くの時間, 労力が必要となった. 当研究所ではこれまでに農産物中残留農薬の迅速系統分析法を開発し²⁻⁴⁾ この方法を行政検査に適用して, 農産物中の農薬残留実態調査を行ってきた. この調査結果 12 年分については既報⁵⁾で報告している.

その後, 2005 年 5 月には, 残留農薬等に関するポジティブリスト制度が施行され, 残留基準の設

定されていない農産物等には一律基準 0.01ppm が設定された⁶⁾. このような社会情勢に加え, より精度の高い分析機器の導入, 実態に即した検査対象農薬の選定, 追加などを行い, 新たな一斉分析法を開発し^{7,8)}, 2012 年度からは本方法を行政検査に適用することとした.

本報では, 県内に流通している農産物の農薬残留実態を把握し, より効果的な食品監視を行う目的で, 過去 12 年分の検査結果について整理したので報告する.

方法

1. 対象試料

2012～2023 年度において, 三重県食品衛生監視指導計画に基づき, 収去検査として県内保健所より当研究所へ搬入された検体のうち, 当研究所で行っている「残留農薬 103 項目検査」の対象とな

った 735 検体を調査対象試料とした。

調査対象試料の内訳について、産地別内訳を図 1 に、作物別内訳を図 2 に示した。産地別内訳については、県内産 591 検体、県外産 124 検体および産地不明 20 検体であった。作物別内訳については、いも類 50 検体、野菜 610 検体、きのこと類 2 検体、果実 73 検体であった。

2. 検査対象農薬

検査対象農薬を表 1 に示した。有機リン系農薬 41 項目、有機塩素系農薬 2 項目、ピレスロイド系農薬 11 項目、カーバメート系農薬 4 項目、有機窒素系農薬 28 項目、その他の農薬 17 項目の計 103 項目について検査を実施した。



図 1 調査対象試料の産地別内訳

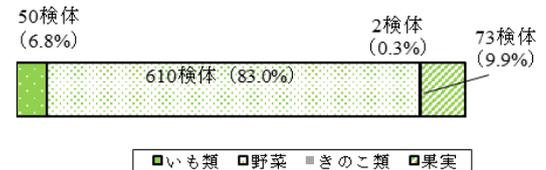


図 2 調査対象試料の作物別内訳

表 1 検査対象農薬一覧

分類	用途	農薬名
有機リン系農薬 41 項目 (44 農薬)	殺虫剤	EPN, アセフェート, イソフェンホス, イソフェンホスオキソン, イプロベンホス, エチオン, エトプロホス, エトリムホス, カズサホス, キナルホス, クロルピリホス, クロルピリホスメチル, α-CVP, β-CVP, シアノホス, ジクロフェンチオン, ジクロロホス, E-ジメチルピホス, Z-ジメチルピホス, ジメトエート, スルプロホス, ダイアジノン, パラチオン, パラチオンメチル, ピラクロホス, ピリダフェンチオン, ピリミホスメチル, フェントロチオン, フェンスルホチオン, フェンチオン, フェントエート, プロチオホス, プロフェノホス, ホサロン, ホスチアゼート, ホスメット, マラチオン, メタミドホス, メチダチオン, モノクロトホス, トリアゾホス
	殺菌剤	エディフェンホス, トルクロホスメチル
	除草剤	ブタミホス
有機塩素系農薬 2 項目 (2 農薬)	殺虫剤	γ-BHC, クロロベンジレート
ピレスロイド系農薬 11 項目 (12 農薬)	殺虫剤	シハロトリン, シフルトリン, シペルメトリン, シラフルオフェン, デルタメトリン, ビフェントリン, ピレトリン, フェンバレレート, フェンプロパトリン, フルシトリネート, cis-および trans-ペルメトリン
カーバメート系農薬 4 項目 (4 農薬)	殺虫剤	ピリミカーブ, プロボキスル, ベンダイオカルブ
	除草剤	チオベンカルブ
有機窒素系農薬 28 項目 (28 農薬)	殺虫剤	イミダクロプリド, インドキサカルブ, クロチアニジン, クロマフェノジド, クロルフェナピル
	殺菌剤	キノキシフェン, ジフェノコナゾール, シフルフェナミド, シプロコナゾール, シメコナゾール, テブコナゾール, トリアジメノール, トリアジメホン, ビテルタノール, フェナリモル, フェンブコナゾール, フルキンコナゾール, フルトラニル, プロピコナゾール, ミクロブタニル
	除草剤	アトラジン, アラクロール, オリザリン, シマジン, トリフルラリン, プロピサミド, ペンディメタリン, メトラクロール
その他の農薬 17 項目 (17 農薬)	殺虫剤	チアクロプリド, ビリダベン, ビリプロキシフェン, ブプロフェジン, フルフェノクスロン, プロパルギット, ヘキサフルムロン, メトキシフェノジド
	殺菌剤	アゾキシストロビン, イソプロチオラン, オキシカルボキシ, クレソキシムメチル, プロシミドン, ペンシクロン
	除草剤	イソキサフルトール, ブタフェナシル
	ダニ駆除剤	プロモプロピレート

3. 検査方法

検査は、既報^{7,8)}に従って実施した。GC-FPD, GC/MS-SIM, LC-MS/MSによるスクリーニングを行い、残留の疑いのある農薬についてはミニカラムによる精製を行った後、GC-FPD, GC-FTD, GC-ECDまたはLC-MS/MSによる定量試験を行った。

食品衛生法の残留基準違反が疑われた農薬については、通知法⁹⁾により再度検査を実施した。

結果および考察

1. 残留農薬検査結果について

農産物等の農薬検出状況を表2に示した。残留農薬の検出された農産物等は、735検体中142検体で、検出率は19.3%であった。残留基準値は、検査を行った時点での値を記載した。

あぶらな科野菜では、キャベツで50検体中3検体(検出率6.0%)から検出され、トルクロホスメチル、アセフェートなどであった。こまつなでは47検体中19検体(検出率40.4%)から検出され、シペルメトリンが8検体と最も多く、次いでクロルフェナピルが7検体であった。

ゆり科野菜では、たまねぎで21検体中1検体から検出され、その1検体からアセフェート、メタミドホスの2農薬の検出があった。ねぎでは、48検体中17検体(検出率35.4%)から検出され、シペルメトリンが8検体と最も多く、アゾキシストロビン5検体、クロチアニジン4検体、フルトラニル4検体と続いた。

なす科野菜では、トマトで78検体中12検体(検出率15.3%)から検出され、ピリダベン、クロチアニジン、アゾキシストロビンなどであった。

うり科野菜では、きゅうりで52検体中15検体(検出率28.8%)から検出され、クロルフェナピルが7検体と最も多く、次いでプロシミドンが6検体であった。

ほうれんそうで、37検体中20検体(検出率54.1%)から検出され、そのほとんどがフルフェノクスロン(17検体, 45.9%)であった。

かんきつ類果実では、メチダチオンの検出が最も多く、44検体中15検体であった(0.01~0.32ppm)。

2. 残留基準を超過した農産物について

残留基準を超過した農産物は、735検体中2検体であった(違反率0.2%)。EPNが0.77ppm検出されたピーマン(残留基準0.01ppm)、同じくEPNが0.21ppm検出されたほうれんそう(残留基準0.01ppm)であった。

また、クロルフェナピルが5.2ppm検出されたこまつなは、残留基準は5ppmであるが、通知⁹⁾に従って、基準値より1けた下の小数点第1位を四捨五入すると5ppmとなり残留基準を超過していないことから、食品衛生法違反とはならなかった。

3. 農薬検出頻度について

農薬の検出頻度について、農産物等別にまとめたものを表3に、農薬別にまとめたものを表4に示した。表3では、農産物等別検出率について5検体以上検査を行ったもののうち検出率の高い上位12農産物を示した。表4では、農薬別検出回数について上位20農薬を示した。

農産物等別では、上位になつみかん(0.01~0.25ppm)、その他のかんきつ類果実(0.01~0.32ppm)といった果実が多かった。これらは、外果皮を含めた果実全体を検査に供することから、外果皮に付着している農薬の影響が大きいと考えられる。今回の結果では、みかんは上位には挙がらなかったが、測定対象農薬の一部では、外果皮を含むものの基準値を適用するよう改正されており、該当の農薬分析の際には、外果皮を含む試料として分析を行っている。今後、検出率が高くなる可能性が示唆される。また、ほうれんそう(0.01~3.6ppm)、こまつな(0.01~5.2ppm)といった葉物野菜での検出率も高かった。果実については、通常喫食する際に皮を除去することが多いが、全体を通して、調理、喫食する前に水でよく洗うなどの注意が必要である。

農薬別では、フルフェノクスロンが検出回数23回で最も多く、クロルフェナピルおよびクロチアニジンが22回、シペルメトリン19回と続いた。これらの農薬は、各地方衛生研究所等での残留農薬検査の集計結果¹⁰⁾でも高い頻度で検出されており、本県での検出状況とも一致している。

4. 検体数および検出率の推移について

当研究所ではこれまでに、残留農薬迅速系統分析の開発を行い、その方法を収去検査に適用して、県内に流通している農産物中の残留農薬検査を行ってきた。本報では、2012年度から2023年度に実施した結果をまとめ、その検体数および検出率の推移を図3にまとめた。

初期においては、検体数は年間90~100検体程度であったが、2014年度以降は、農産物の検査についてはおよそ60~70検体で推移している。2020~2022年度は、コロナ禍の影響で業務の整理があり、一時的に検体数が減少していた。

表2 農産物等の残留農薬検出状況

分類	農産物等	検体数	検出検体数	産地	年度	検出された農薬	濃度 (ppm)	残留基準 (ppm)			
あぶらな科野菜	キャベツ	50	3	県内	2013	トルクロホスメチル	0.02	2.0			
						クロルフェナピル	0.01	1			
				県外	2013	アセフェート	0.28	5.0			
						メタミドホス	0.06	1.0			
		県外	2017	トルクロホスメチル	0.90	2.0					
						インドキサカルブ	0.07	1			
						クロチアニジン	0.03	0.7			
	こまつな	47	19	県内	2012	クロチアニジン	0.01	1			
				県内	2012	クロチアニジン	0.04	1			
									フルフェノクスロン	0.39	10
				県外	2014	シペルメトリン	0.06	5.0			
				県内	2014	アゾキシストロビン	0.46	15			
				不明	2015	シペルメトリン	0.35	5.0			
									フルフェノクスロン	0.27	10
				県内	2016	クロルフェナピル	0.49	5			
				県内	2016	シペルメトリン	0.23	5.0			
				県内	2018	シペルメトリン	0.08	5.0			
				県内	2018	クロチアニジン	0.07	10			
				県外	2018	シペルメトリン	0.22	5.0			
									フルフェノクスロン	0.05	10
				県内	2019	クロルフェナピル	5.2	5			
				不明	2019	クロルフェナピル	0.02	5			
				不明	2019	クロルフェナピル	0.72	5			
				県内	2020	クロルフェナピル	0.34	5			
				県内	2021	シペルメトリン	0.02	6			
				県外	2021	シペルメトリン	0.02	6			
									フルフェノクスロン	0.57	10
				県内	2023	ダイアジノン	0.02	0.06			
									クロルフェナピル	0.10	5
									シペルメトリン	0.30	6
	県内	2023	ペルメトリン	3.7	20						
						クロチアニジン	0.02	10			
	県内	2023	クロルフェナピル	0.03	5						
					クロチアニジン	0.06	10				
					フルフェノクスロン	0.04	10				
だいこん類の根	40	2	県内	2012	ホスチアゼート	0.05	0.2				
			県内	2018	アセフェート	0.12	1.0				
								メタミドホス	0.05	0.5	
チンゲンサイ	4	1	県内	2012	クロチアニジン	0.30	5				
									フルフェノクスロン	0.44	5
はくさい	20	2	県内	2020	クロルフェナピル	0.03	2				
			不明	2023	クロチアニジン	0.02	2				
その他のあぶらな科野菜	33	3	県内	2016	ペルメトリン	1.5	3				
				2017	イミダクロプリド	0.02	5				
				2023	ペルメトリン	0.03	40				

表2 (続 き)

分類	農産物等	検体数	検出検体数	産地	年度	検出された農薬	濃度 (ppm)	残留基準 (ppm)
きく科野菜	しゅんぎく	3	1	県内	2017	アゾキシストロビン	0.30	30
				県外	2013	クロチアニジン	0.10	20
	レタス	9	3	県外	2014	クロチアニジン	0.01	20
				県外	2015	フェンバレレート	0.05	2.0
ゆり科野菜	たまねぎ	21	1	県内	2018	アセフェート	0.09	0.5
						メタミドホス	0.03	0.3
	ねぎ	48	17	県内	2012	クロチアニジン	0.02	0.7
				県内	2012	シペルメトリン	0.47	5.0
				県内	2012	クロルフェナピル	0.04	3
						シペルメトリン	0.14	5.0
				県内	2012	フルトラニル	0.10	1
				県内	2013	シペルメトリン	0.10	5.0
				県内	2013	シペルメトリン	0.19	5.0
						ミクロブタニル	0.04	1
				県内	2013	クロルフェナピル	0.04	3
						シペルメトリン	0.12	5.0
				県内	2013	フルトラニル	0.10	1
				県内	2014	シペルメトリン	0.08	5.0
						プロシミドン	0.02	5
				県内	2016	シペルメトリン	0.05	5.0
						アゾキシストロビン	0.07	10
				県内	2018	シペルメトリン	0.02	5.0
				県内	2019	ミクロブタニル	0.02	1
						アゾキシストロビン	0.49	10
						クロチアニジン	0.05	1
県内	2019	アゾキシストロビン	0.05	10				
		クロチアニジン	0.02	1				
県内	2019	フルトラニル	0.02	1				
県内	2022	アゾキシストロビン	0.01	10				
県内	2023	アゾキシストロビン	0.06	10				
		クロチアニジン	0.06	1				
県内	2023	フルトラニル	0.03	3				
せり科野菜	にんじん	35	3	県内	2017	トルクロホスメチル	0.01	2.0
				県内	2019	フェントエート	0.01	0.1
						トリフルラリン	0.01	1
				県内	2020	ダイアジノン	0.04	0.5
	みつば	1	1	県内	2015	フルトラニル	0.03	2
					アゾキシストロビン	0.04	5	
なす科野菜	トマト	78	12	県内	2012	ピリダベン	0.04	1.0
				県内	2012	ピリダベン	0.06	1.0
				県内	2012	チアクロプリド	0.04	1
				県内	2013	ピリダベン	0.02	5
				県内	2013	ピリダベン	0.05	5
				県内	2013	ジフェノコナゾール	0.03	0.5
				県内	2017	クロチアニジン	0.19	3
				県内	2017	クロチアニジン	0.03	3
				不明	2017	ピリダベン	0.10	5

表2 (続 き)

分類	農産物等	検体数	検出検体数	産地	年度	検出された農薬	濃度 (ppm)	残留基準 (ppm)
なす科野菜	トマト (続き)	31	2	県内	2017	ブプロフェジン	0.05	1
						アゾキシストロビン	0.04	3
	なす		県内	2017	ミクロブタニル	0.03	2	
			県内	2018	アゾキシストロビン	0.02	3	
			県外	2014	クロルフェナピル	0.07	1	
					イミダクロプリド	0.10	2	
			県外	2016	アゾキシストロビン	0.01	3	
			ピーマン	県内	2012	アゾキシストロビン	0.14	3
						インドキサカルブ	0.01	1
				県外	2013	クロルフェナピル	0.29	1
						プロシミドン	0.12	5
						アゾキシストロビン	0.16	3
				県外	2014	アゾキシストロビン	0.05	3
					県外	2014	EPN	0.77
うり科野菜	きゅうり	52	15	県内	2014	プロシミドン	0.02	5
				県外	2015	ピリダベン	0.07	0.7
				県外	2015	クロルフェナピル	0.02	0.5
				県内	2016	プロシミドン	0.03	5
						イミダクロプリド	0.01	1
						クロチアニジン	0.04	2
				県外	2017	クロルフェナピル	0.02	0.5
				県内	2018	クロルフェナピル	0.01	0.5
						アゾキシストロビン	0.03	1
				県内	2018	クロチアニジン	0.01	2
				県内	2018	イミダクロプリド	0.07	1
				県外	2019	プロシミドン	0.03	4
				県内	2019	プロシミドン	0.07	4
				県内	2019	クロルフェナピル	0.01	0.5
				県内	2020	クロルフェナピル	0.02	0.5
				県内	2021	クロルフェナピル	0.04	0.5
				県内	2021	プロシミドン	0.08	4
				県外	2021	クロルフェナピル	0.03	0.5
						プロシミドン	0.13	4
				その他の野菜	しその葉	1	1	県内
ほうれんそう	37	20	県内		2012	フルフェノクスロン	0.04	10
			県外		2012	イミダクロプリド	0.07	15
						フルフェノクスロン	0.18	10
			県内		2012	フルフェノクスロン	0.05	10
			県外		2012	イミダクロプリド	0.17	15
						フルフェノクスロン	0.02	10
			県外		2012	フルフェノクスロン	0.41	10
			県外		2012	フルフェノクスロン	0.09	10
			県外		2012	フルフェノクスロン	0.19	10
			県内		2013	ベルメトリン	0.02	2.0
			県外		2013	フルフェノクスロン	3.6	10
			県内		2014	フルフェノクスロン	0.02	10
県外	2014	フルフェノクスロン	0.37	10				

表2 (続 き)

分類	農産物等	検体数	検出検体数	産地	年度	検出された農薬	濃度 (ppm)	残留基準 (ppm)	
その他の野菜	ほうれんそう (続き)			県内	2014	EPN	0.21	0.01	
							イミダクロプリド	0.01	15
				県外	2014	イミダクロプリド	0.41	15	
						フルフェノクスロン	0.61	10	
				県内	2015	フルフェノクスロン	0.04	10	
				県内	2015	フルフェノクスロン	0.01	10	
				県外	2016	イミダクロプリド	0.26	15	
						フルフェノクスロン	0.42	10	
				県内	2017	フルフェノクスロン	0.17	10	
				県内	2018	シペルメトリン	0.02	2.0	
				県外	2018	フルフェノクスロン	1.8	10	
				県内	2023	イミダクロプリド	0.07	15	
						クロチアニジン	0.02	40	
						フルフェノクスロン	2.8	10	
	モロヘイヤ	17	1	県内	2014	トリフルラリン	0.04	2	
かんきつ類果実	なつみかん	7	6	県内	2016	メチダチオン	0.01	5	
				県内	2016	フェントエート	0.08	2	
						ピリダベン	0.17	1	
				県内	2017	メチダチオン	0.02	5	
						フェンプロパトリン	0.08	5	
						クロチアニジン	0.01	2	
				県内	2019	メチダチオン	0.25	5	
	県内	2019	メチダチオン	0.12	5				
	県内	2019	メチダチオン	0.05	5				
	みかん	22	6	県内	2020	ブプロフェジン	0.03	1	
				県内	2021	ビフェントリン	0.04	2	
				県内	2023	シアノホス	0.03	3	
						プロチオホス	0.02	2	
						テブコナゾール	0.04	3	
						フェンプロパトリン	0.05	2	
				県内	2023	クロルピリホス	0.08	1	
				県内	2023	クロルピリホス	0.15	1	
						テブコナゾール	0.14	3	
						ビフェントリン	0.02	2	
				県内	2023	クロルピリホス	0.05	1	
					ビフェントリン	0.04	2		
その他のかんきつ類果実				15	10	ぼんかん	県内	2017	メチダチオン
		県内	2018			メチダチオン	0.06	5	
		県内	2020			メチダチオン	0.03	5	
	カラ	県内	2016			メチダチオン	0.02	5	
			クレソキシムメチル			0.09	10		
		県内	2016			メチダチオン	0.04	5	
			クレソキシムメチル			0.03	10		
	清見	県内	2015			メチダチオン	0.32	5	
			クロルフェナピル			0.01	2		
	不知火	県内	2015			メチダチオン	0.04	5	

表2 (続 き)

分類	農産物等	検体数	検出検体数	産地	年度	検出された農薬	濃度 (ppm)	残留基準 (ppm)
	不知火 (続き)			県内	2016	メチダチオン	0.07	5
				県内	2018	メチダチオン	0.19	5
	麗紅			県内	2016	メチダチオン	0.04	5
核果・ 仁果果実	りんご	3	2	県外	2014	シペルメトリン	0.04	2.0
						フェンプロパトリン	0.02	5
	日本なし	2	1	県内	2016	クロルピリホス	0.03	1.0
						クレソキシムメチル	0.07	5
						シラフルオフエン	0.03	1
ベリー類果実	いちご	19	3	県内	2012	チアクロプリド	0.02	5
						アゾキシストロビン	0.02	10
						アゾキシストロビン	0.02	10
その他の果実	かき	3	2	不明	2013	シペルメトリン	0.03	2.0
						テブコナゾール	0.03	1
	ぶどう	1	1	県外	2012	クロチアニジン	0.02	0.5
						クロルフェナピル	0.07	5
						クロチアニジン	0.02	5

検出率については、コロナ禍であった 2022 年度を除くと、各年度において多少の増減はあるものの、およそ 20%前後で推移していた (全体 19.3%)。既報⁵⁾では、1998 年度から 2009 年度の期間中の検出率は 11.7%であり、この結果と比較すると検出率は上昇したことになる。これは、検査対象農薬が増加し、より網羅的に検出できるようになったこと、また、LC-MS/MS といった高性能な機器を用いて分析を行うことで、低濃度の残留農薬も分析可能となったことなどが考えられる。残留基準を超過した農産物は、735 検体中 2 検体 (違反率 0.3%) で、既報の期間中の違反率 0.3%と同程度であった。違反率は 1%に満たないものの、残留の認められる農産物は例年 20%程度

表3 検出率の高い農産物等 (検体数 5 検体以上)

農産物等	検体数	検出検体数	検出率 (%)
なつみかん	7	6	85.7
その他のかんきつ類果実	15	10	66.7
ほうれんそう	37	20	54.1
ピーマン	9	4	44.4
こまつな	47	19	40.4
ねぎ	48	17	35.4
レタス	9	3	33.3
きゅうり	52	15	28.8
みかん	22	6	27.3
いちご	19	3	15.8
トマト	78	12	15.4
はくさい	20	2	10.0

程度検出されることから、今後も残留農薬の検出状況について監視していく必要がある。

まとめ

本報では、県内に流通している農産物中の農薬

表4 検出頻度の高い農薬

農薬	検出回数 (回)
フルフェノクスロン	23
クロルフェナピル	22
クロチアニジン	22
シペルメトリン	19
アゾキシストロビン	17
メチダチオン	15
イミダクロプリド	10
プロシミドン	9
ピリダベン	7
フルトラニル	5
ペルメトリン	5
クロルピリホス	4
アセフェート	3
トルクロホスメチル	3
メタミドホス	3
クレソキシムメチル	3
テブコナゾール	3
ビフェントリン	3
フェンプロパトリン	3
ミクロブタニル	3

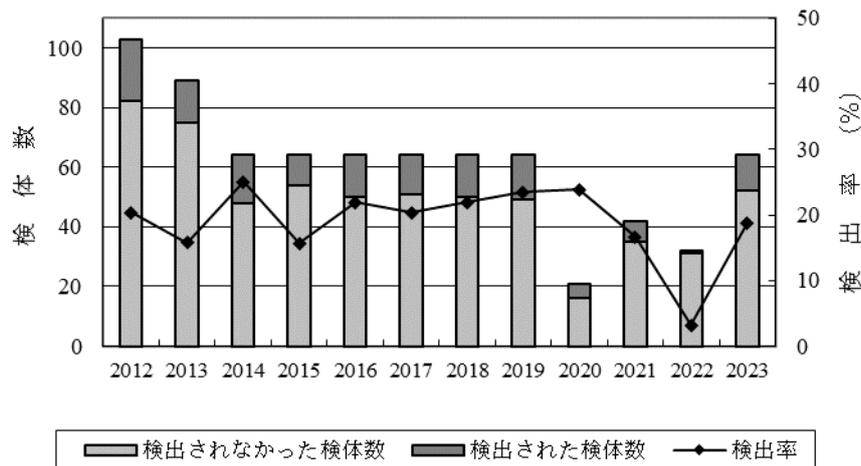


図3 農産物等の検体数および残留農薬検出率の推移

残留実態を把握し、より効率的な食品監視を行う
 目的で、2012～2023年度の過去12年分の農薬残留
 実態について整理した結果、以下の結果を得た。

1. 「残留農薬103項目検査」の対象となったものは735検体で、そのうち142検体から残留農薬が検出された（検出率19.3%）。
2. 農産物によって検出される農薬に特徴があり、こまつな、ねぎからシペルメトリン、ほうれんそうからフルフェノクスロン、かんきつ類果実からメチダチオンの検出が多かった。
3. 残留基準を超過した農産物は、735検体中2検体であった（違反率0.3%）。
4. 農薬検出頻度を調べた結果、農産物別ではなつみかんやその他のかんきつ類果実、ほうれんそう、こまつな、ねぎからの検出が多かった。農薬別では、フルフェノクスロン、クロルフェナピル、クロチアニジン、シペルメトリンの検出が多かった。
5. 検体数および検出率の推移を調べた結果、検体数はコロナ禍などの社会情勢やそれに応じた行政取組によって増減があるが、検出率はいずれの年度もおよそ20%前後で推移していた。

消費者の食の安全への意識は、今後も高まる
 ことが予想される。今回の調査結果をもとに、より
 実態に即した検査対象農薬の選定、追加などを
 行い、迅速かつ的確な検査体制を整備していきたい。

文 献

- 1) 1992年10月27日付け厚生省告示第239号（第104次改正）「食品、添加物等の規格基準」
- 2) 坂井 亨, 小川正彦, 大熊和行, 佐藤 誠, 志村恭子: GC/MS-SIM 及び PDA-HPLC を

- 用いた農産物中残留農薬の迅速系統分析. 三重衛研年報, **42**, 95-110(1996).
- 3) 阪本品子, 小川正彦, 大熊和行, 別所敬子, 佐藤 誠, 志村恭子: 有機リン系及び有機イオウ系農薬の FPD-GC による測定. 三重保環研年報 (衛), **44**, 75-86(1999).
- 4) 阪本品子, 小川正彦, 大熊和行, 佐藤 誠, 志村恭子: カーバメート系農薬を含む有機窒素系農薬の FTD-GC による測定. 三重保環研年報, **45**, 84-93(2000).
- 5) 大垣有紀, 川合啓之, 林 克弘, 前田千恵, 林崎由美子, 竹内 浩, 一色 博, 志村恭子: 三重県における農産物中の残留農薬検査結果について (1998～2009 年度). 三重保環研年報, **55**, 35-42(2010).
- 6) 2005年11月29日付け厚生労働省告示第497号「食品衛生法第11条第3項の規定により人の健康を損なうおそれのない量として厚生労働大臣が定める量を定める件」
- 7) 大垣有紀, 林 克弘, 一色 博, 川合啓之, 林崎由美子, 竹内 浩, 志村恭子: 農産物中残留有機リン系農薬の一斉分析法の検討. 三重保環研年報, **54**, 36-46(2009).
- 8) 大垣有紀, 林 克弘, 川合啓之, 志村恭子: 農産物中残留農薬一斉分析法の検討. 三重保環研年報, **56**, 44-59(2011).
- 9) 2005年1月24日付け食安発第0124001号厚生労働省医薬食品局食品安全部長通知「食品に残留する農薬, 飼料添加物又は動物用医薬品の成分である物質の試験法について」
- 10) 2020年8月19日付け厚生労働省医薬食品局食品安全部基準審査課「平成30年度食品中の残留農薬等検査結果について」

大豆加工食品中の遺伝子組換え DNA 検査における PCR 装置の同等性確認試験

吉田真平, 中野陽子, 原 有紀, 内山恵美, 吉村英基

Equivalence Study on PCR for Genetically Modified DNA testing
in Processed Soybean foods

Shinpei YOSHIDA, Yohko NAKANO, Yuki HARA,

Emi UCHIYAMA and Hideki YOSHIMURA

わが国における遺伝子組換え食品の表示については、大豆等の農産物およびこれらの加工食品が対象となっている。遺伝子組換え食品の表示が適正であるかについては、「安全性審査済みの遺伝子組換え食品の検査方法（以下、「公定法」）」にて科学的に検証する方法が示されており、リアルタイム PCR による DNA 検査法が基本となっている。大豆加工食品中の DNA 検査に用いられる PCR 装置として、公定法には代表的なものが示されているが、これら以外の装置についても、従来装置との同等性が確認できれば、検査での使用が認められている。本研究では、PCR 装置 Quant Studio®5 と、公定法で既使用が認められている ABI PRISM®7900 との同等性確認試験を行った。この結果、QuantStudio®5 は ABI PRISM®7900 との同等性が確認され、大豆加工食品の DNA 検査に適用可能であると考えられた。

キーワード：大豆、遺伝子組換え食品、リアルタイム PCR、同等性確認試験、RR2

はじめに

わが国の遺伝子組換え食品の表示は、2001 年 4 月より食品衛生法¹⁾および日本農林規格等に関する法律 (JAS 法)²⁾に基づき義務化されており、現在は食品表示法³⁾に基づく食品表示基準⁴⁾で規定されている。2024 年 11 月現在、表示の対象となっているのは、大豆、とうもろこし、ばれいしょ、なたね、綿実、アルファルファ、てん菜、パイヤ、からしなの 9 農産物およびこれらを主な原材料とする 33 の加工食品群であり、加工食品においては約半数の 15 加工食品群が大豆を原材料としたものである⁴⁾。主な原材料とは、全原材料に占める重量割合が上位 3 位以内で、かつ重量割合が 5%以上である原材料のことであり⁴⁾、加

工食品では遺伝子組換え農産物が主な原材料である場合のみ表示義務が発生する。遺伝子組換え食品である場合は、「遺伝子組換え農産物である」旨、または「遺伝子組換え不分別である」旨の表示が義務付けられており、食品表示の内容が全て正しいと仮定すれば、消費者や事業者も表示を確認することで遺伝子組換え食品を識別できるようになっている。これら遺伝子組換え食品に関する表示の信頼性を確認するために、「安全性審査済みの遺伝子組換え食品の検査方法（以下、「公定法」）」⁵⁾に基づき行政検査が実施されている。公定法には大豆加工食品の検査法に用いる PCR 装置として、代表的なものが複数示されているが、以下に記載の通り、検査方法の同等性が確認できれば、別の

PCR 装置の使用も認められている⁵⁾。

検査方法の同等性の確認は、感度、繰り返し再現性、ウェル間差および増幅効率（特に定量する場合）などを考慮して行う。例えば、市販陽性対照プラスミド（例えば、コメ用）を用意し、現行機種（ABI PRISM[®]7900 等）を用いて検出限界より少し高い濃度（10 回中 10 回全て検出される最低濃度）の希釈溶液を作製する。その溶液を用いて、確認したい機種で同様の試験を行い、また、日を変えて 3 回以上行った結果、全て検出され、96 ウェル間で差がないことを確認する（Cq 値に最大でも 1 以上の差がない。）⁵⁾。

本試験では、PCR 装置 Quant Studio[®]5 について、公定法⁵⁾ で大豆加工食品の DNA 検査での使用が認められている ABI PRISM[®]7900 との同等性を確認したので、報告する。

実験方法

1. リアルタイム PCR 装置

ABI PRISM[®]7900 (ThermoFisher SCIENTIFIC 社) および Quant Studio[®]5 (appliedbiosystems 社) を用いた。

2. 試薬

2.1 プライマー対および標識プローブ

GM ダイズ (RR2) 系統別 DNARR2 オリゴヌクオチドセット (Nippon Gene 社) を用いた。

2.2 標準プラスミド

GM ダイズ (RR2) プラスミドセット (Nippon Gene 社) を用いた。

2.3 マスターミックス

TaqMan Universal PCR Master Mix (appliedbiosystems 社) を用いた。

3. PCR 用反応液の組成および増幅条件

PCR 用反応液の組成および増幅条件は、公定法⁵⁾ に記載の大豆加工食品の検査法に従った。PCR 用反応液は、マスターミックス 12.5 μ L, 対象プライマー対溶液（各プライマー, 25 μ M) 0.5 μ L, 対象プローブ溶液 (10 μ M) 0.5 μ L, 水 9 μ L, 20 ng/ μ L DNA 試料液 2.5 μ L (50 ng) または滅菌水（ブランク試料液 : NTC) 2.5 μ L の組成で調製した。PCR は 50 $^{\circ}$ C 2 分間の条件で保持したあと、95 $^{\circ}$ C 10 分間加温しホットスタート法で反応を開始する。その後、95 $^{\circ}$ C 30 秒間、59 $^{\circ}$ C 60 秒間を 1 サイクルとして 45 サ

イクルで増幅させた。結果の解析は、リアルタイム PCR 装置に付属のソフトウェアで行った。

4. 同等性確認試験

4.1 検出限界試験

標準プラスミドを希釈して、1~40 copy/well (1, 2, 5, 10, 20, 40 copy/well) になるように反応液と調製し、ABI PRISM[®]7900 および Quant Studio[®]5 を使用し、各濃度 10 ウェル併行で測定した。その際、10 ウェル併行全てで Ct 値が得られた濃度を、ABI PRISM[®]7900 および Quant Studio[®]5 それぞれの検出限界濃度とし、各装置の感度を比較した。

4.2 増幅効率試験

標準プラスミドの希釈系列 20 ~ 250,000copy/well (20, 125, 1,500, 20,000, 250,000copy/well) を反応液と調製し、各濃度 10 ウェル併行で ABI PRISM[®]7900 および Quant Studio[®]5 にて測定した。その際、得られた検量線の傾きから、増幅効率を算出し、各装置の増幅効率を比較した。

4.3 繰り返し再現性およびウェル間差試験

繰り返し再現性およびウェル間差の評価として、現行機種である ABI PRISM[®]7900 の検出限界濃度 (5 copy/well) の 100 倍濃度 (500copy/well) を 84 ウェル、検量線用に 2,000, 20,000, 200,000copy/well をそれぞれ 3 ウェル、コンタミの有無を確認するために NTC を 3 ウェル調製し、ABI PRISM[®]7900 および Quant Studio[®]5 にて 1 日 1 回を計 3 日間繰り返し実施した。また、それぞれの濃度における繰り返し再現性 (RSD) およびウェル間差を示すサイクル数の差 ($\Delta Cq = \Delta Ct = Ct_{\text{最大値}} - Ct_{\text{最小値}}$) を算出した。ここで、84 ウェル分の希釈溶液の濃度を、現行機種の検出限界濃度の 100 倍濃度とした理由は、日本ジェネティクスの Technical Note⁶⁾ および野村ら⁷⁾ の同種試験でも 100 倍濃度を基準に測定していたので、本試験でも 100 倍濃度を採用し、残りの 12 ウェルと合わせて計 96 ウェルで各装置の繰り返し再現性およびウェル間差を比較した。

結果および考察

1. 検出限界試験

ABI PRISM[®]7900 の検出限界試験の結果を表 1 に示した。標準プラスミドの希釈反応液

(1, 2, 5, 10, 20, 40 copy/well) にて, 10 ウェル併行全てで Ct 値が得られたのは, 5, 10, 20, 40 copy/well の濃度であった. この結果から, 現行機種 ABI PRISM[®]7900 の検出限界濃度は, 5 copy/well と考えられたため, 「3. 繰り返し再現性およびウェル間差試験」の繰り返し再現性およびウェル間差試験における, コンタミ確認および検量線作成用の 12 ウェルを除く 84 ウェルには, 100 倍濃度の 500copy/well を使用し試験することとなった.

Quant Studio[®]5 の検出限界試験の結果を表 2 に示した. 標準プラスミドの希釈反応液 (1, 2, 5, 10, 20, 40 copy/well) にて, 10 ウェル併行全てで Ct 値が得られたのは, 10, 20, 40 copy/well の濃度であった. この結果から, 新

規機種 Quant Studio[®]5 の検出限界濃度は, 10 copy/well と考えられた.

ABI PRISM[®]7900 および Quant Studio[®]5 の検出限界試験の結果を比較すると, ABI PRISM[®]7900 の方が, 若干感度が高い結果となったが, Quant Studio[®]5 の 5 copy/well の結果では, あと 1 ウェルのみ Ct 値が得られていたら ABI PRISM[®]7900 と同じ検出限界であったこと, および 2 機種 of 検出限界濃度も 2 倍程度の差であることから, Quant Studio[®]5 の感度は ABI PRISM[®]7900 とほぼ同等であると考えられた.

表 1 検出限界試験の結果 (ABI PRISM[®] 7900)

コピー数 (copy/well)	Ct	Ct Mean ± SD	ΔCt	コピー数 (copy/well)	Ct	Ct Mean ± SD	ΔCt
1	39.7	39.2 ± 0.6	1.2	10	36.2	36.8 ± 0.8	2.2
1	n.d			10	36.2		
1	n.d			10	38.4		
1	n.d			10	36.9		
1	n.d			10	36.7		
1	38.6			10	36.2		
1	n.d			10	37.3		
1	n.d			10	36.6		
1	n.d			10	38.1		
1	n.d			10	37.2		
2	39.2	39.4 ± 1.0	2.9	20	35.2	35.4 ± 0.7	2.4
2	n.d			20	35.0		
2	41.6			20	35.7		
2	38.7			20	34.9		
2	39.7			20	37.4		
2	n.d			20	35.3		
2	38.8			20	35.4		
2	38.9			20	35.4		
2	39.2			20	36.1		
2	n.d			20	35.7		
5	40.5	38.2 ± 1.1	4.0	40	34.8	34.7 ± 0.4	1.3
5	38.9			40	34.5		
5	38.7			40	34.4		
5	37.2			40	34.7		
5	37.8			40	35.5		
5	36.5			40	34.7		
5	38.7			40	34.5		
5	37.9			40	35.0		
5	37.8			40	35.7		
5	37.8			40	34.6		

表2 検出限界試験の結果 (Quant Studio®5)

コピー数 (copy/well)	Ct	Ct Mean±SD	ΔCt	コピー数 (copy/well)	Ct	Ct Mean±SD	ΔCt
1	38.4	38.1 ± 0.9	2.2	10	34.9	34.9 ± 0.6	1.8
1	37.1			10	34.7		
1	n.d			10	35.3		
1	n.d			10	36.3		
1	38.4			10	35.1		
1	n.d			10	36.5		
1	n.d			10	35.1		
1	37.3			10	35.2		
1	39.3			10	35.4		
1	n.d			10	35.5		
2	37.9			37.9 ± 1.0	3.2		
2	n.d	20	34.7				
2	37.8	20	34.8				
2	n.d	20	34.6				
2	36.5	20	34.8				
2	35.8	20	33.7				
2	37.2	20	33.8				
2	39.1	20	34.8				
2	n.d	20	35.3				
2	37.1	20	34.2				
5	36.6	36.6 ± 1.4	4.3			40	33.3
5	35.8			40	32.8		
5	n.d			40	33.9		
5	37.8			40	33.6		
5	40.0			40	33.5		
5	36.2			40	34.1		
5	38.5			40	33.0		
5	36.6			40	34.3		
5	35.7			40	33.2		
5	36.4			40	33.2		

2. 増幅効率試験

ABI PRISM® 7900 による増幅効率試験の結果を表3に示した。標準プラスミドの希釈系列 (20, 125, 1,500, 20,000, 250,000copy/well) から得られた増幅効率は93.0%であり、適正値の90%~110%の範囲内であることから、ABI PRISM® 7900にて良好な増幅効率の結果を示すことが考えられた。

Quant Studio®5 による増幅効率試験の結果を表4に示した。標準プラスミドの希釈系

列 (20, 125, 1,500, 20,000, 250,000copy/well) から得られた増幅効率は94.9%であり、適正値の範囲内であることから、Quant Studio®5でも良好な増幅効率の結果を示すことが考えられた。

ABI PRISM®7900 および Quant Studio®5 の増幅効率試験の結果を比較すると、増幅効率はそれぞれ 93.0%および 94.9%であり、Quant Studio®5 の増幅効率は、ABI PRISM®7900 と同等であると考えられた。

表3 増幅効率試験の結果 (ABI PRISM® 7900)

コピー数 (copy/well)	Ct Mean±SD	ΔCt	R ²	増幅効率 (%)
20	36.7 ± 0.4	1.2	0.989	93.0
125	34.0 ± 0.2	0.7		
1,500	30.9 ± 1.0	2.5		
20,000	26.2 ± 0.0	0.1		
250,000	22.4 ± 0.1	0.2		

表4 増幅効率試験の結果 (Quant Studio®5)

コピー数 (copy/well)	Ct Mean±SD	ΔCt	R ²	増幅効率 (%)
20	34.9 ± 0.2	0.7	0.999	94.9
125	31.7 ± 0.1	0.4		
1,500	28.3 ± 0.1	0.2		
20,000	24.4 ± 0.1	0.2		
250,000	20.4 ± 0.1	0.2		

3. 繰り返し再現性およびウェル間差試験

ABI PRISM® 7900 による繰り返し再現性およびウェル間差試験の結果を表5に示した。計3日間の試験であったが、どの試験日においても、NTCのCtは不検出であり、ウェル間でコンタミがないことが確認できた。また、表に示していないが、検量線の決定係数(R²)の値はどの試験日においても0.99以上で、検量線の直線性に問題なかった。3日間におけるCtの平均値は、500 copy/wellで32.4~32.8、2,000 copy/wellで29.8~30.1、20,000 copy/wellで26.4~26.6、200,000 copy/wellで22.6~23.0であった。繰り返し再現性(RSD)は、500 copy/wellで0.5~0.6%、2,000 copy/wellで0.2~0.3%、20,000 copy/wellで0.1~0.3%、200,000 copy/wellで0.2~0.3%と全ての濃度で1%未満と良好な結果であった。ウェル間差を示すサイクル数の差(ΔCt)は、500 copy/wellで0.8~1.2、2,000 copy/wellで0.1~0.2、20,000 copy/wellで0.1~0.2、200,000 copy/wellで0.1であり、500 copy/wellにて公定法⁵⁾で定義するウェル間差の目標値(ΔCt<1)を満たしていなかった。

Quant Studio® 5による繰り返し再現性およびウェル間差試験の結果を表6に示した。計3日間の試験であったが、どの試験日においても、NTCのCtは不検出であり、

ウェル間でコンタミがないことが確認できた。また、表に示していないが、検量線の決定係数(R²)の値はどの試験日においても0.99以上で、検量線の直線性に問題なかった。3日間におけるCtの平均値は、500 copy/wellで30.7~32.4、2,000 copy/wellで28.5~30.3、20,000 copy/wellで24.9~26.8、200,000 copy/wellで21.4~23.1であった。繰り返し再現性(RSD)は、500 copy/wellで0.3~0.4%、2,000 copy/wellで0.4~0.5%、20,000 copy/wellで0.1~0.8%、200,000 copy/wellで0.1~0.2%と全ての濃度で1%未満と良好な結果であった。ウェル間差を示すサイクル数の差(ΔCt)は、500 copy/wellで0.5~0.7、2,000 copy/wellで0.2~0.3、20,000 copy/wellで0.0~0.4、200,000 copy/wellで0.0~0.1と全ての濃度で1未満の差しかなく、公定法⁵⁾で定義するウェル間差の目標値(ΔCt<1)を満たしていた。

ABI PRISM®7900およびQuant Studio®5の繰り返し再現性およびウェル間差試験の結果を比較すると、繰り返し再現性は同等程度であったが、ウェル間差を示す指標については、Quant Studio® 5のみが公定法⁵⁾の目標値(ΔCt<1)を満たしており、Quant Studio® 5は、ABI PRISM® 7900よりもウェル間差については同等以上の結果が得られた。

表5 繰り返し再現性およびウェル間差試験の結果 (ABI PRISM® 7900)

コピー数 (copy/well)	試験日	Ct Mean±SD	RSD (%)	ΔCt
NTC	Day1	— (コンタミなし)		
	Day2	— (コンタミなし)		
	Day3	— (コンタミなし)		
500	Day1	32.7 ± 0.2	0.5	0.8
	Day2	32.8 ± 0.2	0.6	1.2
	Day3	32.4 ± 0.2	0.5	0.8
2,000	Day1	30.1 ± 0.1	0.2	0.1
	Day2	30.0 ± 0.1	0.3	0.2
	Day3	29.8 ± 0.0	0.2	0.1
20,000	Day1	26.5 ± 0.1	0.3	0.2
	Day2	26.6 ± 0.0	0.1	0.1
	Day3	26.4 ± 0.0	0.2	0.1
200,000	Day1	23.0 ± 0.1	0.3	0.1
	Day2	22.8 ± 0.1	0.2	0.1
	Day3	22.6 ± 0.0	0.2	0.1

表6 繰り返し再現性およびウェル間差試験の結果 (Quant Studio®5)

コピー数 (copy/well)	試験日	Ct Mean±SD	RSD (%)	ΔCt
NTC	Day1	— (コンタミなし)		
	Day2	— (コンタミなし)		
	Day3	— (コンタミなし)		
500	Day1	30.7 ± 0.1	0.4	0.7
	Day2	32.4 ± 0.1	0.3	0.7
	Day3	31.5 ± 0.1	0.3	0.5
2,000	Day1	28.5 ± 0.1	0.4	0.2
	Day2	30.3 ± 0.1	0.4	0.2
	Day3	29.7 ± 0.1	0.5	0.3
20,000	Day1	24.9 ± 0.0	0.1	0.0
	Day2	26.8 ± 0.2	0.8	0.4
	Day3	25.7 ± 0.0	0.2	0.1
200,000	Day1	21.4 ± 0.0	0.1	0.0
	Day2	23.1 ± 0.0	0.2	0.1
	Day3	22.5 ± 0.0	0.1	0.0

まとめ

大豆加工食品中の遺伝子組換え DNA 検査に、リアルタイム PCR 装置 Quant Studio®5 の適用が可能かを検証した。本試験の結果、現行で公定法⁵⁾での使用が認められている ABI PRISM® 7900 との同等性が確認されたので、Quant Studio®5 は大豆加工食品中の遺伝子組換え DNA 検査に適用可能であると考えられた。

文献

1) 食品衛生法第十九条第一項の規定に基づく表示の基準に関する内閣府令 (平成 23 年内閣

府令第 45 号)。

2) 遺伝子組換えに関する表示に係る加工食品品質表示基準第七条第一項および生鮮食品品質表示基準第七条第一項の規定に基づく農林水産大臣の定める基準(平成 12 年 3 月 31 日農林水産省告示第 517 号)。

3) 食品表示法 (平成 25 年法律第 70 号)。

4) 食品表示基準 (平成 27 年内閣府令第 10 号)。

5) 消費者庁：食品表示基準について (平成 27 年 3 月 30 日消食表第 139 号消費者庁通知) の別添「安全性審査済みの遺伝子組換え食品

の検査方法」(最終改正 2021 年 9 月 15 日) .

6) 日本ジェネティクス社, 厚生労働省より通知されている「遺伝子組換え食品検査方法」に則った、ロシュ社製リアルタイム PCR 装置の同等性試験の結果 (Technical Note 2024<02>ver.1),

<https://n-genetics.com/resource/detail/20777/> (最終アクセス 2025 年 1 月 8 日) .

7) 野村千枝, 角谷直哉 : GM ダイズ検査におけるリアルタイム PCR 装置の同等性試験の結果. Ann. Rep. Osaka. Inst. Pub. Health, 4, 43-53 (2020) .

ノート

三重県産生鮮魚類の水銀調査

(2004 年度～2024 年度)

吉田真平, 吉村英基, 勝矢晃治, 内山恵美, 川合秀弘, 佐藤洋之, 下尾貴宏

Survey of Mercury in fresh raw fish of Mie Prefecture

(Fiscal Years 2004-2024)

Shinpei YOSHIDA, Hideki YOSHIMURA, Kohji KATSUYA, Emi UCHIYAMA

Hidehiro KAWAI, Hiroyuki SATO and Takahiro SHIMOO

魚介類中の水銀濃度について、暫定的規制値が設けられているため、三重県は県内で流通する生鮮魚類の検査を行っている。本報告では、三重県内で流通する生鮮魚類の水銀検出傾向を明らかとするため、2004 年度から 2024 年度に得た 34 魚種 79 検体の試料における水銀検査結果を取りまとめ、考察を行った。

魚種毎の総水銀濃度は、33 魚種 77 検体で 0.4ppm (暫定的規制値の目安) 以下であったが、クロダイ (*Acanthopagrus schlegelii*) およびマハタ (*Epinephelus septemfasciatus*) の各 1 検体は、0.4ppm を超過していた。一方、メチル水銀濃度では、クロダイ (総水銀 0.47ppm) およびマハタ (総水銀 0.46ppm) で、それぞれ 0.24ppm および 0.19ppm であった。また、検体数が 3 以上ある魚種 (9 魚種) に限定すると、総水銀濃度の平均値が最も高い魚はクロダイであり、0.23ppm であった。今回の結果から、検査対象となった 34 魚種 79 検体について、暫定的規制値を超過する魚種は流通していなかったものの、伊勢湾におけるクロダイの総水銀の検出値は、上昇傾向にあるため、伊勢湾産クロダイの水銀の由来には注視が必要と考えられる。特に胎児は血液脳関門の発達が不十分であり、妊婦の魚食の参考資料とするため、魚食の際の水銀濃度について、基礎データの蓄積が必要であると考えられた。

キーワード：水銀，魚類，クロダイ，伊勢湾，妊婦

緒言

水銀は、重金属の一つであり、自然環境中に広く分布している^{1,2)}。海洋中の水銀の一部は、主に微生物によりメチル化され、メチル水銀は海洋における食物連鎖により濃縮される³⁻⁵⁾。メチル水銀は、人体において血液脳関門や胎盤を通過しやすく、中枢神経毒性を有している^{6,7)}。我が国では、工場廃水に起因するメチル水銀を蓄積した水俣湾産の魚介類を長期かつ大量に摂食したことで、地域住民に水銀中毒の症状が発生した、水俣病の事

例が特に有名である⁸⁾。魚介類中の水銀に対する社会的関心が高まり、昭和 48 年 (1973 年) の厚生労働省環境衛生局長通達 (以下、「通知」) により、魚介類中の水銀には暫定的規制値が設定され、総水銀濃度が 0.4ppm を超える場合は、メチル水銀濃度についても検査を行い、その値が 0.3ppm を超えたものを暫定的規制値超過の魚介類と判定されることとなった⁹⁾。ただし、この暫定的規制値は、マグロ類、深海性魚介類および内水面水域の淡水産の魚介類等は対象外となっている^{9,10)}。現

在は、「水銀に関する水俣条約」が国際連合より発効されたこともあり、水俣病の事例のような、高濃度のメチル水銀に暴露されるリスクは低くなったものの^{11,12)}、血液脳関門が未発達である胎児への毒性リスクが報告されていることから^{11~13)}、厚生労働省は妊婦の魚食に関し注意喚起を行っている¹⁴⁾。三重県では、生鮮魚類中の水銀による健康被害の発生を防止するため、水銀検査を継続している。今回、食品衛生法に基づき検査を行った2004年度から2024年度までの結果について取りまとめ、三重県で流通する三重県産生鮮魚類の水銀検出傾向について若干の知見を得たので、報告する。

材料と方法

1. 試料

2020年度を除き、2004年度から2024年度に三重県内の販売施設または沿海漁業協同組合から、食品衛生法に基づく収去により入手した表1に示す34魚種79検体の可食部を試料とした。これら試料は、各年度でおおむね4検体であり、全て伊勢湾または熊野灘で漁獲され流通した収去検体である。

2. 総水銀検査法

総水銀濃度は、食品衛生試験法・注解2020・食品汚染物質試験法の加熱気化法により検査した¹⁵⁾。総水銀の分析計については、2010年度以前は、SP-3D（日本インスツルメンツ（株）製）を、2011年度以降は、MA-3000（日本インスツルメンツ（株）製）を使用した。

3. メチル水銀検査法

メチル水銀は、総水銀が0.4ppmを超過した検体について、通知⁹⁾で示された公定法に基づき検査した。メチル水銀の分析計については、2018年度以前は、ECD-GC9A（島津製作所（株）製）を、2019年度以降は、ECD-GC2014（島津製作所（株）製）を使用した。

結果

水銀濃度の分析結果を、検体数の多い魚種の順に表1に示した。表1の結果について、測定値はppm表示における小数点以下3桁を四捨五入して表し、総水銀濃度の検出限界値（0.01ppm）未満の場合は、n.d.で表記している。

平均値の算出について、測定値がn.d.である検体は0ppmとして計算した。最小値と最大値について、1検体のみの場合は、それぞれ表1に表記しなかった。

総水銀濃度について、暫定的規制値の目安（0.4ppm）を超えた検体は、クロダイ1検体（0.47ppm）およびマハタ1検体（0.46ppm）のみで、残りの77検体は0.4ppm以下であった。マトウダイ1検体（0.39ppm）も、0.4ppmに近い総水銀が検出されていた。検体数が2検体以下の魚種は除外し、3検体以上ある魚種（9魚種）の総水銀濃度の平均値を確認したところ、クロダイが暫定的規制値目安（0.4ppm）の半分以上（0.23ppm）と比較的高い水準であった。そこで、クロダイ11検体について、年度ごとの総水銀濃度の検出値を図1に示した。クロダイは、2008年度から2021年度までの間で、伊勢湾産の天然魚11検体が検査され、2017年度を境目として、総水銀濃度が増加傾向にあることが確認された。

メチル水銀について、総水銀が0.4ppmを超えたクロダイ1検体（0.47ppm）およびマハタ1検体（0.46ppm）を測定したところ、それぞれ0.24ppmおよび0.19ppmであり、両検体とも暫定的規制値である0.3ppm以下であった。

考察

今回の調査対象である34魚種79検体は、水銀の暫定的規制値を超過していなかった。しかしながら、クロダイおよびマハタは、暫定的規制値の目安（0.4ppm）を超える総水銀が検出されており、特にクロダイは、総水銀濃度の平均値が0.23ppmと比較的高水準で、2017年度以降上昇傾向が認められる。厚生労働省は昭和48年（1973年）における通知⁹⁾において、成人（体重50kg）に対し1週間におけるメチル水銀の暫定的摂取量限度を0.17mgに設定しており、本調査で総水銀が0.47ppm（メチル水銀0.24ppm）検出されたクロダイ可食部では、約710gに相当する。1週間あたりに該当のクロダイの可食部800gを摂食することで、メチル水銀の暫定的摂取量限度を超過することが見込まれた。厚生労働省が注意喚起している、妊婦が摂食する魚介類として、クロマグロやキンメダイ、今回総水銀濃度の平均値が低かったクロムツ（0.06ppm）等の魚種が対象となっているが

14), 本調査のクロダイにも一定量の水銀が検出されていることから, 伊勢湾産のクロダイの水銀の由来についても注視が必要と考えられる。また, 水銀による胎児への健康被害を未然に防

止するためにも, 魚種と水銀濃度の基礎データの蓄積が今後必要と考えられた。

表 1 各魚種における水銀濃度

魚種	学名	検体数	総水銀濃度 (ppm)		
			平均値±標準偏差	最小値	最大値
クロダイ	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	11	0.23 ± 0.11	0.14	0.47*
サバ類	<i>mackerels</i>	9	0.13 ± 0.09	0.02	0.30
マアジ	<i>Trachurus japonicus</i>	8	0.04 ± 0.03	n.d.	0.09
メジナ	<i>Girella punctata</i>	4	0.08 ± 0.05	0.04	0.13
シイラ	<i>Coryphaena hippurus</i>	3	0.15 ± 0.04	0.11	0.18
マダイ	<i>Pagrus major</i>	3	0.08 ± 0.06	0.03	0.14
ウルメイワシ	<i>Etrumeus micropus</i>	3	0.06 ± 0.06	0.01	0.13
カレイ類	<i>flounders</i>	3	0.06 ± 0.06	n.d.	0.12
トビウオ類	<i>Exocoetidae</i>	3	0.04 ± 0.01	0.04	0.05
ハモ	<i>Muraenesox cinereus</i>	2	0.13 ± 0.01	0.12	0.13
ヘダイ	<i>Rhabdosargus sarba</i>	2	0.12 ± 0.00	0.12	0.12
ブリ (ハマチ)	<i>Seriola quinqueradiata</i>	2	0.11 ± 0.00	0.11	0.11
マルアジ	<i>Decapterus maruadsi</i>	2	0.09 ± 0.07	0.04	0.14
クロムツ	<i>Scombrops gilberti</i>	2	0.06 ± 0.05	0.02	0.09
マイワシ	<i>Sardinops melanostictus</i>	2	0.03 ± 0.01	0.02	0.04
コノシロ	<i>Konosirus punctatus</i>	2	0.03 ± 0.01	0.02	0.04
マハタ	<i>Hyporthodus septemfasciatus</i>	1	0.46**	-	-
マトウダイ	<i>Zeus faber</i>	1	0.39	-	-
アマダイ類	<i>Branchiostegus spp</i>	1	0.27	-	-
マゴチ	<i>Platycephalus sp.2</i>	1	0.10	-	-
アカシタビラメ	<i>Cynoglossus joyneri</i>	1	0.08	-	-
ウミタナゴ	<i>Ditrema temmincki temmincki</i>	1	0.08	-	-
マンボウ	<i>Mola mola</i>	1	0.06	-	-
キアンコウ	<i>Lophius litulon</i>	1	0.06	-	-
カワハギ	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	1	0.05	-	-
スズキ	<i>Lateolabrax japonicus</i>	1	0.05	-	-
ウスバハギ	<i>Aluterus monoceros</i>	1	0.05	-	-
ヒラソウダ	<i>Auxis thazard thazard</i>	1	0.04	-	-
イサキ	<i>Parapristipoma trilineatum</i>	1	0.04	-	-
アカカマス	<i>Sphyraena pinguis</i>	1	0.03	-	-
シロギス	<i>Sillago japonica</i>	1	0.03	-	-
シロサバフグ	<i>Lagocephalus spadiceus</i>	1	0.03	-	-
ボラ	<i>Mugil cephalus</i>	1	0.01	-	-
ニザダイ	<i>Prionurus scalprum</i>	1	n.d.	-	-
全体		79	0.11 ± 0.10	n.d.	0.47

*クロダイ 1 検体のメチル水銀濃度は 0.24ppm (総水銀 0.47ppm)

**マハタ 1 検体のメチル水銀濃度は 0.19ppm (総水銀 0.46ppm)

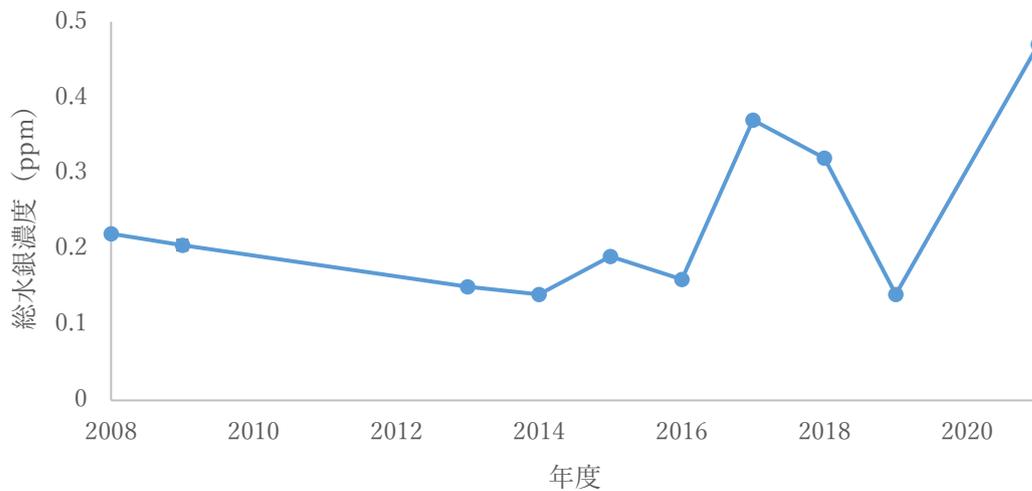


図1 伊勢湾海域において漁獲されたクロダイの総水銀濃度の推移

まとめ

本研究で得られた知見は、以下の通り整理することができる。

- ・県下において、伊勢湾または熊野灘で漁獲された34魚種79検体は、水銀の暫定的規制値を超過していなかった。
- ・伊勢湾におけるクロダイの総水銀濃度の平均値は比較的高く(0.23ppm)、近年増加傾向にあった。
- ・妊婦への摂食の注意喚起の対象魚種となっていないものの、伊勢湾産のクロダイの水銀の由来についても注視が必要と考えられた。
- ・水銀による胎児への健康被害を未然に防止するために、魚種と水銀濃度の基礎データの蓄積が必要と考えられた。

本研究の限界

本研究は、伊勢湾または熊野灘に生息する全ての魚種について、網羅したものではない。クロダイ以外の魚種の水銀濃度の年度推移については議論していない。

謝辞

本論文執筆にあたり、魚種の分類と表記等に関する助言をいただいた三重県農林水産部水産研究所竹内泰介主幹研究員兼課長につきましてここに記して深く感謝いたします。

文献

- 1) Susanne M. Ullrich, Trevor W. Tanton, Svetlana A. Abdrashitova : Mercury in the aquatic environment: A review of factors affecting methylation. *Critical Reviews in Environmental Science & Technology*, **31** (3), 241-293 (2001) .
- 2) Dean W. Boening : Ecological effects, transport, and fate of mercury: a general review. *Chemosphere*, **40** (12) 1335-1351 (2000) .
- 3) Robert P. Mason, John R. Reinfelder, François M. M. Morel : Uptake, toxicity, and trophic transfer of mercury in a coastal diatom. *Environ Sci. Technol*, **30** (6), 1835-1840 (1996) .
- 4) Yuan-Seng Wu, Ahmed I. O., Mohamed Hosny, et al : The Toxicity of Mercury and Its Chemical Compounds : Molecular Mechanisms and Environmental and Human Health Implications. *A Comprehensive Review*, *ACS Omega*, **9** (5), 5100-5126 (2024) .
- 5) Erick Nfon, Ian T. Cousins, Olli Järvinen, et al : Trophodynamics of mercury and other trace elements in a pelagic food chain from the Baltic Sea. *Science of the Total Environment*, **407** (24), 6267-6274 (2009) .
- 6) Fernandes Azevedo B., Barros Furieri L., Maciel Pecanha F., et al : Toxic Effects of Mercury on the Cardiovascular and Central Nervous Systems. *J Biomed Biotechnol*, 949048 (2012) .

- 7) Young-Seoub Hong, Yu-Mi Kim, Kyung-Eun Lee : Methylmercury Exposure and Health Effects. *Prev Med Public Health*, **45** (6), 353-363 (2012) .
- 8) Semionov, A : Minamata Disease—Review. *World Journal of Neuroscience*, **8** (2), 178-184 (2018)
- 9) 厚生労働省環境衛生局長通知：魚介類の水銀の暫定的規制値について，環乳第 99 号（昭和 48 年 7 月 23 日） .
- 10) 厚生労働省環境衛生局長通知：深海性魚介類等にかかる水銀の暫定的規制値の取扱いについて，環乳第 121 号（昭和 48 年 10 月 11 日） .
- 11) WHO : Methylmercury (Environmental Health Criteria No. 101), World Health Organization, Geneva, (1990) .
- 12) National Academy of Science : Toxicological Effects of Methylmercury. National Academy Press Publications, Washington D C (2000) .
- 13) Syversen T, Kaur P : The toxicology of mercury and its chemical compounds, *J Trace Elem Med Biol*, **26** (4), 215–226 (2012) .
- 14) 厚生労働省医薬食品局食品安全部基準審査課長通知：妊婦への魚介類の摂食と水銀に関する注意事項について，食安基発第 1102001 号（平成 17 年 11 月 2 日） .
- 15) 日本薬学会：食品衛生試験法・注解，454-455，金原出版，東京都，(2020) .

ノート

三重県産生鮮魚類のPCB調査

(2004年度～2024年度)

吉田真平, 吉村英基, 勝矢晃治, 内山恵美, 川合秀弘, 佐藤洋之, 下尾貴宏

Survey of PCB in fresh raw fish of Mie Prefecture

(Fiscal Years 2004-2024)

Shinpei YOSHIDA, Hideki YOSHIMURA, Kohji KATSUYA, Emi UCHIYAMA

Hidehiro KAWAI, Hiroyuki SATO and Takahiro SHIMOO

魚介類中のPCB濃度について、暫定的規制値が設けられているため、三重県は県内で流通する生鮮魚類の検査を行っている。本報告では、三重県内で流通する生鮮魚類の近年のPCB検出傾向を明らかとするため、2004年度から2024年度に得た34魚種79検体の試料におけるPCB検査結果を取りまとめ、考察を行った。

魚種毎のPCB濃度は、34魚種79検体でいずれも暫定的規制値以下であり、34魚種中25魚種が検出限界値(0.01ppm)未満であった。また、2004年度から2024年度までの生鮮魚類のPCB濃度の平均値は、全ての年度で0.01ppm以下であり、1970年代の平均値と比べ著しく低下していた。調査の結果、三重県産生鮮魚類におけるPCB濃度は、少なくとも2004年度以降は検出限界値(0.01ppm)付近で維持しており、三重県においては、暫定的規制値を超過する魚類が水揚げおよび流通する可能性は低く、一般的な食生活の中での魚食を通じたPCBによる健康被害の発生の懸念は少ないと考えられた。

キーワード: PCB, 魚類, 化審法, 伊勢湾, 熊野灘

緒言

PCBは、化学的に合成された有機塩素化合物の一つであり、不燃性¹⁾、高絶縁性²⁾、可塑性³⁾などの優れた物性を有する。このため、我が国では1954年に工業生産が開始され⁴⁾、熱媒体、絶縁油、塗料、可塑剤などの工業用途に幅広く使用された⁵⁾。しかしながら、PCBは1966年頃から環境汚染物質として認識され始め⁶⁾、我が国では油症事件⁷⁾による人体への有害性の報告を契機とし、1972年より行政指導により製造が中止され、1974年に制定された「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律(化審法)」により第1種特定化学物質に指定されたことで、製造・輸入・使用が禁じられた。難分解性のPCBは現在も環境中に残存しており^{8~10)}、食物連鎖により魚介類に蓄積すること

が知られていることから^{11~13)}、暫定的規制値として遠洋沖合魚介類(可食部)で0.5ppm、内海内湾(内水面を含む)魚介類(可食部)で3ppmの値が設定されている¹⁴⁾。環境省によると、魚類中のPCB濃度の平均値は、ここ5年間は0.01ppm程度と低濃度で維持されているが、三重県沿岸は環境省のモニタリング調査の対象海域となっていない¹⁵⁾。三重県は、三重県産生鮮魚類のPCB検査を実施しており、取りまとめ結果を報告している^{16~19)}。当報告では、三重県保健環境研究所が食品衛生法に基づき検査を行った2004年度から2024年度までの結果について検討したところ、三重県内で流通する三重県産生鮮魚類のPCB検出傾向について若干の知見を得たので、報告する。

材料と方法

1. 試料

2020年度を除き、2004年度から2024年度に三重県内の販売施設または沿海漁業協同組合から、食品衛生法に基づく取去により入手した34魚種79検体(表1)の可食部を試料とした。これら試料は、全て伊勢湾または熊野灘で漁獲され流通した取去検体である。各年度について、検体は概ね4検体とし、これらをもって年度の比較を行った。ただし、PCB濃度の平均値の推移(図1)については、1973年度から1977年度に伊勢湾または熊野灘で漁獲された28魚種144検体の結果^{16~19)}と比較し、考察を行った。

2. PCB検査法

PCB検査は、公定法¹⁴⁾に記載されている方法²⁰⁾に準じて行った。PCBの分析計については、2016年度以前は(株)島津製作所製ECD-GC9Aを、2017年度以降は(株)島津製作所製ECD-GC2014を使用した。表1のPCB濃度の測定値について、検出限界値(0.01ppm)未満の場合は、n.d.で表記した。平均値および標準偏差については、測定値がn.d.である検体は、0ppmとして計算し、ppm表示における小数点以下4桁を四捨五入して算出した。最大値について、1検体のみの場合は、それぞれ表1に表記しなかった。図1の平均値の算出にあたり、PCB濃度の検出限界値(0.01ppm)未満の検体は、0ppmとして計算した。

結果および考察

1. 各魚種におけるPCB濃度

各魚種におけるPCB濃度の分析結果を、検体数の多い魚種の順に表1に示した。

全ての魚種において、PCBは暫定的規制値以下の結果であり、34魚種中25魚種が検出限界値(0.01ppm)未満であったことから、三重県産生鮮魚類のPCB濃度について、現行の検査法の検出限界値(0.01ppm)付近に既に低下しており、近年は低濃度で維持されていると考えられる。

2. PCB濃度の平均値の推移

PCB濃度の平均値の推移について、2004年度から2024年度の34魚種79検体に加え、既報^{16~19)}にて年度別の結果報告のあった1973年度か

ら1977年度までの結果(計28魚種144検体)も図1に示した。

本調査の中で、最もPCB濃度の平均値が高い年度は、1973年度(1.13ppm)であったが、2004年度から2024年度までは、全ての年度で0.01ppm以下であった。環境省が行っている調査¹⁵⁾でも、魚類中のPCB濃度の平均値は2004年度より全ての年度において0.015ppm以下で推移している。また、三重県産生鮮魚類も同様の傾向を示していることから、三重県産生鮮魚類中のPCB濃度の平均値については、今後も環境省のPCBモニタリング結果と同傾向を示すと推察される。前述の各魚種におけるPCB濃度の分析結果と合わせると、三重県産生鮮魚類におけるPCB濃度は、少なくとも2004年度以降は検出限界値(0.01ppm)付近で維持されていると考えられる。

以上の結果および環境省の調査結果から、三重県において、暫定的規制値を超過する魚類が水揚げおよび流通する可能性は低く、一般的な食生活の中での魚食を通じたPCBによる健康被害の発生の懸念は少ないと考えられる。

まとめ

本研究で得られた知見は、以下の通り整理することができる。

- ・県下において、伊勢湾または熊野灘で漁獲された34魚種79検体は、暫定的規制値を超過していなかった。
- ・表1に示す34魚種のうち25魚種は、検出限界値(0.01ppm)未満のPCB濃度であった。
- ・2004年度から2024年度の20年間で県内で漁獲された生鮮魚類におけるPCB濃度の平均値は、1970年代と比較し、著しく低下していた。
- ・三重県産生鮮魚類におけるPCB濃度の平均値は、少なくとも2004年度以降は検出限界値(0.01ppm)付近で維持されていると考えられた。
- ・三重県において、PCBの暫定的規制値を超過する魚類が水揚げおよび流通する可能性は低く、一般的な食生活の中での魚食を通じたPCBによる健康被害の発生の懸念は少ないと考えられる。

表1 各魚種におけるPCB濃度

魚類	学名	検体数	PCB (ppm)	
			平均値±標準偏差	最大値
クロダイ	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	11	n. d.	-
サバ類	<i>mackerels</i>	9	0.002 ± 0.007	0.02
マアジ	<i>Trachurus japonicus</i>	8	0.017 ± 0.021	0.01
メジナ	<i>Girella punctata</i>	4	n. d.	-
カレイ類	<i>flounders</i>	3	0.010 ± 0.010	0.02
シイラ	<i>Coryphaena hippurus</i>	3	n. d.	-
マダイ	<i>Pagrus major</i>	3	n. d.	-
ウルメイワシ	<i>Etrumeus micropus</i>	3	n. d.	-
トビウオ類	<i>Exocoetidae</i>	3	n. d.	-
マイワシ	<i>Sardinops melanostictus</i>	2	0.010 ± 0.014	0.02
ハモ	<i>Muraenesox cinereus</i>	2	0.005 ± 0.007	0.01
ヘダイ	<i>Rhabdosargus sarba</i>	2	0.005 ± 0.007	0.01
ブリ (ハマチ)	<i>Seriola quinqueradiata</i>	2	0.005 ± 0.007	0.01
マルアジ	<i>Decapterus maruadsi</i>	2	n. d.	-
クロムツ	<i>Scombrops gilberti</i>	2	n. d.	-
コノシロ	<i>Konosirus punctatus</i>	2	n. d.	-
キアンコウ	<i>Lophius litulon</i>	1	0.010	-
マハタ	<i>Hyporthodus septemfasciatus</i>	1	n. d.	-
マトウダイ	<i>Zeus faber</i>	1	n. d.	-
アマダイ類	<i>Branchiostegus spp</i>	1	n. d.	-
マゴチ	<i>Platycephalus sp.2</i>	1	n. d.	-
アカシタビラメ	<i>Cynoglossus joyneri</i>	1	n. d.	-
ウミタナゴ	<i>Ditrema temmincki temmincki</i>	1	n. d.	-
マンボウ	<i>Mola mola</i>	1	n. d.	-
カワハギ	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	1	n. d.	-
スズキ	<i>Lateolabrax japonicus</i>	1	n. d.	-
ウスバハギ	<i>Aluterus monoceros</i>	1	n. d.	-
ヒラソウダ	<i>Auxis thazard thazard</i>	1	n. d.	-
イサキ	<i>Parapristipoma trilineatum</i>	1	n. d.	-
アカカマス	<i>Sphyrnaena pinguis</i>	1	n. d.	-
シロギス	<i>Sillago japonica</i>	1	n. d.	-
シロサバフグ	<i>Lagocephalus spadiceus</i>	1	n. d.	-
ボラ	<i>Mugil cephalus</i>	1	n. d.	-
ニザダイ	<i>Prionurus scalprum</i>	1	0.010	-
	全体	79	0.002 ± 0.005	0.02

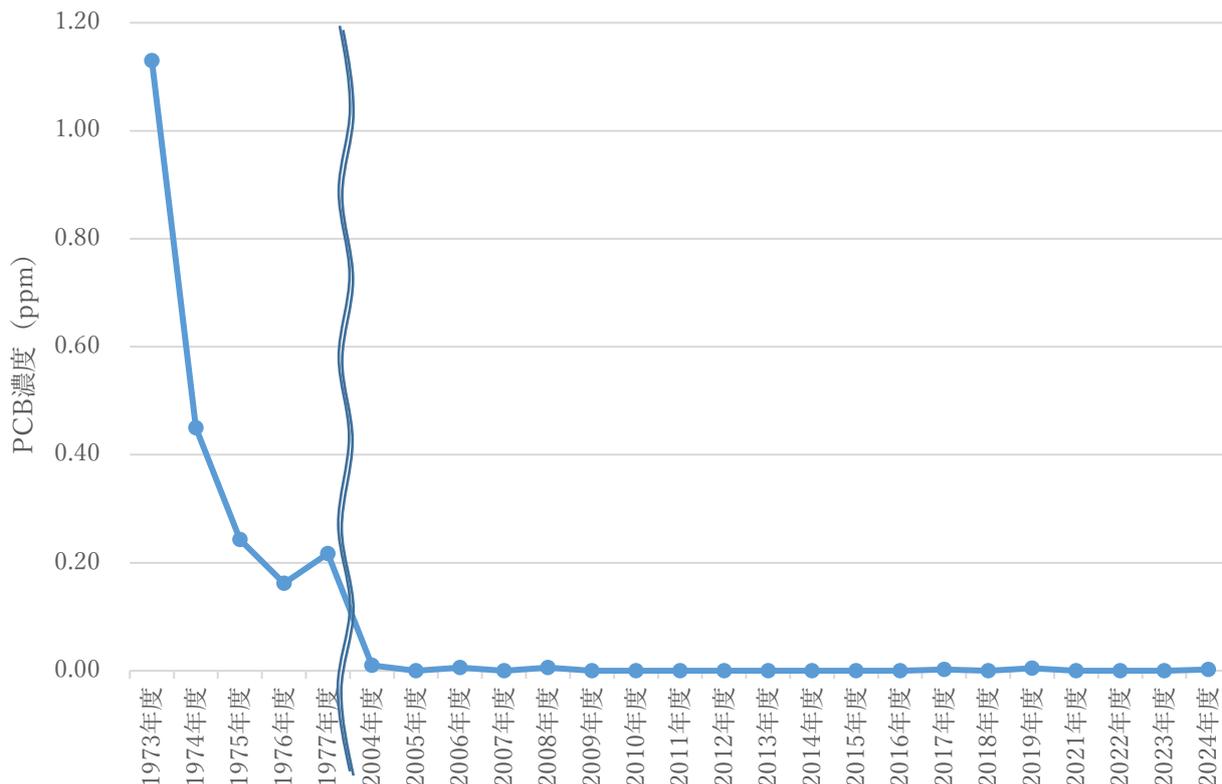


図1 三重県で漁獲された魚類中におけるPCB濃度の平均値の推移

本研究の限界

本研究は、伊勢湾または熊野灘に生息する全ての魚種について、網羅したものではない。

謝辞

本論文執筆にあたり、魚種の分類と表記等に関する助言をいただいた三重県農林水産部水産研究所竹内泰介主幹研究員兼課長につきましてここに記して深く感謝いたします。

文献

- 1) 秋田邦雄, 木曾千秋, 北川徹三: 塩化ジフェニルの燃焼性に関する研究. 安全工学, **10** (5), 276-278 (1971).
- 2) 待井泰人, 熊崎脩, 水野賢二 他: ガスクロマトグラフィー/負化学イオン化質量分析による絶縁油中 PCB の迅速分析. 環境化学, **13** (4), 959-971 (2003).
- 3) 米国政府 PCB 合同対策本部: 全記録-米国政府 PCB 合同対策本部の調査. 公害と対策, **8**, 917-958 (1972).
- 4) 小柴絢一郎, 平井康宏, 酒井伸一: ポリ塩化ビフェニルの生産・使用規制および分解処理の

効果検証. 廃棄物資源循環学会論文誌, **32**, 20-30 (2021).

- 5) 池田良雄: PCB の毒性. 食品衛生学雑誌, **13** (5), 359-367 (1972).
- 6) Jensen S.: Report of a new chemical hazard. New Sci, **32**, 612 (1966).
- 7) 塚本久雄, 吉村英敏: ライスオイル中毒 (いわゆる油症) 特にその原因毒物の化学的究明について. 衛生化学, **15** (4), 213-218 (1969).
- 8) JESCO ホールディングス株式会社, 各 PCB 処理事業の進捗状況について (令和 4 年度末), <https://www.jesconet.co.jp/content/000016157.pdf> (最終アクセス 2024 年 12 月 3 日).
- 9) 浦野真弥, 浦野紘平: 各種低濃度 PCB 廃棄物の量とそれらの PCB 量の推算. 環境科学会誌, **28** (5), 359-368 (2015).
- 10) 環境省通知: ポリ塩化ビフェニル廃棄物の適正な処理の推進に関する特別措置法の一部を改正する政令の施行について (通知), 環廃産発第 121212330 号 (平成 24 年 12 月 12 日).
- 11) Zimmermann G., Dietrich D. R., Schmid P., et al: Congener-specific bioaccumulation of PCBs in different water bird species. Chemosphere, **34**, 1379-1388 (1997).

- 12) Metcalfe T. L. , Metcalfe C. D. : The trophodynamics of PCBs, including mono- and non-orthocongeners, in food web of North-Central Lake Ontario. Science Total Environ, **201** (3), 245-272 (1997) .
- 13) 立川涼, 川北啓子, 脇本忠明 : 食事から摂取する PCB 量. 家政学雑誌, **24** (6), 466-479, (1973) .
- 14) 厚生労働省環境衛生局長通知 : 食品中に残留する PCB の規制について (昭和 47 年 08 月 24 日付け環食第 442 号) .
- 15) 環境省 : 令和 5 年度版 化学物質と環境 (2023) .
- 16) 桜井憲三, 森善宣, 山田隆雄 他 : 昭和 48 年度魚介類中の PCB 汚染状況について. 三重保環研年報, 第 20 号 (1973) .
- 17) 桜井憲三, 山田隆雄, 森静子 : 魚介類中の水銀及び PCB の汚染状況について. 三重保環研年報, 第 21 号 (1974) .
- 18) 森善宣, 山田隆雄, 伊藤和子 他 : 魚介類中の PCB 汚染状況について. 三重保環研年報, 第 22 号 (1975) .
- 19) 山田隆雄, 森善宣, 伊藤和子 他 : 昭和 52 年度魚介類の PCB 汚染状況について. 三重保環研年報, 第 23 号 (1976) .
- 20) 旧厚生省食品衛生課通達 : 分析方法に関する研究 (昭和 47 年 1 月 29 日付け環食第 46 号) .

ノート

マルチベネフィットの視点でとらえた土壁材の 再生製品開発に向けた基礎研究

近藤笑加, 今村一貴*, 柘植 亮, 森 理佳, 矢野真弓, 石田健太**, 山川雅弘

Basic research for developing recycled soil wall materials

Emika KONDO, Kazutaka IMAMURA*, Ryo TSUGE, Rika MORI,
Mayumi YANO, Kenta ISHIDA**, Masahiro YAMAKAWA

土壁材の再資源化を最終的な目標として, 解体工事現場で排出された壁土や屋根土に含まれる藁などの有機物を除去するための効果的な処理方法を実験的に検討した。

乾式選別処理と湿式選別処理, 焼成処理の3方法を5種類の土壁材にそれぞれ施し, 土壁材中の有機物量と, 溶出量試験における溶出水の有機物濃度等を測定してその変化量を調査するとともに, 土壌との比較を行った。

乾式選別処理では, 土壁材中の有機物除去には目開き1 mm または0.25 mm の篩による選別が効果的であったが, 溶出水中の有機物濃度は処理をしても大きな変化はみられず, 目開きが最も小さい0.25 mm 篩では有機物濃度が増加する結果であった。湿式選別処理では有機物除去効果が低く, 処理に伴って排出された洗浄水の有機物濃度も比較的高値で検出された。焼成処理は土壁材中の有機物量が有機物除去に最も効果的な処理方法であったが, 処理後の土壁材の溶出量試験においてCr(VI)やAs等の有害物質が土壌の汚染に係る環境基準値を超過した。乾式選別処理, 湿式選別処理後の土壁材を土壌と比較したところ, 土壁材に含有する有機物量は処理前であっても土壌と同程度または少なかったが, 溶出水中の有機物濃度は土壌より高値であった。

有機物を除去するための効果的な処理方法は, エネルギー使用量, 二酸化炭素排出量, 設備投資コスト等の視点から目開き1 mm の篩による乾式選別処理と考えられたが, 処理をしても土壌と比較して水溶性の有機物が多く, 再資源化にあたって課題があった。

キーワード: 土壁材, 乾式選別, 湿式選別, 焼成, 全有機体炭素

はじめに

家屋解体工事に伴って発生する壁土や屋根土の多くは建設系廃棄物として処理されている。これら土壁材は土に藁, すき, 糊などの有機物を含んでいることから, 廃棄物の処理及び清掃に関する法律(昭和四十五年法律第百三十七号)で管理型産業廃棄物に分類される。建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律(平成十二年法律第百四号)の特定建設資材に該当しないため再資源化されにくく, 処理費用が高額となることを背景に,

不適正な処理がなされる場合がある^{1, 2)}。この場合, 土壁材が有機物源となって硫化水素が発生し周辺的生活環境に影響を及ぼす可能性は否定できない³⁾。土壁材に含まれる藁などの有機物は硫化水素発生要因となりうる⁴⁾ことから, 土壁材の再資源化に向けて藁などの有機物を効果的に除去する方法の開発が求められている。有機物除去方法が確立し土壁材を土木材料として再資源化が可能となれば, 産業廃棄物処理業者の新規事業創出や土壁材の処理費用低下に伴う空き家解

* 三重県環境生活部環境共生局地球温暖化対策課

** 三重県鈴鹿地域防災総合事務所

体費用の低減など、経済的社会的な効果が生まれることが期待できる。本研究では、土壁材の再資源化を最終的な目標として、家屋解体工事現場で排出された土壁材に含まれる藁などの有機物の除去に向けた、効果的な処理方法を実験的に検討した。

土壁材中の有機物を除去する方法としては、物理的に土と藁・すさを分ける方法と藁などを燃焼させる方法が考えられる。具体的な中間処理施設として、回転式選別機、振動式選別機、風力選別機、比重選別機、炭化炉、焼成炉等が挙げられる。これらの産業廃棄物中間処理施設での処理を見据え、試験室スケールで実施可能である電動振動篩を用いた乾式選別処理、循環洗浄機能付き電動振動篩を用いた湿式選別処理、マッフル炉を用いた焼成処理の3方法を選択し、土壁材にそれぞれ施した。加えて、有機物除去処理後の土壁材中の全有機体炭素 (Total Organic Carbon 以下、TOC) 含有量、溶出量試験における溶出水中の TOC 濃度、生物化学的酸素要求量 (Biochemical Oxygen Demand 以下、BOD) 等を測定し、その変化量か

ら、各処理方法の有機物除去効果を評価した。

本研究で得られた結果から、土壁材を再資源化するための基礎的な知見が得られたので、以下に報告する。

方法

1. 土壁材

三重県内で解体された家屋から採取した土壁材5種類を対象とした。採取した土壁材は、築42年家屋の屋根瓦下の土 (屋根材)、築30年家屋の和室の壁土 (聚楽壁)、築51年家屋の和室の壁土 (繊維壁)、同家屋の玄関の壁土 (大津壁)、築53年家屋の洗面所の壁土 (漆喰壁) で、外観を図1に示す。この試料は佐藤ら³⁾が評価対象とした土壁材と同一物であり、本研究では解体家屋から採取したままポリ袋で保管していた土壁材 (以下、未調製試料) と、ワイレー型破碎機で粉碎後2mmの篩を通過させた後ポリ袋で保管していた土壁材 (以下、調製試料) を用いた。

環境庁告示第46号 (平成3年8月23日) による溶出量試験と環境省告示第19号 (平成15年3

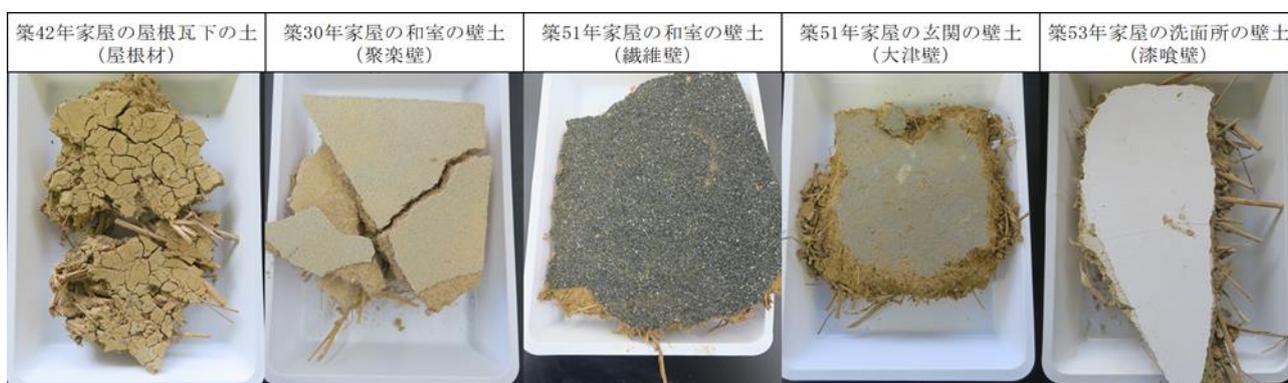


図1 土壁材の外観

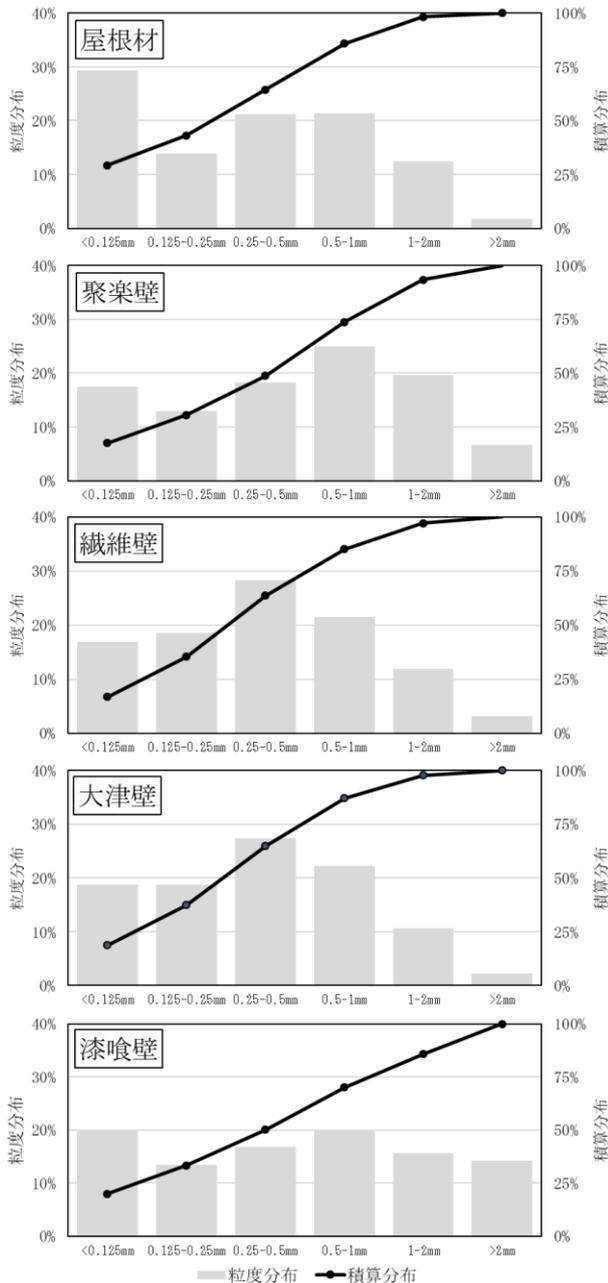
表1 粒径別試料中の藁等混入状況および混入した藁の短径

	粒径別試料					
	<0.125mm	0.125-0.25mm	0.25-0.5mm	0.5-1mm	1-2mm	>2mm
屋根材	-	-	0.18mm	0.5mm	0.8mm	1.5-2mm
聚楽壁	-	0.1mm	0.18mm	0.5mm	0.6mm	1.5-2mm
繊維壁	-	0.1-0.15mm	0.15mm	0.2-0.22mm 0.45-0.5mm	1.2mm	1.8mm
大津壁	-	0.1mm	0.2mm 0.15mm	0.5mm	1.2mm	1.8mm
漆喰壁	-	0.1mm	0.1mm	0.2mm	0.8-1mm	1.5-2mm 白色上塗り

- は藁等が確認されなかったことを示す

月 6 日) による含有量試験の結果により, 5 種の土壁材は土壌の汚染に係る環境基準および土壌含有量基準を満たしていることが確認された。

土壁材 5 種の粒度分布および積算分布は図 2 に示すとおりであり, 中央粒径(メディアン径, D50)は 0.15~0.25 mm の範囲に, 90%粒径 (D90) は 0.60~1.22 mm の範囲にあった。また, 粒径別試料



積算分布によるD50・D90

	屋根材	聚楽壁	繊維壁	大津壁	漆喰壁
D50	0.15	0.25	0.17	0.17	0.24
D90	0.63	0.88	0.66	0.60	1.22

単位: mm

図 2 土壁材の粒度分布・積算分布

中の藁等の混入状況と混入した藁の大きさ(短径)は表 1 に示すとおりであった。

2. 機械式電動振動篩を用いた乾式選別処理

機械式電動振動篩(オガワ精機製電磁式ふるい振とう機 OSK45DD-BA200)に篩(目開き 5.6 mm, 1 mm, 0.25 mm のいずれか 1 種)を設置して, 1 回につき試料 500 g または 100 g を 1.5 mm 幅, 1 分連続運転条件で篩分けた。

未調整試料を木づちで解砕した後, 5.6 mm 篩に通して篩上物は廃棄し, 5.6 mm 未満の試料を得た。次に, 5.6 mm 未満の試料を 1 mm 篩に通して 1 mm 未満の試料を得た。続いて, 1 mm 未満の試料を 0.25 mm 篩に通して 0.25 mm 未満の試料を得た。これらを 5 mm 篩下物, 1 mm 篩下物, 0.25 mm 篩下物として評価した。手順の詳細を図 3 に示す。

3. 機械式電動振動篩に循環洗浄機能を付した湿式選別処理

機械式電動振動篩に 1 mm と 0.125 mm の 2 種の篩を重ねて設置し, 調製試料 300 g を篩にのせた。幅 1.5 mm, 連続運転で試料を選別しながら, 篩の上部からシャワー状の水で試料を洗浄した。篩の下部から流れ出した水はビーカーに受け, ダイアフラムポンプで水を毎秒 11 g で汲み上げて再度篩上部からの洗浄水として循環使用した。循環洗浄水は超純水 3 L を使用し, 30 分間連続して

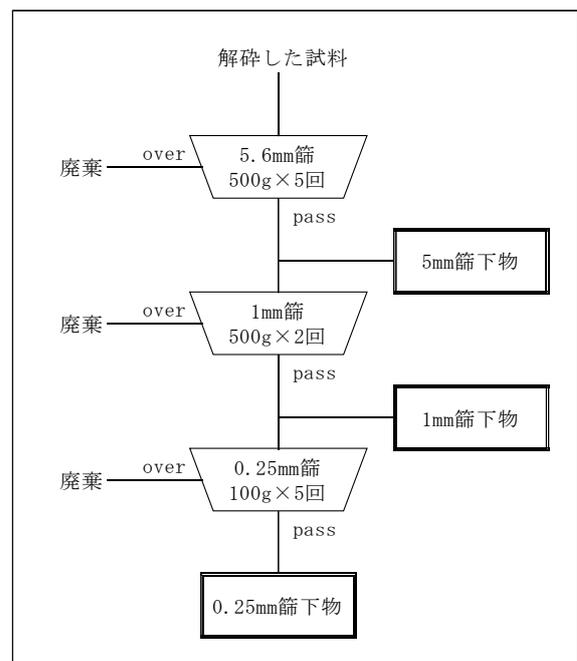


図 3 乾式選別処理のフロー

土壁材を循環洗浄した。洗浄中はビーカー内の循環洗浄水の電気伝導率（Electrical conductivity 以下、EC）を常時測定し、洗浄を開始して 30 分以内に安定状態となっていることを確認した。装置の模式図を図 4 に示す。

洗浄後、循環洗浄水 3 L はビーカー内に溜めて静置し、上澄み液を遠心分離（3000G、15 分）した後、孔径 0.45 μm のメンブランフィルターで吸引ろ過をした。ろ液を洗浄水とし、溶出量試験に準じて水に溶出させた水とみなして評価に供した。

洗浄後、1 mm 篩上に残った残渣は廃棄し、0.125

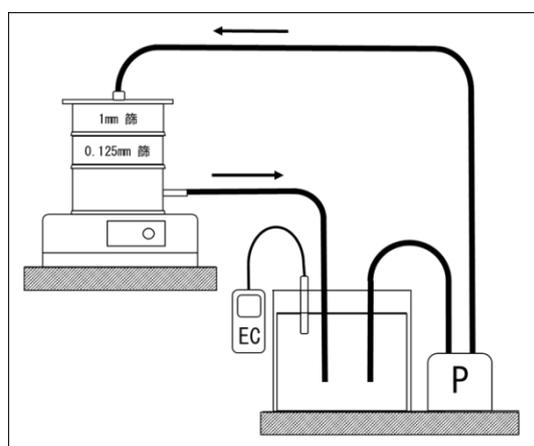


図 4 湿式選別処理装置の模式図

表 2 測定方法と測定機器

土壁材中の有機物量		
項目	測定方法	測定機器
熱しゃく減量	環整95号	-
TOC	底質調査法Ⅱ 4. 10	ジェイ・サイエンス・ラボ®製JM10
TN	底質調査法Ⅱ 4. 10	ジェイ・サイエンス・ラボ®製JM10
溶出水中の有機物等濃度		
項目	測定方法	測定機器
BOD	JIS K0102 21	HACH製HQ430d
COD	JIS K0102 17	-
TOC	JIS K0102 22. 2	島津製作所製TOC-V CPH
pH	JIS K0102 12. 1	堀場製作所製F-52
EC	JIS K0102 13	堀場製作所製DS-52
SO ₄ ²⁻	JIS K0102 41. 3	サーモフィッジャーサイエンティフィック製ICS-6000
Cl ⁻	JIS K0102 35. 3	サーモフィッジャーサイエンティフィック製ICS-6000
溶出水中の重金属類濃度		
項目	測定方法	測定機器
Cd	JIS K0102 55. 4	Agilent 7800
Pb	JIS K0102 54. 4	Agilent 7800
As	JIS K0102 61. 4	Agilent 7800
Se	JIS K0102 67. 4	Agilent 7800
Cr(VI)	JIS K0102 65. 2. 1	島津製作所 UV-1800
F	JIS K0102 34. 1	島津製作所 UV-1800
B	JIS K0102 47. 3	Agilent 5800

mm 篩上に残った残渣と循環洗浄水静置後の沈殿物、遠心分離後に残った残渣を混合し、105℃で乾燥させた。これをメノー乳鉢で粗砕した試料を水洗浄物として評価した。

4. マッフル炉を用いた焼成処理

調製試料約 200 g を磁性皿（底部外径 140 mm）に厚さ約 15 mm で入れ、マッフル炉で 800℃⁵⁾、2 時間焼成した。室温で放冷後、焼成物として評価した。

5. 比較対象の土壌

有機物除去処理後の比較対象として、三重県内の農用地で採取した土壌（淡色黒ボク土、細粒黄色土、礫質黄色土）および市販の黒ボク土（関東ローム層）の 4 種の土壌を用いた。

6. 有機物除去処理効果の評価方法

それぞれの有機物除去処理後に得られた処理物（以下、処理後物）中に含有する有機物量は、TOC 含有量その他、熱しゃく減量、全窒素（Total Nitrogen 以下、TN）含有量を測定することによって確認した。

また、処理後物中の有機物が水へ溶出する量を確認するため、環境庁告示第 46 号に定める溶出量試験により得られた溶出水中の TOC、BOD、化学的酸素要求量（Chemical oxygen demand 以下、COD）、pH、EC、硫酸イオン濃度、塩化物イオン濃度を測定した。測定方法と測定機器を表 2 に示す。処理後物のうち焼成物のみ溶出水中の重金属類（Cd、Pb、As、Se、Cr(VI)、F、B）の濃度を測定した。

有機物除去処理を施していない調製試料（以下、未処理物）と比較対象である土壌も処理後物と同様に測定した。

結果および考察

1. 土壁材中に含有する有機物量

土壁材の熱しゃく減量、TOC 含有量、TN 含有量の測定結果を表 3 に、土壁材の種類ごとの熱しゃく減量と TOC 含有量の結果を図 5 に示す。

1.1 熱しゃく減量

焼成物の熱しゃく減量はすべて 0.1%未満であり、焼成処理において 800℃で加熱したため有機物が存在していないことが確認された。

表3 土壁材中の有機物含有量および溶出量試験における溶出水の有機物濃度等

		熱しゃく減量 (%)	TOC含有量 (mg/g)	TN含有量 (mg/g)	TOC (mg/L)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	pH	EC (mS/m)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)
5mm篩下物	屋根材	4.6	3.2	0.3	31	43	27	6.2	19	35	6
	聚楽壁	2.7	2.6	0.2	19	22	21	8.8	18	20	3
	繊維壁	5.2	7.1	0.8	30	29	35	5.5	11	19	8
	大津壁	5.4	7.8	0.6	21	23	27	7.4	28	47	11
	漆喰壁	3.5	2.7	0.3	21	24	23	8.8	19	12	4
1mm篩下物	屋根材	4.7	2.2	0.3	28	48	24	6.2	20	37	6
	聚楽壁	3.1	1.6	0.2	22	32	22	8.8	20	24	4
	繊維壁	4.7	5.8	0.7	29	32	32	5.5	11	19	8
	大津壁	5.0	5.6	0.6	20	29	25	7.5	26	46	10
	漆喰壁	3.1	2.0	0.2	18	29	24	8.5	19	13	4
0.25mm篩下物	屋根材	5.2	1.7	0.3	30	42	23	6.1	23	47	7
	聚楽壁	4.5	1.7	0.2	31	35	31	8.6	27	37	7
	繊維壁	5.8	6.5	0.7	35	29	37	5.4	12	19	10
	大津壁	6.2	6.4	0.6	25	23	29	7.5	34	62	13
	漆喰壁	4.0	2.0	0.2	24	19	27	8.4	22	20	6
水洗浄物	屋根材	4.8	3.7	0.3	23	36	27	6.0	10	21	<1
	聚楽壁	2.8	2.5	0.2	17	22	21	8.9	11	7	<1
	繊維壁	4.8	7.5	0.8	45	55	57	5.1	10	17	1
	大津壁	5.6	8.3	0.5	37	39	48	8.2	20	23	1
	漆喰壁	3.4	3.7	0.2	22	28	28	8.9	13	4	1
洗浄水	屋根材	-	-	-	27	40	23	6.1	20	41	7
	聚楽壁	-	-	-	17	22	17	8.8	15	16	3
	繊維壁	-	-	-	25	20	29	5.6	9.8	14	8
	大津壁	-	-	-	25	24	29	8.1	33	76	10
	漆喰壁	-	-	-	18	20	20	8.8	15	11	4
焼成物	屋根材	<0.1	<0.1	<0.02	<0.1	0.6	<0.5	5.5	15	57	<1
	聚楽壁	<0.1	<0.1	<0.02	<0.1	0.5	<0.5	10.7	21	19	<1
	繊維壁	<0.1	<0.1	<0.02	<0.1	0.6	<0.5	7.4	17	61	<1
	大津壁	<0.1	<0.1	<0.02	<0.1	0.5	<0.5	11.6	90	42	2
	漆喰壁	<0.1	<0.1	<0.02	0.2	<0.5	<0.5	12.4	460	1	2
未処理物	屋根材	4.9	2.9	0.3	32	61	30	6.1	24	52	6
	聚楽壁	2.8	2.2	0.2	20	31	22	8.8	18	20	3
	繊維壁	5.6	8.9	0.8	33	34	39	5.6	12	20	8
	大津壁	7.1	11.5	0.7	37	43	46	8.0	39	84	10
	漆喰壁	6.9	3.9	0.3	24	36	30	8.9	19	13	5
土壌	淡色黒ボク土	8.2	23.0	1.9	6.3	3.3	16	6.3	3.5	3	<1
	細粒黄色土	5.2	10.0	1.2	11	5.8	17	6.0	4.7	3	<1
	礫質黄色土	4.9	4.9	1.2	5.1	7.4	11	6.7	1.4	2	<1
	黒ボク土	12.5	29.3	2.7	2.9	2.6	5.4	6.1	10	23	1

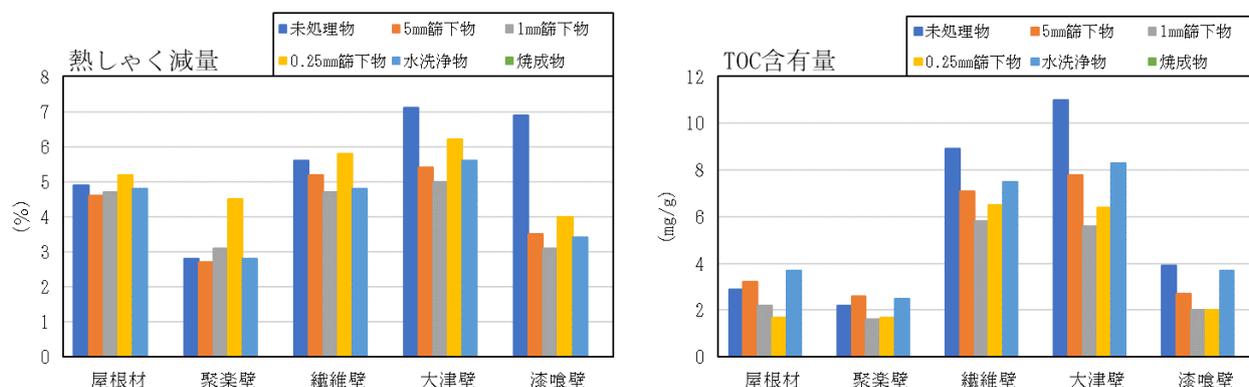


図5 土壁材の種類ごとの熱しゃく減量と TOC 含有量

漆喰壁の熱しゃく減量は、未処理物と比較して（図5）、5 mm 篩下物は49%減少、1 mm 篩下物は55%減少、0.25 mm 篩下物は42%減少、水洗浄物は50%減少したが、聚楽壁の熱しゃく減量は、5 mm 篩下物は7%減少、1 mm 篩下物は10%増加、0.25 mm 篩下物は60%増加、水洗浄物は変化しなかった。このように、乾式選別処理または湿式選別処理を施した土壁材の熱しゃく減量は、未処理物と比較して、処理前後に一貫した変化が確認されなかった。また、土壌の熱しゃく減量と比較すると、同程度か低値であった。

1.2 TOC 含有量, TN 含有量

焼成物の TOC 含有量, TN 含有量の結果からも、焼成物中に有機物が存在しないかごくわずかであることが確認された。

焼成物以外の処理後物の TOC 含有量について、未処理物と比較したところ（図5）、1 mm 篩下物の TOC 含有量は24~51%減少、0.25 mm 篩下物の TOC 含有量は22~48%減少した。5 mm 篩下物と水洗浄物の TOC 含有量は屋根材と聚楽壁で増加したが、繊維壁、大津壁、漆喰壁は減少した。このことから、乾式選別処理では1 mm 篩または0.25 mm 篩で選別した土壁材の TOC 含有量が減少すること、湿式選別処理では TOC 含有量が土壁材の種類によっては増加することが確認された。

一方で、処理後物と土壌の TOC 含有量を比較したところ、肥沃な黒ボク土、淡色黒ボク土より TOC 含有量が低く、細粒黄色土、礫質黄色土と同程度であった。未処理物についても、黒ボク土、淡色黒ボク土より TOC 含有量が低い結果であった。土壁材の TOC 含有量は、有機物除去処理を施さずとも土壌の TOC 含有量と同程度または低い値であることが確認された。

TN 含有量について、未処理物と処理後物ともに低い値であり、有機物除去処理による変化は確認されなかった。土壌の TN 含有量と比較しても、すべて低い値であった。

得られた結果から、目開きが1 mm または0.25 mm の篩による乾式選別処理と焼成処理が土壁材中の有機物の除去に効果的な処理方法であることが判明した。

2. 溶出水中の有機物濃度

処理後物、未処理物、土壌の溶出量試験におけ

る溶出水および洗浄水の TOC, BOD, COD の測定結果を表3に示す。また、土壁材の種類ごとの TOC, BOD の結果を図6に示す。

TOC に着目すると、未処理物と比較して（図6）、5 mm 篩下物の TOC は3~43%減少した。1 mm 篩下物では聚楽壁の TOC が10%増加し、0.25 mm 篩下物では聚楽壁と繊維壁の TOC が6~55%増加したものの、その他の種類は6~45%減少した。水洗浄物では繊維壁の TOC は36%増加したが、その他の種類は0~28%減少した。

乾式選別処理では、BOD, COD においても同様に処理前後の変化の傾向はみられず、藁ではなく糊の成分による影響が大きいと考えられた。

湿式選別処理では、洗浄水の TOC は17~27 mg/L であり、水洗浄物の TOC 17~46 mg/L と同程度であった。このことから、湿式選別処理による TOC 低減は大きく期待できず、洗浄水の BOD 値が土壌より高いため一般環境へ排出するには排水処理が必要となる場合がある。したがって、湿式選別処理は有機物除去効果が見込めず、環境への負荷が高く効果的に処理できる方法ではないと考えられた。

焼成処理では、焼成物の TOC は低く、BOD および COD についても検出下限値未満付近の低濃度であり、焼成物中に有機物がほとんど存在しないことがこの結果からも確認された。

土壌の TOC と処理後物の TOC を比較すると、焼成物以外は高濃度を示したため、土壁材には水溶性の有機物量が多く含有することが伺えた。

3. 溶出水中の pH, EC, 硫酸イオン濃度, 塩化物イオン濃度

処理後物、未処理物、土壌の溶出量試験の溶出水および洗浄水の測定結果を表3に、土壁材の種類ごとの硫酸イオン濃度、塩化物イオン濃度の結果を図6に示す。

pH について、乾式選別処理後物の pH は5.4~8.8、未処理物の pH は5.6~8.9 の範囲にあり、処理による変化は確認されなかった。土壌の溶出水の pH 6.0~6.7 と比較すると、土壁材の pH の範囲が大きかった。焼成物のうち屋根材の pH は未処理物と比較してやや酸性、繊維壁は中性、その他3種の土壁材はアルカリ性となった。一般的に漆喰壁の上塗りには消石灰 (Ca(OH)₂) が用いられ、今回検討に用いた漆喰壁は解体家屋から採取したことから空気中の二酸化炭素と十分に反応し

て炭酸カルシウム (CaCO₃) に変化していた⁶⁾ と考えられる。このため未処理物の pH は中性付近を示したが、焼成処理によって漆喰壁に含まれる炭酸カルシウムが生石灰 (CaO) となったため、その溶出水はアルカリ性を示したと推察された。他 4 種の土壁材についても、焼成処理による材料成分の変化によって pH が変化したものと考えられるが、同じ種類の土壁材であっても材料や配合割合は一樣でない⁷⁾ ことから知見を得るには多くのサンプルを評価する必要がある。

EC について、未処理物の土壁材の EC は 12～39 mS/m の範囲にあり、湿式選別により水洗浄物の EC は 16～58%低下した。水洗浄物に比べて洗浄水の EC が高いことから、水に土壁材の水溶性成分が溶け出したためと考えられる。また、焼成物のうち屋根材のみ EC が低下したが、他 4 種の土壁材では増加し、特に大津壁と漆喰壁は大幅に増加した。これは pH と同じく焼成処理によるものと推察された。土壌と比較すると、未処理物であっても EC は土壌より高値であり、土壌と比較して水溶性成分が多いことが確認された。

硫酸イオン濃度について、焼成物は土壁材の種類による差が大きく、未処理物と比較して (図 6)、屋根材は 9%増加、繊維壁は 205%増加、聚楽壁は

5%減少、大津壁は 50%減少、漆喰壁は 92%減少した。これは含有している硫酸塩の存在形態と焼成による酸化など要因が複数あると考えられた。

また、乾式選別の 5 mm 篩下物は硫酸イオン濃度が 0～44%減少し、1 mm 篩下物については聚楽壁のみ 20%増加し、その他の 4 種は 5～45%減少した。0.25 mm 篩下物の聚楽壁は 85%、漆喰壁は 53%増加し、その他の 3 種は 5～26%減少した。土壁材の種類によって差があるが、目開きが小さくなるほど水へ溶出する硫酸塩が多い結果となった。

水洗浄物の硫酸イオン濃度は、未処理物と比較して 15～72%低下していることから、水による洗浄効果は認められた、洗浄水の硫酸イオン濃度は未処理物と同程度であった。

土壌の硫酸イオン濃度は 2～23mg/L と土壌の種類で差があるが、処理後物と同程度もしくは処理後物が高い結果となった。

塩化物イオン濃度について、水洗浄物は低濃度であり、洗浄水からは塩化物イオンが検出されていることから、循環洗浄によって土壁材が洗浄され、塩類が水相に移行したと考える。乾式選別処理では、5 mm 篩下物および 1 mm 篩下物は未処理物と比較して -33～20%の増減であったが、0.25

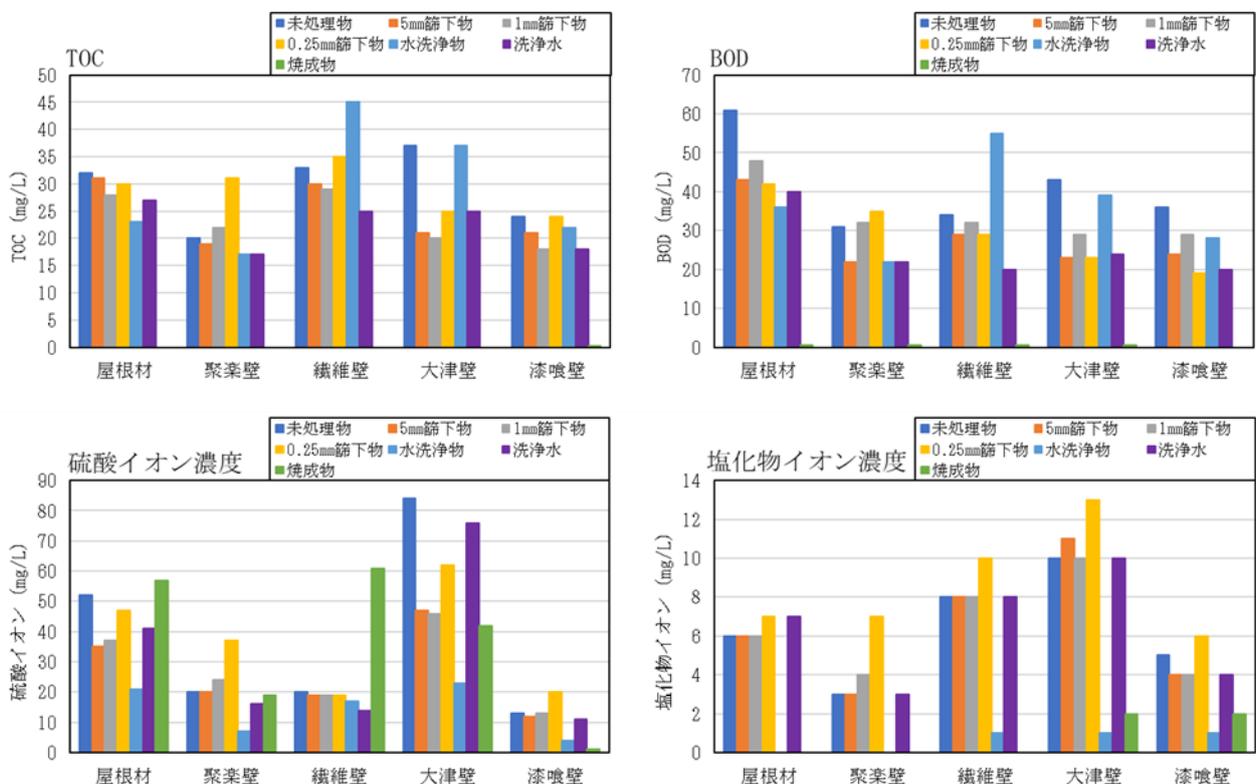


図 6 土壁材の種類ごとの TOC, BOD, 硫酸イオン濃度, 塩化物イオン濃度

mm 篩下物は 20～133%増加することから、硫酸イオンと同様に目開きが小さくなるほど水へ溶出する塩類が多い結果となった。

4. 焼成物の溶出水中の重金属類濃度

焼成物の溶出量試験の重金属類 (Cd, Pb, As, Se, Cr(VI), F, B) 濃度の結果を表 4 に示す。朱色に着色した数値は土壤の汚染に係る環境基準を超過した結果を表す。

焼成物は有機物がほぼ存在しないが、Cr(VI)や As, Se, F が高濃度で溶出することが確認された。Cr(VI)は基準値の最大 7.4 倍、As は基準値の最大 5.5 倍、Se は基準値の最大 2.7 倍、F は基準値の最大 1.8 倍であった。未処理物の溶出水では未検出あるいは低濃度であることから、焼成によって土壁材に含有する Cr が酸化するなど重金属類の存在形態が変化すると考えられた。

焼成処理によって土壁材中の有機物をほぼ完全に除去できるが、土壤の汚染に係る環境基準を超える重金属類が検出されることや、焼成するためのエネルギーコストなど課題は多い。今回の試験では焼成温度は 800℃に設定したが、藁が燃焼する低温度帯で焼成することで Cr(VI)の生成や含有成分の形態変化を抑制できる可能性があり、焼成温度を検討する余地はある。

5. 有機物除去の効果

測定結果のうち、土壁材中の TOC 含有量、溶出量試験における溶出水の TOC, BOD, COD について、土壁材の種類ごとに除去率を下式により計算した結果の平均値を表 5 に示す。

$$\text{除去率 (\%)} = \frac{(\text{未処理物の結果} - \text{処理後物の結果})}{\text{未処理物の結果}} \times 100$$

乾式選別処理は、除去率が比較的高かった方法であり、1 mm の篩で処理する方法が効果的であった。

湿式選別処理は、洗浄水に有機物が移行するものの、水洗浄物の TOC 含有量、TOC, COD の除去率は低く、有機物除去としては他の処理より劣る結果となった。処理に伴って排出される洗浄水を環境中へ放流する場合には排水処理が必要になる場合がある。

焼成処理は TOC 含有量、TOC, BOD, COD の除去率がほぼ 100%であり、有機物の除去に最も

表 4 焼成物の溶出水中重金属類濃度の結果

	焼成物				
	屋根材	聚楽壁	繊維壁	大津壁	漆喰壁
Cd	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Pb	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
As	0.006	0.055	0.007	0.012	<0.005
Se	0.003	0.005	0.015	0.027	0.002
Cr(VI)	0.06	0.37	0.09	0.27	0.07
F	<0.1	0.9	0.1	1.3	1.5
B	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1

(単位: mg/L)

表 5 有機物の除去率

		TOC含有量	TOC	BOD	COD
		乾式選別処理	5mm篩下物	10	15
	1mm篩下物	37	17	15	21
	0.25mm篩下物	36	-4	25	7
湿式選別処理	水洗浄物	1	3	8	-6
焼成処理	焼成物	100	100	99	100

(単位: %)

効果がある処理方法であるが、今回処理した 800℃では重金属類が高濃度で溶出することが課題である。

有機物除去効率や二酸化炭素の排出量、エネルギーコスト、処理施設の建設コスト等を考慮すると、検討した 3 方法の有機物除去処理では、1 mm 篩による乾式選別処理が環境負荷の少ない処理方法と考えられるが、その処理後物は土壤よりも水溶性の有機物を多く含んでいた。乾式選別処理後に、さらに何らかの工夫をすることで再資源化の可能性があると考えられる。

結 語

土壁材の再資源化を最終的な目標として、解体工事現場で排出された土壁材に含有する藁などの有機物を除去するために、効果的な処理方法を実験的に検討した。

乾式選別処理と湿式選別処理、焼成処理の 3 方法の処理を選択し、5 種の土壁材にそれぞれ施した。土壁材中の有機物量 (TOC 含有量と TN 含有量、熱しゃく減量)、溶出量試験における溶出水の有機物濃度 (TOC, BOD, COD) と硫酸イオン濃度、塩化物イオン濃度等を測定し、その変化量を調査した。土壤に対しても同様に測定して比較した。

乾式選別処理では、土壁材中の有機物除去には

1 mm または 0.25 mm の篩による選別処理が効果的であった。一方、溶出水中の有機物濃度は処理をしても大きな濃度変化はみられず、目開きが最も小さい 0.25 mm 篩では溶出水中の有機物濃度が増加する結果であったことから、藁ではなく糊の成分による影響が大きいと考えられた。また、目開きが小さくなるほど水へ溶出する硫酸塩、塩類が多い結果となった。

湿式選別処理では、洗浄水中のイオン成分濃度から土壁材の洗浄効果は確認されたが、処理後の土壁材の有機物含有量の変化はわずかであった。処理に伴って排出された洗浄水の有機物濃度は比較的高濃度であった。

焼成処理は有機物除去に最も効果的な処理方法であるが、上塗りとして使われている材料が焼成によって変化した影響により、処理後の土壁材の溶出量試験において Cr(VI)や As 等の有害物質が土壌の汚染に係る環境基準を超過した。今回は 800℃で焼成処理を施したが、Cr(VI)等の有害物質が溶出しないような焼成温度を検討する余地はある。

土壌と乾式・湿式選別処理後の土壁材を比較したところ、土壁材に含有する有機物量は処理前であっても土壌と同程度もしくは少なかった。溶出水中の有機物濃度は土壌よりも高濃度であり、土壁材には水溶性の有機物が多く存在していることが伺えた。

今回の検討の範囲においては、有機物を除去するための効果的な処理方法は、エネルギー使用、二酸化炭素排出量、設備投資コスト等の観点から目開き 1 mm の篩による乾式選別処理と考えられた。しかし、処理をしても水溶性の有機物は除去できないことから、さらに何らかの工夫をすることで再資源化の可能性があると考えられた。加えて、今回は基礎的な検討であり、処理の条件・方法を変えた場合、本研究で使用した同じ種類の土壁材であっても新たに採取した土壁材を用いた

場合、実機で処理した場合には今回の結果と異なることも想定される。土壁材の再資源化に向けて、今後も検討が必要である。

謝 辞

本研究は、令和 4 年度公益財団法人岡三加藤文化振興財団研究助成を受けて実施しました。

土壁材の採取にあたって協力をいただいた事業者の皆様には謝意を表します。

本研究について助言をいただいた三重県環境生活部環境共生局廃棄物監視・指導課の佐藤邦彦様をはじめ廃棄物監視・指導課、廃棄物対策課、資源循環推進課の皆様には謝意を表します。

文 献

- 1) 環境省、産業廃棄物の不法投棄等の状況（令和 3 年度）について、<https://www.env.go.jp/content/000101966.pdf>（2025 年 1 月 17 日アクセス）
- 2) 環境省、産業廃棄物の不法投棄等の状況（令和 5 年度）について、<https://www.env.go.jp/content/000265002.pdf>（2025 年 1 月 22 日アクセス）
- 3) 佐藤邦彦，渡邊卓弥，近藤笑加，立野雄也，奥山幸俊，肴倉宏史：土壁材の再生利用に係る環境安全性についての基礎的調査研究，第 32 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演集，177-178（2021）。
- 4) 小野雄策：廃石膏ボード類埋立における硫化水素ガスの発生とその防止対策，安全工学，**49**（4），212-219（2010）。
- 5) 岩尾俊男，林圭腕，竹山光一：木質系ペレットの燃焼特性に関する研究，島根大農研報，**24**，140-145（1990）。
- 6) 一重喬一郎，鳥越文乃，服部順昭：建築用漆喰のインベントリ分析，第3回日本LCA学会研究発表会要旨集，276-277（2008）。
- 7) 宮野則彦，宮野秋彦：和壁の熱伝導特性に関する考察，熱物性，**21**（4），193-199（2007）。

ノート

再生品の環境安全性に関する調査研究 —改良土・再生土—

近藤笑加, 山川雅弘, 今村一貴*, 柘植 亮, 森 理佳, 矢野真弓, 石田健太**

Research on the environmental safety of improved soil and recycled soil

Emika KONDO, Masahiro YAMAKAWA, Kazutaka IMAMURA*, Ryo TSUGE,
Rika MORI, Mayumi YANO, Kenta ISHIDA**

建設汚泥等の産業廃棄物に固化材を添加して製造された改良土・再生土の安全性に関する現状確認のため、三重県内の産業廃棄物中間処理業者6者に製造に関する管理体制のヒアリング調査を実施した。あわせて、処理を受託した産業廃棄物や原材料、固化材等の改良土・再生土の製造に使用するすべてと、製造した改良土・再生土、計22試料を採取し、土壌溶出量試験、環境最大溶出可能量試験等を実施した。

ヒアリング調査の結果、調査を実施した事業者6者すべてが土壌の汚染に係る環境基準値を改良土・再生土の自主管理基準値として設定し、改良土・再生土の安全性を確認していた。また事業者3者は産業廃棄物の受入時に自主検査を実施していた。

土壌溶出量試験の結果、改良土・再生土は土壌の汚染に係る環境基準を満たしていたが、一部の固化材は鉛と六価クロムの土壌の汚染に係る環境基準を超過した。土壌含有量試験の結果、多くの試料で鉛が検出されたものの、土壌含有量基準を満たしていた。環境最大溶出可能量試験の結果、土壌溶出量試験と土壌含有量試験において検出されなかったカドミウムが、酸性環境下で溶出する可能性があることが判明した。

キーワード：改良土, 再生土, 建設汚泥, 固化材, 環境安全性, 製造管理体制

はじめに

産業廃棄物中間処理業者が産業廃棄物を処理して製造した再生品は現在市場で流通し、一般環境中で広く利用されている。そのため、再生品は生活環境保全上の支障を生じないような安全性（以下、「環境安全性」という¹⁾）を有する必要がある。特に、土壌と接触または混合して利用する再生品は、施用後は土壌と一体とみなすことから、土壌の汚染に係る環境基準（以下、「土壌環境基準」とする。）を満たす必要がある。しかし、再生品の環境安全性を確認するための試験方法や頻度等は廃棄物の処理及び清掃に関する法律（昭和四十五年法律第百三十七号）で一律に規定されず、産業廃棄物中間処理業者が独自で定めた試験

を実施しており、一般に流通している再生品の安全性が確保されているとは限らない。そこで、再生品の環境安全性に関する現状確認のため、再生品の種類ごとに調査を実施する計画を策定し、当調査研究事業を令和4年度から実施することとした。

調査の内容は大きく分けて2つあり、1つは産業廃棄物中間処理業者に対して再生品製造に関する管理体制を聞き取るヒアリング調査である。もう1つは、産業廃棄物中間処理業者が製造した再生品および処理を受託した産業廃棄物や原材料、資材等の再生品製造に使用するすべてを対象として実施する土壌溶出量試験等の環境安全性試験である。

* 三重県環境生活部環境共生局地球温暖化対策課

** 三重県鈴鹿地域防災総合事務所

本報では、建設汚泥等の産業廃棄物に固化材を添加して製造した改良土・再生土を調査対象とし、三重県内の産業廃棄物中間処理業者に対して調査をした結果を報告する。

方法

1. 調査対象事業者

建設汚泥や浄水汚泥、無機性の工場発生汚泥等の産業廃棄物（以下、「再生資源」という。）を処理して改良土・再生土を製造している三重県内の産業廃棄物中間処理業者のうち調査の協力を得られた6者に対して調査を実施した。

2. 製造管理体制のヒアリング調査

改良土・再生土の製造に関する管理体制について、ヒアリング調査を実施した。ヒアリングの内容を図1に示す。内容は、公益財団法人産業廃棄物処理事業振興財団が再生品の有価物該当性に係る審査認証業務のために定める「建設汚泥再生品等の有価物該当性に係る審査認証業務に関する実施要領」²⁾を参考にした。

<ol style="list-style-type: none"> 1. 事業者情報 2. 再生品情報 3. 再生品管理体制 <ol style="list-style-type: none"> (1) 管理体制 (2) 製造した再生品の検査 (3) 製造した再生品の検査結果が不合格の場合の対応 (4) 再生資源・再生材の事前確認（契約時） (5) 再生資源・再生材の受入時検査・一時保管状況 (6) 検査結果、帳簿等の作成、保管 (7) 再生品の保管の方法 (8) 再生品等の自己利用の場合の適正利用 4. その他

図1 ヒアリングの内容

3. 採取した試料

調査対象事業者が製造した改良土・再生土等を現地で採取した。改良土・再生土は可能な限り採取当日に製造したものをポリエチレン袋とアルミ蒸着袋にそれぞれ入れて密封した。再生資源・固化材は可能な限り、採取した改良土・再生土と同ロットのものを採取し、ポリエチレン袋に入れて密封した。採取した試料の内訳を表1に示す。

再生資源は、建設汚泥や浄水汚泥、無機性の工場発生汚泥のほか、建設汚泥等を水洗選別・風力

選別等の選別処理をした後の残渣や砂利採取に伴う碎石ズリ等を含めている。

表1 採取試料の内訳

種類		数
再生品	改良土・再生土	6
産業廃棄物	再生資源	9
資材	セメント系固化材	5
〃	石灰系固化材	2

4. 試験方法

採取した試料は試験室に持ち帰り、図2に示す5種の試験を試料の種類に応じて実施した。

土壌懸濁液のpH試験はアルミ蒸着袋に採取した試料を用い、それ以外の試験はポリエチレン袋に採取した試料を風乾させた後、粗砕して2mmのふるいを通した調製試料を用いた。砂利等の全粒子の粒径が2mm以上の試料は有姿試料を用いた。

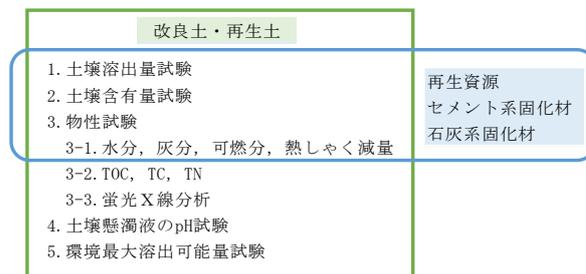


図2 試験の実施内容

4.1 土壌溶出量試験

平成3年8月23日環境庁告示第46号に従い、調製試料を用いて検液を作製した。

測定項目は、重金属類のCd, Pb, As, Se, Cr(VI), Hg, F, Bの8項目とした。環境庁告示第46号の項目には規定されていないが、有機性汚濁物質等の指標としてpH, BOD, COD, 硫酸イオン(SO₄²⁻)の4項目についてもあわせて測定した。

4.2 土壌含有量試験

平成15年3月6日環境省告示第19号に従い調製試料を用いて検液を作製した。

測定項目は、重金属類のCd, Pb, As, Se, Cr(VI), Hg, F, Bの8項目とし、あわせて風乾後試料の水分量（風乾後水分）を測定した。

4.3 物性試験

4.3.1 水分、灰分、可燃分、熱しゃく減量

昭和52年11月4日環整第95号に準拠し、調製試料を用いて試験を実施した。

るつぼに試料を量り取り、105℃の乾燥機で約4時間乾燥させた後の重量を測定し、水分量を算出した。

続いて、600℃のマッフル炉で3時間加熱した後の重量を測定し、熱しゃく減量を算出した。さらに、800℃のマッフル炉で2時間加熱した後の重量を測定し、灰分を算出した。可燃分は、水分量と灰分の合計値を100から除して算出した。

4.3.2 TOC (全有機体炭素)、TC (全炭素)、TN (全窒素)

底質調査方法Ⅱ4.10、Ⅱ4.8 (環境省水・大気環境局) に従い試験を実施した。調製試料をメノウ乳鉢で微粉碎し、125 μm のふるいを通した試料を試験に供した。TOC は前処理として塩酸で IC (無機体炭素) を除去した試料を測定した。装置は有機元素分析装置 (ジェイ・サイエンス・ラボ JM10) を使用した。

4.3.3 蛍光 X 線分析

調製試料をメノウ乳鉢で微粉碎し、125 μm のふるいを通した試料を試験に供した。エネルギー分散型蛍光 X 線分析装置 (島津製作所 EDX-7200) を用いてファンダメンタルパラメータ (FP) 法による半定量を実施した。

4.4 土壌懸濁液の pH 試験

アルミ蒸着袋に採取した試料を用いて土の含水比試験方法 (JIS A 1203) によって含水比を求め、地盤工学会基準 JGS 0211 に従い試験を実施した。アルミ蒸着袋に採取した試料を量り取り、試料中の水分も含めて質量比5となるよう水を加えて懸濁させ、30分静置後に再懸濁させた検液の pH を測定した。

含水比を求めるには、予め粒径を測定して最大粒径により試料分取量を決めるが、事業者が実施した試験結果の流用、または目測により試料分取量を決めた。

4.5 環境最大溶出可能量試験

廃棄物資源循環学会規格 (原案) JSMCWM-0101 に従い検液を作製した。風乾後、粗砕して 2 mm

のふるいを通した試料をメノウ乳鉢で微粉碎し、125 μm のふるいを通した試料を試験に供した。

図3に示すフロー図に基づき、1試料につき酸系列とアルカリ系列で2検液、計4検液を作製した。測定項目は、pH、Cd、Pb、As、Se、T-Cr、Hg、F、Bの9項目とした。あわせて試料の水分量を測定した。

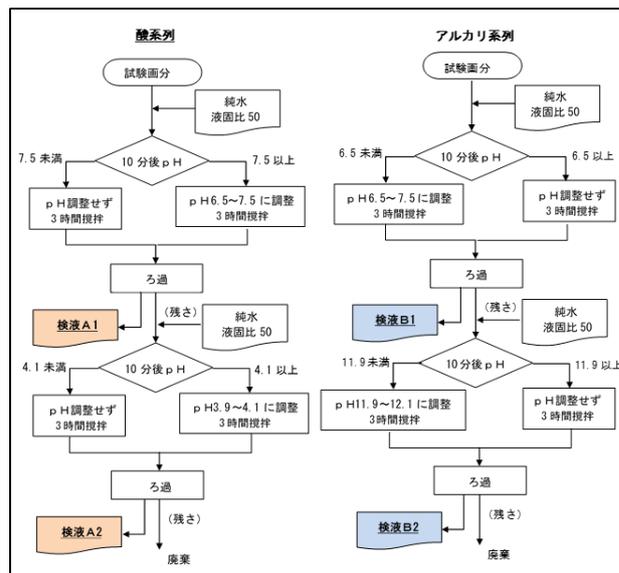


図3 検液作製フロー

5. 測定方法

土壌溶出量試験、土壌含有量試験、環境最大溶出可能量試験および土壌懸濁液の pH 試験における測定方法を表2に示す。

表2 測定方法および測定機器

項目	測定方法	測定機器
Cd	JIS K0102 55.4	Agilent 7800
Pb	JIS K0102 54.4	Agilent 7800
As	JIS K0102 61.4	Agilent 7800
Se	JIS K0102 67.4	Agilent 7800
Cr(VI)	JIS K0102 65.2.1	島津製作所 UV-1800
T-Cr	JIS K0102 65.1.5	Agilent 7800
Hg	環境庁告示第59号付表2	HIRANUMA HG-450
F	JIS K0102 34.1	島津製作所 UV-1800
B	JIS K0102 47.3	Agilent 5800
pH	JIS K0102 12.1	堀場製作所 F-52
BOD	JIS K0102 21 (DOの測定:32.4)	HACH HQ430d
COD	JIS K0102 17	-
SO ₄ ²⁻	JIS K0102 41.3	サーモフィッシャー・サイエンティフィック ICS-6000

結果および考察

1. ヒアリング調査結果

管理体制のヒアリング結果の概要を図3に示す。調査を実施した事業者6者のうち、3者は三重県リサイクル製品利用推進条例 (平成十三年三月

内容	結果
固化材の添加割合	約1.1～10%
年間製造量（過去3年分の年平均実績）	5千t未満は1者、5千t以上1万t未満は1者、1万t以上2万t未満は1者、5万t以上は3者
管理対象物	改良土・再生土と再生資源は6者すべて管理対象としている 固化材は1者のみ管理している
改良土・再生土の検査実施者	6者すべてが計量証明事業者へ委託し検査を実施 3者はさらに自主検査を実施
改良土・再生土の自主管理基準値	6者すべて重金属類8項目（Cd, Pb, As, Se, Cr(VI), Hg, F, B）を土壤環境基準値と同値で管理 さらに5者は土壤含有量基準値と同値を設定
改良土・再生土の自主管理基準適合を判断するための試験方法	5者は46号試験、1者は18号試験にて実施 含有量基準は19号試験にて実施
検液作成（46・19号試験）に供する試料の性状	告示の2mmふるい下は3者、有姿は3者
改良土・再生土の検査の確認頻度	2者が年1回、1者が年2回、1者が年4回、2者が毎月、重金属類8項目の検査を実施 自主検査（簡易分析）は1者が月1回、1者が週2回、1者が製造日に実施 認定リサイクル製品（3製品）は年1回46号試験に定める全項目を実施
再生資源の受入基準値	5者は改良土・再生土と同じ土壤環境基準値を設定 1者は特別管理産業廃棄物の判定基準を設定
再生資源の受入基準値適合を判断するための試験方法	5者は46号試験、1者は13号試験にて実施
再生資源の確認頻度	6者すべて契約時に排出事業者による検査結果を確認し、受入時に自主検査を含め目視確認を実施 受入時に自主検査を実施しているのは3者
検査結果と自主管理基準値の複数人による適合確認	5者は結果を複数人で基準値の適合を確認をしているが、1者は実施していない

図3 管理体制のヒアリング結果の概要

二十七日三重県条例第四十六号)の認定を受けている改良土・再生土を製造していた。条例による認定を受けるには、条例で定める認定基準を満たす必要があり、改良土はさらに土壤環境基準の全項目を満たすことが求められている。

改良土・再生土について、6者すべてが土壤環境基準値を自主管理基準値として設定し、計量証明事業者への委託や自主検査によって安全性への適合確認を実施していた。

再生資源についても、6者すべてが改良土・再生土と同基準または特別管理産業廃棄物の判定基準を受入基準値として設定し、契約時に排出事業者による検査結果を確認していた。再生資源の受入時には、6者のうち3者が公定法に則した簡易分析や蛍光X線分析装置による自主検査を実施していた。

2. 土壤溶出量試験結果

土壤溶出量試験の結果を表3に示す。

改良土・再生土6試料は、すべての項目が土壤環境基準を満たしていた。一部の試料でCr(VI)が土壤環境基準値と同値、Pb, As, Fが土壤環境基準値の75%値以上で検出された。

再生資源9試料は、すべての項目が土壤環境基準値以下であったが、一部の試料でAs, Se, Cr(VI), F, Bが報告下限値以上検出された。Asは1試料

で土壤環境基準値と同値(0.01 mg/L)が検出された。

固化材7試料は、6試料でCr(VI)が、6試料でPbが土壤環境基準値を超過した。一部の試料でCd, Pb, Se, Fが報告下限値以上検出された。

改良土・再生土は土木資材としての品質を向上させるため、事業者によって異なるが約1%～10%程度の固化材が再生資源に添加されている。今回調査した固化材は大きく分けてセメント系と石灰系に分けられるが、セメント系と石灰系に関係なく固化材のほとんどでPbとCr(VI)の土壤環境基準値を超過していた。

改良土・再生土は土壤環境基準値を満たしていたものの、最大で土壤環境基準値の80%値が検出されたことと、再生資源では土壤環境基準値に近い値が検出されていることから、固化材の添加量が過大である場合や受け入れた再生資源に重金属類を多く含む場合には、製造した改良土・再生土において土壤環境基準値を超過するリスクがある。

有機性汚濁物質の指標であるBODやCODについて、環境庁告示第46号に項目は規定されていないが、水質汚濁防止法の生活環境項目に係る排水基準(BOD, CODの日間平均120mg/L)と比較すると、すべての試料で基準値より低い結果であった。しかし佐藤ら³⁾による4種類の土壤(黒ボ

表3 溶出量試験結果

		Cd (mg/L)	Pb (mg/L)	As (mg/L)	Se (mg/L)	Cr(VI) (mg/L)	Hg (mg/L)	F (mg/L)	B (mg/L)	pH	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)
改良土	ave.	<0.0003	<0.005	<0.005	<0.002	0.02	<0.0005	0.3	<0.1	10.0	30	31	340
	max.	<0.0003	0.008	0.008	0.003	0.05	<0.0005	0.6	0.1	12.5	99	64	1200
	min.	<0.0003	<0.005	<0.005	<0.002	<0.02	<0.0005	0.1	<0.1	7.0	3.9	15	7
再生土	ave.	<0.0003	<0.005	<0.005	<0.002	<0.02	<0.0005	0.3	<0.1	8.0	5.3	11	280
	max.	<0.0003	<0.005	0.010	0.003	0.02	<0.0005	0.5	0.3	11.1	18	41	1500
	min.	<0.0003	<0.005	<0.005	<0.002	<0.02	<0.0005	0.1	<0.1	6.3	0.5	<0.5	<1
再生資源	ave.	<0.0003	0.020	<0.005	0.004	0.33	<0.0005	0.2	<0.1	12.7	1.4	12	810
	max.	0.0004	0.053	<0.005	0.008	0.51	<0.0005	0.4	<0.1	12.9	2.2	17	1300
	min.	<0.0003	0.007	<0.005	<0.002	<0.04	<0.0005	0.1	<0.1	12.6	<0.5	0.8	1

表4 含有量試験結果

		Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	As (mg/kg)	Se (mg/kg)	Cr(VI) (mg/kg)	Hg (mg/kg)	F (mg/kg)	B (mg/kg)
改良土	ave.	<4.5	30	<15	<15	<25	<1.5	170	<40
	max.	<4.5	110	<15	<15	<25	<1.5	270	<40
	min.	<4.5	<15	<15	<15	<25	<1.5	80	<40
再生土	ave.	<4.5	24	<15	<15	<25	<1.5	100	<40
	max.	<4.5	120	<15	<15	<25	<1.5	310	<40
	min.	<4.5	<15	<15	<15	<25	<1.5	<40	<40
再生資源	ave.	<4.5	32	<15	<15	<25	<1.5	590	<40
	max.	<4.5	41	<15	<15	<25	<1.5	1600	62
	min.	<4.5	20	<15	<15	<25	<1.5	150	<40

ク土、淡色黒ボク土、細粒黄色土、礫質黄色土)のBOD、COD結果と比較すると、土壌より多くの有機性汚濁物質を含む改良土・再生土があった。

検液のpHについて、固化材はすべてpH12以上の強アルカリ性であるのに対し、改良土・再生土は中性から強アルカリ性の範囲にあり、特にpHが強アルカリ性を示す試料は、建設汚泥に石灰系固化材を添加して製造されたものであった。

SO₄²⁻について、再生資源では建設汚泥等を選別処理した後の残渣に、固化材ではセメント系固化剤に多く検出される傾向にあった。

3. 土壌含有量試験結果

土壌含有量試験の結果を表4に示す。

改良土・再生土6試料は、すべての項目が土壌含有量基準を満たしていた。一部の試料でPbが報告下限値以上で検出され、最大で含有量基準の70%値が検出された。また、すべての試料でFが報告下限値以上で検出された。

再生資源9試料は、改良土・再生土と同様にすべての項目が土壌含有量基準を満たしていた。一部の試料でPbとFが報告下限値以上検出され、Pbは最大で含有量基準の80%値が検出された。

固化材7試料は、すべての項目が土壌含有量基準を満たしていたものの、すべての試料でPbとFが報告下限値以上で検出された。また一部の試料でBが報告下限値以上で検出された。

特に改良土・再生土でPbが含有量基準の70%値が検出された試料の原料であった再生資源は、含有量基準の80%値が検出された試料であり、再生資源の品質が改良土・再生土の安全性に直結することが確認された。

4. 物性試験

4.1 水分、灰分、可燃分、熱しゃく減量

水分、灰分、可燃分、熱しゃく減量の結果を表5に示す。

固化材において、一部の試料で可燃分と熱しゃく減量が高い結果であり、特に石灰系固化材が顕著に高値となったため、Caの反応による減量と推察された。改良土・再生土においても、一部の試料で可燃分と熱しゃく減量が高い結果であったが、石灰系固化材が10%程度添加されていたと仮定した場合と比べても高値であることから、Caの反応による減量ではなく、有機性物質の燃焼による減量と推定された。

4.2 TOC, TC, TN

改良土・再生土の TOC, TC, TN の結果を表 6 に示す。

TOC が比較的高値であった改良土・再生土は、溶出量試験の BOD 値と COD 値も高い結果であり、TOC においても有機性汚濁物質の含有が確認された。

4.3 蛍光 X 線分析

改良土・再生土の蛍光 X 線分析の半定量結果を図 4 に示す。

Pb について、含有量試験で Pb が検出された改良土・再生土は、蛍光 X 線分析においても Pb の半定量結果が高値で検出された。一方、溶出量試験および含有量試験では検出されなかった Cd と Hg が、蛍光 X 線分析において検出された。

5. 土壤懸濁液の pH 試験

改良土・再生土の土壤懸濁液の pH 試験結果お

よび含水比の結果を表 7 に示す。

石灰系固化剤を使用している改良土・再生土は pH が 12 を超え、強アルカリ性であった。一方、浄水汚泥を使用して製造された改良土・再生土の pH は中性を示した。

改良土・再生土の溶出量試験検液の pH と土壤懸濁液の pH の関係図を図 5 に示し、改良土・再生土の製造に用いる主な固化材をセメント系と石灰系に区別して表す。溶出量試験検液の pH と土壤懸濁液の pH 試験結果を比較すると、pH が 0.3~1.1 程度の差があるものの、おおよそ同程度の結果となった。溶出量試験方法である環境庁告示第 46 号には pH の規定がないが、おおよその傾向が把握できることが判明した。また、主にセメント系固化材を用いて製造した改良土・再生土の pH は中性から弱アルカリ性の範囲であったのに対し、石灰系固化剤を用いた場合は強アルカリ性であったため、一般環境中で利用する場合には留意する必要がある。

表 5 水分、灰分、可燃分、熱しゃく減量の結果

		水分 (%)	灰分 (%)	可燃分 (%)	熱しゃく減量 (%)
改良土	ave.	4.4	85.0	10.6	7.2
	max.	8.1	95.0	19.5	15.6
	min.	1.2	76.0	3.8	2.7
再生土	ave.	3.7	88.2	8.0	7.2
	max.	9.5	99.1	20.8	21.3
	min.	0.1	69.7	0.8	0.5
再生資源	ave.	0.3	93.5	6.9	4.4
	max.	0.6	98.5	23.8	15.5
	min.	0.0	78.9	1.1	0.6
固化材	ave.	0.3	93.5	6.9	4.4
	max.	0.6	98.5	23.8	15.5
	min.	0.0	78.9	1.1	0.6

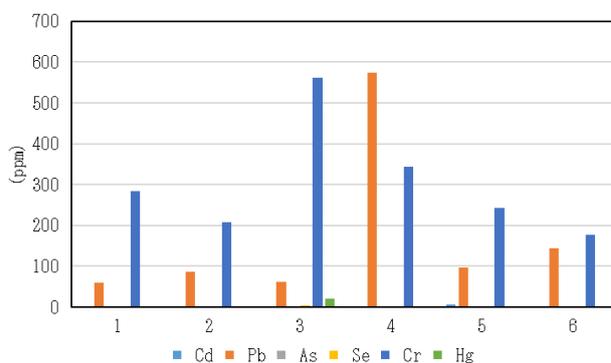


図 4 蛍光 X 線分析の半定量結果

表 6 TOC, TC, TN の結果

		TOC (mg/g)	TC (mg/g)	TN (mg/g)
改良土	ave.	14	30	1.0
	max.	31	56	1.8
	min.	6.7	9.6	0.5

表 7 土壤懸濁液の pH 試験と含水比の結果

		pH	含水比 (%)
改良土	ave.	10.0	30.4
	max.	12.6	44.9
	min.	7.4	6.8

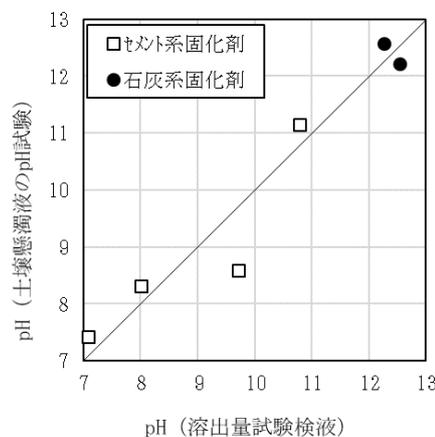


図 5 改良土・再生土の pH の比較

6. 環境最大溶出可能量試験

改良土・再生土の環境最大溶出可能量試験の結果を表8に示す。

環境最大溶出可能量試験の基準値は定められていないが、JSMCWM-0101 環境最大溶出可能量試験解説（案）⁴⁾において、土壤環境基準換算値の10倍値で評価する案が示され、佐藤ら^{3,5)}はこの土壤環境基準換算値の10倍値と比較評価を実施している。本報においても土壤環境基準換算値の10倍値と比較評価した。

酸系列ではCd, Pb, F, アルカリ系列ではAsがこの値を上回った。Cdについて、改良土・再生土は溶出量試験と含有量試験において検出されていないが、酸性環境下で溶出する可能性があることが判明した。

また、含有量試験でPbが高濃度で検出された試料においても、酸性環境におけるPbの溶出ポテンシャルが示された。

結 語

再生土・改良土に関して、建設汚泥等の産業廃棄物に固化材を添加して製造している三重県内産業廃棄物中間処理業者に対して、製造に関する管理体制のヒアリング調査を実施した。あわせて、処理を受託した産業廃棄物や原材料、固化材等の改良土・再生土の製造に使用するすべてと、製造した改良土・再生土を採取し、土壤溶出量試験、環境最大溶出可能量試験等を実施した。

改良土・再生品の製造管理体制は、調査を実施した事業者6者すべてが土壤環境基準値を改良土・再生土の自主管理基準値として設定し、環境安全性への適合確認を実施していた。また再生資源の受入時に自主検査を実施している事業者は3者で公定法に則した簡易分析や蛍光X線分析装置による自主検査を実施していた。

溶出量試験の結果、改良土・再生土と再生資源は土壤環境基準を満たしていたが、ほとんどの固化材はCr(VI)とPbが土壤環境基準値を超過した。

表8 改良土・再生土の環境最大溶出可能量試験の結果

		酸系列			アルカリ系列			土壤環境基準換算値 の10倍値(mg/kg)
		A1	A2	合計	B1	B2	合計	
試薬添加量 (mol/kg)	ave.	0.41	2.6		0.01	0.53		
	max.	0.97	6.2		0.03	0.91		
	min.	0	0.09		0	0.23		
pH	ave.	7.2	4.0		9.8	12.1		
	max.	7.5	4.1		11.9	12.5		
	min.	6.1	4.0		6.6	11.9		
Cd (mg/kg)	ave.	<0.05	0.26	0.26	<0.05	<0.05	<0.1	0.3
	max.	<0.05	0.85	0.85	<0.05	<0.05	<0.1	
	min.	<0.05	<0.05	<0.1	<0.05	<0.05	<0.1	
Pb (mg/kg)	ave.	<0.05	1.25	1.2	<0.05	<0.05	<0.1	1
	max.	<0.05	6.29	6.2	<0.05	0.07	<0.1	
	min.	<0.05	<0.05	<0.1	<0.05	<0.05	<0.1	
As (mg/kg)	ave.	0.10	0.06	0.1	0.07	0.65	0.7	1
	max.	0.40	0.13	0.5	0.29	2.3	2.3	
	min.	<0.05	<0.05	<0.1	<0.05	<0.05	<0.1	
Se (mg/kg)	ave.	<0.05	<0.05	<0.1	<0.05	<0.05	<0.1	1
	max.	0.06	<0.05	<0.1	<0.05	0.10	0.1	
	min.	<0.05	<0.05	<0.1	<0.05	<0.05	<0.1	
T-Cr (mg/kg)	ave.	0.26	1.1	1.3	0.26	0.09	0.3	5
	max.	0.87	3.8	3.8	0.88	0.24	1.1	
	min.	<0.05	<0.05	<0.1	<0.05	<0.05	<0.1	
Hg (mg/kg)	ave.	<0.025	<0.025	<0.05	<0.025	<0.025	<0.05	0.5
	max.	<0.025	<0.025	<0.05	<0.025	<0.025	<0.05	
	min.	<0.025	<0.025	<0.05	<0.025	<0.025	<0.05	
F (mg/kg)	ave.	10	110	125	12	24	36	80
	max.	18	240	260	20	65	65	
	min.	<5	21	21	<5	7	13	
B (mg/kg)	ave.	<5	<5	<10	<5	<5	<10	100
	max.	9	8	17	<5	<5	<10	
	min.	<5	<5	<10	<5	<5	<10	

固化材の添加量が過大である場合や受け入れた再生資源に重金属類を含む場合には、製造した改良土・再生土が土壌環境基準値を超過するリスクがある。

含有量試験の結果、改良土・再生土と再生資源、固化材は含有量基準を満たしていた。

熱しゃく減量やTOC、溶出量試験検液のBODやCODの結果から、一部の改良土・再生土では有機性汚濁物質の含有が確認された。

固化材の溶出量試験検液はすべて強アルカリ性を示したものの、改良土・再生土の溶出量試験検液は石灰系の固化材を使用した場合だけが、強アルカリ性であった。土壌懸濁液のpH試験においても同様で、石灰系の固化材を使用した改良土・再生土が強アルカリ性であり、溶出量試験検液とpHが0.3～1.1程度の差があるが、おおよそ同程度の結果となった。

環境最大溶出可能量試験の結果から、溶出量試験と含有量試験で検出されていないCdの酸性環境における溶出ポテンシャルが一部の試料で確認された。あわせて蛍光X線分析においてもCdが検出された。

以上の調査結果から再生土・改良土に関する管理体制や環境安全性等の知見を得ることができた。今後も別の再生品を対象として調査をすすめる。

謝 辞

本調査研究に協力いただいた三重県内産業廃棄物中間処理業者の皆様には謝意を表します。また、

本調査研究について助言・協力いただいた三重県環境生活部環境共生局資源循環推進課、廃棄物対策課、廃棄物監視・指導課および各地域防災総合事務所・地域活性化局環境室の皆様には謝意を表します。

文 献

- 1) 三重県、循環関連産業による資源循環の促進に向けたガイドライン（再生品の安全性確保編）、<https://www.pref.mie.lg.jp/common/content/001120402.pdf>（2024年12月17日アクセス）
- 2) 公益財団法人産業廃棄物処理事業振興財団、建設汚泥再生品等の有価物該当性に係る審査認証業務に関する実施要領、<https://www.sanpainet.or.jp/service03.php?id=43>（2024年12月17日アクセス）
- 3) 佐藤邦彦，渡邊卓弥，近藤笑加，立野雄也，奥山幸俊，肴倉宏史：土壁材の再生利用に係る環境安全性についての基礎的調査研究，第32回廃棄物資源循環学会研究発表会講演集，177-178（2021）。
- 4) 一般社団法人廃棄物資源循環学会廃棄物試験・検査法研究部会，JSMCWM-0101 環境最大溶出可能量試験解説（案），<https://jsmcwm.or.jp/wastest-group/files/2012/12/ca540ecd7f3dac6980d2fb51b69255ae.pdf>（2024年12月17日アクセス）
- 5) 佐藤邦彦，立野雄也，奥山幸俊，坂口貴啓，近藤笑加，肴倉宏史：木質バイオマス焼却灰の再生利用に係る安全性についての基礎的調査研究，第29回廃棄物資源循環学会研究発表会講演集，219-220（2018）。

資料

2023年感染症発生動向調査結果

楠原 一, 小林章人, 矢野拓弥, 川合秀弘

キーワード: 感染症発生動向調査事業, 病原体定点医療機関, インフルエンザ, 感染性胃腸炎, 日本紅斑熱, 新型コロナウイルス

はじめに

感染症発生動向調査事業の目的は, 医療機関の協力を得て, 感染症の患者発生状況を把握し, 病原体検索により当該感染症を微生物学的に決定することで流行の早期発見や患者の早期治療に資することにある。また, 感染症に関する様々な情報を収集・提供するとともに, 積極的疫学調査を実施することにより, 感染症のまん延を未然に防止することにもある。

三重県では, 1979年から40年以上にわたって本事業を続けてきた。その間, 検査技術の進歩に伴い, 病原体の検出に必要なウイルス分離や同定を主としたウイルス学的検査, さらに血清学的検査に加えてPCR法等の遺伝子検査やDNAシーケンス解析を導入し, 検査精度の向上を図ってきた。また, 検査患者数の増加により多くのデータが蓄積されてきた結果, 様々な疾患で新たなウイルスや多様性に富んだ血清型, 遺伝子型を持つウイルスの存在が明らかになってきた¹⁻³⁾。

以下に2023年の感染症発生動向調査対象疾患の定点医療機関等で採取された検体について, 病原体検査状況を報告する。

方法

1. 感染症発生動向調査定点医療機関

感染症発生動向調査5類感染症患者定点および

病原体定点の医療機関数を表1に示した。

2. 対象疾患および検体

2.1 対象疾患

対象疾患は, 三重県感染症発生動向調査事業実施要綱⁴⁾に記された対象感染症であるが, 一部対象外の疾患(気管支炎, 咽頭炎, 喉頭炎等)についても必要と判断された場合には検査対象とした。

2.2 検体

三重県感染症発生動向調査病原体検査指針⁵⁾に基づき, 病原体定点および一部定点外の医療機関において2023年1月~12月までの間に採取された咽頭拭い液, 鼻汁, 糞便, 髄液, 尿, 血液, 皮膚病巣等を検体とした。

3. 病原体の検出方法

病原体検索は, 主に国立感染症研究所の病原体検出マニュアル⁶⁾に準拠し, 各種PCR法による特異的遺伝子検出のほか, 必要に応じて抗原検査や血清学的検査等により行った。また, PCR産物のDNAシーケンス解析を実施し, 遺伝子型等を決定した。

表1. 感染症発生動向調査5類感染症および病原体定点医療機関数

定点種別	インフルエンザ		小児科	眼科	STD*	基幹	合計
	内科	小児科					
患者定点	27	45	45	12	17	9	155
病原体定点	3	6	6	1		9	25

*性感染症

結果

1. 疾患別患者数および検出病原体

2023年疾患別月別検査患者数、疾患別病原体検出患者数および疾患別月別病原体検出患者数を表2～4に示した。

検査患者数は6,037人で、2022年の67,561人と比較して減少した³⁾。また、新型コロナウイルス感染症以外の検査患者数は470人であった。

疾患別検査患者数は、多い順に新型コロナウイルス感染症が5,567人、インフルエンザが103人、感染性胃腸炎が92人、日本紅斑熱が90人、カルバペネム耐性腸内細菌目細菌（*Carbapenem-resistant Enterobacteriales*: CRE）感染症が29人、手足口病が14人、ヘルパンギーナが13人等で、その他の疾患として気管支炎や咽頭炎等が53人であった（表2）。

検査依頼のあった患者6,037人中1,013人（16.8%）から病原体等が検出された。また、新型コロナウイルス感染症を除く患者470人中331人（70.4%）から病原体等が検出された（表3）。疾患別の主な検出病原体等は以下のとおりであった。

1.1 新型コロナウイルス感染症

患者5,567人中682人から新型コロナウイルス遺伝子もしくは抗原が検出された（表4）。

1.2 インフルエンザ

患者103人中101人からインフルエンザウイルス遺伝子が検出された。内訳は、InfAH3が75人で、InfAH1pdm09が21人、B型（ビクトリア系統）が5人であった（表4）。

1.3 感染性胃腸炎

患者92人中57人からウイルス遺伝子が検出された。主な内訳は、ノロウイルスGII.P31-GII.4型が10人、サポウイルスGI.1型がそれぞれ9人、アストロウイルス1型が8人等であった。また15人は同一検体から複数のウイルスが検出される混合感染であった（表4）。

1.4 日本紅斑熱

患者90人中54人から日本紅斑熱リケッチア遺伝子が検出された。また2人からつつがむし病リケッチア遺伝子が検出され、血清型はGilliam型とKawasaki型であった（表4）。

表2 疾患別月別検査患者数

疾患名(診断名)	月別検査患者数												合計
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
ジフテリア							1		1				2
E型肝炎		1											1
Q熱			1										1
重症熱性血小板減少症候群				1	1	2	1	1	1	1	2	1	11
つつが虫病									1		1	1	3
デング熱	1			2				1	1	1			6
日本紅斑熱		1		6	7	18	9	14	13	17	5		90
日本紅斑熱、つつがむし病					1				1	1	1		4
ライム病											1		1
レプトスピラ症						1		1		1	1		4
カルバペネム耐性腸内細菌目細菌感染症	2	2		5	2	3	3	3	4	3		2	29
急性弛緩性麻痺						2	1				1		4
急性脳炎				1	2						1		4
バンコマイシン耐性腸球菌感染症							1						1
風しん				2		1				1	1		5
麻しん					3	2					1	1	7
インフルエンザ	8	5	4	9	3	4	9	5	11	12	17	16	103
RSウイルス感染症			1				2	1					4
咽頭結膜熱			1							1			3
A群溶血性レンサ球菌咽頭炎					1								1
感染性胃腸炎	2	10	8	6	17	8	5	7	4	11	9	5	92
手足口病	2	1	1			2	1	1	2	3		1	14
伝染性紅斑			1										1
突発性発しん							1			2			3
ヘルパンギーナ					2	4	4	1	2				13
流行性耳下腺炎					1	1							2
無菌性髄膜炎			2										2
不明発しん症							1	1	3	1			6
新型コロナウイルス感染症	2,184	742	242	92	226	127	734	764	298	93	61	4	5,567
その他	3	1	6	4	3	1	3	9	1		8	14	53
合計	2,202	765	266	128	270	175	776	809	344	151	107	44	6,037

表3 疾患別病原体検出患者数 (つづき)

疾患名(診断名)	疾患名(診断名)													合計												
	重症熱性 ジフテリア	血小版減少 つがひ病 症候群	日本紅斑 熱	日本紅斑 熱	デング熱	日本紅斑 熱	つがひ病	レプトスピラ 症	カルバペネム 耐性菌内 細菌目菌 感染症	急性弛緩性 麻痺	急性弛緩性 麻痺	ハンコウレン 耐性菌 感染症	インフル エンザ 感染症		RSウイルス 感染症	A群溶血性 レンサ球菌 咽頭炎	咽頭結核熱 感染症	手足口病 感染症	突発性 赤痢	ヘルパン ギーナ	流行性 耳下腺炎	不明 熱	新型コロナウイルス 感染症	その他		
<i>Rjaponica</i>	1		54	1																				56		
RoAG1																	1							1		
RSV(A)													1											1		
RSV(B)													3											3		
SARS-CoV-2																							682	683		
SFTSV		4																						4		
<i>Streptococcus pyogenes</i> (A群 emm12.0,SpeE)														1										1		
SV(G I. 1)																	4							4		
SV(G II. 3)																	3							3		
SV(G II. 5)																	1							1		
SV(GV.1)																	1							1		
Ad2&CMV&HHV6B																	1							1		
Ad2&CorenaV(OC43)																								1		
Ad2&NV(G II.P31-G II.4)																	1							1		
Ad3&RhinoV																								1		
Ad3&SV(G I. 1)																	1							1		
Ad41&NV(G II.P31-G II.4)																	1							1		
AstroV1&CA2																	2							2		
AstroV1&NV(G II.P7-G II.7)																	1							1		
CA4&NV(G II.P31-G II.4)																	2							2		
CA4&RoAG8																	1							1		
CA4&SV(G I. 1)																	1							1		
CA9&NV(G II.P7-G II.7)																	1							1		
CA9&SV(G I. 1)																	1							1		
EBV&HHV7																								1		
EBV&RhinoV																								1		
HHV6&HHV7																								2		
HMPV&ParainfluenzaV4																								1		
NV(G II.P31-G II.4)&RhinoV(A)																								1		
ParainfluenzaV2&RhinoV																								1		
ParainfluenzaV3&ParechoV1 &RhinoV																								1		
RhinoV&RSV(A)																								1		
RhinoV(A)&SV(G I. 1)																								2		
合計	2	4	2	1	56	2	1	16	3	3	3	1	101	4	3	1	57	14	1	3	11	1	4	682	40	1,013

Ad: アデノウイルス, CA: コクサッキーウイルスA群, CMV: サイトメガロウイルス, CPE: サイトメガロウイルス, EV: エンテロウイルス, EBV: エプスタイン・バーウイルス, HHV: ヘルペスウイルス, HMPV: ヒューマンメタニューモウイルス, HSV: 単純ヘルペスウイルス, NV: ノロウイルス, Rj: リンテアジヤボニカ, RoA: A群ロタウイルス, SV: サボウイルス

表4 疾患別月別病原体検出患者数

疾患名(診断名)	検出病原体名	月別病原体検出患者数												合計	総計	依頼患者数	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
ジフテリア	<i>Corynebacterium ulcerans</i> 毒素産生							1		1					2	2	2
E型肝炎															0	0	1
Q熱															0	0	1
重症熱性血小板減少症候群	SFTSV				1	1		1				1			4	4	11
つつが虫病	<i>O.tsutsugamushi</i> (Kawasaki)														1	1	2
	Rj											1				1	
デング熱	DengueV1				1										1	1	6
	<i>O.tsutsugamushi</i> (Gilliam)												1		1	56	90
日本紅斑熱	<i>O.tsutsugamushi</i> (Kawasaki)												1		1		
	<i>R.japonica</i>					6	10	6	8	9	13	2			54		
日本紅斑熱、つつがむし病	<i>O.tsutsugamushi</i> (Kawasaki)												1		1	2	4
	<i>R.japonica</i>					1									1		
ライム病															0	0	1
レプトスピラ症	<i>Linterrogans</i>												1		1	1	4
カルバペネム耐性腸内細菌目細菌感染症	CPE	1	2	3	2	1	2	1	2	2					16	16	29
	CA2						1								1	3	4
急性弛緩性麻痺	CA9							1							1		
	E18						1								1		
急性脳炎	RhinoV			1											1	3	4
	Ad2&CMV&HHV6B					1									1		
	HHV6&HHV7										1				1		
バンコマイシン耐性腸球菌感染症	<i>Enterococcus faecium</i> (vanA)							1							1	1	1
嵐しん															0	0	5
麻しん															0	0	7
インフルエンザ	InfAH1pdm09								4	3	3	8	3	21	101	103	
	InfAH3	8	4	4	9	3	4	9	1	8	8	8	9	75			
	InfB(ヒトリア)											1	4	5			
RSウイルス感染症	RSV(A)		1												1	4	4
	RSV(B)							2	1						3		
咽頭結膜熱	Ad2		1												1	3	3
	Ad3									1		1			2		
A群溶血性レンサ球菌咽頭炎	<i>Streptococcus pyogenes</i> (A群,emm12.0,SpeB)					1									1	1	1
	Ad3													1	1	57	92
	Ad41		1				1								2		
	AstroV1		1	2	1	1									5		
	CA2						1	3							4		
	CA4		1		1										2		
	CA9										1				1		
	CA10									2					2		
	NV(G II.P7-G II.7)		1												1		
	NV(G II.P12-G II.3)						1								1		
	NV(G II.P16-G II.2)					4	1								5		
	NV(G II.P31-G II.4)		1	2		2									5		
	RhinoV(A)					2							1		3		
	RoAG1						1								1		
	SV(G I.1)								1	2		1			4		
	SV(G II.3)			2	1										3		
	SV(G II.5)								1						1		
	SV(GV.1)											1			1		
	Ad2&NV(G II.P31-G II.4)			1											1		
	Ad3&SV(G I.1)											1			1		
	Ad41&NV(G II.P31-G II.4)		1												1		
	AstroV1&CA2							2							2		
	AstroV1&NV(G II.P7-G II.7)					1									1		
	CA4 &NV(G II.P31-G II.4)					1	1								2		
	CA4 &RoAG8				1										1		
	CA4 &SV(G I.1)										1				1		
	CA9 &NV(G II.P7-G II.7)											1			1		
	CA9 &SV(G I.1)											1			1		
	NV(G II.P31-G II.4)&RhinoV(A)				1										1		
	RhinoV(A) &SV(G I.1)											2			2		

表4 疾患別月別病原体検出患者数（つづき）

疾患名(診断名)	検出病原体名	月別病原体検出患者数												合計	総計	依頼患者数
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
手足口病	CA6	2							1	1	1		1	6	14	14
	CA10							1						1		
	CA16										1			1		
	CMV			1										1		
	EVA71							1		1				2		
	HSV1			1										1		
	RhinoV						1				1			2		
伝染性紅斑	EBV&HHV7			1									1	1	1	
突発性発しん	HHV6							1					1	3	3	
	HHV6B										2		2			
ヘルパンギーナ	CA2						1	1					2	11	13	
	CA4						2						2			
	CA6								1				1			
	CA10					1	1	1		2			5			
	RhinoV								1				1			
流行性耳下腺炎	MumpsV(ワカチ株)					1							1	1	2	
無菌性髄膜炎													0	0	2	
不明発しん症	CA9									2			2	4	6	
	EBV&RhinoV							1					1			
	HHV6&HHV7									1			1			
新型コロナウイルス感染症	SARS-CoV-2	383	90	33	9	16	27	48	54	15	2	5	682	682	5,567	
	Ad2	1		3	2	2		1	1			1	11	40	53	
	Ad3								1			6	4	11		
	Ad5							1	2				3			
	CoronaV(OC43)			1									1			
	hMPV								1				1			
	InfC	1											1			
	RhinoV								1				4	5		
	SARS-CoV-2									1			1			
	Ad2&CoronaV(OC43)			1									1			
その他	Ad3&RhinoV											1	1			
	hMPV&ParainfluenzaV4							1					1			
	ParainfluenzaV2&RhinoV												1	1		
	ParainfluenzaV3&ParechoV1&RhinoV												1	1		
	RhinoV&RSV(A)					1							1			
	合計	396	106	49	31	48	56	82	82	50	43	38	32	1,013	1,013	6,037

Ad: アデノウイルス, CA: コクサッキーウイルスA群, CMV: サイトメガロウイルス, OPE: カルバペネマーゼ産生株, E: エコーウイルス, EV: エンテロウイルス, EBV: エプスタイン・バーウイルス, HHV: ヘルペスウイルス, hMPV: ヒューマンメタニューモウイルス, HSV: 単純ヘルペスウイルス, NV: ノロウイルス, Rj: リケッチアジャポニカ, RoA: A群ロタウイルス, SV: サボウイルス

1.5 CRE 感染症

患者 29 人から分離された耐性菌 29 株中 16 株からカルバペネマーゼ遺伝子が検出された（表 4）。

1.6 手足口病

患者 14 人中 14 人からウイルス遺伝子が検出された。内訳はコクサッキーウイルス A 群 6 型（CA6）が 6 人、エンテロウイルス A71 とライノウイルスがそれぞれ 2 人、CA10, CA16, サイトメガロウイルスおよび単純ヘルペスウイルスがそれぞれ 1 人であった（表 4）。

1.7 ヘルパンギーナ

患者 13 人中 11 人からウイルス遺伝子が検出された。内訳は CA10 が 5 人、CA2 と CA4 がそれぞれ 2 人、CA6 とライノウイルスがそれぞれ 1 人で

あった（表 4）。

1.8 その他

その他の疾患として主に気管支炎等の呼吸器系疾患の患者 53 人中 40 人よりウイルス遺伝子が検出された。その内訳は主に、アデノウイルス 2 および 3 型がそれぞれ 12 人、ライノウイルスが 9 人等であった。また、6 人は同一検体から複数のウイルスが検出される混合感染であった（表 4）。

2. 保健所管内別患者数

保健所管内別月別患者数を表 5-1 および 5-2 に示した。

新型コロナウイルス感染症以外で検査患者数が最も多かったのは鈴鹿保健所の 196 人で、以下、伊勢が 116 人、四日市市が 76 人、松阪が 44 人、桑名と津がそれぞれ 17 人、伊賀が 3 人、熊野が 1

表5-1 保健所別月別患者数(新型コロナウイルス感染症以外)

保健所管内	月 別 検 査 患 者 数												合 計
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
桑 名	2	0	0	2	3	0	0	0	3	2	3	2	17
四日市市	3	8	4	5	9	8	7	4	8	8	7	5	76
鈴 鹿	9	11	13	10	18	11	20	20	14	21	23	26	196
津	1	1	1	3	2	3	1	2	0	2	0	1	17
松 阪	1	1	2	2	5	1	3	5	8	7	5	4	44
伊 勢	2	2	4	13	6	24	10	14	13	18	8	2	116
伊 賀	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	3
尾 鷲	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
熊 野	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
合 計	18	23	24	36	44	48	42	45	46	58	46	40	470

表5-2 保健所別月別患者数(新型コロナウイルス感染症)

保健所管内	月 別 検 査 患 者 数												合 計
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
桑 名	384	331	130	17	102	6	70	275	34	65	7	2	1,423
四日市市	171	127	39	0	26	86	507	246	106	28	50	0	1,386
鈴 鹿	88	15	0	0	8	4	41	17	71	0	0	2	246
津	97	23	0	56	58	0	0	0	0	0	0	0	234
松 阪	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
伊 勢	327	15	46	19	3	3	107	184	64	0	0	0	768
伊 賀	1,084	147	27	0	24	24	6	14	12	0	1	0	1,339
尾 鷲	33	39	0	0	0	2	2	16	7	0	0	0	99
熊 野	0	45	0	0	5	2	1	12	4	0	3	0	72
合 計	2,184	742	242	92	226	127	734	764	298	93	61	4	5,567

人の順であった。尾鷲からの検査依頼はなかった。

一方、新型コロナウイルス感染症で検査患者数が最も多かったのは桑名保健所の1,423人で、以下、四日市市が1,386人、伊賀が1,339人、伊勢が768人、鈴鹿が246人、津が234人、尾鷲が99人、熊野が72人の順であった。松阪からの検査依頼はなかった。

まとめ

2023年1月1日～12月31日までに県内の病原体定点医療機関等から検査依頼のあった患者数は6,037人で、このうち1,013人(16.8%)から病原体等が検出された。最も依頼の多かった新型コロナウイルス感染症の検査依頼は5,567人で、病原体等が検出されたのは682人(12.3%)であった。一方、新型コロナウイルス感染症以外で検査依頼のあった患者は470人で、病原体等が検出されたのは331人(70.4%)であった。

新型コロナウイルス感染症を除く主な疾患と、その疾患で最も多く検出された病原体等は、インフルエンザがInfAH3型、感染性胃腸炎がノロウイルスGII P31-GII.4型、日本紅斑熱が日本紅斑熱リケッチア、手足口病がCA6、ヘルパンギーナがCA10であった。また、CRE感染症患者から分離された耐性菌29株中16株からカルバペネマーゼ遺伝子が検出された。その他の疾患として呼

吸器系疾患を中心にアデノウイルス2および3型等が検出された。

文 献

- 1) 西香南子, 矢野拓弥, 中野陽子 他: 2002年感染症発生動向調査結果. 三重県保健環境研究部年報, **48**, 64-69 (2003) .
- 2) 楠原 一, 矢野拓弥, 赤地重宏 他: 2012年感染症発生動向調査結果. 三重保環研年報, **58**, 97-103 (2013) .
- 3) 楠原 一, 小林章人, 矢野拓弥 他: 2022年感染症発生動向調査結果. 三重保環研年報, **68**, 52-57 (2023) .
- 4) 三重県: 三重県感染症発生動向調査事業実施要綱.
<https://www.kenkou.pref.mie.jp/criterion2021/20230925outline.pdf> (2024年12月3日アクセス)
- 5) 三重県: 三重県感染症発生動向調査病原体検査指針.
<https://www.kenkou.pref.mie.jp/criterion2021/20210401guideline.pdf> (2024年12月3日アクセス).
- 6) 国立感染症研究所: 病原体検出マニュアル
<https://www.niid.go.jp/niid/ja/labo-manual.html> (2024年12月3日アクセス)

資料

2023年度感染症流行予測調査結果 (日本脳炎, インフルエンザ, 風疹, 麻疹)の概要

矢野拓弥, 楠原 一, 小林章人, 川合秀弘, 下尾貴宏

キーワード: 感染症流行予測調査, 日本脳炎, インフルエンザ, 風疹, 麻疹

はじめに

本調査は1962年に「伝染病流行予測調査事業」として開始された。その目的は集団免疫の現状把握および病原体の検索等を行い、各種疫学資料と併せて検討することによって、予防接種事業の効果的な運用を図り、さらに長期的視野に立ち総合的に疾病の流行を予測することである。その後、1999年4月「感染症の予防及び感染症の患者に対する医療に関する法律」の施行に伴い、現在の「感染症流行予測調査事業」へと名称変更された。ワクチンによる予防可能疾患の免疫保有調査を行う「感受性調査」およびヒトへの感染源となる動物の病原体保有を調査する「感染源調査」を国立感染症研究所および県内関係機関との密接な連携のもとに実施している。これまでの本県の調査で、晩秋から初冬に日本脳炎ウイルス(JEV)に対する直近の感染を知る指標である2-メルカプトエタノール(2-ME)感受性抗体が出現したことなど興味深い現象が確認されてきた。また、以前は伝染病流行予測調査事業内で実施されていたインフルエンザウイルス調査において、1993/94シーズンに分離されたインフルエンザウイルスB型(B/三重/1/93株)が、ワクチン株に採用された等の実績がある。ヒトの感染症における免疫状態は、各個人、地域等、さまざまな要因で年毎に異なるため、毎年の感染症流行予測調査事業における血清収集は重要である。集団免疫の現状把握と予防接種事業の促進等、長期的な調査は感染症対策には不可欠であり、本調査のような主要疾患についての免疫状態を知る上で、継続的な調査は、感染症の蔓延を防ぐための予防対策として必要性は高い。以下に、2023年度の感染症流行予測調査(日本脳炎, インフルエンザ, 風疹, 麻疹)の結果について報告する。

方法

1. 調査材料

1.1 ブタの日本脳炎感染源調査材料

日本脳炎感染源調査の対象は、三重県志摩市磯部町近郊の豚舎で飼育された約6ヵ月齢のブタで

ある。2023年7月21日から同年9月22日の間に採血した80頭の血液を調査材料とした。なお、2014年度まで対象としていた三重県度会郡玉城町内の養豚場が閉鎖もしくはウインドウレス化により、調査対象として良好でないと考えられたため、2015年度より志摩市磯部町の開放型豚舎で飼育されたブタを対象とし調査を継続している。

1.2 日本脳炎・ヒトインフルエンザ・風疹・麻疹感受性調査材料

ヒトの日本脳炎・インフルエンザ・風疹・麻疹感受性調査は、2023年4~9月に県内の病院等で採取された男性177名、女性195名の合計372名の血清検体を用いて抗体価測定を行った。感染症流行予測調査事業の実施要領に基づき、採血時に本人または保護者から書面で本調査(検体および対象者情報の使用)に同意を得た。

日本脳炎の抗体価の測定にはPAP(Peroxydase-antiperoxydase)複合体を用いたフォーカス計数法を用い、インフルエンザ、風疹は赤血球凝集抑制(Hemagglutination inhibition: HI)試験、麻疹は酵素抗体法(Enzyme Immunoassay: EIA)法を用いた。

2. 測定方法

2.1 日本脳炎HI抗体測定

ブタの動脈血を、と畜時に試験管に採血し、遠心分離後の血清をHI抗体測定に供した。被検血清はアセトン処理を行い、非特異的な凝集抑制物質を除去後、100%ガチョウ赤血球50μLを加え4℃で15分間静置した。その後3,000rpm、5分間遠心分離した上清を測定用試料とした。試料を96ウエルマイクロプレートの第1穴目に25μL入れ、第2穴目から25μLずつの2倍階段希釈を行い、JEVのHA抗原JaGAr 01株(デンカ社製)を4HA単位に調製し25μLずつ加えた。4℃にて

一晚感作後、0.33 %ガチヨウ赤血球を 50 μ L 添加し、37°C 孵卵器にて 60 分間静置後判定した。HI 抗体 10 倍以上を陽性とし、40 倍以上の血清について、2-ME 処理を行い、処理後の抗体価が処理前の 1/8 以下に減じたものを 2-ME 感受性抗体陽性とした²⁾。

2.2 ヒトの日本脳炎中和抗体測定

非動化 (56°C, 30 分間) した被検血清 8 μ L を細胞維持液 72 μ L で 10 倍希釈し、中和抗体測定用血清とした。処理血清を 2 倍階段希釈し、日本脳炎ウイルス (Beijing-1 株; 100 FFU / 25 μ L) を処理血清 40 μ L に対して等量加え、37°C で 60 分間の中和反応を行った。反応後の血清とウイルスの混合液 25 μ L を Vero 細胞 (Osaka 株) に接種し、37°C, 5 %CO₂ 下で 60 分間ウイルス吸着を行った。その後、細胞維持液を 100 μ L 加え、再び 37°C, 5 %CO₂ 下で 46 時間培養した。その後、99.5 %エタノールで細胞を固定し、PAP 複合体を用いたフォーカス計数法により抗体価を求め、10 倍以上を陽性とした^{2,3)}。

2.3 ヒトインフルエンザ HI 抗体測定

被検血清 100 μ L に RDE (Receptor destroying enzyme) II 「生研」 (デンカ社製) 300 μ L を加えて 37°C, 20 時間処理した。次に非動化 (56°C, 60 分間) 後、滅菌生理食塩水を 600 μ L 添加し、100 %ニワトリ赤血球 100 μ L を加え、室温で 60 分間静置した。その後 2,000 rpm, 20 分間遠心分離し、その上清を HI 測定用処理血清とした。処理血清を 25 μ L ずつの 2 倍階段希釈を行い、不活化 HA 抗原 (4HA 単位) を 25 μ L ずつ加えた。室温で 60 分間静置後、使用赤血球 (0.5%ニワトリ赤血球) を 50 μ L 添加し 4 °C で 45 分間静置後に判定した。

本試験に使用した不活化 HA 抗原は A/Victoria/4897/2022 (A/H1N1pdm2009), A/Darwin/9/2021 (A/H3N2), B/Austria/1359417/2021 (ビクトリア系統) および B/Phuket/3073/2013 (山形系統) である。HI 抗体価は HI を起こした最高希釈倍数とし、抗体価 40 倍以上を陽性とした⁴⁾。

なお、不活化 HA 抗原 A/Darwin/9/2021 (A/H3N2) は、被検血清を RDE 処理後、100 %モルモット赤血球にて前述と同様に処理し、HI 試験には、0.75 %モルモット赤血球を使用し 4 °C で 60 分間静置後に判定した。

2.4 風疹 HI 抗体測定

風疹ウイルス抗体キット R-HI 「生研」 (デンカ社製) を用いて、キットの添付文書に従って以下のとおり実施した。風疹 HI 試験は被検血清 100 μ L に 700 μ L のカオリン浮遊液を加え混合後、室温で 20 分間静置し、2,000rpm, 20 分間遠心分離した上清に固定ニワトリ赤血球 50 μ L を加え、4°C で 60 分間静置した。その後 2,000 rpm, 20 分間遠心分離した上清を HI 抗体測定用処理血清とした。処理血清を 25 μ L ずつの 2 倍階段希釈を行い、風疹 HA 抗原を 4 単位に調製後、25 μ L を加えて室温で 90 分間静置して抗原抗体反応を行った。その後、0.2% 固定 1 日齢ヒヨコ赤血球 50 μ L を加え、4°C で 90 分間静置後判定した。HI 抗体価は HI を起こした最高希釈倍数とし、抗体価 8 倍以上を陽性と判定した⁵⁾。

2.5 麻疹 EIA 抗体測定

麻疹抗体の測定にはウイルス抗体 EIA 「生研」 麻疹 IgM (デンカ社製) を用いキット⁶⁾ の添付文書に従い、以下のとおり実施した。検体の調製方法は、緩衝液 2mL に対して被検血清を 10 μ L ずつ加え十分に攪拌し、前希釈検体とした。

ウイルス抗原固相プレートに、各濃度のコントロールと前希釈検体を 100 μ L ずつ加え、常温で 60 分間静置し反応させた。反応液を吸引除去後に、洗浄液を約 200 μ L 加え、再び吸引除去する操作を 3 回繰り返した (以下: 洗浄操作)。次に、各ウェルに酵素標識抗体液 100 μ L を加え、常温で 60 分間静置し反応させ、反応液を吸引除去し、洗浄操作を 5 回繰り返した。その後、各ウェルに基質液 100 μ L 加え、常温で 30 分間静置し反応後、反応停止液 100 μ L を加えた。30 分間以内にブランクのウェルを対照として、マイクロプレートリーダー (波長 450nm/630nm) で測定した。キットの添付文書のとおり、各コントロールによる検量線から、各被検血清のそれぞれの吸光度に対応する抗体価を求め、抗体価が 4.0 以上を陽性とした。

なお、麻疹抗体価の測定は 2022 年度までセロディア麻疹 (富士レビオ社製) による PA 法で実施していたが、終販事情により EIA 法へ変更した。

結 果

感染症流行予測調査事業では、人の年齢別抗体調査による免疫保有状況 (感受性) の把握を目的として調査を実施している。2023 年度に実施した各疾患の調査結果は以下のとおりである。

1. ブタの日本脳炎 HI 抗体および 2-ME 感受性抗体の経時的推移

JEV に対するブタの血中 HI 抗体および 2-ME

感受性抗体を経時的推移を表 1 に示した。2023 年 7 月 21 日から同年 9 月 22 日の間に採血したブタ (80 頭) を調査した結果、HI 抗体保有ブタ (10 倍以上) は 17 頭から検出された。このうち 40 倍以上の抗体保有のブタは 17 頭全てで確認された。最近の感染か否かの指標である 2-ME 感受性抗体を調べた結果、昨年度の調査対象⁷⁾としたブタからは 2-ME 感受性抗体は検出されなかったが、今回の調査では、本感受性抗体を保有するブタは 5 頭 (29.4%) 確認された。

2. ヒトの日本脳炎年齢別中和抗体保有状況

年齢群別の日本脳炎中和抗体保有率 (10 倍以上) は 0-4 歳 44.4%、5-9 歳 93.8%、10-14 歳 75%、15-19 歳 97.8%、20-29 歳 95.8%であったが、30-39 歳 86.0%、40-49 歳 43.6%、50-59 歳 36.0%、60 歳以上は 22.2%と年齢を重ねるにつれて、低率となる傾向であった。全体では 372 名中 236 名 (63.4%) が日本脳炎中和抗体を保有し、昨年度の調査⁷⁾と比較し陽性率は高かった (表 2)。

3. ヒトインフルエンザ年齢別 HI 抗体保有状況

2023/2024 シーズンのインフルエンザ流行期前の年齢別 HI 抗体保有率 (40 倍以上) の推移を表 3 に示した。流行の主流となる乳幼児期と全年齢層の抗体保有率は以下のとおりである。A 型インフルエンザウイルスに対する HI 抗体保有率は A/Victoria/4897/2022 (A/H1N1pdm2009) は 0-4 歳 5.6%、5-9 歳 0%、全年齢層では 8.1%であった。

A/Darwin/9/2021 (A/H3N2) は 0-4 歳 11.1%、5-9 歳 43.8%、全年齢層では 29.3%であった。

B 型インフルエンザウイルスの B/Austria/1359417/2021 (ビクトリア系統) は 0-4 歳 0%、5-9 歳 0%、全年齢層では 23.4%であった。

B/Phuket/3073/2013 (山形系統) は 0-4 歳 5.6%、5-9 歳 12.5%、全年齢層では 55.1%であった。

2020 年からの新型コロナウイルス流行開始後、2022 年末より 3 シーズンぶりに A/H3N2 インフルエンザウイルスの流行⁸⁾が確認されたが、関連性は不明であるものの A/H3N2 のワクチン株である A/Darwin/9/2021 (A/H3N2) に対する対象者全体の抗体保有率は上昇していた。

4. 風疹年齢別 HI 抗体保有状況

年齢群別 (男性・女性) の風疹 HI 抗体保有率 (8 倍以上) は、0 歳は協力者がおらず調査不能であったが、1-4 歳 88.9%で、5-9 歳、10-19 歳は

100%であった。20-29 歳層 97.2%、30-39 歳 95.3%、40-49 歳 85.5%、50 歳以上は 89.2%であった。採血者全体の HI 抗体保有率は 92.7%で、男女別では男性 85.3%、女性 99.5%であった。

また、例年の調査から免疫獲得状況の低い 30 歳以上の男性については、本年も女性の同年齢層と比較し低率であったが、2022 年度の調査結果⁷⁾と比較すると男性の HI 抗体保有率は同等あるいは、やや上昇していた (表 4)。

5. 麻疹年齢別 EIA 抗体保有状況

年齢別の麻疹 EIA 抗体保有率 (EIA 価 4 以上) は、4-6 歳、10-14 歳の抗体保有率は 100%であった。0-1 歳 85.7%、2-3 歳 88.9%、7-9 歳 83.3%、15-19 歳 91.1%、20-24 歳 89.5%、25-29 歳 97%、30-39 歳 95.3%および 40 歳以上は 96.6%で、全年齢層では 94.6%であった。すぐにはワクチン接種が不必要⁹⁾とされている麻疹 EIA 価 16 以上の年齢別の麻疹 EIA 抗体保有率 0-1 歳 57.1%、2-3 歳 55.6%、4-6 歳 75%、7-9 歳 33.3%、10-14 歳 25%、15-19 歳 46.7%、20-24 歳 39.5%、25-29 歳 27.3%、30-39 歳 46.5%および 40 歳以上は 75.4%で、全年齢層では 58.6%であった。なお、7-9 歳から 30-39 歳までの年齢層は、EIA 抗体保有率 (16 以上) が 50%に達しておらずワクチン追加接種が必要である (表 5)。

謝 辞

感染症流行予測調査事業の実施にあたって、本事業の趣旨をご理解いただいた協力者 372 名 (男性 177 名、女性 195 名) の方々に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 川田一伸, 福田美和, 小林真美, 矢野拓弥, 他:三重県における過去数年間の日本脳炎流行予測調査成績の解析. 三重衛研年報, **42**, 69-73 (1996).
- 2) 厚生労働省健康局結核感染症課, 国立感染症研究所 感染症流行予測調査事業委員会: 第 3 日本脳炎. 感染症流行予測調査検査術式 令和元年度改訂版 34-48 (2019).
- 3) 国立感染症研究所:PAP 法を応用したフォーカス計数法による日本脳炎中和抗体価測定法 (平成 18 年).
- 4) 厚生労働省健康局結核感染症課, 国立感染症研究所 感染症流行予測調査事業委員会: 第 2 インフルエンザ. 感染症流行予測調査検査術式 令和元年度改訂版 22-33 (2019) .
- 5) 厚生労働省健康局結核感染症課, 国立感染症研究所 感染症流行予測調査事業委員会: 第 4

風疹. 感染症流行予測調査検査術式 令和元年度改訂版 49-54(2019)

- 6) 国立感染症研究所: 病原体検出マニュアル 麻疹 (第4版) 令和4年 10月, 32-33 (2022).
- 7) 矢野拓弥, 楠原 一, 小林章人, 川合秀弘, 下尾貴宏: 2022年度感染症流行予測調査結果 (日本脳炎, インフルエンザ, 風疹, 麻疹) の概要. 三重保環研年報, **25(68)**, 58-62 (2023).

- 8) 矢野拓弥, 川合秀弘, 下尾貴宏: 3シーズンぶりに流行した季節性インフルエンザウイルスの遺伝子系統樹解析および薬剤耐性インフルエンザウイルスの検出状況(2022/23シーズン)-三重県. 三重保環研年報, **25(68)**, 34-40 (2023).
- 9) 日本環境感染学会: 医療関係者のためのワクチンガイドライン第3版. 環境感染誌, 第35巻 Supplement II, S5-S10 (2020).

表1 日本脳炎ウイルスに対するブタ HI 抗体および 2-ME 感受性抗体保有状況

採血日 (2023年)	調査数	HI抗体価							HI抗体	2-ME感受性抗体		
		<10	10	20	40	80	160	320	≥640	陽性数	陽性数/検査数*	陽性率(%)
7月21日	10	10							0	-	-	
7月28日	10	10							0	-	-	
8月3日	10	9						1	1	1/1	100	
8月10日	10	9					1		1	1/1	100	
8月18日	10	8		1				1	2	1/2	50	
8月24日	10	10							0	-	-	
9月6日	10	5			2		1	2	5	0/5	0	
9月22日	10	2				5	3		8	2/8	25	
計	80	63	0	0	1	2	6	6	2	17	5/17	29.4

*40倍以上の血清について, 2-ME処理を行い, 処理後の抗体価が処理前の1/8以下に減じたものを2-ME感受性抗体陽性とした.

表2 日本脳炎ウイルスに対するヒトの中和抗体保有状況 (10倍以上)

年齢区分	調査数	陽性数
0-4歳	18	8(44.4%)
5-9歳	16	15(93.8%)
10-14歳	4	3(75%)
15-19歳	45	44(97.8%)
20-29歳	71	68(95.8%)
30-39歳	43	37(86.0%)
40-49歳	55	24(43.6%)
50-59歳	75	27(36.0%)
60歳～	45	10(22.2%)
合計	372	236(63.4%)

()内は抗体保有率.

表3 ヒトインフルエンザ年齢別 HI 抗体保有状況 (40 倍以上)

年齢区分	調査数	陽性数			
		A/Victoria/4897/2022 (A/H1N1pdm2009)	A/Darwin/9/2021 (A/H3N2)	B/Austria/1359417/2021 (ビクトリア系統)	B/Phuket/3073/2013 (山形系統)
0-4歳	18	1(5.6%)	2(11.1%)	0(0%)	1(5.6%)
5-9歳	16	0(0%)	7(43.8%)	0(0%)	2(12.5%)
10-14歳	4	0(0%)	3(75%)	0(0%)	1(25%)
15-19歳	45	6(13.3%)	10(22.2%)	6(13.3%)	28(62.2%)
20-29歳	71	11(15.5%)	21(29.6%)	14(19.7%)	61(85.9%)
30-39歳	43	6(14.0%)	20(46.5%)	4(9.3%)	34(79.1%)
40-49歳	55	0(0%)	14(25.5%)	14(25.5%)	25(45.5%)
50-59歳	75	4(5.3%)	15(20%)	30(40%)	36(48%)
60歳～	45	2(4.4%)	17(37.8%)	19(42.2%)	17(37.8%)
合計	372	30(8.1%)	109(29.3%)	87(23.4%)	205(55.1%)

()内は抗体保有率.

表4 風疹年齢別 HI 抗体保有状況 (8 倍以上)

年齢区分	男性		女性		合計(男性・女性)	
	調査数	陽性数	調査数	陽性数	調査数	陽性数
0歳	0	-	0	-	0	-
1-4歳	9	7 (77.8%)	9	9 (100%)	18	16 (88.9%)
5-9歳	8	8 (100%)	8	8 (100%)	16	16 (100%)
10-19歳	10	10 (100%)	39	39 (100%)	49	49 (100%)
20-29歳	31	29 (93.5%)	40	40 (100%)	71	69 (97.2%)
30-39歳	19	17 (89.5%)	24	24 (100%)	43	41 (95.3%)
40-49歳	34	26 (76.5%)	21	21 (100%)	55	47 (85.5%)
50歳～	66	54 (81.8%)	54	53 (98.1%)	120	107 (89.2%)
合計	177	151 (85.3%)	195	194 (99.5%)	372	345 (92.7%)

()内は抗体保有率.

表5 麻疹年齢別 EIA 抗体保有状況

年齢区分	調査数	EIA価	
		≥4	≥16
0-1歳	7	6(85.7%)	4(57.1%)
2-3歳	9	8(88.9%)	5(55.6%)
4-6歳	12	12(100%)	9(75%)
7-9歳	6	5(83.3%)	2(33.3%)
10-14歳	4	4(100%)	1(25%)
15-19歳	45	41(91.1%)	21(46.7%)
20-24歳	38	34(89.5%)	15(39.5%)
25-29歳	33	32(97%)	9(27.3%)
30-39歳	43	41(95.3%)	20(46.5%)
40歳～	175	169(96.6%)	132(75.4%)
合計	372	352(94.6%)	218(58.6%)

()内は抗体保有率.

資料

SARS-CoV-2（オミクロン株）のゲノム分子疫学解析 （2023 年 11 月～2024 年 11 月）-三重県-

矢野拓弥，川合秀弘，下尾貴宏

キーワード：新型コロナウイルス，COVID-19，SARS-CoV-2，ゲノムサーベイランス，オミクロン株，組換え体

はじめに

2019 年 12 月に中国（武漢市）から罹患者が多数報告された Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2（SARS-CoV-2）を起因とする新型コロナウイルス感染症（COVID-19）は，2020 年 1 月以降，SARS-CoV-2 が国内へ流入し感染拡大¹⁻³⁾に至った。本県においては 2020 年 1 月下旬に県内で初めて SARS-CoV-2 陽性者が確認され⁴⁾，その後，世界的な流行⁵⁻⁷⁾となり現在に至っている。

我が国では COVID-19 の流行が始まった 2020 年当初より，SARS-CoV-2 の感染拡大抑制対策の 1 つとして，行政検査の陽性検体を活用したゲノムサーベイランス体制が構築され，感染クラスターに特有な遺伝子情報やそのクラスター間の共通性の解析⁸⁾が実施されてきた。

本県においても，このゲノムサーベイランスの分子疫学解析結果から，2020 年の第 1 波からのこれまでの流行波に関与した SARS-CoV-2 系統とそのウイルスゲノムの特徴および変遷を明らかにしてきた⁹⁻¹²⁾。

一方で COVID-19 は 2023 年 5 月に感染症法上の位置づけが「5 類感染症」に変更され，同時に従来の行政検査で SARS-CoV-2 陽性となった患者の臨床検体を用いたゲノムサーベイランス体制から，今後の SARS-CoV-2 変異種の出現に備えることを目的とし，COVID-19 ゲノム解析のために検体採取を行う定点医療機関を定め，新たな体制で三重県新型コロナウイルス感染症ゲノムサーベイランスとして継続されている。昨年度は第 8 波と第 9 波の本県における流行系統や組換え体に関する検出報告の詳細を報告¹³⁾したが，その後の 2023 年 11 月以降に当所において検出された

SARS-CoV-2（オミクロン株）について，次世代シーケンサー（Next Generation Sequencer；NGS）を用いてゲノム分子疫学解析を実施し，流行ウイルスのゲノム系統に関する動向監視を実施したので以下に報告する。

対象と方法

1. 調査対象

2023 年 11 月～2024 年 11 月に SARS-CoV-2 ゲノムサーベイランスで収集した患者検体（鼻咽頭拭い液，唾液等）を用いて分子疫学解析を実施し，261 件を調査対象とした。

検体採取月別の解析数の内訳は，2023 年は 11 月 13 件，12 月 7 件であった。

2024 年は 1 月 53 件，2 月 42 件，3 月 32 件，4 月 10 件，5 月 11 件，6 月 17 件，7 月 30 件，8 月 21 件，9 月 12 件，10 月 5 件，11 月 8 件である。

なお，SARS-CoV-2 陽性者の検体は，COVID-19 に対する三重県新型コロナウイルス感染症ゲノムサーベイランス事業実施要綱に基づき採取され，その患者情報の使用にあたっては，倫理的配慮として，個人情報保護などに留意し実施した。

2. SARS-CoV-2 の全長塩基配列解析

SARS-CoV-2 陽性者の臨床検体からのウイルス RNA 抽出には，QIAamp Viral RNA mini Kit（QIAGEN）および MagMAX™ Viral/Pathogen II（MVP II）Nucleic Acid Isolation Kit（Thermo Fisher Scientific）を用いた。

SARS-CoV-2 のゲノム解析には，糸川らの新型コロナウイルスのゲノム解析プロトコル¹⁴⁾に従い，NGS ライブラリー調製を実施した。得られた全長

塩基配列を用いて、本ウイルスの系統分類解析を行った。

結果

1. SARS-CoV-2系統別採取月別の検出数状況

SARS-CoV-2陽性者261件のゲノム解析結果を表1に示した。オミクロン株のゲノム系統分類別の内訳数はBA.2亜系統（169件）、XBB.1亜系統（57件）およびXBB.1.5亜系統（4件）の順であった。なお、解析不能は31件であった。

検体採取月別ではBA.2亜系統が、調査期間中に最も検出され、2024年1月から11月までの間、全ての採取月で確認された。XBB亜系統では、2023年11月以降に検出されたのはXBB.1亜系統で、その後も2024年3月までに多数検出がみられた。一方でXBB.1.5亜系統は、2024年1月と3月に少数検出された。

2. 採取月別オミクロン株亜系統検出状況

SARS-CoV-2陽性者について、検体採取月別のオミクロン株の亜系統における検出状況を以下に示す。

2.1 オミクロン株（XBB亜系統）

オミクロン株XBB亜系統は調査期間中にXBB亜系統が2023年11月～2024年3月に61件（内訳：XBB.1亜系統 57件、XBB.1.5亜系統 4件）検出された（表1）。主な亜系統は、HK.3.2系統（24.6%）、HK.3系統（18%）、JG.3系統（16.4%）、EG.5.1.1系統（11.5%）等であった。

表2に主な亜系統の採取時期別の検出状況を示した。HK.3.2系統は2024年1月～3月に15件検出され、主に1月～2月に14件検出された。

HK.3系統は2023年11月～2024年2月に11件検出され、2024年1月に最も多く6件検出された。

JG.3系統は2023年12月～2024年1月と3月に10件検出され、2024年1月7件が最多の検出であった。

EG.5.1.1系統は2023年11月～2024年2月に7件検出された。なお、本調査からはXBB亜系統の検出は、2024年3月までで、以降の検出は確認されていない。

2.2 オミクロン株（BA.2亜系統）

オミクロン株BA.2亜系統の検体採取月別の検出状況を表3に示す。2024年1月～11月にBA.2亜系統が169件検出された。主な亜系統は、KP.3.3系統（58件；34.3%）、JN.1系統（19件；11.2%）、XDQ.1系統（16件；9.5%）、KP.3.3.3系統（13件；7.7%）およびJN.1.4系統（10件；5.9%）等であった。これらの検体採取時期別の検出傾向では、KP.3.3系統は2024年4月～11月に58件、特に6月～

8月は48件検出された。JN.1系統は2024年1月～4月に19件検出された。XDQ.1系統は2024年2月～5月に16件、特に3月に最も多い10件確認された。

KP.3.3.3系統は2024年7月～10月に13件検出され、9月に5件検出された。JN.1.4系統は2024年1月～3月に10件検出され、2月に最も多い5件の検出であった。

本調査で主に検出されたKP.3亜系統は、BA.2.86亜系統のJN.1亜系統で、Spike蛋白質にS:F456L、S:Q493E、S:V1104Lの変異を獲得したウイルス¹⁵⁾で免疫を逃避する可能性が高いことが示唆されており、流行拡大に影響したことが推察される。

なお、KS.1.1系統とKP.3.3系統の組換え体であるXEC系統は、世界保健機関（WHO）により監視下の変異株（VUM）に分類¹⁶⁾されており、本県においても2024年11月に1件のXEC系統が検出され、国内の情報においても、複数例で検出報告がある¹⁷⁾。今後の国内におけるXEC系統の動向に注視が必要であると思われ、引き続き公衆衛生上のリスク把握に努めることが重要であると考えられる。

謝辞

SARS-CoV-2のゲノム解析に関して、情報提供して頂きました国立感染症研究所のインフルエンザ・呼吸器系ウイルス研究センター、病原体ゲノム解析研究センターの諸先生方に深謝いたします。

COVID-19に対する積極的疫学調査ならびにゲノムサーベイランスにおいて検体採取を担当された医療機関の諸先生方、保健所等の関係各位にお礼申し上げます。

文献

- 1) 国立感染症研究所：日本国内の新型コロナウイルス感染症第一例を契機に検知された中国武漢市における市中感染の発生、病原微生物検出情報，**41**，143-144（2020）。
- 2) 国立感染症研究所：国内で報告された新型コロナウイルス感染症確定例12例の記述疫学（2020年2月3日現在）、病原微生物検出情報，**41**，48-49（2020）。
- 3) 国立感染症研究所：国内初の新型コロナウイルスのヒト-ヒト感染事例、病原微生物検出情報，**41**，63-64（2020）。
- 4) 厚生労働省：新型コロナウイルスに関連し肺炎の患者の発生について（10例目）
https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_09236.html（2023.11.28 access）。
- 5) Holshue M. L, DeBolt C, Lindquist S, et al : First Case of 2019 Novel Coronavirus in the United

- States, *N. Engl. J. Med.*, **382**, 929-936 (2020) .
- 6) Florian Göttinger, Begoña Santiago-García Antoni Noguera-Julián, et al: COVID-19 in children and adolescents in Europe: a multinational, multicentre cohort study *Lancet Child Adolesc Health*, **4** (9) :653-661 (2020) .
 - 7) 国立感染症研究所: 海外における COVID-19 の流行状況について (2020 年 6 月 4 日時点), 病原微生物検出情報, **41**, 105-106 (2020) .
 - 8) 関塚剛史, 糸川健太郎, 谷津弘仁 他: 新型コロナウイルス SARS-CoV-2 のゲノム分子疫学調査 (2020 年 10 月 26 日現在), 病原微生物検出情報, **42**, 14-17 (2021) .
 - 9) 矢野 拓弥, 永井 佑樹, 楠原 一, 他 新型コロナウイルス (SARS-CoV-2) におけるアミノ酸変異 (D614G) を有するウイルスの動向について-三重県- (2020 年 1 月~2020 年 9 月), 三重保環研年報, **22** (通巻第 65 号), 57-62 (2020) .
 - 10) 矢野拓弥, 北浦伸浩, 中井康博: 三重県における新型コロナウイルス(SARS-CoV-2)のゲノム分子疫学調査 (2020 年 1 月~2021 年 10 月) , 三重保環研年報, **23** (通巻第 66 号), 48-52 (2021) .
 - 11) 矢野拓弥, 北浦伸浩, 中井康博: SARS-CoV-2 (オミクロン株) のゲノム分子疫学解析 (2022 年 1 月~2022 年 10 月) -三重県-, 三重保環研年報, **24** (通巻第 67 号), 32-36 (2022) .
 - 12) 矢野拓弥, 北浦伸浩, 中井康博: ゲノム分子疫学解析における SARS-CoV-2 (デルタ株) の遺伝子変異および欠損 -三重県, 三重保環研年報, **24** (通巻第 67 号), 27-31 (2022) .
 - 13) 矢野拓弥, 川合秀弘, 下尾貴宏: SARS-CoV-2 (オミクロン株: BA.2, BA.5, XBB 系統) のゲノム 分子疫学解析 (2022 年 11 月~2023 年 10 月) -三重県-, 三重保環研年報, **25** (通巻第 68 号), 28-33 (2023) .
 - 14) 糸川健太郎, 関塚剛史, 橋野正紀 他: 新型コロナウイルスゲノム解読プロトコル Qiagen 社 QiaSEQ FX 編- version 1.4 (2022/01/27) https://www.niid.go.jp/niid/images/lab-manual/SARS-CoV2_genome_analysis_manual_QIASEQFX_ver_1_4_220127.pdf (2024.12.19 access) .
 - 15) 国立感染症研究所: 新型コロナウイルス (SARS-CoV-2) の変異株 KP.3 系統について <https://www.niid.go.jp/niid/ja/2019-ncov/2551-cepr/12865-sars-cov-2-kp3.html> (2024.12.19 access) .
 - 16) 東京都健康安全研究センター: 世界の新型コロナウイルス変異株流行状況 (データの更新: 12月9日) https://www.tmph.metro.tokyo.lg.jp/lb_virus/worldmutation/ (2024.12.19 access) .
 - 17) 国立感染症研究所のゲノム解析の実施状況及びPANGO系統別検出状況新型コロナウイルスゲノムサーベイランスによる全国の系統別検出状況 (.pdf) 2024年10月 (2024年11月20日時点) https://www.niid.go.jp/niid/images/flu/flu2/zenkoku_lineage/20241120_Oct_zenkoku_lineage.pdf (2024.12.19 access) .

表1 採取年別のSARS-CoV-2（オミクロン株）検出数

採取年	解析数	オミクロン株			解析不能
		XBB.1亜系統	XBB.1.5亜系統	BA.2亜系統	
2023年11月	13	11			2
12月	7	4			3
2024年1月	53	29	3	11	10
2月	42	10		31	1
3月	32	3	1	25	3
4月	10			9	1
5月	11			8	3
6月	17			16	1
7月	30			28	2
8月	21			20	1
9月	12			10	2
10月	5			4	1
11月	8			7	1
計	261	57	4	169	31

表2 SARS-CoV-2（オミクロン株：XBB亜系統） 月別検出状況

採取年月	オミクロン株：XBB亜系統															計			
	EG.1	EG.5.1.1	EG.5.1.4	FL.10.1	GK.1.1	HK.13	HK.2	HK.27.1	HK.3	HK.3.1	HK.3.2	HK.3.3	HV.1	HV.1.1	JD.1.1		JD.1.1.1	JG.3	
2023年11月	3	2	1	1			1		3									11	
2023年12月		1	1						1									1	4
2024年1月		2			1			1	6	1	8	1	2	1	1	1	1	7	32
2024年2月		2				1			1		6								10
2024年3月					1						1							2	4
計	3	7	2	1	2	1	1	1	11	1	15	1	2	1	1	1	1	10	61

表3 SARS-CoV-2 (オミクロン株: BA.2亜系統) 月別検出状況

オミクロン株 (BA.2亜系統)

採疫年月	計																														
	BA.2.86 BA.2.86.1	JN.1	JN.1.1	JN.1.16	JN.1.18	JN.1.18.2	JN.1.22	JN.1.4	JN.1.57.1	JN.1.7	JN.1.11	JN.1.19	JN.2	JN.2.1	JN.3	JN.9	KP.2.3	KP.3.1	KP.3.1.1	KP.3.1.3	KP.3.3	KP.3.3.1	KP.3.3.3	KP.3.3.3KP.4.1.3	KR.1	LP.8.1	XDQ	XDQ.1	XEQ		
2024年1月	2	5	1				3																								11
2024年2月	5	8	1	1	1		5	1	1					3											6	1	1			31	
2024年3月	3	5				1	2			1	1	1	1															10		25	
2024年4月	1	1	1	1	1													1										4		9	
2024年5月								1		1								4						1						8	
2024年6月												1					1		1	14										16	
2024年7月																			3	21			3	1						28	
2024年8月										1	2	13	4																	20	
2024年9月											2	1	2	5																10	
2024年10月										1	2	1																		4	
2024年11月										1	2	2													1					7	
計	5	5	19	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	4	6	1	58	4	13	1	1	1	6	16	1	169

資料

三重県における 2023 年度環境放射能調査結果

谷本健吾，佐藤大輝，吉村英基

キーワード：環境放射能，核種分析，全ベータ放射能，空間放射線量率

はじめに

日本における環境放射能調査は，1954 年のビキニ環礁での核実験を契機に開始され，1961 年から再開された米ソ大気圏内核実験，1979 年スリーマイル島原発事故，1986 年チェルノブイリ原発事故を経て，原子力関係施設等からの影響の有無などの正確な評価を可能とするため，現在では全都道府県で環境放射能水準調査が実施されている¹⁾。

三重県は 1988 年度から同事業を受託し，降水の全ベータ放射能測定，環境試料および食品試料のガンマ線核種分析ならびにモニタリングポスト等による空間放射線量率測定を行って県内の環境放射能のレベルの把握に努めている。

さらに福島第一原子力発電所事故後は，国のモニタリング調整会議が策定した「総合モニタリング計画」²⁾に基づき原子力規制庁が実施する調査の一部もあわせて行っている。

本報では，2023 年度に実施した調査の結果について報告する。

方法

1. 調査の対象

調査対象は，定時降水（降雨），降下物，大気浮遊じん，淡水（河川水），土壌，蛇口水，精米，茶，牛乳，野菜類，水産生物および空間放射線量率である。表 1 に測定項目，試料の種別，採取場所等を示す。

表 1 放射能調査の試料種別の採取時期・場所

項目	試料の種別	採取月等	採取場所
全ベータ放射能	降水（雨水）	降水ごと（09:00）	三重県四日市市
ガンマ線核種分析	降下物（雨水+ちり）	毎月（1ヶ月間分）	三重県四日市市
	大気浮遊じん	四半期ごと（3ヶ月間分）	三重県四日市市
	淡水（河川水）	2023 年 10 月	三重県亀山市（鈴鹿川）
	土壌（草地）	7 月	三重県三重郡菰野町
	蛇口水	6 月	三重県四日市市
	精米	9 月	三重県松阪市
	茶（荒茶）	6 月	三重県亀山市，多気郡大台町
	牛乳	8 月	三重県度会郡大紀町
	ハウレンソウ	11 月	三重県四日市市
	ダイコン	12 月	三重県度会郡度会町
マダイ	5 月	三重県北牟婁郡紀北町（熊野灘）	
ハマグリ	4 月	三重県伊勢市（伊勢湾沿岸）	
ワカメ	2024 年 2 月	三重県鳥羽市（答志島沖）	
空間放射線量率	—	連続／毎月 1 回	三重県四日市市，三重県伊賀市 三重県伊勢市，三重県尾鷲市

2. 採取および測定の方法

試料の採取，処理および測定は「環境放射能水準調査委託実施計画書」（原子力規制庁）¹⁾に基づき実施した。

2.1 全ベータ放射能測定

試料の採取：三重県四日市市（34° 59′ 31″，136° 29′ 06″）の当所屋上（地上 18.6 m）に設置した降水採取装置で雨水を採取し，24時間の

降雨量が 1 mm 以上（毎朝 9:00 時点）のとき、そこから 200 mL（それ以下の場合は全量）を採り試料とした。

前処理：試料にヨウ素担体（1 mg I/mL） 1 mL、0.05 mol/L 硝酸銀 2 mL および硝酸（1+1）数滴を加え加熱濃縮し、ステンレス製試料皿（50 mm φ）で蒸発乾固した。

測定：採取 6 時間後にベータ線自動測定装置で測定を行った。比較試料は、酸化ウラン（ U_3O_8 ：日本アイソトープ協会製ベータ線比較線源 50 Bq）を用いた。測定時間は測定試料、比較試料、バックグラウンド試料（空試料）すべて 40 分とした。

2.2 ガンマ線核種分析

2.2.1 降下物

当所屋上に設置した大型水盤で、1 ヶ月間に降下した雨水およびちりを採取し、濃縮後全量を U-8 容器に移し乾固して測定試料とした。

2.2.2 大気浮遊じん

当所屋上に設置したハイボリウムエアサンプラを用いて、3 ヶ月間で 10 回サンプリング（流速 54.0 m³/hr、24 時間）を行い、約 13,000 m³ の大気を吸引して大気浮遊じんを 10 枚のろ紙（東洋濾紙（株）製 HE-40T）上に採取した。このろ紙を円形に打ち抜き、U-8 容器に充填して測定試料とした。

2.2.3 淡水

鈴鹿川の河川水 100 L を、三重県亀山市関町地内（勸進橋下）で採取し、塩酸（1+1）100 mL を加えて濃縮後、全量を U-8 容器に移し乾固して測定試料とした。

2.2.4 土壌

三重県三重郡菰野町地内の草地（山砂土）に

おいて梅雨明け後、2～3 日降雨がない日に深度 0～5 cm、5～20 cm の土壌を採取した。これを 105 °C で乾燥後、ふるい（2 mm メッシュ）を通して得た乾燥細土 100～120 g 程度を U-8 容器に充填し測定試料とした。

2.2.5 蛇口水

当所 1 階研究室の蛇口から水道水を 100 L 採取し、塩酸（1+1）100 mL を加えて濃縮後、全量を U-8 容器に移し乾固して測定試料とした。

2.2.6 食品

精米および牛乳は、それぞれ年 1 回採取し、約 2 kg をそのまま 2 L マリネリ容器に入れ測定試料とした。農産物（茶、ハウレンソウ、ダイコン）、水産生物（マダイ、ハマグリ、ワカメ）は、それぞれ年 1 回収穫時期に採取し、可食部約 4～8 kg を、蒸発皿で炭化後、電気炉（450 °C、24 時間）で灰化した。灰化物を磨砕後、ふるい（0.35 mm メッシュ）を通して異物を除去し、U-8 容器に分取して測定試料とした。

これら測定試料は、Ge 半導体検出器で測定時間を 70,000 秒とし放射性核種の測定を行った。

2.3 空間放射線量率測定

モニタリングポストによる空間放射線量率の連続測定は県内 4 地点で実施する体制となっている。北勢局は当所の屋上（地上 18.6 m の位置）に検出器を設置している。その他 3 局は県伊賀庁舎（中勢伊賀局：三重県伊賀市）、県伊勢庁舎（南勢志摩局：三重県伊勢市）、県広域防災拠点施設（東紀州局：三重県尾鷲市）に設置しており、すべて地上 1 m の位置に検出器を置き、測定を実施している。4 局の測定データ（10 分間値）はオンラインで国へ報告され、ウェブサイト上で公表されている³⁾。あわせて、月 1 回（毎

表 2 定時降水中の全ベータ放射能測定結果

採取期間	降水量(mm)	試料数	検出数	降下量(MBq/km ²)
2023 年 4 月	251.5	9	2	14
5 月	281.5	7	-	N.D.
6 月	324.5	13	1	1.5
7 月	187.5	8	1	30
8 月	480.0	13	1	11
9 月	218.5	9	2	70
10 月	100.5	7	1	1.6
11 月	113.5	10	1	7.1
12 月	42.0	3	1	29
2024 年 1 月	83.0	9	4	20
2 月	84.0	8	-	N.D.
3 月	277.5	12	1	12
2023 年度	2444.0	108	15	N.D.～70
2022 年度	2170.5	105	14	N.D.～38
2021 年度	2193.5	99	19	N.D.～32
2020 年度	2360.5	98	16	N.D.～71

注) N.D.：不検出（計数値が計数誤差の 3 倍を下回るもの）。

月第2週水曜日 10:00) 当所前駐車場の地上1mの位置で、シンチレーションサーバイメータによる測定を行った。測定法は、時定数を30秒として30秒間隔で5回指示値を読み、その平均値をとる方法とした。

3. 採取・測定装置

3.1 全ベータ放射能測定

採取装置：ステンレス製降水採取装置（受水面積：1,000 cm²）

降雨量測定装置：光進電気工業（株）KP-020型雨量計

測定装置：β線自動測定装置：日立製作所（株）製 JDC-6221

3.2 ガンマ線核種分析

降下物採取装置：ステンレス製大型水盤（受水面積：5,000 cm²）

大気浮遊じん採取装置：柴田科学（株）製ハイポリウムエアサンプラ HV-RW, HV-1000F

核種分析装置：キャンベラ製 Ge 半導体検出器 GC2519-DSA2000, GC2520-DSA1000

3.3 空間放射線量率測定

モニタリングポスト：日立アロカメディカル（株）製環境放射線モニタ装置 MAR-22

シンチレーションサーバイメータ：日立アロカメディカル（株）製 TCS-171, 日立製作所（株）製 TCS-1172

表3 環境試料中の I-131, Cs-134, Cs-137 および K-40 濃度

試料	採取時期	試料数	単位	I-131	Cs-134*	Cs-137	K-40	
降下物	2023年	4月	1 MBq/km ²	N.D.	N.D.	N.D.	1.86	
		5月	1 MBq/km ²	N.D.	N.D.	N.D.	0.85	
		6月	1 MBq/km ²	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
		7月	1 MBq/km ²	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
		8月	1 MBq/km ²	N.D.	N.D.	N.D.	1.29	
		9月	1 MBq/km ²	N.D.	N.D.	N.D.	0.86	
		10月	1 MBq/km ²	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
		11月	1 MBq/km ²	N.D.	N.D.	N.D.	0.66	
		12月	1 MBq/km ²	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
		2024年	1月	1 MBq/km ²	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
			2月	1 MBq/km ²	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
		2023年度	12	MBq/km ²	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.~1.86
	2012~2022年度	132	MBq/km ²	N.D.	N.D.~0.631	N.D.~2.00	N.D.~1.96	
2011年度	12	MBq/km ²	N.D.~13.3	N.D.~18.4	N.D.~17.7	N.D.~1.85		
1989~2010年度	264	MBq/km ²	N.D.~1.24	-	N.D.~0.348	N.D.~57.9		
大気浮遊 じん	2023年	4~6月	1 mBq/m ³	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
		7~9月	1 mBq/m ³	N.D.	N.D.	N.D.	0.176	
		10~12月	1 mBq/m ³	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
	2024年	1~3月	1 mBq/m ³	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
	2023年度	4	mBq/m ³	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.~0.176	
	2012~2022年度	44	mBq/m ³	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.~0.310	
	2011年度	4	mBq/m ³	N.D.	N.D.~0.296	N.D.~0.317	0.239~0.312	
1989~2010年度	88	mBq/m ³	N.D.	-	N.D.	N.D.~0.565		
淡水 (河川水)	2023年10月	1	mBq/L	N.D.	N.D.	N.D.	56.9	
	2012~2022年度	11	mBq/L	N.D.	N.D.	N.D.	50.3~81.3	
	2011年度	1	mBq/L	N.D.	N.D.	N.D.	67.3	
	2003~2010年度	8	mBq/L	N.D.	-	N.D.	58.1~78.9	
土壌 (0-5cm)	2023年7月	1	Bq/kg 乾	N.D.	N.D.	1.02	733	
	2012~2022年度	11	Bq/kg 乾	N.D.	N.D.	N.D.~1.56	679~802	
	2011年度	1	Bq/kg 乾	N.D.	N.D.	1.19	775	
	1989~2010年度	22	Bq/kg 乾	N.D.	-	N.D.~2.69	556~812	
土壌 (5-20cm)	2023年7月	1	Bq/kg 乾	N.D.	N.D.	N.D.	738	
	2012~2022年度	11	Bq/kg 乾	N.D.	N.D.	N.D.	690~765	
	2011年度	1	Bq/kg 乾	N.D.	N.D.	N.D.	750	
	1989~2010年度	22	Bq/kg 乾	N.D.	-	N.D.~1.63	593~856	

注) N.D.: 不検出 (計数値が計数誤差の3倍を下回るもの)。
過去のデータの採取場所は、表1と異なるものがある。
Cs-134は2010年度以前には測定対象としていない。

結果

1. 全ベータ放射能測定

全ベータ放射能の測定は、同種の試料の放射能レベルの相互比較において、迅速に概略の情報を得られる手法であるため^{4,5)}、環境放射能水準調査では降雨ごとに全ベータ放射能を測定し環境中の放射能の推移などを把握することになっている。表2に2023年度に測定を実施した108件の結果を示した。108試料中15試料から全ベータ放射能が検出された。全ベータ放射能が検出された試料は核種分析を実施したが、人工放射性核種は検出されず、特に異常と判断される試料はなかった。

2. ガンマ線核種分析

環境放射能水準調査におけるガンマ線核種分析は、原子力発電所の事故や核実験等により大気中に放出された放射性物質による影響を評価するため、降下物、大気浮遊じん、淡水、土壌の環境試料と蛇口水、精米、茶、牛乳、野菜類、水産物の食品試料について実施している。

定量対象としている核種は、短半減期の核種のうち甲状腺への内部被ばくの影響が大きいI-131（半減期 8.03 日）⁶⁾、比較的長半減期の核種の指標としてCs-137（半減期 30.08 年）⁶⁾、比較の指標として天然放射性核種のK-40（半減期 1.248×10⁹ 年）⁶⁾と2011年度から福島第一原子

表4 食品試料中のCs-134, Cs-137 およびK-40 濃度

試料	採取時期	試料数	単位	Cs-134*	Cs-137	K-40
蛇口水	2023年6月	1	mBq/L	N.D.	N.D.	21.3
	2012～2022年度	11	mBq/L	N.D.	N.D.	13.9～23.1
	2011年度	1	mBq/L	0.408	0.434	24.5
	1989～2010年度	36	mBq/L	-	N.D.～0.313	17.6～69.9
精米	2023年9月	1	Bq/kg 生	N.D.	N.D.	22.4
	2012～2022年度	11	Bq/kg 生	N.D.	N.D.	21.3～28.9
	2011年度	1	Bq/kg 生	N.D.	N.D.	23.0
	1989～2010年度	22	Bq/kg 生	-	N.D.	21.9～34.2
茶（荒茶）	2023年6月	2	Bq/kg 乾	N.D.	N.D.	570～662
	2012～2022年度	22	Bq/kg 乾	N.D.～0.436	N.D.～0.643	523～804
	2011年度	2	Bq/kg 乾	3.83～4.42	3.87～4.71	623～633
	1989～2011年度	42	Bq/kg 乾	-	N.D.～1.72	417～766
牛乳	2023年8月	1	Bq/L	N.D.	N.D.	44.4
	2012～2022年度	11	Bq/L	N.D.	N.D.	45.3～49.7
	2011年度	1	Bq/L	N.D.	N.D.	49.0
	1989～2010年度	36	Bq/L	-	N.D.	32.0～51.8
ハウレンソウ	2023年11月	1	Bq/kg 生	N.D.	N.D.	233
	2012～2022年度	11	Bq/kg 生	N.D.	N.D.	141～233
	2011年度	1	Bq/kg 生	N.D.	N.D.	146
	1989～2010年度	22	Bq/kg 生	-	N.D.～0.058	58.0～237
ダイコン	2023年12月	1	Bq/kg 生	N.D.	0.022	47.0
	2012～2022年度	11	Bq/kg 生	N.D.	N.D.	54.6～124
	2011年度	1	Bq/kg 生	N.D.	N.D.	77.6
	1989～2010年度	22	Bq/kg 生	-	N.D.～0.056	63.0～106
マダイ	2023年5月	1	Bq/kg 生	N.D.	0.096	146
	2012～2022年度	11	Bq/kg 生	N.D.	0.118～0.180	145～172
	2011年度	1	Bq/kg 生	N.D.	0.130	147
	1994～2010年度	17	Bq/kg 生	-	0.090～0.244	92.5～164
ハマグリ	2023年4月	1	Bq/kg 生	N.D.	N.D.	47.1
	2018～2022年度	5	Bq/kg 生	N.D.	N.D.	41.6～59.0
アサリ**	2012～2017年度	6	Bq/kg 生	N.D.	N.D.	72.3～78.6
	2011年度	1	Bq/kg 生	N.D.	N.D.	73.0
	2001～2010年度	10	Bq/kg 生	-	N.D.	31.9～83.2
ワカメ	2024年2月	1	Bq/kg 生	N.D.	N.D.	99.1
	2012～2022年度	11	Bq/kg 生	N.D.	N.D.	181～271
	2011年度	1	Bq/kg 生	N.D.	N.D.	236
	1998～2010年度	13	Bq/kg 生	-	N.D.	105～278

注) Cs-134は2010年度以前には測定対象としていない。

アサリの不漁により2018年度から試料をハマグリに変更した。

力発電所の事故を踏まえて追加した Cs-134（半減期 2.07 年）⁶⁾の合計 4 核種である。なお、蛇口水、精米及び牛乳を除く食品試料は灰化して測定を行うため、I-131 は定量対象としていない。

2.1 環境試料

表 3 に 2023 年度における三重県内の降下物大気浮遊じん、淡水、土壌のガンマ線核種分析結果を示す。

土壌表層（0-5 cm）からは昨年に引き続き Cs-137 が検出されたが、Cs-137 検出濃度は福島

第一原子力発電所事故前のものと同程度であり、問題のない値であると考えられた。K-40 は降下物及び大気浮遊じんの一部、淡水、土壌から検出された。全国の環境放射能調査状況⁷⁾から見ると、2023 年度の結果は特に異常は見られず、県内の環境に影響を与えるレベルではないと考えられるが、今後も継続した監視を行っていく必要があると考えている。

2.2 食品試料

表 4 に 2023 年度における県内の蛇口水、県内

表 5 2023 年度の空間放射線量率 1（宇宙線による線量率（約 30 nGy/hr）を含まない）

測定年月	北勢局モニタリングポスト(nGy/hr)				サーベイメータ(nGy/hr) (地上 1 m)				
	測定回数	平均値	最大値	最小値	測定回数	測定値	平均値	最大値	最小値
2023 年 4 月	720	47	65	45	1	62	-	-	-
5 月	744	46	57	44	1	62	-	-	-
6 月	720	47	65	44	1	60	-	-	-
7 月	744	46	69	44	1	62	-	-	-
8 月	744	46	65	44	1	60	-	-	-
9 月	720	46	62	44	1	62	-	-	-
10 月	744	47	60	45	1	64	-	-	-
11 月	720	47	69	45	1	62	-	-	-
12 月	744	47	73	45	1	66	-	-	-
2024 年 1 月	744	47	66	41	1	58	-	-	-
2 月	669*	46	62	44	1	67	-	-	-
3 月	744	47	73	44	1	63	-	-	-
2023 年度	8757	46	73	41	12		62	67	58
2022 年度	8743	46	106	37	12		61	68	53
2021 年度	8757	46	71	41	12		65	74	59
2020 年度	8743	47	77	44	12		67	90	59
2019 年度	8773	47	77	44	12		69	80	64

*) 機器点検等のため欠測がある

表 6 2023 年度の空間放射線量率 2（宇宙線による線量率（約 30 nGy/hr）を含まない）

測定年月	中勢伊賀局(nGy/hr)			南勢志摩局(nGy/hr)			東紀州局(nGy/hr)		
	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値
2023 年 4 月	66	90	64	50	67	48	82	94	79
5 月	65	80	62	50	69	47	82	106	79
6 月	65	85	63	50	68	47	82	114	79
7 月	65	81	63	50	61	48	82	108	80
8 月	65	85	64	50	79	46	82	150	78
9 月	65	78	63	50	87	47	81	116	79
10 月	66	85	63	51	79	48	82	106	80
11 月	66	94	63	51	70	48	82	95	80
12 月	66	78	63	51	71	49	82	102	80
2024 年 1 月	66	84	64	50	68	48	82	104	80
2 月	66	85	63	51	70	48	83	114	79
3 月	67	99	63	51	76	48	82	107	79
2023 年度	66	99	62	50	87	46	82	150	78
2022 年度	66	126	62	50	87	45	82	121	79
2021 年度	66	104	62	50	81	46	83	122	78
2020 年度	66	103	62	51	99	44	83	120	79
2019 年度	66	94	63	51	80	47	83	126	79

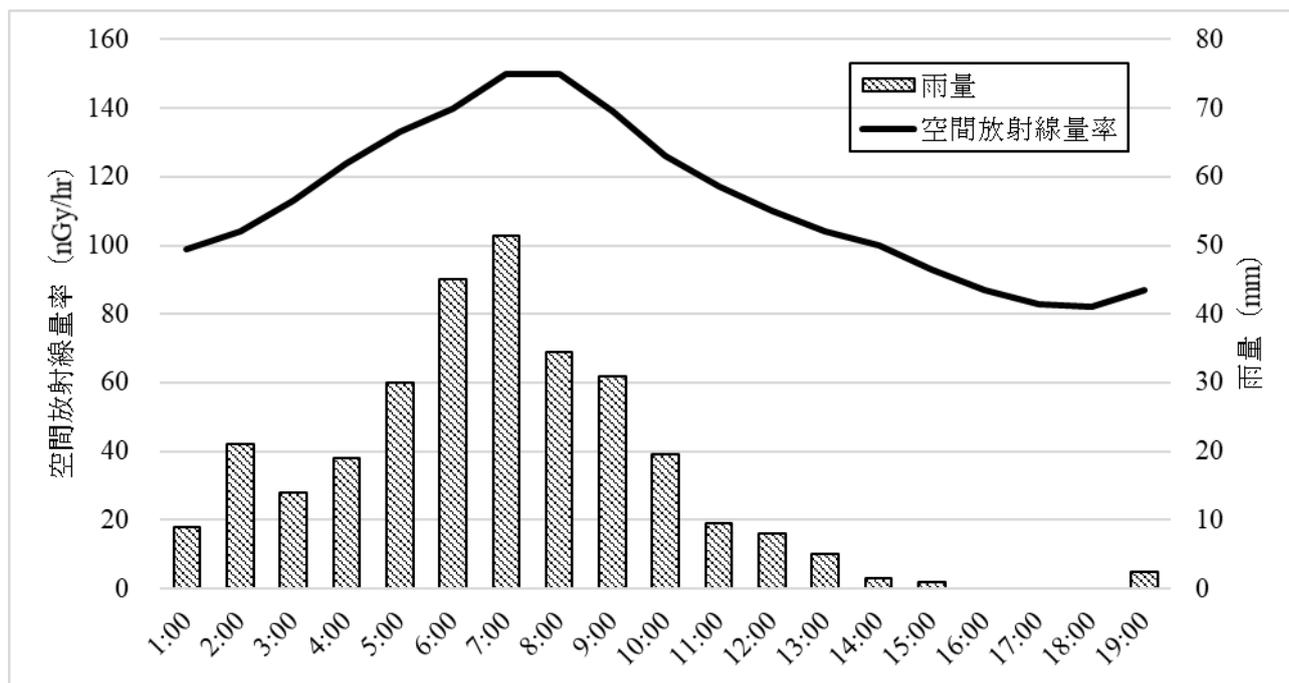


図1 2023年8月15日の東紀州局の空間放射線量率と1時間毎の雨量

で生産された精米、茶、牛乳、野菜類（ホウレンソウ、ダイコン）、県近海でとれた水産生物（マダイ、ハマグリ、ワカメ）のガンマ線核種分析結果を示す。

ダイコン及びマダイから Cs-137 が検出されたが、検出値は以前の結果⁷⁾と比較して特に高いものではなく平常の値の範囲内にあると考えられた。2023年度の食品試料における放射性セシウム（Cs-134及びCs-137）の検出値は、2012年4月に施行された食品の規格基準（飲料水 10 Bq/kg、乳児用食品・牛乳 50 Bq/kg、一般食品 100 Bq/kg）⁸⁾を大きく下回る値であった。K-40 はすべての試料から検出され、表4に示した過去の結果および他県の結果⁷⁾と比較すると、牛乳、ダイコン、ワカメはわずかに低い値を示したが、平常値の範囲内と判断された。

食品試料においてCs-137以外の人工放射性核種は検出されなかった。

3. 空間放射線量率測定

表5、6に2023年度の三重県内におけるモニタリングポストおよびサーベイメータによる空間放射線量率の測定結果を示す。モニタリングポストの測定値は、従前から報告してきた1時間値の平均値、最大値、最小値を記載した。各局の最大値は降雨時に観測され、気象現象に伴う変動と判断された。東紀州局以外では、2023年度の最大値は例年と同程度であったが、東紀州局では例年よりも高い値を示した。

図1に2023年8月15日の東紀州局の空間線量率と気象庁の過去の気象データによる尾鷲市の1

時間毎の雨量⁹⁾を示した。気象庁の観測によると、東紀州局の最大値が観測された時刻に尾鷲市で1時間当たり50mmを超える降雨が記録されており、雨量の減少とともに空間放射線量率も低下したことから、この大雨により空間放射線量率が例年よりも高い値を示したものと考えられた。

県内の4局の2023年度の測定結果は、過去3年間の結果および他都道府県の観測値³⁾と比較して異常な値は観測されていないことから、平常の範囲内であったと考えられる。

東紀州局の測定値が他局と比較して高い値となるのは、この地域の花こう岩質の地質によるものと推定している¹⁰⁾。

空間放射線量率を測定することで、公衆の線量当量を外部被ばく推定式(1)⁴⁾により推定することができる。各地点の2023年度の空間放射線量率の年平均値を式(1)により換算した結果、北勢局 37 nSv/hr、中勢伊賀局 53 nSv/hr、南勢志摩局 40 nSv/hr、東紀州局 66 nSv/hr となり、すべての局で公衆の年線量当量限度(1 mSv/年)⁴⁾の時間換算量(114 nSv/hr)を下回っており問題のない結果であると言える。

$$\text{Hex(Sv)} = \text{Dex(Gy)} \times 0.8 \dots (1)$$

Hex(Sv) : 時間当たりの(実効)線量当量

Dex(Gy) : 時間当たりの(空気)吸収線量

換算係数は通常時の0.8を用いた。地上1mでのサーベイメータによる測定についても、異常値は観

測されていない。測定地点の違いからモニタリングポストの測定値より高い値を示す傾向があるが、2023年度の測定結果は過去の結果と比べ平常値の範囲と判断された。異常時に的確に対応するためには、さらに観測を継続して平常時における各地域の空間放射線量率の変動幅などについて把握しておく必要があると思われる。

まとめ

1. 2023年度の三重県定点における降水中の全ベータ放射能測定からは、特に異常なデータは得られなかった。

2. 2023年度の環境試料(降下物, 大気浮遊じん, 淡水, 土壌) および食品試料(蛇口水, 精米, 茶, 牛乳, 野菜類, 水産生物) のガンマ線核種分析では、人工放射性核種である Cs-137 が土壌表層, ダイコンおよびマダイから検出された。検出濃度は問題となるレベルではなかったが、今後も調査を継続し推移を把握していく必要がある。

3. 2023年度の三重県定点におけるモニタリングポストによる連続測定, サーベイメータを用いた月1回の測定では、空間放射線量率の異常値は観測されなかった。

4. 2023年度の環境放射能水準調査で得られた結果は 2022年度の観測結果とほとんど変化はなく平常の状態であったと言える。

本報告は、原子力規制庁からの受託事業として、三重県が実施した「環境放射能水準調査」の成果である。

文献

- 1) 原子力規制庁監視情報課放射線環境対策室：環境放射能水準調査委託実施計画書(2023).
- 2) モニタリング調整会議：「総合モニタリング計画」(2023).
- 3) 原子力規制委員会，環境放射線モニタリング情報，<https://radioactivity.nra.go.jp/ja/> (2024年12月11日アクセス).
- 4) 原子力安全委員会：環境放射線モニタリング指針(2010).
- 5) 文部科学省：放射能測定法シリーズ1「全β放射能測定法」，1-2，(財)日本分析センター，千葉市，(1976).
- 6) (社)日本アイソトープ協会：アイソトープ手帳12版，9-106，丸善出版，東京都，(2020).
- 7) 原子力規制委員会，日本の環境放射能と放射線，<https://www.kankyo-hoshano.go.jp/> (2024年12月11日アクセス).
- 8) 2012年3月15日付け食安発0315第1号厚生労働省医薬食品局食品安全部長通知：「乳及び乳製品の成分規格等に関する省令の一部を改

正する省令, 乳及び乳製品の成分規格等に関する省令別表の二の(一)の(1)の規定に基づき厚生労働大臣が定める放射性物質を定める件及び食品, 添加物等の規格基準の一部を改正する件について」.

- 9) 気象庁，過去の気象データ検索，<https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/index.php> (2024年12月19日アクセス).
- 10) 尾辺俊之，富森聡子，橋爪清：三重県内の空間放射線量率について. 三重県衛生研究所年報，**39**, 93-98 (1993).

資料

三重県内の家屋解体工事で発生する土壁材の処理実態調査結果

近藤笑加, 今村一貴*, 山川雅弘

キーワード：土壁材, 処理実態調査, 再資源化

はじめに

家屋解体工事に伴って発生する土壁材の多くは建設系廃棄物として処理されている。土壁材は建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律（平成十二年法律第百四号）の特定建設資材に該当しないため再資源化されにくく、処理費用が高額となることを背景に、不適正な処理がなされる場合がある^{1, 2)}。この場合、土壁材は土に薫、すさ、糊などの有機物を含んでいることから、有機性汚濁水や硫化水素が発生し周辺の生活環境に影響を及ぼす可能性がある³⁾。

また、土壁材は廃棄物の処理及び清掃に関する法律（昭和四十五年法律第百三十七号）で管理型産業廃棄物に分類される。石膏ボード等のボード類に付着した土壁材（上塗り）は、石膏ボードと土壁材の分離が困難である場合が多く、埋立処分量の増加が懸念される。

そこで、三重県内の家屋解体工事現場で発生する土壁材の処理の実態や課題を把握することを目的にアンケート調査を実施したので、その結果を報告する。

方法

1. 調査対象者

一般社団法人三重県解体工事業協会に協力を依頼し、全協会員のうち主に解体工事を行う協会員 8 者（2022 年 5 月当時）を調査対象者とした。

2. 調査内容

調査はアンケート形式により実施し、家屋解体工事における土壁材の現場分別の有無及び処理の方法等に関する内容で、設問は図 1 に示す。

調査は 2022 年 5 月に一般社団法人三重県解体

工事業協会を通じて調査対象者に依頼した。あわせて、回答の内容は主に処理している通常の方法を記載するよう依頼した。

【設問 1】 家屋解体工事現場の壁や屋根下の土壁材（石膏ボード類等の上に塗られた土壁材（上塗り）は除く）について	
(1-1)現場で分別している場合	
・分別する理由（ ）	
・分別後の処理方法	
└─ 処理委託の場合	処理方法（ ）
└─ 中間処理	処理委託先の場所（県内・県外）
└─ 埋立処分	中間処理後の処理方法（ ）
└─ 自社処理の場合	処理委託先の場所（県内・県外）
└─ 中間処理	処理方法（ ）
└─ 自社処理後の処理方法（ ）	
(1-2)現場分別しない場合	
・分別しない理由（ ）	
・処理方法	
└─ 処理委託の場合	処理方法（ ）
└─ 中間処理	処理委託先の場所（県内・県外）
└─ 埋立処分	中間処理後の処理方法（ ）
└─ 自社処理の場合	処理委託先の場所（県内・県外）
└─ 中間処理	処理方法（ ）
└─ 自社処理後の処理方法（ ）	
【設問 2】 家屋解体工事現場の石膏ボード類等の上に塗られた土壁材（上塗り）について	
(2-1)現場で分別している場合	
・分別する理由（ ）	
・分別後の処理方法	
└─ 処理委託の場合	処理方法（ ）
└─ 中間処理	処理委託先の場所（県内・県外）
└─ 埋立処分	中間処理後の処理方法（ ）
└─ 自社処理の場合	処理委託先の場所（県内・県外）
└─ 中間処理	処理方法（ ）
└─ 自社処理後の処理方法（ ）	
(2-2)現場分別しない場合	
・分別しない理由（ ）	
・処理方法	
└─ 処理委託の場合	処理方法（ ）
└─ 中間処理	処理委託先の場所（県内・県外）
└─ 埋立処分	中間処理後の処理方法（ ）
└─ 自社処理の場合	処理委託先の場所（県内・県外）
└─ 中間処理	処理方法（ ）
└─ 自社処理後の処理方法（ ）	
【設問 3】 解体工事現場から発生する土壁材の処理等に関する課題について（自由記載）	

図 1 アンケートの設問

* 三重県環境生活部環境共生局地球温暖化対策課

結果

アンケートを依頼した8者の協会員すべてから回答を得た。その結果を図2に示す。

1. 家屋解体工事現場の壁や屋根下の土壁材（石膏ボード類等の上に塗られた土壁材（上塗り）は除く）について

家屋解体工事現場において壁や屋根下の土壁材を8者すべてが分別していた。その理由は、「分別して埋立処分量を減らすことで、費用を抑えることができる」、「分別を行わなければ中間処理委託業者に引き取ってもらえない」、「再資源化できる廃棄物を多く確保するため」などであった。

分別した土壁材を1者（12.5%）は自社処理、3者（37.5%）は最終処分業者（埋立処分）、2者（25%）は中間処理業者と最終処分業者の併用、2者（25%）は中間処理業者に委託していた。

処理委託先の場所は、5者は県内、1者は県外、

1者は県内と県外の併用であった。

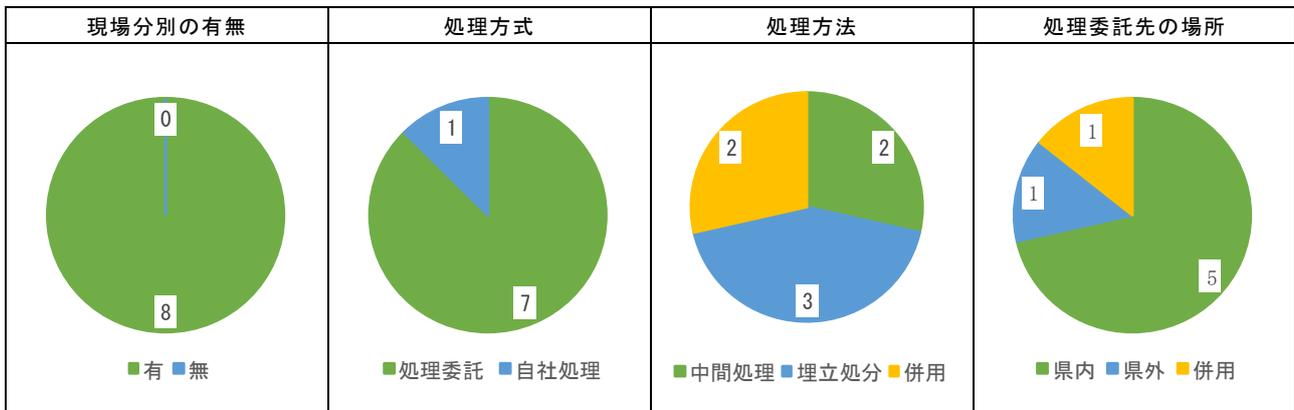
自社処理を含む中間処理の主な方法は機械・風力・水を用いた高度な選別であり、選別処理した土壁材は再生砂、再生土、堆肥などに再生品化をしていた。中間処理後に埋立処分を行う場合も一部あった。

2. 家屋解体工事現場の石膏ボード類等の上に塗られた土壁材（上塗り）について

家屋解体工事現場で石膏ボード類等に塗られた土壁材（上塗り）を4者が分別していた。その理由は、「処理費用が安価になる」、「自社の処理施設で処理が可能となるため」で、1.の壁や屋根下の土壁材の分別理由と合致する。一方、残り4者は、「分別しても石膏ボード類と土壁材（上塗り）の再資源化ができないため」、「分別作業に多く時間を要するため」、「可能な限り現場で分別を行うが、分別が不可能な場合や工期に影響がある場合

【設問1】

家屋解体工事現場の壁や屋根下の土壁材（石膏ボード類等の上に塗られた土壁材（上塗り）は除く）について



【設問2】

家屋解体工事現場の石膏ボード類等の上に塗られた土壁材（上塗り）について

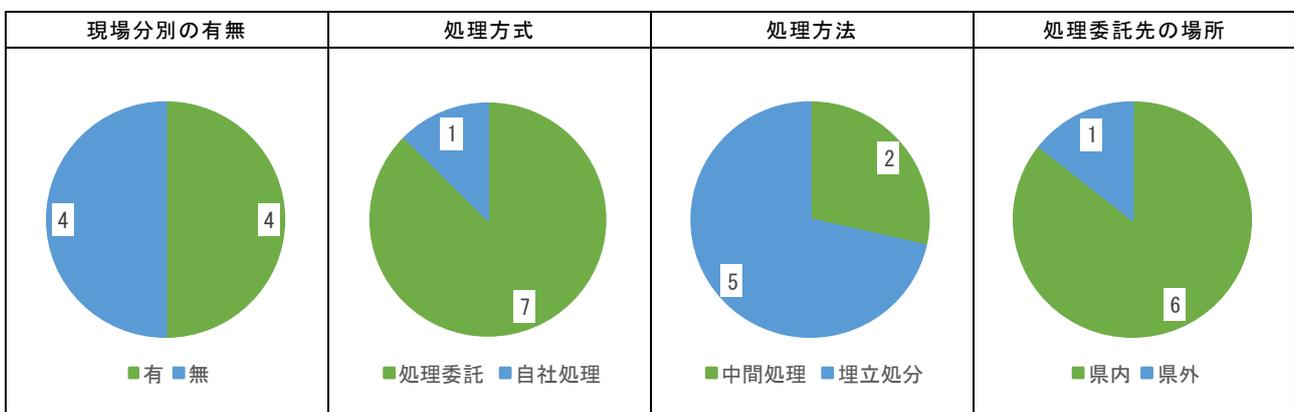


図2 アンケート調査結果

など現場の状況による」という理由で分別していなかった。

分別している4者のうち、1者(25%)は自社処理、2者(50%)は最終処分業者(埋立処分)、1者(25%)は中間処理業者に委託していた。一方、分別していない4者のうち、3者(75%)は最終処分業者(埋立処分)、1者(25%)は中間処理業者に委託していた。

処理委託先の場所は、6者は県内、1者は県外であった。

自社処理を含む中間処理の主な方法は、1.の壁や屋根下の土壁材と同じ高度な選別であり、選別処理した土壁材は再生砂、再生土に再生品化をしていた。1.と同様で、中間処理後に埋立処分を行う場合も一部あった。

3. 解体工事現場から発生する土壁材の処理等に関する課題について

土壁材の家屋解体工事現場での分別方法、費用等に関する課題として、「土壁材を処理できる県内の処理業者が少なく割高」、「遠方に運搬するため処理費用がさらに必要となる」、「選別等の処理をした土壁材について、一定の基準等を定めたいうえで、基準を満たせば再生土としての販売や安定型処分場での埋立、処分場の覆土等への利用が可能になるなど、土壁材の循環利用を考えてほしい」という意見があった。

今回調査した結果では、壁や屋根下の土壁材は、家屋解体工事現場で分別されていた。このように現場で分別されている土壁材は、藁などの有機物の除去に適した処理方法を確立すれば、再資源化できる可能性がある。

一方、石膏ボード類等に塗られた土壁材(上塗り)は、家屋解体工事現場で分別が困難な事例もあるが、分別ができれば同様に再資源化の可能性はある。

土壁材の処理方法について、三重県内では土壁

材を中間処理して再生品として販売する事業者が少数のため、土壁材の多くは埋立処分されている結果であった。

まとめ

家屋解体工事現場における土壁材の現場分別の有無及び処理の方法等について、三重県内で解体工事業を行う8者にアンケートによる実態調査を実施した。その結果は以下のとおりである。

- 1) 壁や屋根下の土壁材は家屋解体工事現場で分別されている一方で、石膏ボード類等に塗られた土壁材(上塗り)は分別不可能な場合や時間的制約があるため分別されないケースがある。
- 2) 三重県内では土壁材を中間処理して再生品として販売する事業者が少数のため、土壁材の多くは埋立処分されている。
- 3) 現場で分別された土壁材は、藁などの有機物の除去に適した処理方法を確立すれば、再資源化できる可能性がある。

謝辞

本調査は、令和4年度公益財団法人岡三加藤文化振興財団研究助成を受けて実施しました。

本調査に協力頂いた一般社団法人三重県解体工事業協会の皆様に感謝します。

文献

- 1) 環境省、産業廃棄物の不法投棄等の状況(令和3年度)について、<https://www.env.go.jp/content/000101966.pdf> (2024年12月17日アクセス)
- 2) 環境省、産業廃棄物の不法投棄等の状況(令和5年度)について、<https://www.env.go.jp/content/000265002.pdf> (2025年1月21日アクセス)
- 3) 佐藤邦彦, 渡邊卓弥, 近藤笑加, 立野雄也, 奥山幸俊, 肴倉宏史: 土壁材の再生利用に係る環境安全性についての基礎的調査研究, 第32回廃棄物資源循環学会研究発表会講演集, 177-178 (2021).

資料

三重県における光化学オキシダントの挙動に対する 窒素酸化物の影響

西川奈緒美, 佐藤邦彦*, 小河大樹**, 井原篤人***, 寺本佳宏, 川合啓之

キーワード: 光化学オキシダント, 窒素酸化物, パッシブ法, 自動車交通量
NO タイトレーション効果, 水平分布図

はじめに

我が国では高度経済成長期に工場・事業場からの排ガスに含まれるばい煙等により, 四日市ぜんそくに代表される深刻な健康被害が発生し, 大気汚染が社会問題となった。また, 微小粒子状物質 (PM2.5) および光化学オキシダント (Ox) による大気汚染も問題となっており, 様々な健康影響が懸念されている¹⁾。これらの大気汚染物質は, 短期ばく露や長期ばく露による呼吸器系への影響などの健康影響を考慮して大気汚染に係る環境基準が設定されており, 近年, 様々な大気汚染防止対策の効果により多くの項目で改善傾向が見られ, 高い環境基準達成率を示している²⁾。

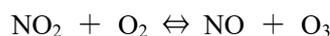
しかし, 環境基準項目の一つである Ox は, 日本全国のほとんどの地域で環境基準を達成できていないのが現状である³⁾。

三重県においても, 大気汚染防止法や自動車 NOx・PM 法などの法規制等により, 前駆物質である NOx や揮発性有機化合物 (VOC) の濃度は減少しているが, 三重県内大気環境測定局 (測定局) のうち Ox を測定している一般環境測定局 (一般局) 23 局すべてで Ox は環境基準を達成していない。また, 緊急時の措置 (予報, 注意報) を発令する高濃度事象が毎年のように発生しており, 発令地域の広域化も見られている⁴⁾。

Ox の主成分はオゾン (O₃) であり, 太陽光を受けて大気中の NOx や炭化水素が光化学反応を起こし, アルデヒド等の化学物質とともに生成され

る。Ox が発生すると目や喉の痛み, ぜんそくの発作等を誘発し健康被害を生じさせるおそれがある。

一方, NOx は高温で物質が燃焼する際に発生する窒素酸化物の総称であり, そのうち一酸化窒素 (NO) と二酸化窒素 (NO₂) は, 自動車排ガスに多く含まれている。NO, NO₂ および O₃ は,



で表される化学平衡が成立しており, NOx は O₃ の生成と消滅に深く関わっているため, Ox の挙動において影響を与えると考えられている。特にこの反応のうち, 「NO + O₃ → NO₂ + O₂」の反応では, NO は O₃ と反応して NO₂ と O₂ になるため, オゾンを減少させる効果があり, 「NO タイトレーション効果」と呼ばれている⁵⁾。

三重県内の自動車排ガス測定局 (自排局) 8 局では, NOx, NO の測定は行っているものの Ox の測定を行っていないため, 自動車排ガスによる NOx と Ox の関係は明らかになっていない。

そこで, 本研究で Ox の生成における原因物質の一つである NOx を排出する自動車に着目し, 排ガスの影響が大きい沿道において, ポンプなどの機器を使用せず, 拡散原理により試料を捕集する「パッシブ法」⁶⁾による実態調査を行い, NOx や Ox の濃度変化等を調べるとともに, 実態調査で得られたデータをもとに, NOx と自動車交通量の関係性を検討した。

また, 実態調査と一般局のデータを比較し, パ

* 三重県環境生活部環境共生局廃棄物監視・指導課

** 三重県伊賀地域防災総合事務所環境室

*** 三重県紀北地域活性化局環境室

ッシブ法で得られた O_x 等のデータを、補完的に自排局のデータと組み合わせて活用できないかについて検討した。

次に、測定局の NO_x および O_x のデータを用いて、各項目における経年変化等を調査するとともに、 O_x 濃度の変動の要因を把握するため、 NO が O_3 と反応し NO_2 と O_2 になり、 O_3 を減少させる反応を加味した指標である、ポテンシャルオゾン (PO) を用いて検討した。

さらに、伊勢湾を含めた三重県周辺における O_x の挙動を把握するため、 NO_x および O_x の時間変化等について、濃度の水平分布図を用いて解析を行ったので報告する。

方法

1. 実態調査に係る調査地点および調査期間

自動車の排ガスに含まれる NO_x の O_x への影響を調査するため、三重県内の主要道路である国道23号線沿いの5地点を調査地点として選定した。また、沿道から離れ自動車による NO_x の影響が少ないと想定される保健環境研究所（四日市市）および鳥羽高校（鳥羽市）の2地点を空白地点として選定した。

実態調査の調査地点を図1および表1に示す。これらの7地点において、2020年度春から2022年度秋までの計11季でサンプリングを行った。それぞれの調査期間を表2に示す。



図1 実態調査の調査地点 (M-GISを加工)

2. パッシブ法によるサンプリング方法

パッシブ法の捕集材には、 NO_2 含浸ろ紙（株式会社小川商会 OG-SN-10）、 NO_x 含浸ろ紙（株式会社小川商会 OG-SN-11）および O_3 含浸ろ紙（株式会社小川商会 OG-SN-16）を用いた。ろ紙は、小型パッシブサンプラーにセットし、図2のとおり遮光性の雨よけシェルター内に取り付けたうえ、高さ3mに設置した⁷⁾。

表1 実態調査の調査地点

地点番号	地点名	緯度・経度	備考
①	保健環境研究所 (四日市市)	34° 59' 30. 95" N 136° 29' 7. 16" E	blank
②	三浜 (四日市市)	34° 56' 46. 85" N 136° 37' 18. 39" E	一般局三浜敷地内
③	納屋 (四日市市)	34° 57' 55. 26" N 136° 38' 0. 17" E	国道23号沿い 自排局納屋近傍
④	白子 (鈴鹿市)	34° 50' 10. 45" N 136° 35' 14. 95" E	国道23号沿い 自排局国道23号鈴鹿近傍
⑤	小津 (松阪市)	34° 36' 57. 08" N 136° 30' 57. 66" E	国道23号沿い
⑥	長屋 (伊勢市)	34° 30' 23. 92" N 136° 42' 32. 68" E	国道23号沿い
⑦	鳥羽高校 (鳥羽市)	34° 27' 57. 13" N 136° 50' 51. 41" E	blank 一般局鳥羽高校敷地内

表2 実態調査の調査期間

	地点番号	調査期間
2020春	①-③ ④-⑦	2020/5/14-2020/5/22 2020/6/22-2020/6/29
2020夏	①-③ ④-⑦	2020/7/22-2020/7/29 2020/8/20-2021/8/27
2020秋	①-③ ④-⑦	2020/11/4-2020/11/11 2020/11/12-2020/11/19
2020冬	①-③ ④-⑦	2021/1/28-2021/2/4 2021/2/8-2021/2/15
2021春	①-③ ④-⑦	2021/5/19-2021/5/26 2021/5/20-2021/5/27
2021夏	①-③ ④-⑦	2021/7/19-2021/7/26 2021/7/20-2021/7/27
2021秋	①-③ ④-⑦	2021/10/18-2021/10/25 2021/10/19-2021/10/26
2021冬	①-③ ④-⑦	2022/1/19-2022/1/26 2022/1/20-2022/1/27
2022春	①-③ ④-⑦	2022/5/18-2022/5/26 2022/5/19-2022/5/27
2022夏	①-③ ④-⑦	2022/7/27-2022/8/3 2022/7/28-2022/8/4
2022秋	①-③ ④-⑦	2022/11/15-2022/11/22 2022/11/16-2022/11/23

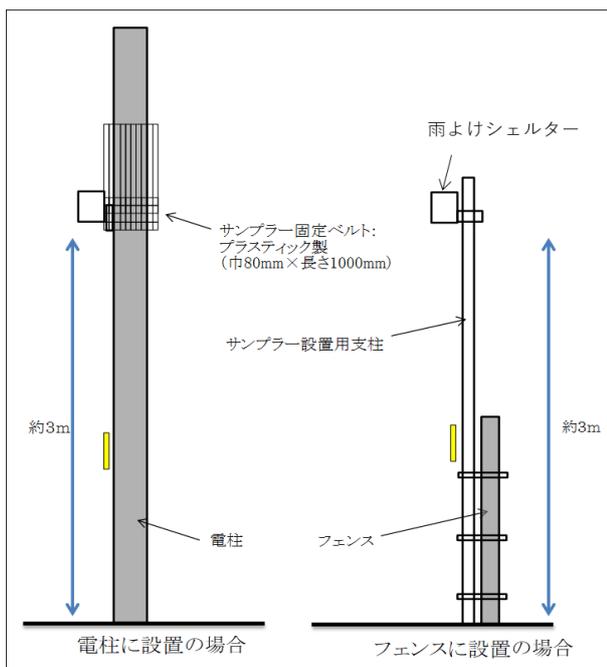


図2 実態調査のサンプリャー設置状況

3. 試験溶液の調整および測定条件

3.1 NO_x, NO₂ および NO の定量

サンプリングした NO₂ 含浸ろ紙および NO_x 含浸ろ紙をそれぞれ PP 製スピッツ管に入れ、超純水 8 mL を加え 30 分静置した。静置後、溶出液をバイアル瓶に移し、オートアナライザー (BLTEC swAAt28) を用い、JIS K 0102 43.2.6 の流れ分析法による分析を行い、NO₂ および NO_x を定量した。また、NO 濃度は、次式により算出した。

$$[\text{NO}] = [\text{NO}_x] - [\text{NO}_2]$$

3.2 O_x の定量

サンプリングした O₃ 含浸ろ紙を PP 製スピッツ管に入れ、超純水 10 mL を加え 30 分静置した。静置後、溶出液をバイアル瓶に移し、イオンクロマトグラフ (DIONEX ICS-2000) を用い、硝酸イオン (NO₃⁻) を定量した。得られた値は、全国環境研協議会の実施要領⁶⁾に記載されている大気濃度換算式により、O₃ の大気中濃度に換算し、その値を O_x 濃度とした。

3.3 PO の定量

PO は、NO_x, NO₂ および O_x の濃度から、次式により算出した。

$$[\text{PO}] = [\text{O}_x] + [\text{NO}_2] - \alpha \times [\text{NO}_x]$$

なお、 α 値は、日本で推定された一般的な値である 0.1 を採用した⁸⁾。

4. 実態調査による現状把握

パッシブ法を用いた実態調査で得られた、各調査地点の O_x および NO_x の濃度等から、現状把握を行った。さらに、O_x および NO_x と交通量との関連性について考察した。

5. 実態調査と測定局のデータの比較

自排局では O_x の測定を行っていないため、測定局のデータ解析を行う際に、パッシブ法で得られた O_x 等のデータを、補完的に自排局のデータと組み合わせて活用できないか検討することを目的に、一般局の敷地内でパッシブ法によりサンプリングを実施した②三浜および⑦鳥羽高校におけるパッシブ法の NO_x および O_x の濃度と、これらの測定局で自動計測されたデータとを比較した。

6. 測定局のデータ解析

NO_x と O_x の関係性を検討するにあたり、近年新たな指標として PO が使用されている。そこで、測定局の NO_x および O_x と、これらを用いて算出した PO について解析を行った。解析対象とした大気環境濃度データは、一般局三浜、自排局納屋および一般局鳥羽高校の各測定局における、1989 年度以降の年間値および月間値である。

さらに、O_x の生成挙動を把握するために、2022 年 5 月 18 日の気象データと、全測定局の NO_x および O_x のデータを用い、NO_x 濃度と O_x 濃度の水平分布図を作成し、濃度変化および時間変化について考察した。

結果および考察

1. パッシブ法によるデータを用いた NO_x の O_x への影響調査

各調査地点のパッシブ法による O_x, NO_x, NO₂ および NO の濃度変化を図 3 に示す。O_x 濃度はすべての地点において、春が高く、40 ppbv から 60 ppbv 程度であり、秋冬は低い傾向を示した。これは、O_x が光化学反応により生成するため、通常春季や夏季の日射量が影響していると考えられる⁹⁾。③納屋の O_x は、他地点と異なる傾向を示し、20 ppbv 程度で推移していた。

NO_x 濃度は、自動車による影響が少ないブランク地点として選定した①保健環境研究所、⑦鳥羽高校が国道 23 号線沿いの地点と比較して低かった。国道 23 号線沿いの地点②三浜、④白子および

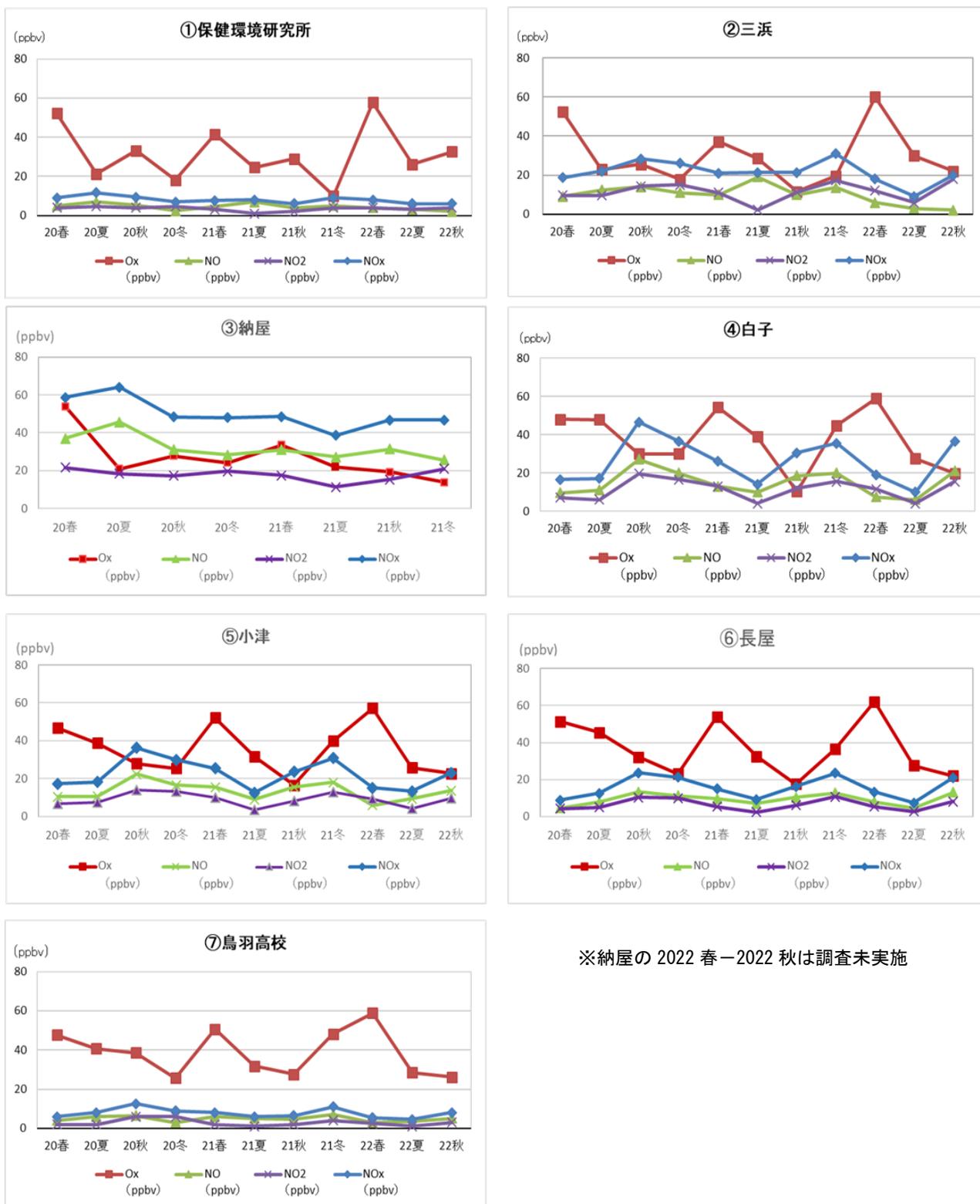


図3 パッシブ法による各成分の濃度変化 (Ox, NO, NO₂, NOx)

⑤小津のNOx濃度は、20 ppbv から 40 ppbv 程度で推移しており、秋、冬が高くなる傾向を示した。③納屋、⑥長屋のNOx濃度は、国道23号線沿いの他の地点と異なる傾向を示した。③納屋では、年間を通して、40 ppbv を超える高濃度で推移し

ており、一方の⑥長屋においては、20 ppbv 程度以下と低濃度で推移していた。③納屋のNOは、約30 ppbv で推移し、他地点と比較すると高濃度であった。

表3 各地点のNOx およびOxの濃度と交通量

地点名	NOx (ppbv)	Ox (ppbv)	大型車交通量※ (台/日)	全交通量※ (台/日)
③納屋	45	22	18724	50841
④白子	27	37	7600	40119
⑤小津	23	45	5789	42508
⑥長屋	16	45	2458	40619

※出典：「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」(国土交通省)

<https://www.mlit.go.jp/road/census/r3/>

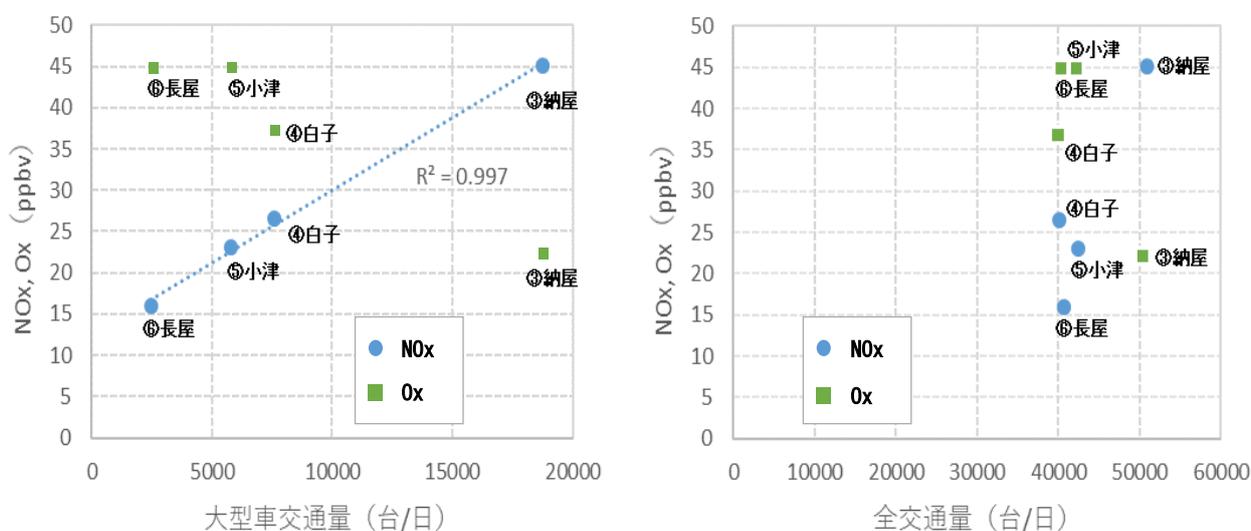


図4 各地点のNOx およびOxの濃度と交通量の関係

NOxの発生源として考えられる自動車の交通量とNOxの関連性を検討するため、国道23号沿いの③納屋、④白子、⑤小津および⑥長屋について、NOx濃度、Ox濃度と自動車交通量の関係を、表3および図4に示した。なお、自動車交通量のデータは国土交通省の令和3年のデータを使用した。図4のとおり大型車交通量とNOx濃度には、高い正の相関が見られるが、全交通量では交通量に大きな差がないことから、国道23号沿いのNOx濃度は大型車からの排出が大きく影響しているものと考えられる。

一方Oxについては、Ox濃度と大型車交通量、さらにOxの前駆物質であるNOx濃度とOx濃度に正の相関はみられず、Oxの生成には、他の要因が関係しているものと考えられる。例えば、③納屋においては、大型車交通量が他の地点の2倍を超えていることなどが要因となり、NOx濃度が年間を通して、高濃度で推移していると考えられる

が、Ox濃度は、他の地点と比較して低い傾向を示した。これは、NOxがOxの前駆物質であるとともに、NOタイトレーション効果があるため、NO濃度が高い③納屋において、NOがOxを消費し、見かけ上、Oxが低くなったと考えられる。

2. 実態調査と測定局のデータの比較

②三浜、⑦鳥羽高校の実態調査および一般局で取得したOx、NOxおよびNO₂の濃度について、比較を行った。その結果を図5に示す。図5のとおり、Ox、NOxおよびNO₂のいずれにおいても、パッシブ法と測定局の数値に相関があることが確認された。このことより、自排局納屋および自排局白子のようにOxを測定していない測定局についても、パッシブ法のデータを補完的に組み合わせることにより、NOxのOxに対する影響を評価することが可能であることが判明した。



図5 ②三浜および⑦鳥羽高校におけるパッシブ法と測定局データの各成分の濃度変化

3. 測定局のデータの解析

測定局のうち、一般局三浜、自排局納屋および一般局鳥羽高校について、NO_x および O_x の濃度推移を測定局データを用いて解析した。NO_x 濃度の年平均値の推移を図6に示す。また、一般局三浜、自排局納屋、一般局鳥羽高校の NO_x 濃度、O_x 濃度、これらの濃度から算出した PO 濃度の月間平均値の推移を図7から図9に示す。なお、O_x 濃度は自排局では測定を行っていないことから、図8および図9は、一般局である三浜および鳥羽高校のみのデータとなっている。

自排局納屋の NO_x 濃度は、図6のとおり一般局三浜、一般局鳥羽高校と比較して常に高い濃度を

示しているが、2002年の自動車 NO_x・PM法の施行以降、減少傾向が見られ、同法による規制の効果が裏付けられる結果となっている。

NO_x 濃度の月間平均値の推移について、図10のような国道23号線の西側に位置する自排局納屋と、東側に位置する一般局三浜を比較したところ、図7-2のとおり春季、夏季は自排局納屋の濃度が高く、冬季は、自排局納屋と一般局三浜とで同程度の濃度となることが確認された。図11は、各季節における四日市地域の特徴的な風向の出現頻度を示したものであり、秋季、冬季は北西寄りの風が主風向として出現しているのに対

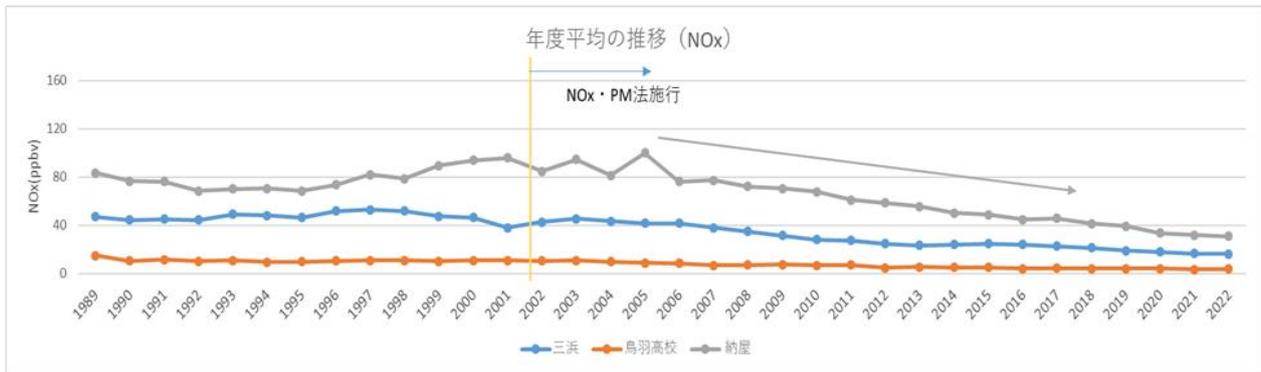


図6 三重県測定局のNOx年平均値の濃度変化

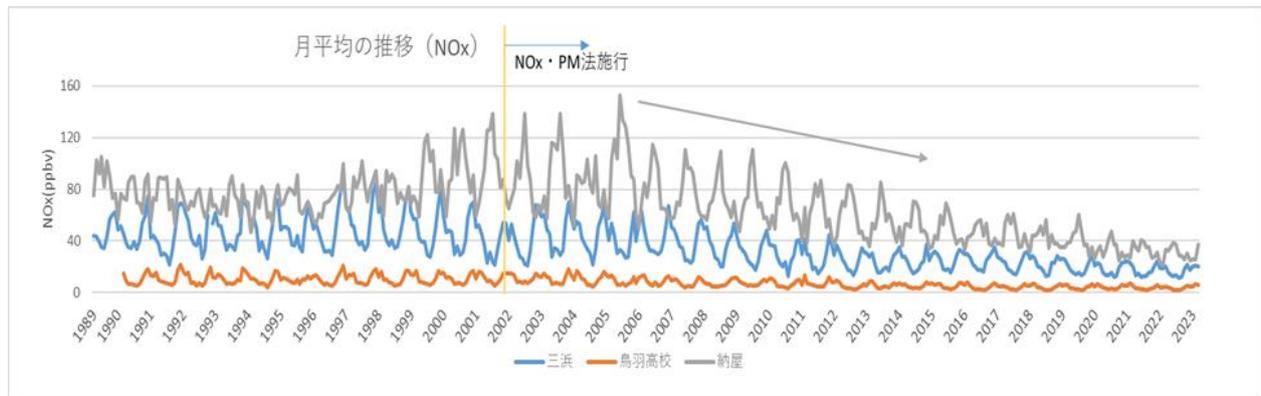


図7 三重県測定局のNOx月平均値の濃度変化

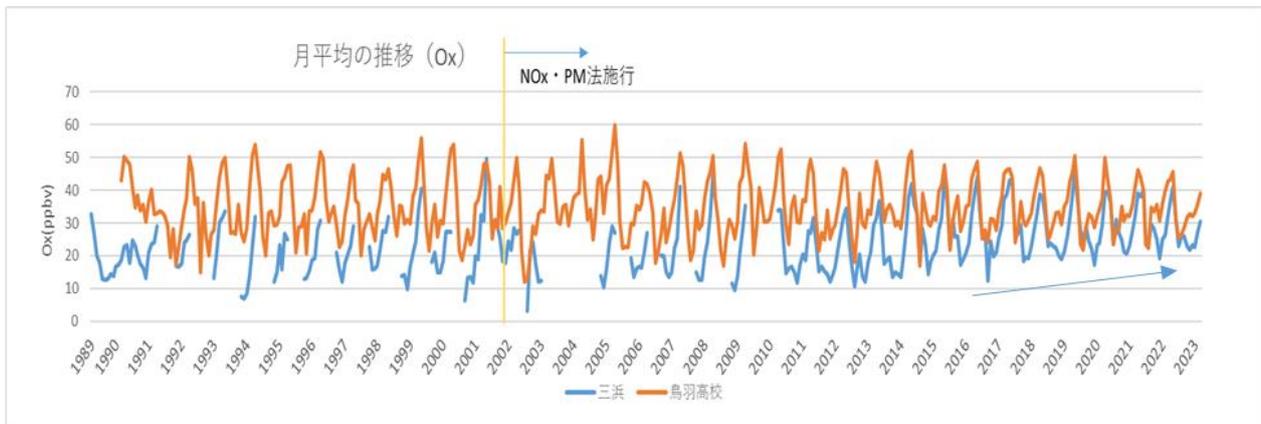


図8 三重県測定局のOx月平均値の濃度変化

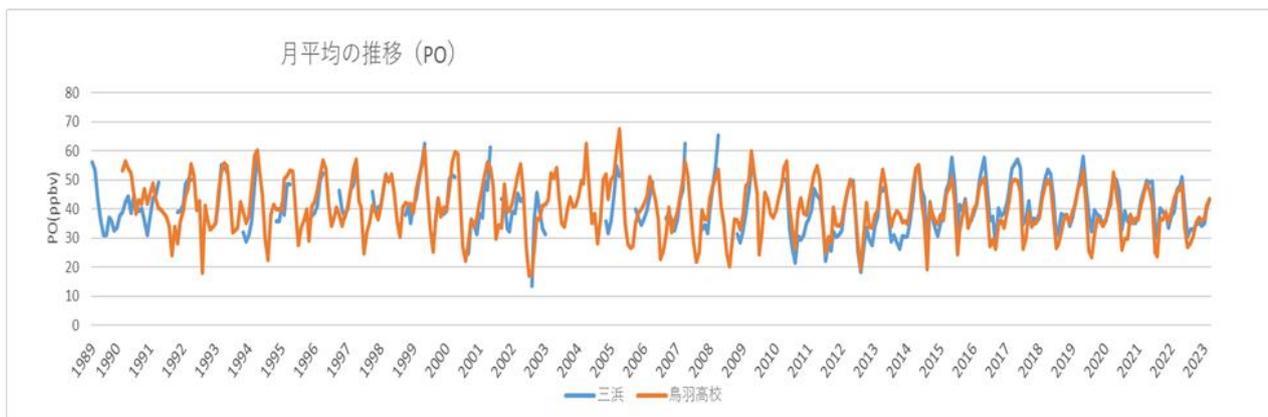


図9 三重県測定局のPO月平均値の濃度変化

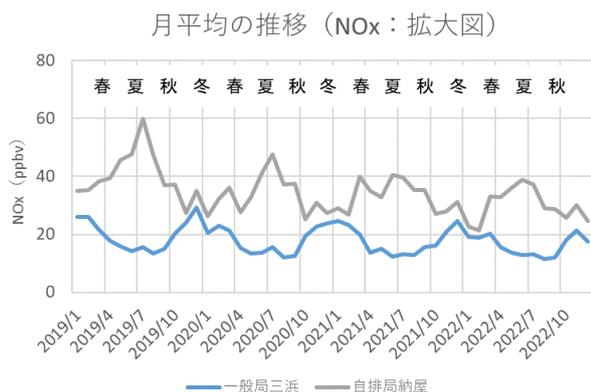


図 7-2 自排局納屋および一般局三浜の NOx 月平均値の濃度変化 (拡大図)



図 10 自排局納屋および一般局三浜と国道 23 号線の位置

し、春季、夏季は北西寄りだけでなく、南東寄りの風も出現している。したがって、このような気象条件が要因となり、自排局納屋と一般局三浜の間で、季節による特徴的な事象の発生に繋がっているものと推察される。

Ox 濃度は、前述のとおり一般局三浜では NOx 濃度が自動車 NOx・PM 法の施行以降、減少傾向であるにもかかわらず、図 8 のとおり近年漸増傾向にあり、今後さらなる要因解析が求められる。

PO 濃度は、図 9 のように 1990 年頃から横ばい傾向であり、一般局三浜と一般局鳥羽高校に大差はみられなかった。一般局三浜の NOx 濃度は一般局鳥羽高校より高く、Ox 濃度は、逆に一般局三浜の方が低い傾向を示した。これは一般局三浜が国道 23 号線に近く、大型車により NOx が高濃度となるものの、NO タイトレーション効果により見かけ上、Ox が低くなったと考えられるが、両地点の PO は同程度であったことから、同等の潜在的なポテンシャルを有していることを示唆している。

4. 測定局のデータを用いた県内 NOx および Ox の時間変化

伊勢湾を含めた三重県周辺における Ox の挙動を把握するため、Ox が高濃度となった 2022 年 5 月 18 日を典型的な分布のモデルケースとして、

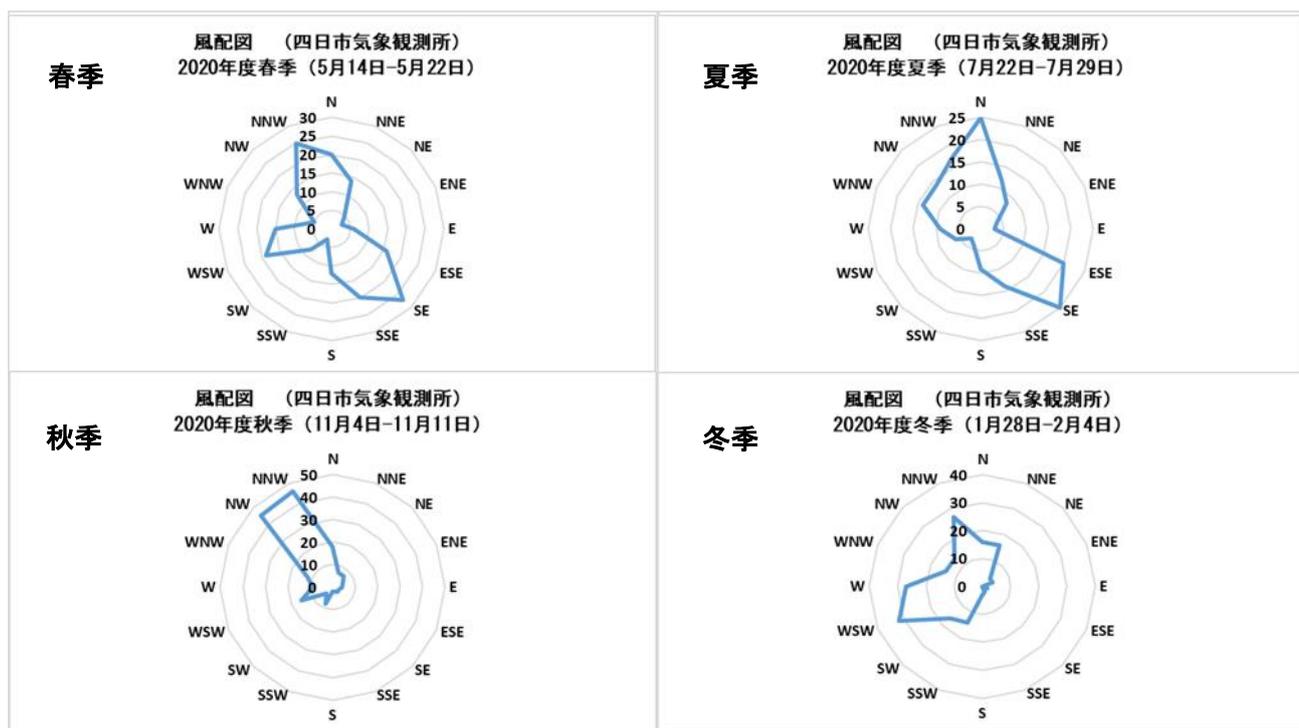


図 1 1 各季節における風向の出現頻度 (四日市市)

図1 2および図1 3に示した気象データと、図1 4に示した全測定局のNOxおよびOxのデータを用い、NOxの発生、Oxの生成における時間的変化について解析を行った。

5月18日の6時、12時、15時および18時における風向風速、NOx濃度およびOx濃度の水平分布を図1 5に示す。水平分布図の作成にあたっては、pythonとmpl_toolkits.basemapモジュールを利用し、「距離加重法（IDW：Invers Distance Weighting）」により求めた。5月18日6時の水平分布図のとおり、NOxは四日市、鈴鹿の国道23号付近で高濃度のエリアが発生した。その時間に対応するOx濃度は三重県の北勢・中勢地域全体で低かった。その後、NOxは北西寄りの風により伊勢湾方向に流され、伊勢湾上空で太陽光による光化学反応が起こり、Oxが生成され濃度が上昇した可能性がある。午後からは風向が南東寄りに変化したため、伊勢湾上空で生成したOxが三重県方向に流れ込み、三重県の海岸部や北勢・中勢地域の濃度が上昇、さらにOxの大部分が中勢地域から北勢地域へと移動して行く様子が観察された。千葉ら¹⁰⁾は、三重県内の北勢地域にある鈴鹿山系のブナ林でのO₃濃度調査において、標高の高い

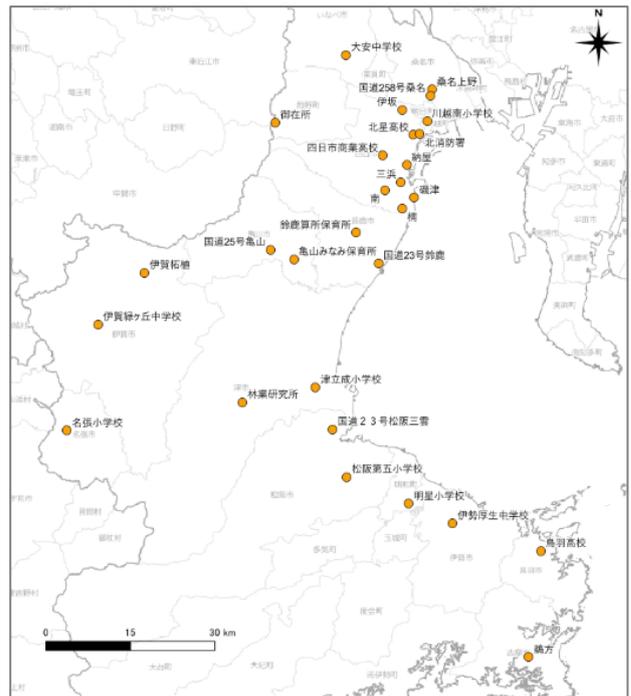


図1 4 三重県測定局配置図

地点ほどO₃濃度が高濃度で検出されていることを報告しており、鈴鹿山系の山麓に設置されている一般測定局大安中学校で高いO₃濃度が観測された場合、風向（主に南東の風）の影響を受け、ブナ林でO₃濃度が高まる可能性を示唆している。また、松隈ら¹¹⁾は、東京湾周辺で発生した1次汚染物質（NOx）が陸風で早朝に東京湾上空や相模湾上空に移動し、そこで日射の影響を受けてO₃濃度が上昇した後、海風により気塊は北上し、丹沢山系に高濃度O₃をもたらすことを報告しており、今回示した5月18日の三重県内の事象と類似性を有する可能性がある。

5月18日は図1 3の気象データのとおり、比較的気温が高く、日射時間も長かったことからOx発生の条件が整い、Oxが高濃度となったものと考え

風配図（2022年5月18日 四日市気象観測所）

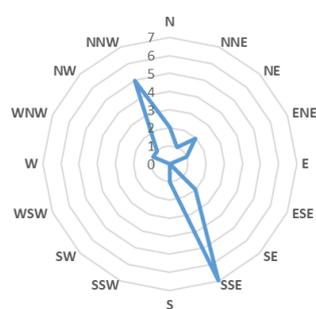


図1 2 2022年5月18日の四日市気象観測所における風配図

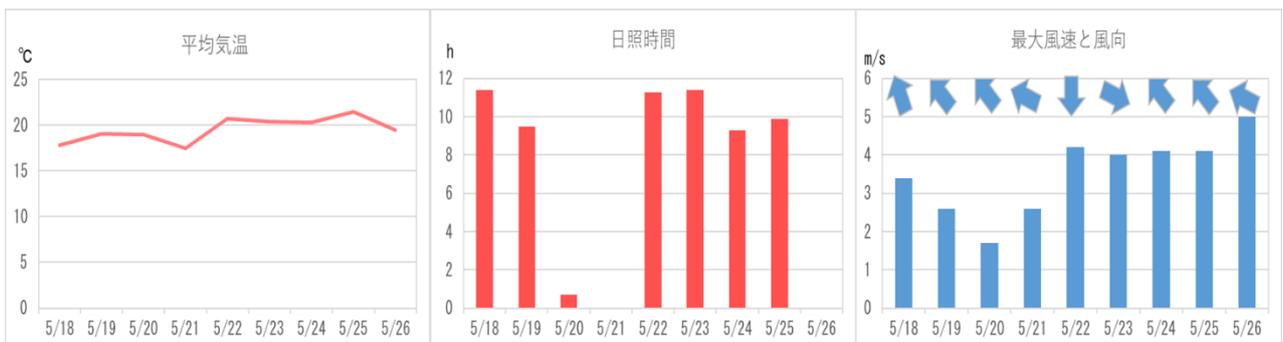
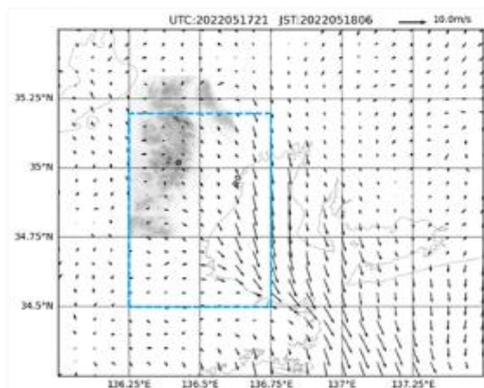
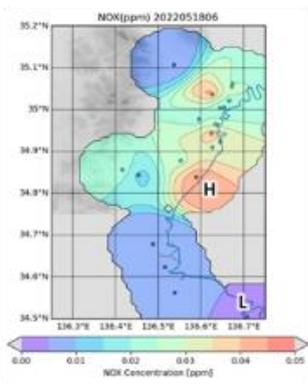


図1 3 2022年5月18日-26日の四日市気象観測所における気象

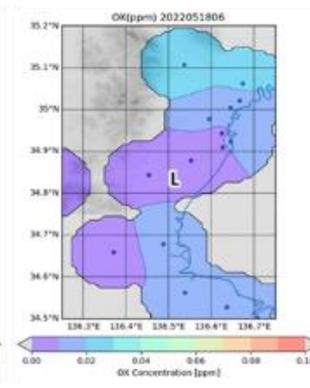
2022/5/18 6時 風向風速



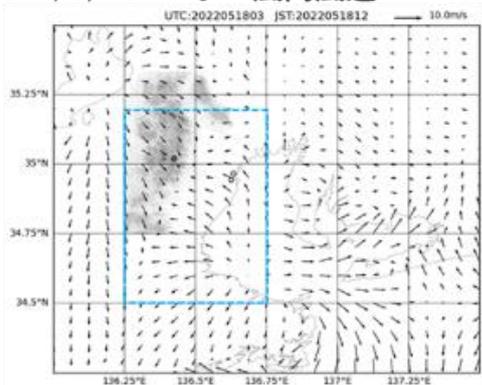
NOx



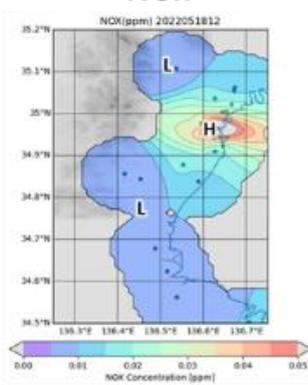
Ox



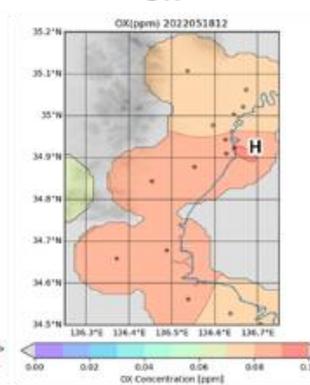
2022/5/18 12時 風向風速



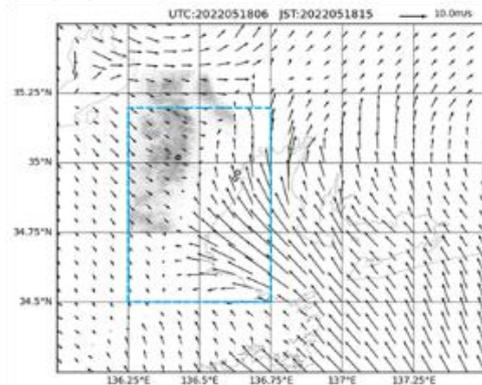
NOx



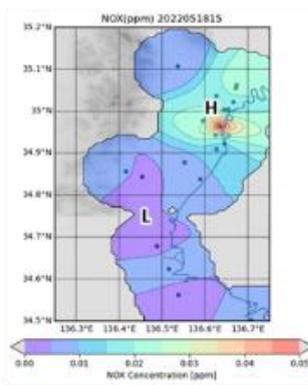
Ox



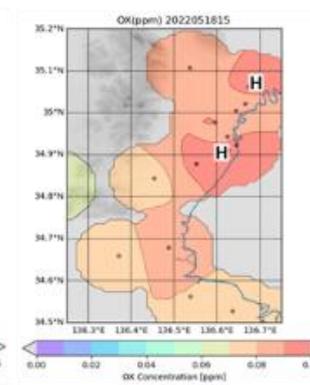
2022/5/18 15時 風向風速



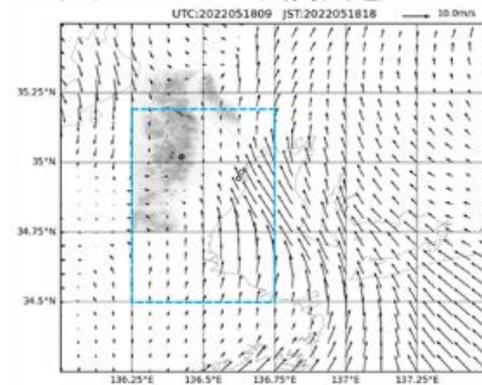
NOx



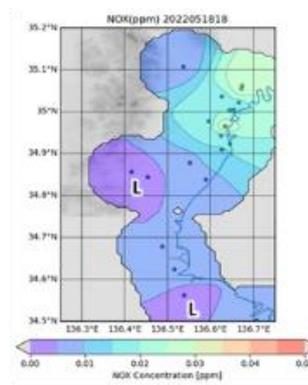
Ox



2022/5/18 18時 風向風速



NOx



Ox

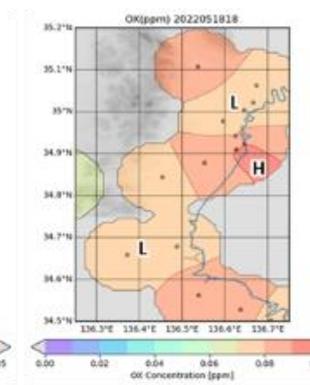


図 15 2022 年 5 月 18 日の風向風速と NOx および Ox 濃度の水平分布図

えられる。

さらに、図16のとおり、5月18日の高さ500m付近の 대기について、鉛直方向および水平方向の動きを検討したところ、近隣県を含め三重県、伊勢湾上空で滞留しており、当該気象条件もOxが高濃度となった要因の一つと考えられる。

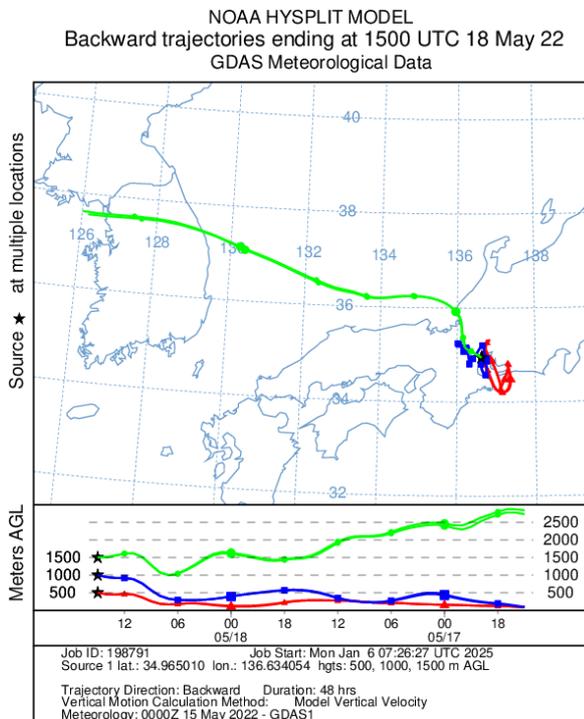


図16 2022年5月18日の後方流跡線

まとめ

NOxの生成には、大型車の交通量が関係していることが明確になり、大型車への対策がOxに係る基準達成への有効な対策となることが示された。

パッシブ法による実態調査と測定局のデータを比較したところ、データに相関がみられ、パッシブ法のデータを補完的に測定局のデータと組み合わせることにより、NOxのOxに対する影響を評価することが可能であることが判明した。

測定局のデータを解析したところ、2002年の自動車NOx・PM法の施行以降、特に自動車交通量の多い③納屋においてNOxが減少しており、自動車NOx・PM法がNOxの対策として効果的であったことが明確となった。

Oxが高濃度で検出された2022年5月18日について、NOxおよびOxの挙動を水平分布図により解析した結果、Oxの前駆物質であるNOxが、日射や風向などの気象条件の影響を受け、Oxに変

化・移動していくことが示唆された。特に、三重県北中勢地域で発生したNOxは、北西風により伊勢湾方向に流され、伊勢湾上空で太陽光によりOxへ変化した後、南東風により三重県方向に流れ込み、海岸部や北中勢付近でOx濃度が上昇する様子が確認された。

本研究では、Oxの生成原因の一つであるNOxに着目したが、今後は前駆物質として指摘されている揮発性有機化合物(VOC)等との関連についても、検討を重ねていく必要がある。

謝辞

本調査研究を実施するにあたり、パッシブ法による実態調査の際、サンプラーの設置場所の提供にご協力いただきました事業所および四日市市の皆様に深く感謝の意を表します。

また、本調査研究について、ご助言並びに水平分布図を作成・提供いただきました四日市大学環境情報学部千葉賢教授に、深く感謝の意を表します。

文献

- 1) 島 正之：大気環境と健康－日本における経験と世界の現状－，日健医誌，**29** (2)，122-129 (2020)。
- 2) 太田志津子：大気環境行政の現状と課題－大気環境の一層の改善に向けて－，環境技術，**52** (1)，5-9 (2023)。
- 3) 環境省水・大気環境局：令和4年度大気汚染状況について，https://www.env.go.jp/press/press_03287.html (2025.1.24 アクセス)
- 4) 三重県環境生活部環境共生局：令和5年度大気環境測定結果を公表します，<https://www.pref.mie.lg.jp/TOPICS/m0012500162.htm> (2025.1.24 アクセス)
- 5) 光化学オキシダント調査検討会：光化学オキシダント調査検討会 報告書，70-77 (2017)。
- 6) 横浜市環境科学研究所：短期暴露用拡散型サンプラーを用いた環境大気中のNO，NO₂，SO₂，O₃およびNH₃濃度の測定方法(改訂版)，2010。
- 7) 佐々木博行，佐藤詩乃，小武 希，猪又義広，水戸部英子，清水英幸，高橋善幸，家合浩明：パッシブサンプラーによる大気中オゾン濃度測定法の改良に関する検討，環境化学，

- 31, 40-46 (2021).
- 8) 勝間 孝：香川県における新指標を用いた光化学オキシダント評価について，香川県環境保健研究センター所報，**18**, 38-44 (2019).
- 9) 坂本祥一，熊谷貴美代，田子 博，菅田誠治：関東平野部における気象要因を考慮した近年の光化学オキシダント濃度変化の解析，大気環境学会誌，**57** (5)，109-118 (2022).
- 10) 千葉 賢，保黒時男：鈴鹿山系朝明川源流域ブナ林のオゾン濃度調査，四日市大学論集，**37** (2)，115-133 (2024).
- 11) 松隈大亮，板橋秀一，鶴野伊津志，若松伸司：丹沢山地における高濃度オゾンの広域移流現象の数値解析，大気環境学会誌，**47** (4)，173-178 (2012).

三重県保健環境研究所年報
ISSN（国際標準逐次刊行物番号）等履歴

発行年	雑誌名	ISSN	雑誌名	ISSN CODEN
～1998年	三重県衛生研究所 年報 (～通巻43号)	0912-5752	三重県環境科学 センター研究報告 (～通巻19号)	0388-2640
1999年	三重県保健環境研究 所（衛生部門）年報 第1号（通巻44号）	1345-4595	三重県保健環境研究 所（環境部門）年報 第1号（通巻20号）	1345-4587
2000年 (1冊に統合)	三重県保健環境研究所年報 第2号（通巻45号）			1346-1001 MHKKCR
2001年	三重県科学技術振興センター保健環境研究部年報 第3号（通巻46号）			1346-9517 MHKKCR
2002年～	三重県科学技術振興センター保健環境研究部年報 第4号（通巻47号）～			1346-9517 MKGSBH
2008年～	三重県保健環境研究所年報 第10号（通巻53号）～			1882-9139 MHKKDS
2017年～	三重県保健環境研究所年報 第19号（通巻62号）～			2433-7145 MHKKDS

三重県保健環境研究所年報
第26号（通巻第69号）

2024年

発行年月 令和7年3月（2025.3）

編集発行 三重県保健環境研究所

〒512-1211 三重県四日市市桜町 3684-11

TEL 059-329-3800

FAX 059-329-3004
