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 23 号（通巻第 66 号）

2021 年

Annual Report of Mie Prefecture Health and Environment Research Institute

No. 23(Serial No. 66)

2021

三重県保健環境研究所

はじめに

令和3年度は,「みえ県民力ビジョン・第三次行動計画」の2年目となります．当研究所では「みえ県民力ビジョン」の基本理念である「県民力でめざす『幸福実感日本一』の三重」をめざす取り組みにおいて「守る」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，令和元年 12 月，中華人民共和国湖北省武漢市において確認された新型コロナウイルス感染症は，令和 2 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)」を宣言され，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ました．その後，ウイルスの度重なる変異により感染の波は国内のみならず世界中を幾度も襲っており，三重県においても，緊急事態宣言，まん延防止等重点措置が適応されるなど，県民の皆様へ多大な影響を及ぼしています．これに対し医療提供体制の確保，積極的疫学調査の実施．検査体制の拡充，ワクチン接種の促進等，新型コロナウイルス感染症対策に全力で取り組んでいるところです。このような状況下，試験研究機関である当研究所においては新型コロナウイルス感染症の終息に向け，その検査や感染症情報の提供に所全体で取り組んでいるところです．

また，一方で環境分野に目を向けると，$PM_{2.5}$や光化学オキシダントといった大気汚染の原因解明や河川の水環境保全に向けたアプローチが継続して求められているほか，食品ロスやプラスチックごみの対策，マイクロプラスチックによる環境汚染の問題，さらには伊勢湾内における貧酸素水塊に代表される海域の水環境と海洋資源に関する課題，すなわち「きれいで豊かな海」への挑戦など，本県で取り組むべき課題が山積しています．

こうした中,「命を守る」,「暮らしの安全を守る」,「環境を守る」をキーワードとして，積極的な感染症対策，食の安全・安心の確保や環境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 3 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重ねてお願い申し上げます．

令和4年3月1日

三重県保健環境研究所

所　長　　中　井　康　博

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　原　著

汚泥肥料の利用における安全性確認に係る調査・研究 …… 25
近藤笑加，奥山幸俊，坂口貴啓，立野雄也，渡邉卓弥，石田健太，
阪本晶子，有冨洋子

伊勢湾の水質と植物プランクトンの年代推移の解析 …… 41
渡邉卓弥，石田健太，国分秀樹，岩出将英，辻将治，大八木真希，
千葉賢

２　ノート

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） …… 48
矢野拓弥，北浦伸浩，中井康博

三重県におけるアミノ酸変異(N501Y，L452R) を有する新型コロナウイルス（SARS-CoV-2）の経時的検出状況とその他のアミノ酸変異（E484K, F490S，L452Q）の動向 …… 53
矢野拓弥，永井佑樹，楠原一，小林章人，北浦伸浩，中井康博

三重県におけるA型肝炎の発生状況とA型肝炎ウイルスの分子疫学的解析（2015～2020年）…… 57
楠原一，北浦伸浩

３　資　料

2020年度感染症流行予測調査結果　…… 61
（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，北浦伸浩，中井康博

2020年感染症発生動向調査結果　…… 66
楠原一，小林章人，矢野拓弥，永井佑樹，北浦伸浩

三重県における2020年度環境放射能調査結果　…… 72
佐藤大輝，西智広，森康則，吉村英基

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.

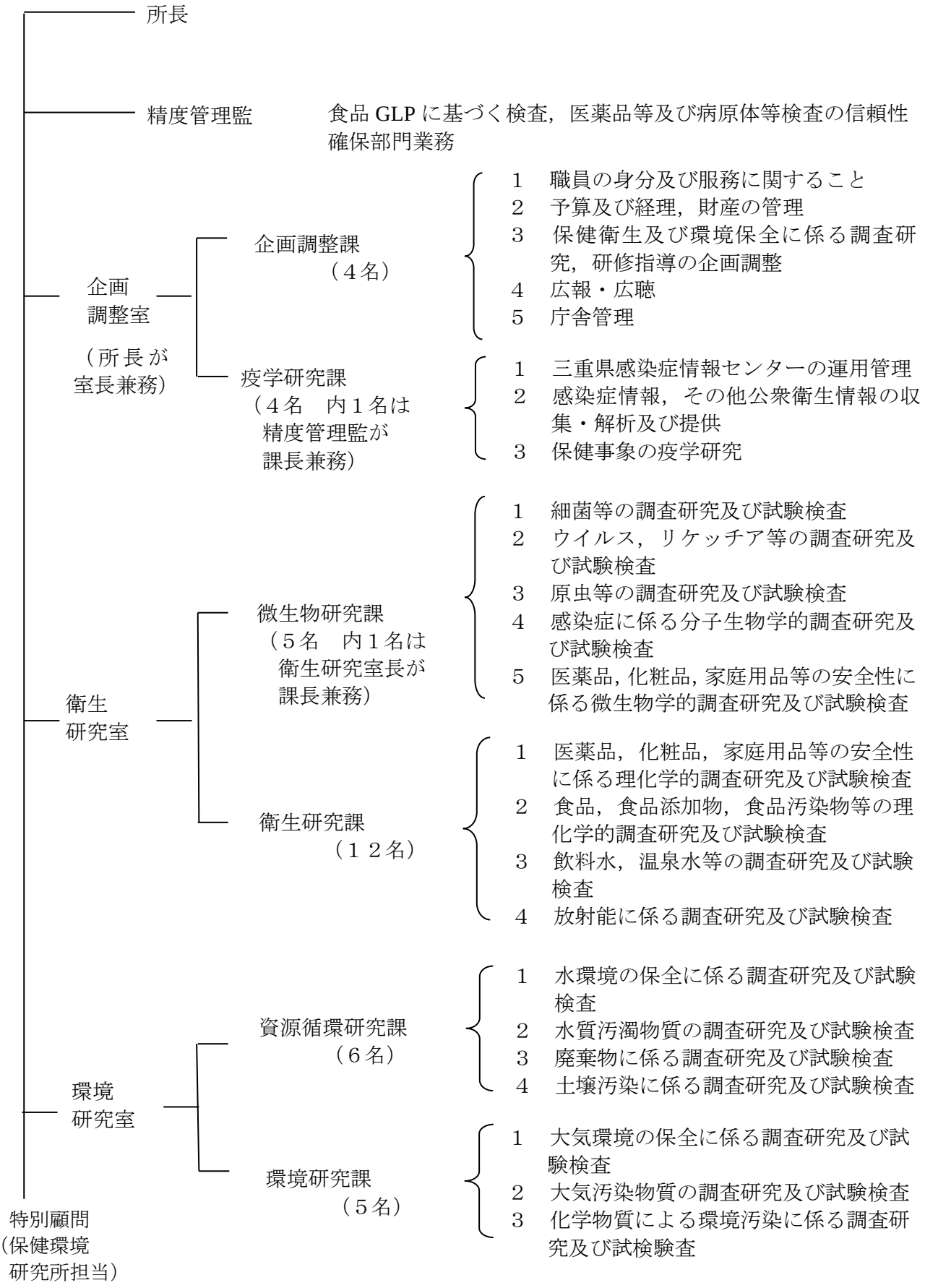
3）　保健環境研究所

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.

（令和 3 年 4 月 1 日現在）

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構築に関する研究（厚生労働科学研究費補助金）
（令和元年度～令和 3 年度）

高齢者に対する肺炎球菌ワクチンの予防効果及び小児用 13 価ワクチンの接種の普及による成人の侵襲性肺炎球菌感染症の予防効果，及びワクチンの接種の普及による成人の侵襲性肺炎球菌感染症の血清型の推移を調査するため，感染症発生動向調査の基幹定点医療機関から侵襲性肺炎球菌感染症の届出がされた調査票と菌株を国立感染症研究所に送付する．また，成人における侵襲性インフルエンザ菌感染症についても同様に対応し，患者発生動向，臨床像及び原因菌の血清型分布の推移を明らかにすることで我が国における侵襲性肺炎球菌感染症及び侵襲性インフルエンザ菌感染症サーベイランスに役立てることを目的としている．

２）　微生物研究課

（１）要因別ノロウイルス流行状況に関する研究（令和元年度～令和 2 年度）

食中毒等の健康被害事例や小児の感染性胃腸炎に加え，これまで調査の対象外であった地域や成人の感染性胃腸炎，さらに動物から検出されたノロウイルスの遺伝子を解析し，要因別に流行株の遺伝子型を分類する．このことにより，これまでの経時的な流行株の変化だけではなく，同じ時期の地域，年齢，動物種などの間における流行株の違いを明らかにし，より詳細なノロウイルスの流行状況の把握に努める．

（２）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 4 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)」を宣言され，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シングといった対策を実施する以外に感染対策はなく，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．

（３）ネコノロウイルスによる感染性胃腸炎の研究－ノロウイルスの病原性と宿主免疫応答－
（平成 31 年度～令和 3 年度）

毎年冬期にノロウイルスによる胃腸炎の流行が報告されている．ヒトノロウイルスに対する予防薬および治療薬の開発には再現性の高い動物モデルが必要である．これまでの研究で私たちは，ネコをノロウイルス感染症の新たな動物疾患モデルとして応用できる可能性を報告した．本研究では，ネコに対して高い確率で胃腸炎を起こすネコノロウイルス株を使用して．ウイルス感染後の宿主に

おける免疫動態を解析し，ノロウイルスワクチンの開発においてネコの系が応用可能か否かを検討する．

（４）ノロウイルスによる健康被害実態及び食品寄与率の推計に関する研究

（平成 31 年度～令和 3 年度）

ノロウイルスによる感染症は毎年大規模食中毒事例や集団感染事例などの健康被害が報告されており，その対策は公衆衛生上の大きな課題となっている．食品衛生の観点からはノロウイルス感染症の全体像(ヒト，食品, 環境での循環)や, 全体における食品の寄与を把握しその低減を図ることが重要である．また, ノロウイルスによる食中毒の原因として調理従事者による食品の汚染が多くの事例で報告され，大量調理施設衛生管理マニュアルの改訂などの対策が講じられてきたが，現状では調理従事者における感染状況や有効な対策のあり方については不明な点が多い．

上記を踏まえ，本研究ではノロウイルス感染症における全体像，食品の寄与, および調理従事者の感染状況等の把握のための基礎的知見をえることを目的とする．

（５）2009 年に発生した A/H1N1pdm09 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と流行動態との相関性について（2008/2009～2019/2020 シーズン）

東海乳酸菌研究会研究助成（令和 2 年度）

2009 年にパンデミックを引き起こした A/H1N1pdm09 ウイルスの発生から 10 年以上を経過し，現在においても季節性インフルエンザウイルスとして，ヒトの世界で流行を繰り返している.季節性インフルエンザウイルスは抗原性状が頻繁に変化する特性を有しており，その流行動態と流行規模はウイルスの抗原性の変化との関連性が知られている．

本研究では，2009 年以降に三重県で分離された A/H1N1pdm09 ウイルスについて，遺伝子学的な変遷を明らかにし，その流行動態との相関性を探り，公衆衛生の向上に繋がる知見を得ることを目的とする．2009 年にパンデミックを引き起こした A/H1N1pdm09 ウイルスは発生から 10 年以上を経過したが，近年の流行間隔や早期流行が流行ウイルス株との影響および関連性が注視されている．本研究によりアミノの変異の有無を調べ，流行動態との関係性が把握されれば，事前の流行動態予測に繋がり，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，高齢者等への重症化予防策定や公衆衛生および地域医療の質の向上の一助となるものである．

（６）新しいインフルエンザ治療薬であるバロキサビル マルボキシルにおける薬剤耐性インフルエンザウイルスの動向把握 −三重県−（令和 2 年度～令和 3 年度）

大同生命厚生事業団研究助成

新規のインフルエンザ治療薬（商品名；ゾフルーザ）である「バロキサビル マルボキシル」は，国内の治療薬の中で 2018 年の供給実績が最多を占めたが，薬剤耐性ウイルスの出現頻度が高く，その蔓延が危惧されている．そこで三重県内のバロキサビル マルボキシル耐性ウイルスの発生状況を調査し，得られた知見を予防啓発等の情報発信に努めることで，県民の健康と公衆衛生の質の向上の一助とすることを目的とする．

（７）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～）

新たに 2019 年末に中国で初めて確認された新型コロナウイルス（SARS-CoV-2）は、2020 年 1 月に国内で初めて感染者が確認され，その後，現在まで国内各地で感染クラスターが発生し，第 1～3 波の感染ピークがみられている．これまでの国内主流の SARS-CoV-2 は Spike 遺伝子の 614 番目のアスパラギン酸がグリシンに変異した 2020 年 3～4 月の欧州由来のウイルスが主流である．

一方で複数ヵ所に特徴的な変異（N501Y，E484K，K417T/N，L452R）を有する英国や南アフリ

カ，ブラジル，インド由来の変異株の感染拡大が国内外で懸念されている．

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することで感染拡大封じ込めに繋がる知見を得ることを目的とする．

３）　衛生研究課

（１）公衆浴場におけるレジオネラ属菌制御を目的とした先駆的手法の実地検証（令和2～4年度）

レジオネラ属菌は，公衆浴場等を含む水系施設の衛生管理に不備があると増殖し，経気道感染すると重篤な肺炎を引き起こす．特に高齢者等のハイリスクグループでは重篤化し，死亡する場合もある．このため公衆浴場では，浴用水中でレジオネラ属菌を増殖させないための適切な衛生管理が必要である．

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非常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．本事業では，モノクロラミン消毒を含む先駆的な衛生管理方法の実用化と普及を目的として，三重県の温泉水を対象とした様々な検証実験を行う．本成果の普及を通じて，生活衛生営業施設の自主的な衛生管理の推進と，県民のレジオネラ症の未然防止に貢献する．

４）　資源循環研究課

（１）汚泥肥料の利用における安全性確認に係る基礎的調査・研究（平成 30 年度～令和 2 年度）

三重県は，資源循環型社会の構築を目指し，産業廃棄物の発生抑制など，3R の推進を行っている．産業廃棄物の中でも下水汚泥は，下水道普及率が年々増加してきていることから，今後，発生量が増えていくことが予想されるもののひとつである．下水汚泥はリン資源としての有用性が注目されており，汚泥肥料としての緑農地利用が推進されていくことが見込まれる一方で，微量に含有する可能性のある有害成分が施肥により土壌中に蓄積していくことが懸念される．

産業廃棄物の安全・安心なリサイクルを推進するために，汚泥肥料の有害成分の土壌中における挙動に関する基礎的な調査研究を実施し，汚泥肥料の安全性などを明確にし，適正性を検証す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）
「廃棄物の不適正管理に起因する環境影響の未然防止に係る迅速対応調査手法に関する研究」
（令和 2 年度～令和 4 年度）

廃棄物の不適正管理に起因する事案発生時を想定した際の，初動対応に係る調査の実施手順案を作成し，それに基づいて廃棄物の不適正な保管および処分の現場における現場調査を実施する．そして，問題特定や影響範囲の評価に至るプロセスを検証し、実施手順や調査マニュアルの改善を図ることを目的とする．

また，現場観測事例の蓄積ならびに観測手法の改善を継続的に行う．観測事例を含む知見の情報共有プラットフォームを構築し，事案発生時における自治体横断的な支援体制を構築する．

５）　環境研究課

（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 5 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．

（２）光化学オキシダントの挙動における窒素酸化物の影響に関する研究
（平成 30 年度～令和 4 年度）

全国的にも環境基準達成率が非常に低い光化学オキシダントは，県内では大気汚染常時監視測定局の一般環境測定局 23 局で測定を行っているが，これまで環境基準を達成している測定局はない．また，窒素酸化物は自動車排ガスに多く含まれ，光化学オキシダントの生成と消滅に深くかかわっている．しかし，県内の自動車排ガス測定局（自排局）8 局では光化学オキシダントの測定を行っておらず，光化学オキシダント濃度と窒素酸化物との詳細な関連性の解明はまだまだ不十分である．

本研究では，沿道や固定発生源で窒素酸化物とともにオゾンを測定することにより，各地点の汚染の実態を把握し，自動車排ガス等の影響により光化学オキシダントがどのような挙動を示しているかを明らかにするとともに大気汚染常時監視測定局で得られる膨大な測定データから，光化学オキシダントの挙動に関して着目すべき測定項目を抽出し，光化学オキシダント濃度の変動要因の解明へとつなげていくことを目的とする．

（３）PRTR データを活用した有害大気汚染物質モニタリング調査の全県域的評価に関する調査
（平成 30 年度～令和 2 年度）

平成 8 年 5 月に大気汚染防止法が改正され，低濃度ではあるが長期曝露によって人の健康を損なうおそれのある有害大気汚染物質の対策について制度化され，有害性の程度や大気環境の状況等により健康リスクがある程度高いと考えられる 22（現在は 23）の「優先取組物質」が地方公共団体（都道府県及び大気汚染防止法の政令市）においてモニタリング調査が行われるようになり，当県でも平成 9 年 10 月から調査を実施している．

同調査の事務処理要領および有害大気汚染物質モニタリング地点選定ガイドラインでは，人口や汚染物質の排出量の変化等により，地点を見直すことが明記されている．同一地点でモニタリング調査を継続することは，経年変化を確認するために重要であるが，一方で，周辺状況の変化等により現在の汚染物質の排出量等の実状に合っていない可能性もある．

本研究では，有害大気汚染物質の状況を正しく評価するために，各地域における汚染物質の排出量（PRTR データ）とモニタリング調査結果の比較の検証および県内における有害大気汚染物質の広域的な調査を行い，通常時における状況をデータとして蓄積する．この結果を環境担当部局に提供することで，最適な調査地点を決定するための判断材料のひとつとする．

（４）陸域から発生するプラスチック類の二次的マイクロプラスチック生成動態の解明
（住友財団環境研究助成）（令和元年度～令和 2 年度）

大きさが 5mm 以下のマイクロプラスチックは，国連の SDGs をはじめ G7 伊勢志摩サミットにおいても削減策の推進が重要課題として位置づけられており，国内有数の流域面積を誇る伊勢湾においても，近年，マイクロプラスチック汚染による生態系への影響が懸念されはじめている．また，海域に流入するマイクロプラスチックは，陸域の発生源から流出する一次的マイクロプラスチックだけではなく，それよりも大きなプラスチック類が流出経路で細分化されて二次的マイクロプラスチックになることも考えられることから，今後の発生抑制や削減を施策として進めるためには，発生源である陸域から河川・海域間におけるマイクロプラスチックの動態の解明およびプラスチック類の分解による二次的マイクロプラスチック生成過程の解明が 重要な課題である．

本研究では，①三重県四日市地域を流れる海蔵川を対象として，上流から河口域で，季節ごとにマイクロプラスチックおよび大型のプラスチック類の調査，②海蔵川流域内の利用形態（農地，林地，住宅地，工場等）の異なる複数の土地を対象とし，そこに堆積（発生）するマイクロプラスチックおよび大型のプラスチック類の調査，③各土地利用形態から発生する特徴的なプラスチック類について，河川環境を模した屋内分解実験を実施し，これらの結果を解析することにより，陸域の発生源から二次的マイクロプラスチックが形成されるまでのメカニズムを明らかにする．

（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）

「光化学オキシダントおよび PM2.5 汚染の地域的・気象的要因の解明」

（令和元年度～令和 3 年度）

近年，$PM_{2.5}$ は環境基準達成率が向上し，高濃度事象も減少傾向にあるが，地域によっては環境基準達成率が低く，また，環境基準達成率が高い地域においてもその理由が解明されたわけではない．一方、光化学オキシダント（Ox）は原因物質の対策が行われているにもかかわらず，全国的に環境基準達成率に顕著な改善は見られていない．また，Ox は $PM_{2.5}$ の生成（二次生成）にも関与することから，メカニズムの解明は Ox と $PM_{2.5}$ を同時に考慮する必要性が指摘されている．

本研究は，Ox の現状把握と原因物質と Ox 生成に関する基本的知見の取得，$PM_{2.5}$ の発生源寄与解析や気象解析等による高濃度要因の解明，シミュレーションモデルを活用した大気汚染物質の挙動の把握と Ox，$PM_{2.5}$ の高濃度要因の解明を目的とし，①Ox と窒素酸化物の関係に着目した解析，②Ox と $PM_{2.5}$ の関係に着目した解析，③$PM_{2.5}$ の高濃度事象解析，④$PM_{2.5}$ の成分データ解析，⑤$PM_{2.5}$ の成分分析法開発，⑥瀬戸内海における $PM_{2.5}$ の高濃度事象の解析，⑦シミュレーションモデルによる解析，の 7 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）

「災害時等の緊急調査を想定した GC/MS による化学物質の網羅的簡易迅速測定法の開発」

（令和元年度～令和 3 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）の構築を目的としている．

①災害時に懸念される物質として選定されたものについてデータを採取し，DB を作成する．②①により登録された DB を利用し，各機関での環境試料測定に供し，誤差確認やソフトウェア改善を行う．③AIQS－DB の活用マニュアルを作成する，の３つの内容に分けられ，国立環境研究所と地方環境研究所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，地方環境研究機関等）

２．２　試験検査

１）　微生物研究課

（１）　一般依頼検査

市町，医薬品・食品会社，個人等からの依頼があれば各種微生物分離，同定等の試験を行っている．

1999年度から大多数の一般依頼検査は民間の検査機関へ移行し，当課では民間で対応できない試験検査等を対応している．令和元年度における試験検査（温泉水）の依頼は無かった．（表1）．

表１　　一般依頼検査

検査等の項目	件数	検査項目	検査検体等
食品・水等の検査	0	一般細菌数	鉱水
		大腸菌（群）	鉱水
計	0		

（２）　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PFGE，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，桑名市，四日市市，鈴鹿市，津市，松阪市，伊賀市，伊勢市，尾鷲市，熊野市等の検査定点医療機関で採取された咽頭拭い液，鼻汁，糞便，血清，髄液，尿，唾液，喀痰，鼻咽頭拭い液，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，風疹，感染性胃腸炎及び嘔吐下痢症等の消化器疾患，無菌性髄膜炎，発疹症，インフルエンザ様疾患等である．2020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17,328人の検査依頼（18,420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，日本紅斑熱リケッチア，インフルエンザウイルス，ライノウイルス，ノロウイルス（GII），風疹ウイルス等であった（表2）．

表２　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
咽頭拭い液	1,421	新型コロナウイルス	879
鼻汁	1,521	日本紅斑熱リケッチア	51
糞便	40	インフルエンザ AH1pdm09	10
血清	131	インフルエンザ B 型	10
髄液	18	ライノウイルス	10
尿	57	ノロウイルス GII	5
		風疹ウイルス 1E	3
その他（唾液、喀痰、鼻咽頭拭い液、鼻腔拭い液、全血、痂皮等）	15,232	その他（ロタウイルス，アストロウイルス，HBE，HHV6，ツツガムシ，アデノウイルス，ボカウイルス，パラインフルエンザウイルス等）	49
計	18,420		1,017

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，2020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35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，34頭中8頭（23.5%）から2-ME感受性抗体が検出された．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，2020年4月から9月に県内医療機関等で採血された血清（計360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64.2%, 風疹92.5%, 麻疹98.1%であった. インフルエンザはA/Guangdong-Maonan/SWL1536/2019（A/H1N1pdm2009）26.4%，A/Hong Kong/2671/2019（A/H3N2）58.9%，B/Victoria/705/2018（ビクトリア系統）11.7%，B/Phuket/3073/2013（山形系統）51.1%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，赤痢菌，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2020年度は，腸管出血性大腸菌34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 検体の合計24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VNTR法による分子疫学的解析を行い，感染源，感染経路等を解明し結核の感染予防につなげる.

2020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核酸62件についてVNTR法による分子疫学的解析を実施した．結果、新たに6種類のクラスター（JATA15）を確認した.

2） 衛生研究課

（1） 一般依頼試験

令和2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	1	－
その他	－	－
計	2	－

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2年度は新型コロナウイルス感染症対応のため事業が縮小され，検査数が減少している．検査結果は表2に示すとおりであり，延べ 153検体（3,227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	試験品数	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	2	18	0
防かび剤：イマザリル等4項目	0	0	0
酸化防止剤：BHA等4項目	2	8	0
着色料：合成着色料	0	0	0
甘味料：サイクラミン酸等3項目	2	6	0
漂白剤：二酸化イオウ・亜硫酸塩類	7	7	0
発色剤：亜硝酸ナトリウム	2	2	0
農産物等の残留農薬			
103項目	21	2,163	0
有機塩素系農薬	2	10	0
有機リン系農薬	10	200	0
茶農薬	5	210	0
残留動物用医薬品			
養殖魚	20	280	0
鶏卵	0	0	0
輸入肉	0	0	0
国産肉	14	214	0
総アフラトキシン	7	28	0
溶出試験	0	0	0
蛍光物質	1	1	0
遺伝子組み換え食品			
大豆	0	0	0
とうもろこし	0	0	0
アレルギー物質			
乳	1	2	0
卵	0	0	0
小麦	0	0	0
そば	0	0	0
落花生	11	22	0
えび，かに	0	0	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	0	0	0
麻痺性貝毒	33	33	―
計	153	3,227	0

＊：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，県内製造医薬品2検体及び医薬部外品3検体の収去検査を行ったところ，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，薬務感染症対策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 567 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53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，家庭用エアゾル製品9検体，住宅用洗浄剤4検体，かつら等接着剤4検体計39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	試験品数	検査項目
繊維製品	22	ホルムアルデヒド
かつら等接着剤	4	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
		落下試験
		耐酸性・耐アルカリ性試験
		圧縮変形試験
	39	

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：11ヶ所

令和2年度温泉行政検査（源泉）実施要領等に基づき，主に津地域防災総合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：10施設（1次調査）

令和2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2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	98	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

模擬牛乳1試料，模擬土壌1試料，寒天5試料の計7試料についてCd-109，Co-60，I-131，Cs-137，Mn-54，Fe-59，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2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2年度は，①pH ②鉛及びその化合物 ③硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素 ④ジェオスミン ⑤2 - メチルイソボルネオールの5項目について実施した．参加機関は，企業庁の6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15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 2 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 502 検体 5,659 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 190 検体，1,424 項目）を実施した.

（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発生等に伴う原因究明調査等を実施している．令和 2 年度は，水質汚染事故（延べ 5 検体，42 項目）に対応するための緊急時の検査を実施した.

（4） 産業廃棄物関連調査

廃棄物対策局廃棄物監視･指導課が立入し，採取した産業廃棄物・土砂等（6 検体，210 項目）及び廃棄物適正処理 PT が採取した不適正処理現場における地下水（13 検体，52 項目）・土壌等（98 検体，196 項目）・汚泥（17 検体，104 項目）の分析を実施した.

（5） 不法投棄等現場における迅速安全性確認事業

不法投棄や不適正処理等に起因する水質汚濁事故や異臭等（13 検体 211 項目）の分析を実施した.

（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，水質及び底質調査を次のとおり実施した.

① 水質調査

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

② 底質調査

調査地点：3 地点，調査回数：2 回／年，調査項目：全窒素，全リン等 10 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，有害物質について窒素酸化物 22 検体，塩化水素 11 検体，硫黄酸化物 11 検体，その他有害物質 4 検体，計 48 検体，VOC について 9 施設の測定を行った.

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 3 検体，農薬（チウラム）2 検体，農薬（シマジン，チオベンカルブ）3 検体，有機リン化合物 2 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 2 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 603 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ン銅等要監視項目）を実施した.

（3） 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 11 箇所

（4） 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， VOC 11 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.

（5） 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 2 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．当所は詳細環境調査の分析機関として，四日市港の水質試料について，アニリンの分析を実施した.

（6） NOx 簡易測定調査（環境省委託事業）

自動車 NOx・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，簡易測定を春季，夏季，秋季，冬季に実施し，当該地点における状況を把握した.

調査地点：5 交差点×4 隅　　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
2020.10.12	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）	3 名	保健環境研究所	樋口，岩出
10.19	新医師臨床研修	新任医師（桑名市総合医療センター	2 名	保健環境研究所	樋口，岩出
11.16	新医師臨床研修	新任医師（桑名市総合医療センター	2 名	保健環境研究所	樋口，岩出
11.26	新医師臨床研修	新任医師（伊勢赤十字病院）	1 名	保健環境研究所	樋口，岩出
12.14	新医師臨床研修	新任医師（県立志摩病院、伊勢赤十字病院）	2 名	保健環境研究所	樋口，岩出
12.21	新医師臨床研修	新任医師（三重中央医療センター）	1 名	保健環境研究所	樋口，岩出
2021.1.12	新医師臨床研修	新任医師（伊勢赤十字病院）	1 名	保健環境研究所	樋口，岩出
1.21	新医師臨床研修	新任医師（三重中央医療センター）	1 名	保健環境研究所	樋口，岩出
2.3	新医師臨床研修	新任医師（伊勢赤十字病院）	1 名	保健環境研究所	樋口，岩出
2.17	新医師臨床研修	新任医師（三重中央医療センター）	3 名	保健環境研究所	樋口，岩出
3.3	新医師臨床研修	新任医師（三重中央医療センター、伊勢赤十字病院）	2 名	保健環境研究所	樋口，岩出
3.17	新医師臨床研修	新任医師（三重中央医療センター）	1 名	保健環境研究所	樋口，岩出

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
2021.2.15	BC テロ対策研修	消防学校 研修生	16 名	消防学校	北浦，吉村

３）資源循環研究課

年月日	内　容	対象者	人 員	場 所	担当職員
2020.4.9	廃棄物監視・指導課職員等オリエンテーション	行政担当者	15名	三重県庁	立野，渡邉

４）環境研究課

年月日	内　　容	対象者	人員	場　所	担当職員
2020.8.7	分析講習会	行政担当者	16名	保健環境研究所	全員

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・麻しんは，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（17 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ました。）及び疑似症（1 疾患）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．特に平成 21 年 4 月以降に発生した新型インフルエンザ（後にインフルエンザウイルス AH1N1pdm09）の流行に際しては，三重県新型インフルエンザ対策行動計画に基づく各種サーベイランスを行うとともに，迅速な情報収集・解析・提供に努めた．また，新型コロナウイルス感染症については、インフルエンザの混合流行に備えて情報収集・解析・提供を追加した．

また，三重県独自の感染症発生動向調査事業として，平成 15 年 1 月から，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，RS ウイルス性細気管支炎（平成 15 年 11 月 5 日付で施行された感染症法の一部を改正する法律に基づき，県独自の調査対象疾患から国の感染症発生動向調査事業実施要綱に基づく調査対象疾患に移行）の患者発生動向調査を実施するとともに，インフルエンザ定点の協力により迅速診断キットによる病原体診断の実施状況調査を行っている．平成 28 年以降では，平成 28 年 2 月に 4 類感染症に「ジカウイルス感染症」が追加された．

（１）患者情報の収集・解析

1～5 類感染症等の 116 疾患，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，一般医療機関等に感染症情報メーリングリスト，同 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 2 年 6 月及び 10 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に鑑み書面開催），令和元年～令和 2 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供給者との互恵関係の確保・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，中井康博：三重県における A 型肝炎の発生状況と A 型肝炎ウイルスの分子疫学的解析（2015～2019 年），第 73 回三重県公衆衛生学会（2020.1.8-31 オンライン開催）．

2）中井康博，北浦伸浩，矢野拓弥：2009 年に発生した A/H1N1pdm09 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と流行動態との相関性について（2008/2009～2019/2020 シーズン）第 50 回東海乳酸菌研究会研究報告会（2021.2. 6 オンライン開催）．

3．2　衛生研究課

1）吉成知也[1)], 小杉正樹[2)], 佐藤英子[3)], 下山晃[4)], 竹内 浩, 谷口 賢[5)], 福光 徹[6)]藤吉智治[7)], 森田剛史[8)]，大西貴弘[1)], 工藤由紀子[1)]：食品中の4,15-ジアセトキシスシルペノールの分析法の検討及び汚染実態調査, 第57回全国衛生科学技術協議会年会（2020.11.9-10 オンライン開催）．

1) 国立医薬品食品衛生研究所, 2) （一財）日本食品分析センター, 3) 川崎市健康安全研究所, 4) （一財）日本食品検査, 5) 名古屋市衛生研究所, 6) 神奈川県衛生研究所, 7) （一財）食品分析開発センターSUNATEC, 8) （一財）日本穀物検定協会

2）森 康則，井上源喜[1)]：日本の温泉の利用状況と経年変化－行政科学的アプローチを中心として－, 2020年度日本地球化学会年会（2020.11.12-26 オンライン開催）．

1) 大妻女子大学 人間生活文化研究所

3）森 康則，永井佑樹，大市真梨乃，西 智広：次亜塩素酸ナトリウム消毒に阻害要因のある温泉浴用水を対象としたモノクロラミン消毒試験，第73回三重県公衆衛生学会総会（2021.1.8-31 オンライン開催）．

4）森 康則，斉藤雅樹[1)]，早坂信哉[2,3)]：全国「新・湯治」効果測定調査プロジェクトによる温泉地利用の効果検証－温泉利用目的とその効果への影響－, 第85回日本温泉気候物理医学会総会・学術集会（2021.1.28-31 オンライン開催）．

1) 東海大学，2) 東京都市大学，3) 日本健康開発財団

5）美和千尋[1)]，島崎博也[1)]，出口 晃[2)]，前田一範[2)]，水谷真康[2)]，森 康則，中村 毅[2)]，野呂賢汰[2)]，川村憲市[3)]：夏季および冬季の入浴が循環動態と心理的変化に及ぼす影響，第85回日本温泉気候物理医学会総会・学術集会（2021.1.28-31 オンライン開催）．

1) 鈴鹿医療科学大学，2) 小山田記念温泉病院，3) 鈴鹿さくら病院

6）島崎博也[1)]，美和千尋[1)]，水谷真康[2)]，野呂賢汰[2)]，中村 毅[2)]，前田一範[2)]，出口 晃[2)]，川村直人[2)]，森 康則：高齢者の入浴習慣について －男女の比較－, 第85回日本温泉気候物理医学会総会・学術集会（2021.1.28-31 オンライン開催）．

1) 鈴鹿医療科学大学，2) 小山田記念温泉病院

7）野呂賢汰[1)]，水谷真康[1)]，島崎博也[2)]，森 康則，美和千尋[2)]，前田一範[1)]，中村 毅[1)]，浜口 均[1)]，出口 晃[1)]，川村直人[1)]：左大腿骨頸部骨折術後患者に対する温泉運動療法を用いた運動療法の効果, 第85回日本温泉気候物理医学会総会・学術集会（2021.1.28-31 オンライン開催）．

1) 鈴鹿医療科学大学，2) 小山田記念温泉病院

3．3　資源循環研究課

1）近藤笑加，立野雄也，有冨洋子：工場排水等におけるふっ素の測定精度の向上に関する検討，第 47 回環境保全・公害防止研究発表会（2020.11.19 書面開催）．

2）北村洋樹[1)]，井上 豪[2)]，成岡朋弘[3)]，立野雄也[4)]，石垣智基[1)]，長森正尚[5)]，山田正人[1)]：産業廃棄物最終処分場におけるボーリング掘削コア試料の鉱物組成の違いが重金属溶出性に与える影響の検討，第 31 回廃棄物資源循環学会研究発表会（2020.9.16-18 オンライン開催）．

1) 国立環境研究所，2) 沖縄県衛生環境研究所，3) 鳥取県衛生環境研究所，4) 三重県保健環境研究所，5) 埼玉県環境科学国際センター

3）矢吹芳教[1)]，伊藤耕二[1)]，亀岡寛史[1)]，井上豪[2)]，大久保香澄[3)]，松村千里[4)]，小口文子[5)]，立野雄也[6)]，小川知也[7)]，古賀智子[8)]，石垣智基[9)]，遠藤和人[9)]，山田正人[9)]：浸出水中のポリ塩化ナフタレンの挙動と水質特性との関係解析，第 55 回日本水環境学会年会（2021.3.10-12 オンライン開催）．

1) (地独)大阪府立環境農林水産総合研究所，2) 沖縄県衛生環境研究所，3) 福井県衛生環境研究センター，4) 兵庫県環境研究センター，5) 長野県環境保全研究所，6) 三重県保健環境研究所，7) 岡山県環境保健センター，8) 福岡県保健環境研究所，9) 国立環境研究所

３．４　環境研究課

１）西村理恵[1)]，高岡大[2)]，寺本佳宏[3)]，奥野真弥[1)]，上野智子[4)]，小松寛卓[5)]，前田卓磨[6)]，伊藤矢顕[7)]，田知行紘太[8)]，山口新一[9)]，池盛文数[10)]，菅田誠治[11)]：PMF 法による $PM_{2.5}$ の発生源寄与解析において同一解を得るための検討，第 61 回大気環境学会年会（書面開催）．

1)（地独）大阪府立環境農林水産総合研究所，2) 福井県衛生環境研究センター，3) 三重県保健環境研究所，4) 和歌山県環境衛生研究センター，5) 高知県衛生環境研究所，6) 長崎県環境保健研究センター，7) 大分県衛生環境研究センター，8) 鹿児島県環境保健センター，9) 北九州市保健環境研究所，10) 名古屋市環境科学調査センター，11) 国立研究開発法人国立環境研究所

※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）Polymerase Acidic Subunit I38T Mutant Influenza A(H3N2) Virus Isolated from a Pediatric Patient without Prior Baloxavir Marboxil Treatment in Mie Prefecture (November 2018)

Takuya Yano[1)] , Hitoshi Ochiai[2)] , Shigehiro Akachi[1)] , and Yoshiharu Matsumura[1)]
1)Mie Prefecture Health and Environment Research Institute, Mie; and
2)Ochiai Pediatric Clinics, Mie, Japan
Jpn. J. infect. Dis,73, 383-385（2020）.

【Abstract】

October 2018 and March 2019 (2018/2019 season),25 cases of influenza A(H3N2) virus infections were randomly selected from patients diagnosed with influenza and monitored for baloxavir-resistant viruses through the Epidemiological Surveillance of Infectious Diseases Operation in Mie prefecture. During this survey period, the base sequence of PA gene in A(H3N2) viruses isolated from 25 cases was analyzed using the Sanger sequencing method to investigate the presence of I38T/M/F mutation in the 38th amino acid residue of PA protein that is thought to be an indicator of the mutation causing baloxavir resistance. The results of amino acid sequence analysis for PA gene from A(H3N2) viruses detected and isolated in Mie Prefecture (25 cases) showed that A(H3N2) viruses isolated from a sporadic case involving a pediatric patient (November 2018) who had not received baloxavir had PA I38T resistance mutation (A/Mie/41/2018) .

The results of the sensitivity test of A/Mie/41/2018 (PA I38T mutant virus) to various anti-influenza drugs showed the IC50 values of baloxavir, oseltamivir, peramivir, zanamivir, and laninamivi r were 702.97, 0.31, 0.14, 0.68, and 0.97 nM, respectively. We compared the results with a sen sitivity reference virus and confirmed that the sensitivity to baloxavir had dropped but that to oseltamivir, peramivir, zanamivir, and laninamivir remained the same . Subsequent retrospective surveys on mutant viruses in Mie prefecture revealed the PA I38T resistance mutation in A(H3N2) virus reported in our survey in November 2018 isolated from a patient without baloxavir treatment. As these patients had not received baloxavir, the possibility of emergence of PA I38T resistance mutation following exposure to baloxavir was ruled out. These cases suggest that the PA I38T resistant mutant virus could be transmitted from person to person. Active and continuous monitoring of thespread of the PA I38T resistant mutant virus is warranted to understand the future epidemic trend. In addition, it is imperative to establish a scientific basis to construct an appropriate virus assessment strategy.

４．２　衛生研究課

１）Initial Trials of Monochloramine Disinfection of Circulating Bathtub Water at Public Hot Spring Facilities and Determining its Efficacy

Yasunori M[1,2)], Keita Y[3)], Tetsuji Y[4)], Yuki N[1)], Hideki Y[1)], Shigehiro A[1)], Takaya Y[3)], Kosei U[3)], Yoshiko H[3)], Masaya N[4)], Jyurina Y[4)], Shinji I[5)]
1)Mie Prefecture Health and Environment Research Institute, 2)Graduate School of Bioresource, Mie University 3)Yamanashi Institute of Public Health and Environment, 4)Household Products Research, Kao Corporation, 5)National Institute of Infectious Diseases
Journal of Hot Spring Sciences, **70**, 50-60（2020）.

【Abstract】

In this study, the effect of monochloramine disinfection by simple manual addition was verified through the microbiological and chemical monitoring of bathtub water. The research focuses on hot spring facilities that use hot spring waters containing high pH and high NH_4-N concentrations, because these conditions diminish the effectiveness of sodium hypochlorite disinfection. Using the manual application of monochloramine as a disinfectant, Legionella spp. was not detected in the bathtub water or inside the pipes. Therefore, the simple

manual disinfection using monochloramine was suggested to effectively control Legionella spp. These results imply that monochloramine disinfection by simple manual addition can control Legionella spp. Hot spring facilities using hot spring water unsuited to sodium hypochlorite disinfection that are considering the introduction of monochloramine disinfection, can verify this method without upfront costs.

2）Frontiers in Geochemistry: Tributes to Professor Ryuichi Sugisaki

Koichi M[1)], Yasunori M[2,3)], Tsuyoshi T[1)], Koichiro N[4)], Koshi Y[1)] and Kenichiro S[1)]
1)Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2)Mie Prefecture Health and Environment Research Institute, 3)Faculty of Bioresources, Mie University, 4)Graduate School of Informatics, Nagoya University
Geochemical Journal, **54**, 147-158（2020）.

【Abstract】

Prof. Sugisaki performed a lot of creative studies dealing with various topics of earth science. We introduce his representative works in the following 6 sections: 1. Geochemical Studies of Ground Water, 2. Frontiers in Tectonochemistry, 3. Tectonic Behavior of Subsurface Fluids in Relation to Earthquakes, 4. Studies on Marine Sediments and Sedimentary Rocks, 5. Deep into “the Outback” – Prof. Sugisaki’s Pioneering Works on Archean Sedimentary Rocks, and 6. Study of Mantle Hydrocarbons as Seed for Future Works.

3）Effect of Aging on Thermoregulatory and Subjective Responses during a 15-minute Bath at 41℃

Chihiro M[1)], Hiroya S[1)], Masayasu M[2)], Yasunori M[3)], Kazunori M[2)], and Akira D[2)]
1)Department of Rehabilitation, Faculty of Health Science, Suzuka University of Medical Science, 2)Oyamada Memorial Spa Hospital, 3)Mie Prefecture Health and Environment Research Institute
Journal of Human-Environment System, **23**, 45-53（2020）.

【Abstract】

The purpose of this study was to clarify the effects of bathing on thermoregulatory and subjective responses in elderly persons compared to those in young persons. Ten young (20.4 years) and 10 elderly (69.7 years) individuals were asked to bathe for 15 minutes in water at 41℃. Tympanic temperature (Tty) was measured using a thermometer with a thermistor, sweating rate (SR) was measured by a ventilated capsule method, and skin blood flow (SkBF) was measured by laser Doppler flowmetry to assess thermoregulatory responses. Subjective thermal and comfort sensations were evaluated using a seven-point scale. The results showed significant increases in Tty, SR and SkBF in young participants than in elderly participants. In addition, we divided the total bathing period into three time periods and observed later SR and SkBF responses in elderly participants than in young participants. While young participants felt hot and unpleasant during the late time period, elderly participants felt warm and comfortable during the entire duration of bathing. These results demonstrate thermoregulatory responses due to changes in physical structure and function due to aging during a 15-minute bath at 41℃ in the elderly.

4）Association of daily home-based hot water bathing and glycemic control in ambulatory Japanese patients with type 2 diabetes mellitus during the COVID-19 pandemic: A multicenter cross-sectional study

Hiroharu K[1)], Yasunori M[2)], Takahiko H[3)], Takahito H[4)], Koichiro O[5)], Satoru Y[6)], Mitsutoshi K[7)]
1)Faculty of Regional Environment Science, Tokyo University of Agriculture, 2)Mie Prefecture Health and Environment Research Institute, 3)Department of Internal Medicine, Kyushu University Beppu Hospital, 4)Department of Legal Medicine, Graduate School of Medical and Dental Sciences, Kagoshima University, 5)Department of Rheumatology and Clinical Immunology, Kyoto University Graduate School of Medicine,

6)Department of Oriental Medicine, Saitama Medical University, 7) Kato Clinic of Internal Medicine
Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy, **13**, 5059-5069（2020）.

【Abstract】

The purpose of this study was to clarify the relationship between daily hot water bathing (HWB) at home and glycemic control in middle-aged and elderly ambulatory patients with type 2 diabetes mellitus (T2DM). We defined hemoglobin A1c (HbA1c) as the main outcome. We set 7.0% based on the mean value of the dependent variable as the cut-off point for analysis. Frequency of HWB was an explanatory variables. A two-sample *t*-test was used to compare between groups with continuous variables. Multiple logistic regression analysis was performed for frequency, adjusted age, sex, BMI, T2DM duration (Model 1), and other confounding factors (Model 2). Odds ratio (OR) and 95% confidence interval (95% CI) were calculated. Among 838 patients, there was a significant difference ($p<0.001$) in age between males (n=528, 62.8±8.7 years) and females (n=310, 65.0±8.1 years). In Model 1, compared with participants who used HWB more than seven times a week, those with poorly controlled HbA1c were significantly associated with low frequency of HWB: four to six times a week (OR 1.32, 95% CI 0.87-1.99) and less than three times a week (OR 1.43, 95% CI 0.98-2.10); p-value for overall trend was 0.041. In Model 2, p-value for overall trend was 0.138. In conclusion, a higher frequency of HWB was moderately associated with a decreased risk of poor glycemic control in middle-aged and elderly ambulatory patients with T2DM.

５）豊後高田市における温泉地の日帰り利用と宿泊利用の効果比較 ～「新・湯治」の効果測定調査プロジェクトの結果からー

斉藤雅樹 [1)]，森 康則 [2)]，早坂信哉 [3,4)]

1)東海大学，2)三重県保健環境研究所，3)東京都市大学

温泉地域研究，**36**，25-34（2021）.

【要旨】

環境省が提唱する温泉地活性化の推進プランである「新・湯治」は，従来の「湯治」の概念が温泉入湯効果すなわち「湯」そのものを核として論じられるのに対し，温泉に付随する，あるいは温泉の周辺にある「自然」「歴史・文化」「食」や「人とのふれ合い」なども含めて健康維持・改善の場や機会として論じていることが特徴である．本研究では，新・湯治の効果に関し，豊後高田市くにさき六郷温泉を対象として，温泉地の宿泊利用と日帰り利用との効果の比較の観点から考察する．調査は，2018年8～10月および2019年8～11月にわたり，くにさき六郷温泉の3施設で実施した．有効回答数1,074のうち，「日帰り群」（n=571，53.2%）と「宿泊群」（n=503，46.8%）の両者の比較を行った．その結果，主観的健康感の変化に関する8項目の設問のうち，7項目で日帰り群が宿泊群よりも有意に高いスコアであった．宿泊群よりも日帰り群の方が主観的健康感の改善をより強く感じている項目が多い理由としては，温泉訪問の頻度，訪問目的の相違，温泉入浴以外の他のイベントの影響等の要因の可能性が考えられた．これまで湯治をはじめとするヘルスツーリズムにおいては長期あるいは一定日数の滞在を前提に語られがちであったが，日帰り利用という究極の短期滞在において，むしろ宿泊利用よりも湯治の効果を体感している可能性があることは興味深く，温泉地の役割や機能を考える上で示唆に富む.

４．３　環境研究課

１）全国常時監視データの解析による $PM_{2.5}$ の経年変化と地域的特徴

長谷川就一 [1)]，寺本佳宏 [2)]，武直子 [3)]

1)埼玉県環境科学国際センター，2)三重県保健環境研究所，3)新潟県新発田地域振興局

全国環境研会誌，Vol.**45**，No.2，22-28（2020）.

【要旨】

2013～2016 年度の全国の一般大気環境測定局（一般局）における $PM_{2.5}$ の年平均値は“西高東低”の傾向を保ちながら年々低下し，4 年間で 3.5 $\mu g/m^3$ 程度（2 割強）低下していた．これは主に越境

汚染の影響の減少を表していると考えられる．季節ごとにみると，冬季（1～3 月）は 4 年間で全国的に 3 割程度低下したが，春季（4～6 月）と秋季（10～12 月）は主に西日本で 2 割程度低下した．一方，日平均値は高濃度帯の頻度が年々減少した一方，低濃度帯の頻度の増加は 2015 年度から目立って起きていた．

Ⅱ　研究報告

三重保環研年報　第 23 号（通巻第 66 号），25－40 頁（2021）

原　著

汚泥肥料の利用における安全性確認に係る調査・研究

近藤笑加，奥山幸俊，坂口貴啓*，立野雄也**，
渡邉卓弥，石田健太，阪本晶子***，有冨洋子****

The Study of Safety Confirmation in the Use of Sludge Fertilizer

Emika KONDO，Yukitoshi OKUYAMA，Takahiro SAKAGUCHI*，Yuya TACHINO**，
Takuya WATANABE，Kenta ISHIDA，Akiko SAKAMOTO*** and Yoko ARITOMI****

汚泥肥料の安全性について明らかにするために，土壌カラム試験における重金属類の挙動調査と下水汚泥および汚泥肥料の性状分析を実施した．三重県で定めている「汚泥肥料の農地への利用に係るガイドライン」[1] に基づき汚泥肥料の安全性確認を実施した．

重金属類の土壌汚染について，ひ素（As），セレン（Se）は土壌溶出量基準に係る土壌汚染リスクが，カドミウム（Cd），鉛（Pb），水銀（Hg）は土壌含有量基準に係る土壌汚染リスクが高い．カラム内土壌に添加した重金属類の量に対する土壌の溶出量と含有量，カラム下部から流れ出る量の各々の割合を計算して，重金属類の土壌中の挙動を把握した．毎年 10t 相当量の重金属類を施肥しながら 20 年間分の雨量を通水した場合でも，土壌溶出量基準を超過しなかった．

下水汚泥，汚泥肥料の性状試験の結果，環境庁告示第 46 号の土壌溶出量試験（46 号試験）では As が，環境省告示第 19 号の含有量試験（19 号試験）では Pb が検出され，カラム試験では As が流出した．すべての下水汚泥と汚泥肥料は肥料の品質の確保等に関する法律における公定規格を満たしていた．汚泥肥料の 46 号試験結果を用いて，汚泥肥料中の重金属類の溶出と土壌への浸透を考慮した土壌汚染リスクの推定を試みた．

安全性確認を実施した結果，1000 m^2 につき 1t を毎年施肥して蓄積割合が概ね 50%に達するには，下水汚泥では 55 年，汚泥発酵肥料は 65 年，し尿汚泥肥料は 27 年を要した．

キーワード：汚泥肥料，下水汚泥，肥料等試験法

はじめに

下水汚泥のリサイクル方法として，燃料化，建設資材，緑農地利用などがあげられる．下水道法改正（平成 27 年 5 月）により，下水汚泥を肥料化・燃料化し再生利用するよう努力義務が追加され肥料利用が推進されていることから，今後汚泥肥料の生産量は増加していくことが予想される．下水汚泥はリン資源としての有機性廃棄物として注目されており，肥料の原料としてリサイクルすることは天然資源の使用抑制の観点から重要である．

肥料の品質は肥料の品質の確保等に関する法律において定められ，汚泥肥料には下水処理施設に流入する汚水などに由来する有害成分が含まれている可能性があるため，重金属類の含有量が規制されている．しかし，その規制は作物の生育に有害となる成分の許容含有最大量であり，土壌環境基準の観点とは異なるものである．したがっ

*　三重県農林水産部みどり共生推進課
**　三重県環境生活部廃棄物対策局廃棄物・リサイクル課
***　三重県鈴鹿地域防災総合事務所
****三重県環境生活部大気・水環境課

て肥料の品質の確保等に関する法律に適合する汚泥肥料であっても，土壌汚染を招く可能性がある．

そこで，汚泥肥料の施用も含めた土壌中の重金属類の挙動を実験室レベルで調査して，汚泥肥料と下水汚泥の肥料の品質の確保等に関する法律の公定規格への適合状況と重金属類の溶出量や含有量，カラム試験による流出量を明らかにした．土壌カラム試験における土壌の溶出量と含有量の結果と汚泥肥料のカラム試験による流出量の結果から，汚泥肥料中の重金属類の溶出から土壌への浸透，土壌中の挙動を把握して土壌汚染レベルを推定することを試みた．また，三重県で策定している「汚泥肥料の農地への利用に係るガイドライン」の考え方に基づいて汚泥肥料の安全性確認を実施した．

方　法

1．土壌カラム試験による重金属類の挙動調査

1.1 対象とした重金属類

汚泥肥料中に含まれ，土壌環境基準が定められている項目で，特に有害性が高いと思われる，カドミウム（Cd），鉛（Pb），ひ素（As），セレン（Se），クロム（Cr），水銀（Hg）の 6 項目を対象とした．ただし，クロムについては，土壌環境基準には六価クロムとして定められているが，重金属混合溶液を調製する段階で，六価クロムと三価ひ素が反応して三価クロムに還元され，六価クロムとして試験が行えなかったため，全クロムとして評価を行った．

1.2 供試土壌

三重県内の代表的な農作物の栽培に使われている土壌として，図 1 に示す三重県農業研究所茶業研究室から細粒黄色土，三重県農業研究所から淡色黒ボク土，三重県農業研究所紀南果樹研究室から礫質黄色土および市販されている関東ローム層の黒ボク土の 4 種類を収集して用いた．

実験用土壌の物性試験，環境庁告示第 46 号の土壌溶出量試験（46 号試験）を実施したところ，各土壌の pH，水分等の基本的物性は表 1 のとおりであり，46 号試験の重金属類の結果はすべて報告下限値未満であることを確認した．

1.3 カラム試験の条件および手順

1.3.1 カラム装置

カラム試験の模式図を図 2 に示す．

実際の農用地 1000 m^2（10a（アール））で行われている施肥の状況を実験室レベルに縮小し，20 万分の 1 のスケール（内径 25 mm，面積 4.9 cm^2）の

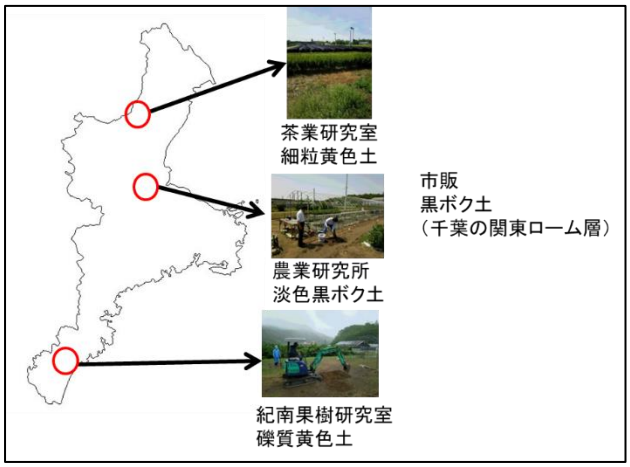


図１　各土壌の採取場所および土壌の種類

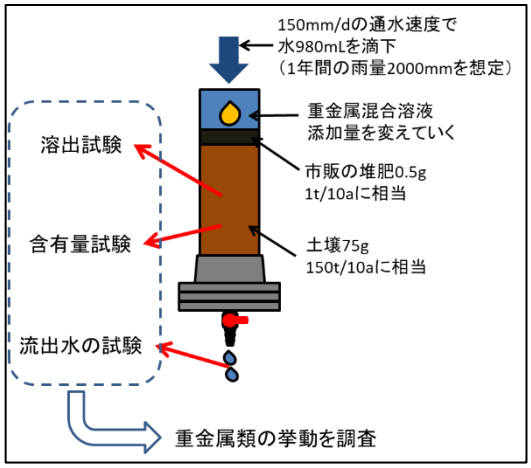


図２　カラム試験の模式図

表１　供試土壌の基本的物性

	種類	採取場所	pH	水分（%）	強熱減量（%）	塩基置換容量（me/100g-dry）	交換性陽イオン（me/100g-dry）	塩基飽和度（%）
A	淡色黒ボク土	三重県松阪市	5.1	6.5	8.0	20.1	6.3	31.4
B	細粒黄色土	三重県亀山市	5.0	6.4	5.8	12.8	7.9	61.4
C	礫質黄色土	三重県御浜町	5.7	3.8	5.1	11.9	6.7	56.1
D	黒ボク土	市販品	5.2	13.7	11.8	24.1	7.7	32.1

カラムを作成した．カラム下部は土壌の流出がない構造とし，カラム上部は開放系で低流量のペリスタルティックポンプとシリコンチューブを用いて水を滴下できるようにした．

1.3.2 施肥量

汚泥肥料には公定規格である「含有を許される有害成分の最大量」の 10 分の 1 程度の重金属類が平均的に含まれていることがわかっている[2)]．公定規格の 10 分の 1 の重金属類を含む汚泥肥料を 10a の農地に施肥すると仮定して，Cd:2.5，Pb:50，Cr:2.5，Hg:1，As:25，Se:2.5（mg/L）となるよう重金属混合溶液を調製した．この溶液を 0.1mL 添加することは，肥料取締法で含有を許される最大量の 10 分の 1 の重金属が含まれている汚泥肥料を 10a につき 1t 施肥することに相当する．添加量は表 2 のとおりとなる．

1t/10a から 500t/10a までの施肥量に相当する量の重金属混合溶液をカラムに充填した土壌上部の市販堆肥 0.5g（施肥量 1t/10a に相当する量）に添加して，約 20 分静置した．なお，農用地での通常の施肥量は多くても 1t/10a ほどであるが，県内では汚泥肥料を 100t/10a/年程度を施肥している事例があり，安全性確認の観点から 500t/10a まで設定した．

1.3.3 通水条件

津市の年間降水量約 2000mm[3)]を参考に，1 年間の雨量・雨水を想定して 980mL の水を滴下した．滴下速度は，廃棄物関連試料の分析マニュアルの「上向流カラム通水試験」[4)]を参考にして 150mm/day とした．水質は，保環研年報第 19 号「2016 年度酸性雨調査結果」[5)]において，Na^+，K^+，Ca^{2+}，Mg^{2+}の合計の年平均は 0.06mEq/L，pH の加重平均値は 4.68 であったことから，炭酸水素ナトリウム 0.005g を蒸留水 1L に溶かし，硝酸と硫酸を用いて pH4.7 とした．

1.3.4 土壌充填量

「汚泥肥料の農地への利用に係るガイドライン」では，重金属の土壌蓄積計算を行う際，土壌重量を 150t/10a としている．また，「農用地土壌汚染対策地域の指定要件に係るカドミウムの量の検定の方法を定める省令」[6)]では，「地表からおおむね 15cm までの土壌を採取すること」となっている．土壌重量 150t/10a は土壌の比重を 1 とすると厚さ 15cm となる．農用地土壌汚染の評価は表土 15cm に対して行うのが妥当であると考えられることから，カラムに充填する土壌量は，150t/10a の土壌に相当する 75g とした．

1.4 分析方法

1.4.1 分析対象

カラムから流れ出た水（流出水）と通水後のカラム内の堆肥と土壌の混合物を分析対象とした．

1.4.2 試験方法

流出水は環境庁告示第 64 号に準じて重金属類濃度を測定した．また，通水後のカラム内の堆肥と土壌をよく混合し，風乾後，46 号試験および環境省告示第 19 号の含有量試験（19 号試験）を行い，重金属類濃度を測定した．なお，詳細な試験方法を表 3 に示す．

1.5 評価方法

通水後のカラム内の堆肥と土壌の混合物で行った 46 号試験結果を土壌溶出量基準と比較することにより，汚泥肥料の安全性を評価した．

また，流出水の分析結果，通水後のカラム内の堆肥と土壌の混合物の 46 号試験結果および 19 号試験結果から，重金属類の添加量の収支を計算し，金属種による違いやカラムに充填した土壌による違い等を把握することにより，汚泥肥料に含有する有害成分の挙動に関する評価を行った．

表２　施肥量 1t/10a あたりの重金属類添加量

項目	添加量（mg）
カドミウム	500
鉛	10000
ひ素	5000
セレン	500
クロム	500
水銀	200

表３　重金属類の試験方法

項目	試験方法
カドミウム	JIS K0102 55.4
鉛	JIS K0102 54.4
ひ素	JIS K0102 61.4
セレン	JIS K0102 67.4
クロム	JIS K0102 65.1.5
水銀	環境庁告示第59号付表2

２．連続施肥を想定したカラム試験による重金属類の挙動調査

農用地においては毎年施肥をすることが通例である．そこで連続的に汚泥肥料を施肥したときの重金属類の挙動を把握し，土壌汚染リスクを確認するため，20 年間の連続施肥の条件下におけるカラム試験を行った．2.2 に記した条件以外は，1.と同様に操作した．

2.1 供試土壌

黒ボク土は国内および県内の農用地においてその多くを占めること，県内で農用地として実際に利用されていることから，準備した 4 種類の土壌のうち，淡色黒ボク土を選定して試験を行った．

2.2 カラム試験の条件および手順

2.2.1 施肥量

1 年間あたりの施肥量 10t に相当する量の重金属混合溶液をカラムに充填した土壌上部の市販堆肥に添加した．1 年間分の水 980mL を滴下した後，同量の重金属混合溶液の添加と水の滴下を 19 回繰り返すことで 20 年間分の連続施肥とし，累計 200t/10a を施肥した．

1 年の施肥量を 10t/10a としているのは，試験条件として土壌汚染のリスクを評価するため，通常の施肥量 1t/10a より多い施肥量が良いと判断したためである．

なお，施肥の影響を把握するために重金属混合溶液の添加をせずに対照試験を実施した．

2.2.2 通水条件

1.3.3 と同様に調整した水 490mL を半年間の雨量と想定し，滴下した．これを 40 回繰り返して 20 年間分の雨量とし，流出水は 490mL 滴下後に回収した．

2.3 分析方法

2.3.1 分析対象

流出水と 20 年間分の滴下を終えたカラム内の堆肥と土壌の混合物を分析対象とした．

2.3.2 試験方法

流出水回収時に液量を記録し，環境庁告示第 64 号に準じて，流出水の pH，電気伝導率（EC），重金属類濃度を測定した．

滴下後カラム内の堆肥と土壌をよく混合して風乾させ，46 号試験および 19 号試験を行い，重金属類濃度を測定した．

2.4 評価方法

流出水中の重金属類の含有量（流出量）から 1.で得られた重金属類の収支の割合を用いて計算で溶出量試験濃度を算出した．これを土壌溶出量基準と比較することで評価した．

また 20 年間分の雨量を想定した水を滴下した後，カラム内の堆肥と土壌の混合物の 46 号試験および 19 号試験結果から，連続施肥における汚泥肥料の土壌汚染リスクを評価した．

３．下水汚泥と汚泥肥料の安全性の確認

3.1 試験用試料

下水汚泥は，県内 6 か所の下水処理場からスポットで 1 回ずつ採取した．下水汚泥の他に，汚泥発酵肥料 1 種類，し尿汚泥肥料 1 種類の汚泥肥料を調達した．汚泥発酵肥料は工業汚泥・下水汚泥・植物類原料から製造されたもので，し尿汚泥肥料はし尿汚泥のみから製造されたものである．

3.2 46 号試験，19 号試験

下水汚泥を風乾または梅雨時期は 40℃で加温して予備乾燥させてから検液を作成し，表 3 の試験方法により重金属類濃度（Cd，Pb，As，Se，Cr，Hg）を測定した．

汚泥肥料は風乾を行わず有姿のまま検液を作成して同様に測定した．

1 回の検液作成に用いる試料量は，46 号試験は 60g，19 号試験は 18g または 15g とした．

3.3 肥料等試験法

下水汚泥とし尿汚泥肥料は 2019 年度版および 2020 年度版肥料等試験法（独立行政法人農林水産消費安全技術センター）[7] に従って試験した．下水汚泥は水分が多いため予備乾燥を行った．水分，窒素全量，りん酸全量，重金属類（Cd，Pb，As，Se，Cr，Hg），ニッケルを測定した．詳細な試験方法は表 4 に示す．なお，セレンは本試験法に規定がないため，鉛の測定方法に準じて測定した．

汚泥発酵肥料は肥料分析法（農林水産省農業環境技術研究所）に従って，窒素全量，りん酸全量，重金属類（Cd，Pb，As，Se，Cr，Hg）を測定した．この試験方法は，肥料の品質又は表示方法を規定している農林水産省告示（「肥料取締法に基づき普通肥料の公定規格等を定める等の件」等）に採用されていたが，2020 年 2 月に農林水産省告示の改正により，肥料等試験法が採用されているため

表４　肥料等試験の方法

項目	試験の方法
水分	3.1.a　乾燥器による乾燥減量法
窒素全量	4.1.1.b　燃焼法
りん酸全量	4.2.1.a　バナドモリブデン酸アンモニウム吸光光度法
カドミウム	5.3.b　ＩＣＰ発光分光分析法
鉛	5.6.b　ＩＣＰ発光分光分析法
砒素	5.2.a　水素化物発生原子吸光法
セレン	本法に規定のない項目のため5.6.bに準じる
クロム	5.5.b　ＩＣＰ発光分光分析法
総水銀	5.1.a　還元気化原子吸光法
ニッケル	5.4.b　ＩＣＰ発光分光分析法

肥料分析法で試験した結果は肥料等試験法により得られた結果と同等に扱った.

3.4 カラム試験

下水汚泥を風乾または梅雨時期は 40℃で加温して乾燥させた後, 試料 10～15 g とテフロン製で長さ 2～3 mm の中空糸状ビーズを 1：1 で十分に混合した. これを 1.3.1 カラム装置と同じカラムに充填し, 1.3.3 通水条件と同様にして通水させた. カラムから流れ出た流出水を環境庁告示第 64 号に準じて, pH, EC, 重金属類（Cd, Pb, As, Se, Cr, Hg）を測定した.

汚泥肥料は試料 60g を 1.3.1 カラム装置と同様のカラムに充填した後, 下水汚泥と同じ操作をした.

3.5 評価方法

下水汚泥および汚泥肥料のカラム試験の結果と土壌カラム試験における土壌の溶出量と含有量の結果を用いて, 汚泥肥料中の重金属類の溶出から土壌への浸透, 土壌中の挙動を調査した.

「汚泥肥料の農地への利用に係るガイドライン」の考え方に基づき, 下水汚泥と汚泥肥料の安全性を確認した. ガイドラインの概要を図 3 に示す. このガイドラインの考え方は, 平均的な重金属の含有量の土壌が自然に存在し得る量の概ね上限になる「著しい蓄積」を避けるため, 施用する肥料の重金属の含有量から施用に伴う蓄積の程度を予測して, 必要に応じて施用量, 施用回数を調整し, 重金属の蓄積を管理するものである. 「蓄積割合」が 100%に達すると自然に存在し得

「蓄積割合」は肥料の施用に伴う重金属類土壌中含有量の増加量を指標化したもので、
平均的な土壌の含有量が自然賦存量の概ね上限の含有量に増加する幅を100とし、
それに対する割合を計算した数値

「蓄積度」は肥料を1t/10a（一定量）施用した場合の蓄積割合

「蓄積係数」は重金属毎に一定で、平均的な含有量と自然賦存量の概ね上限量から計算した数値

蓄積係数

カドミウム	鉛	ひ素	セレン	クロム	水銀	ニッケル
1.3	0.03	0.05	-	0.01	1.9	0.01

式：「蓄積度」＝[重金属毎の蓄積係数」×「肥料の重金属含有量」

「施用後の蓄積割合」＝「重金属毎の蓄積係数」×「肥料の重金属含有量」×「施用量」

つまり、「施用後の蓄積割合」＝「蓄積度」×「施用量」

図３　汚泥肥料の農地への利用に係るガイドラインの概要

る量の概ね上限となり，「著しい蓄積」が生じたことになる．つまり，「蓄積割合」が 100%に達しないよう施用量を決定することで「著しい蓄積」を防止する．

下水汚泥と汚泥肥料の施肥を想定し，肥料等試験法の結果をガイドラインの「肥料の重金属含有量」として扱い，蓄積割合 100%時の施用量を計算した．セレンの蓄積係数は設定されていないため，ひ素に準じて計算した．

結果および考察

1．土壌カラム試験による重金属類の挙動調査

1.1 通水後のカラム内の堆肥と土壌の混合物の 46 号試験・19 号試験結果

46 号試験の結果を図 4 に示した．

ひ素については，施肥を行う土壌の種類によらず施肥量の増加に比例して 46 号試験結果も増加傾向であった．淡色黒ボク土で施肥量 100t/10a，200t/10a，500t/10a 時に，細粒黄色土で施肥量 100t/10a，500t/10a 時に，礫質黄色土で施肥量 200t/10a，500t/10a 時に土壌溶出量基準を超過した．

セレンについてもひ素と同様，施肥を行う土壌の種類によらず施肥量の増加に比例して 46 号試験結果も増加傾向であったが，土壌溶出量基準の超過はなかった．施肥量が 100t/10a 時に淡色黒ボク土，細粒黄色土で基準の 1/10 程度，礫質黄色土と黒ボク土で基準の 1/10 より低い結果であった．

カドミウム，鉛，クロムについては，施肥量，土壌の種類によらず，すべて土壌溶出量基準の 1/10 よりも低い結果であった．

水銀については，淡色黒ボク土に施肥した場合に，施肥量 1t/10a から 100t/10a までは施肥量の増加に比例して 46 号試験結果が増加しているようにも見られるが，200t/10a および 500t/10a 時には検出されなかったことから低濃度の範囲でばらついていると考えられた．また，淡色黒ボク土以外の土壌では検出されなかった．

次に，19 号試験の結果を図 5 に示した．鉛は土壌の種類に関係なく施肥量が多くなると含有量も増加したが，土壌含有量基準値の 1/5 程度であった．他の重金属類は不検出，もしくはわずかに検出した．

以上より，ひ素は多量に施肥することで土壌溶出量基準を超過するリスクが高い．セレンも土壌溶出量基準を超過しないものの土壌溶出量基準に係る土壌汚染のリスクは高い．カドミウム，鉛，水銀は土壌含有量に係る土壌汚染のリスクが高く，クロムは他の重金属類と比べて土壌汚染リスクは低い．

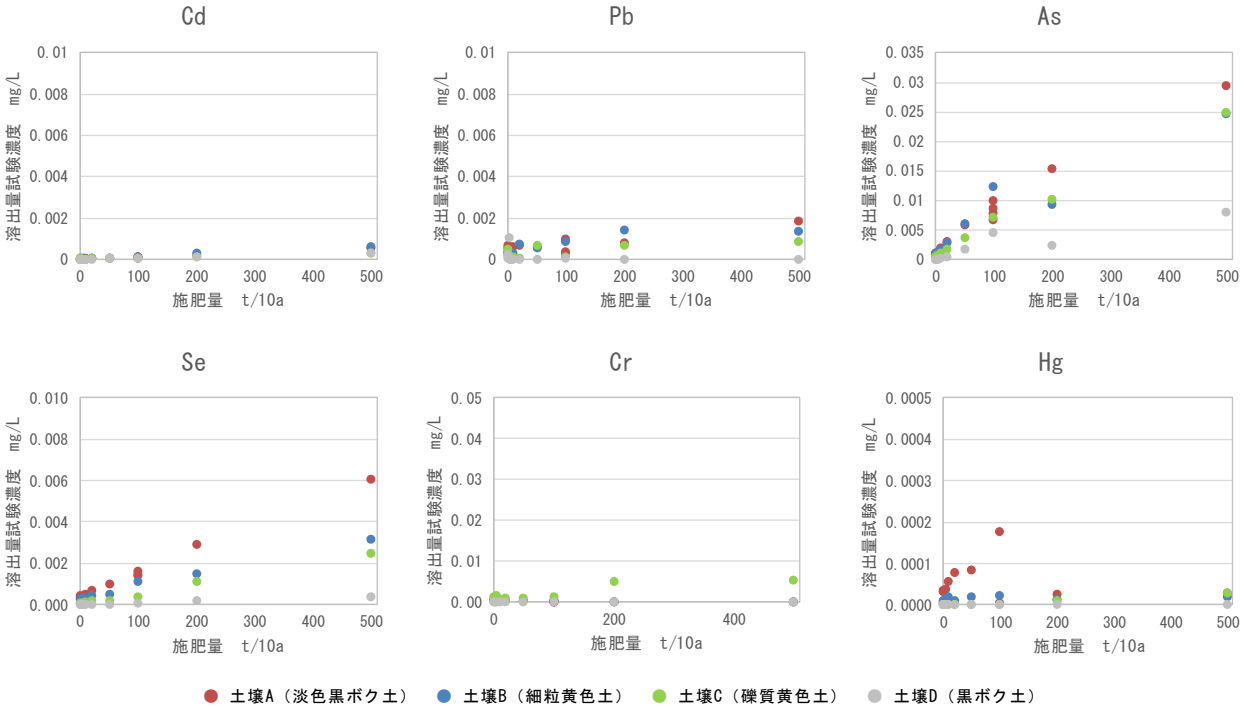


図４　通水後カラム内の堆肥と土壌の混合物の 46 号試験結果

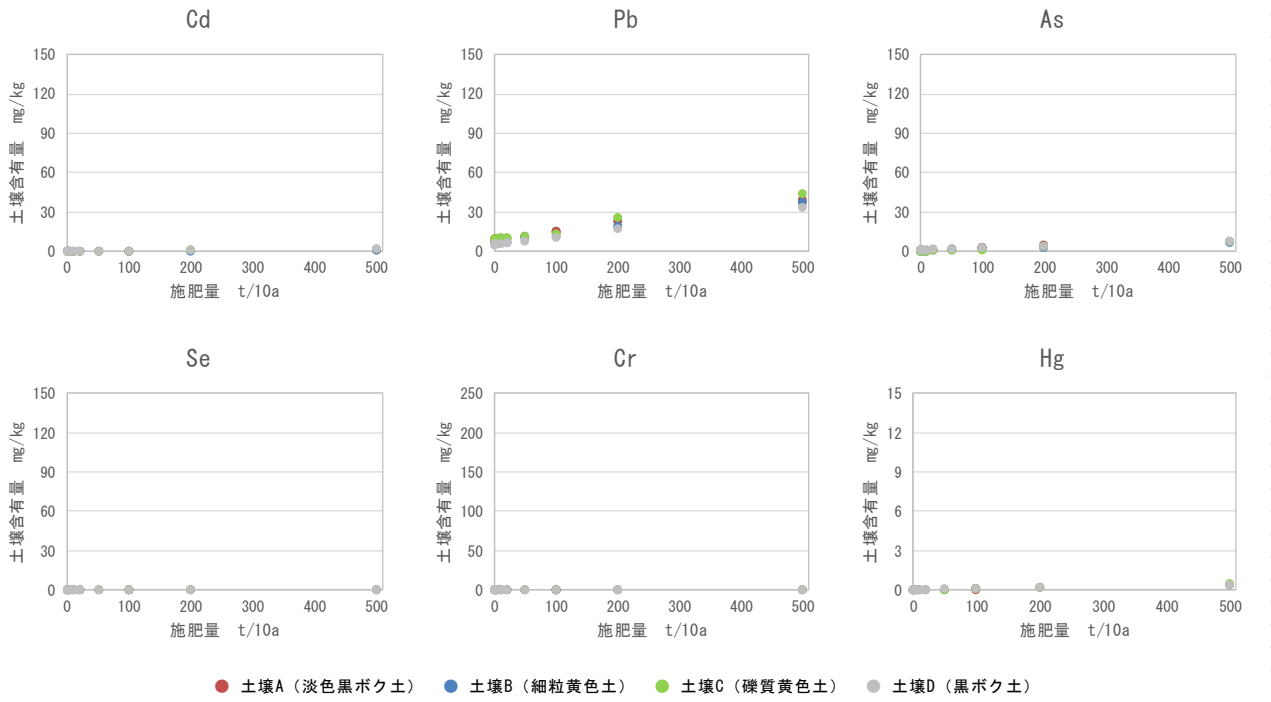


図５　通水後カラム内の堆肥と土壌の混合物の 19 号試験結果

1.2 施肥量に対する収支割合

カラム試験で流出水から検出されるものを「流出量」，46 号試験で検出されるものを「溶出量試験検出量」，19 号試験で検出されるものから溶出量試験検出量を差し引いたものを「含有量試験でのみ検出される量」，また，添加量から溶出量試験検出量，含有量試験でのみ検出される量および流出量を差し引いたものを「完全吸着量」として，土壌での重金属類の挙動を把握するために施肥量 100t/10a，200t/10a，500t/10a の収支を図 6 に示した．

カドミウムと鉛は，含有量試験でのみ検出される量の割合が 70%以上と高く，次いで完全吸着量の割合が高いが，流出量，溶出量試験検出量の割合は 1%以下であった．

ひ素は，含有量試験でのみ検出される量の割合で 30～50%，完全吸着量の割合で 30～70%の割合となり，溶出量試験検出量の割合は 1～3%程度，流出量割合は淡色黒ボク土と細粒黄色土が最大 30%，礫質黄色土と黒ボク土が 1%未満の割合となった．

セレンは，完全吸着量の割合が 90%以上を占め，含有量試験でのみ検出される量の割合は 1～7%程度であった．溶出量試験検出量の割合は 1～3%程度であるが，淡色黒ボク土ではやや多かった．

クロムは，淡色黒ボク土で完全吸着量の割合が 90%以上，含有量試験でのみ検出される量の割合は 3%程度，流出量割合は 1%程度となった．細粒黄色土，黒ボク土は完全吸着量の割合がほぼ 100%であった．一方，礫質黄色土は他の 3 種の土壌と異なり，完全吸着量の割合が低くなり，流出量割合が 10～60%，溶出量試験検出量の割合は 5%程度となった．

水銀は，含有量試験でのみ検出される量の割合が 40～80%，完全吸着量の割合が 20～80%となった．

ひ素は礫質黄色土と黒ボク土，クロムは礫質黄色土で他の土壌と挙動が異なり，少なからず土壌の種類による影響があると考えられた．礫質黄色土は比較的大きい土壌粒子が大部分を占めていること，市販の黒ボク土は有機質を多く含むと表記されていることから，他の土壌とは異なる挙動となったと考えられる．

以上より，重金属類の土壌への吸着特性は元素毎に特徴があり，土壌の種類によらず似たような挙動となる元素もあるが，ひ素やクロムは土壌の種類により異なる挙動をとることがわかった．

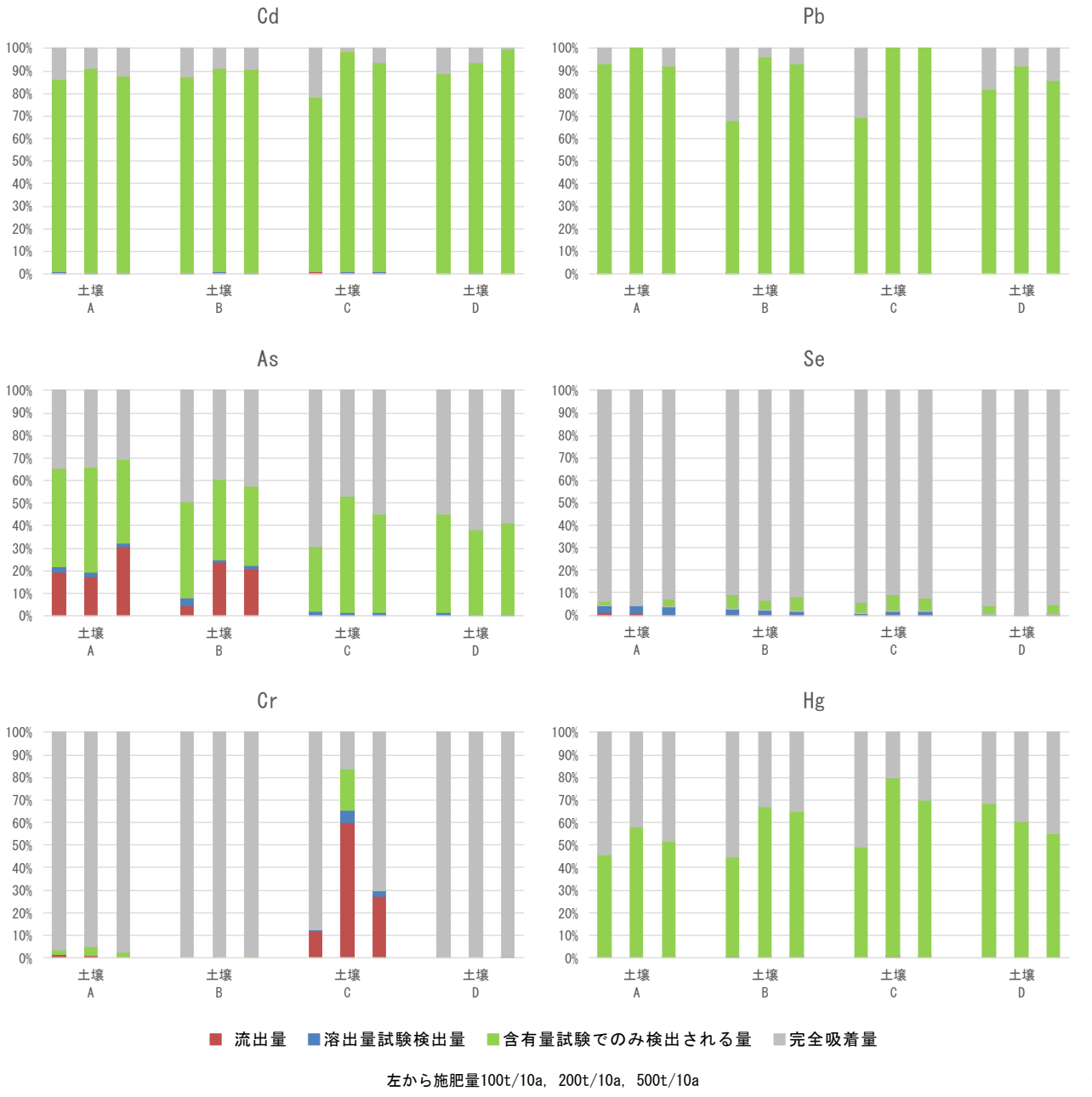


図６　汚泥肥料 100t/10a，200t/10a，500t/10a を施肥した時の収支

２．連続施肥を想定したカラム試験による重金属類の挙動調査

2.1 重金属類の挙動

この試験はカラム内の土壌をかくはん，入替をすることなく連続して施肥と水の滴下を行ったものであり，土壌の性質の変化を確認するため，分画毎の流出水の pH と EC の推移を図 7 に示した．

pH は，施肥開始時には 5.0～5.5 を示していたが，開始して 4 年間分を過ぎると 5.5～6.0 と高くなった．このころに土壌自体が有する pH 緩衝能が失われたと考えられる．また EC は施肥開始時のみ 12mS/m 以上の高値で次分画からは 4mS/m 以下であった．施肥を行った試験区（施肥有）は，重金属類を添加した分画時に高くなり，次分画は対照試験区（施肥無）と同値になっていることから，重金属混合溶液に含有される酸の影響によるものと考えられる．

流出水を分析して得られた重金属類の濃度に流出水量を乗じて，流出水中に含有される重金属類の絶対量（流出量）を図 8 に示した．これは対照試験の結果で補正しており，数値が負の値にな

る場合と検出下限値未満は 0 として計算した．

次に，連続施肥の溶出量試験濃度を流出量と収支から算出し，図 9 に示した．なお，計算には表 5 に示した淡色黒ボク土における汚泥肥料の施肥量 100t/10a/年の収支を採用した．これは，施肥量 10t/10a の収支では重金属類の検出量が微量となり，計算精度が悪くなるためである．

まず，図 8 でひ素に着目すると，流出量は年経過に従い増減があるものの他の重金属類より多い．表 5 の収支では流出量に対する溶出量試験検出量の割合が低いため，流出量を溶出量試験濃度に換算すると，0.00002～0.00012mg/L 程度であり，最大値で土壌環境基準 0.01mg/L の 100 分の 1 程度であった．

クロムの流出量はひ素に次いで多いが，ひ素と同じで流出量に対する溶出量試験検出量の割合が低いため，流出量を溶出量試験濃度に換算すると六価クロムの土壌環境基準として 0.05mg/L の 500 分の 1 よりも低値であった．

鉛の流出量はほとんどなかった．クロムやひ素と同様に流出量に対する溶出量試験検出量の割合が低いため，流出量を溶出量試験濃度に換算すると土壌環境基準 0.01mg/L の 1000 分の 1 程度であった．

セレンに着目すると，流出量はひ素と比較すると少ないが，表 5 の収支では流出量に対する溶出量試験検出量の割合がひ素よりも高いため，流出量から溶出量試験濃度を計算するとひ素と同程度となったが，最大濃度は土壌環境基準 0.01mg/L の 100 分の 1 を下回った．

カドミウムと水銀の流出量は全期間で 0 であった．

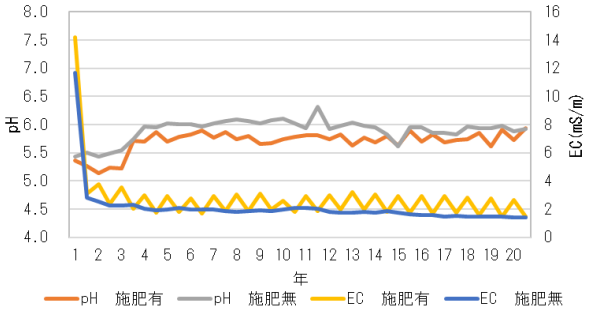


図 7　流出水の pH と EC の推移

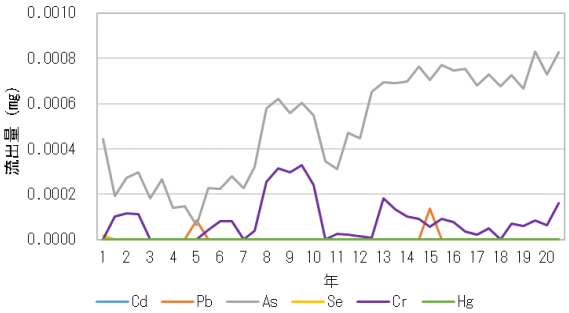


図 8　連続施肥による流出量の推移

表 5　連続施肥における溶出量試験濃度の計算に用いた収支

	流出量（%）	溶出量試験検出量（%）	含有量試験でのみ検出される量（%）	完全吸着量（%）
カドミウム	0.69	0.24	85.42	13.63
鉛	0.07	0.02	93.20	6.70
ひ素	19.47	2.19	43.97	34.35
セレン	1.12	3.20	1.97	93.70
クロム	1.65	0.13	1.78	96.43
水銀	0.18	0.00	45.66	54.15

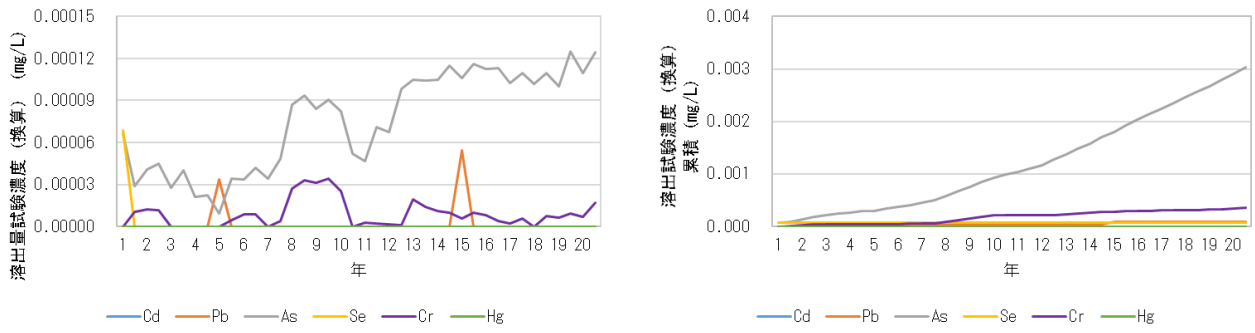


図 9　連続施肥による溶出量試験濃度（計算値）の推移

2.2 連続施肥後の土壌

通水後のカラム内の土壌および堆肥の混合物を風乾して，46 号試験と 19 号試験を実施した結果を表 6 に示した．

土壌および堆肥の混合物の 46 号試験結果では，ひ素のみ検出されたが土壌環境基準の 0.01mg/L は超過していなかった．試験前の土壌では検出されなかったことから，汚泥肥料の連続的な施用によってカラム内土壌がひ素に汚染されたと考えられた．

また，1 年間分の施肥後土壌の 46 号試験結果（図 4）における施肥量 200t 時のひ素の溶出量試験濃度と，連続施肥後土壌の 46 号試験結果（表 7）を比較すると，1 年間分の施肥後土壌が高い．セレンも同様に，1 年間分の施肥後の土壌の 46 号試験結果が高い．トータルの施肥量は同じだが，累積雨量が一因と考えられる．このことから，同量を施肥する場合では、複数年かけて少量ずつ施肥する方法よりも，1 年で全量を施用する方法が土壌を汚染しやすいことがわかった．

19 号試験結果では，鉛とひ素が検出された．鉛は含有量基準 150mg/kg を超過していないが，含有量試験における検出量が重金属類の中で最も多い．これは表 5 で示した収支において含有量試験でのみ検出される量の割合が多いこと，連続施肥として添加した量が一番多いことによるものと推察される．ひ素は 46 号試験でも検出されており，収支割合として含有量試験でのみ検出される量の割合が半分程度であることからも妥当な結果だと考えられる．

連続施肥終了後における累計施肥量に対する収支割合を計算し，表 5 の単年度施肥の収支と比較した結果を表 7 に示した．

表 5 の単年度収支の施肥量は 100t/10a で，連続施肥終了後の累計施肥量は 200t/10a であるが，セレン以外の重金属類で完全吸着量が単年度施肥の収支から増加している．これは長期間の施肥と通水によってカラム内土壌の大部分と重金属類が接触・吸着でき，不溶性の結晶等が十分に生成したことで，水で溶出しにくくなったと考えられた．

さらに，単年度と連続施肥後のカラム内土壌の 46 号試験・19 号試験結果を比較すると，全体的に単年度の結果が高く，短期間で多量に施肥をすることの方が土壌汚染リスクは高くなることがわかった．

本試験における汚泥肥料は，公定規格の 10 分の 1 の重金属類が含まれると設定している．例えば公定規格を超える重金属類が含まれる汚泥肥料ならば，さらに土壌汚染のリスクが高くなる．カラム試験は実際の農用地で行われている施肥の状況を実験室レベルに縮小したものであり，試験期間中は土壌のかくはん・入替をしていないことから全てが実態に即したものではないものの，検討した重金属類の中ではひ素と鉛の土壌汚染リスクは高い．

表６　通水後土壌の 46 号試験と 19 号試験結果

測定項目	46号試験（mg/L）	19号試験（mg/kg）
カドミウム	<0.001	<1
鉛	<0.005	8
ひ素	0.007	2
セレン	<0.002	<1
クロム	<0.04	<1
水銀	<0.0005	<1

表７　連続施肥終了後の施肥全量に対する収支

	流出量（%）	溶出量試験検出量（%）	含有量試験でのみ検出される量（%）	完全吸着量（%）
カドミウム	0.02 (-0.67)	0.09 (-0.15)	84.11 (-1.31)	15.77 (+2.14)
鉛	0.01 (-0.06)	0.02 (0)	64.87 (-28.33)	35.08 (+28.38)
ひ素	3.45 (-16.02)	1.11 (-1.08)	34.27 (-9.7)	61.15 (+26.8)
セレン	1.89 (+0.77)	2.34 (-0.86)	8.20 (+6.23)	87.56 (-6.14)
クロム	1.21 (-0.44)	0.07 (-0.06)	0 (-1.78)	98.70 (+2.27)
水銀	0.34 (-0.16)	0.01 (+0.01)	4.44 (-41.22)	95.18 (+41.03)

※小数第3位を切り捨て

※施肥量10t/10a/20年の淡色黒ボク土の収支

※（ ）内の数値は、施肥量10t/10a/年との増減を表す

３．下水汚泥と汚泥肥料の安全性の確認

3.1 下水汚泥と汚泥肥料の性状

下水汚泥と汚泥肥料では用いた試料 60g の水分量が異なるため，乾燥重量 60g あたりに換算した 46 号試験結果を表 8 に示した．下水汚泥の A～F は県内 6 箇所の下水処理場で採取した 6 種類の下水汚泥を意味している．E の下水汚泥は初沈汚泥を含まない余剰汚泥であり，他の下水汚泥は初沈汚泥と余剰汚泥が混合したものである．これらすべての下水汚泥でひ素とセレンが検出され，カドミウムは B，鉛は B と E，クロムは A のみで検出された. 汚泥発酵肥料ではカドミウム, 鉛, ひ素, セレンが検出された．し尿汚泥肥料ではカドミウム，ひ素，セレンが検出された.

下水汚泥および汚泥肥料の 19 号試験結果を表 9 に示した．汚泥発酵肥料の測定結果はない．すべての下水汚泥とし尿汚泥肥料で鉛とひ素が検出された．特に鉛はし尿汚泥肥料と下水汚泥 E で 10mg/dry-kg 以上が検出された.

下水汚泥および汚泥肥料の肥料等試験法による結果を表 10 に示した．上段の表は乾物単位重量中の含有量（mg/dry-kg）を，下段の表は成分量（%）を表したもので，同一の結果である．下段の表の下限値は，肥料の品質の確保等に関する法律の含有を許される有害成分の許容量（公定規格）の 10 分の 1 である.

下水汚泥の窒素全量・りん酸全量について，下水汚泥 E は大半が余剰汚泥で泥分が多く，夾雑物が少量のため，りん酸全量が多いと考えられた．下水汚泥はスポットで採取しているため，得られた結果は各処理場の代表値ではないが，窒素全量が多いとりん酸全量も多い傾向にある．また，試料採取は冬から夏にかけて実施したが，水温・気温の変動はあるものの窒素全量・りん酸全量はある程度一定していると推察された.

下水汚泥中の重金属類の平均含有量はクロム，ニッケル，鉛の順に多いが，公定規格における重金属類の平均成分量（%）は許容値の 10 分の 1 を下回っており，下水汚泥のみで公定規格に適合していることがわかった.

カラム試験結果を表 11, 12 に示した. 表 11 は，カラム下部から流れ出た水の pH，EC，塩分の結果と乾燥重量 60 g に換算した重金属類の濃度を記載した．表 12 は，重金属類の乾燥重量 60 g 換算に流出水量を乗じて，乾燥単位重量あたりの流出量（mg/dry-kg）を記載した.

下水汚泥の pH，EC，塩分について，E が異なる結果であった．これは E のみ初沈汚泥を含まないためと考えられた．EC および塩分については汚泥発酵肥料が測定試料の中で一番高く，し尿汚泥

表８　下水汚泥と汚泥肥料の 46 号試験結果

測定項目	下水汚泥									汚泥発酵肥料	し尿汚泥肥料
	A	B	C	D	E	F	最大	最小	平均		
カドミウム	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	0.002	0.001
鉛	<0.005	0.007	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.007	<0.005	<0.005	0.011	<0.005
ひ素	0.076	0.10	0.15	0.16	0.084	0.074	0.16	0.074	0.10	0.035	0.008
セレン	0.009	0.014	0.023	0.036	0.002	0.011	0.036	0.002	0.016	0.003	0.003
クロム	<0.04	<0.04	0.05	<0.04	<0.04	<0.04	0.05	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
水銀	<0.0005	0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005

（単位：mg/L）

※水分量により試料中の固形分量が異なるため、乾燥重量60gに換算

表９　下水汚泥と汚泥肥料の 19 号試験結果

測定項目	下水汚泥									汚泥発酵肥料	し尿汚泥肥料
	A	B	C	D	E	F	最大	最小	平均		
カドミウム	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	-	<1
鉛	3	5	3	5	13	5	13	3	6	-	14
ひ素	1	1	1	2	2	1	2	1	1	-	6
セレン	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	-	<1
クロム	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	-	<1
水銀	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	-	<1

（単位：mg/dry-kg）

表１０　下水汚泥と汚泥肥料の肥料等試験法結果

測定項目	下水汚泥									汚泥発酵肥料	し尿汚泥肥料
	A	B	C	D	E	F	最大	最小	平均		
窒素全量	58200	52000	58800	62800	68000	55500	68000	52000	59200	－	55200
りん酸全量	42000	38700	40000	47700	58200	43700	58200	38700	45100	－	47300
カドミウム	0.25	0.20	0.29	0.30	0.68	0.14	0.68	0.14	0.31	0.56	1.4
鉛	6.2	7.0	5.0	5.5	15	6.2	15	5.0	7.5	13	30
ひ素	2.4	1.7	3.0	4.5	6.8	3.4	6.8	1.7	3.6	2.3	9.9
セレン	1.4	1.7	0.5	1.0	1.9	0.12	1.9	0.12	1.1	0.57	2.2
クロム	9.4	10	11	25	18	9.7	25	9.4	14	23	35
水銀	0.18	0.17	0.12	0.17	0.25	0.14	0.25	0.12	0.17	0.11	0.34
ニッケル	8.8	8.5	10	13	15	10	15	8.5	11	－	27

（単位：mg/dry-kg）

測定項目	下水汚泥									汚泥発酵肥料	し尿汚泥肥料
	A	B	C	D	E	F	最大	最小	平均		
窒素全量	5.8	5.2	5.8	6.2	6.8	5.5	6.8	5.2	5.9	3.4	5.5
りん酸全量	4.2	3.8	4.0	4.7	5.8	4.3	5.8	3.8	4.5	3.7	4.7
カドミウム	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	0.00006	<0.00005	0.00006	<0.00005	<0.00005	0.00005	0.00014
鉛	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	0.001	0.003
ひ素	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.0006	<0.0005	0.0006	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.0009
セレン	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
クロム	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
水銀	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	0.00002	<0.00002	0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	0.00003
ニッケル	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	－	<0.003

（単位：%）

下限値は肥料取締法において含有を許される有害成分の最大量（%）の1/10値

表１１　下水汚泥と汚泥肥料のカラム試験結果

測定項目	下水汚泥									汚泥発酵肥料	し尿汚泥肥料
	A	B	C	D	E	F	最大	最小	平均		
pH	8.0	7.7	8.0	7.5	5.4	7.3	8.0	5.4	7.3	8.1	7.1
EC(mS/m)	150	120	130	130	27	130	150	27	110	770	270
塩分(‰)	0.7	0.6	0.6	0.6	0.1	0.6	0.7	0.1	0.5	4.2	1.4
カドミウム	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	0.001	0.002
鉛	<0.005	0.013	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.013	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
ひ素	0.079	0.14	0.11	0.16	0.11	0.084	0.16	0.079	0.11	0.047	0.019
セレン	0.011	0.032	0.022	0.042	0.005	0.013	0.042	0.005	0.021	0.003	0.006
クロム	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
水銀	<0.0005	0.0017	<0.0005	0.0005	<0.0005	<0.0005	0.0017	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005

（単位：mg/L）

重金属類は乾燥重量60ｇに換算

表１２　下水汚泥と汚泥肥料の乾燥単位重量あたりの流出量

測定項目	下水汚泥									汚泥発酵肥料	し尿汚泥肥料
	A	B	C	D	E	F	最大	最小	平均		
カドミウム	0.008	0.025	0	0	0.005	0	0.025	0	0.006	0.027	0.035
鉛	0.016	0.21	0.058	0.048	0.048	0	0.21	0	0.064	0.057	0.013
ひ素	1.3	2.3	1.9	2.6	1.9	1.3	2.6	1.3	1.9	0.77	0.31
セレン	0.18	0.52	0.37	0.69	0.085	0.22	0.69	0.085	0.34	0.053	0.11
クロム	0.05	0.15	0	0	0	0.03	0.15	0	0.04	0.55	0.02
水銀	0.0028	0.028	0.0026	0.0090	0	0.0044	0.028	0	0.0079	0.0074	0.0007

（単位：mg/dry-kg）

重金属類は乾燥単位重量に換算

肥料，下水汚泥の順となった．汚泥発酵肥料で数値が高い原因は，工業汚泥由来もしくは植物類原料に付着した塩分由来と考えられた．

すべての下水汚泥でひ素とセレンが検出され，B のみさらにカドミウム，鉛，水銀が検出された．汚泥発酵肥料とし尿汚泥肥料ではカドミウム，ひ素，セレンが検出された．

46 号試験とカラム試験の結果を比較すると，ひ素とセレンの検出濃度が同程度であり，下水汚泥 B ではカドミウム，鉛，水銀が両試験ともに検出されている．今回実施した条件下におけるカラム試験結果と 46 号試験の結果は検出される重金属類の傾向が類似していた．

クロムは 19 号試験において全ての試料で検出していないが，肥料等試験では鉛よりも多く検出されている．これは表 5 の収支の傾向とも一致しており，クロムの蓄積量は 19 号試験では把握できないことがわかった．

3.2 汚泥肥料中の重金属類の溶出と土壌における挙動

「1. 土壌カラム試験による重金属類の挙動調査」では重金属混合溶液を添加して土壌における重金属類の挙動を把握したが，汚泥肥料中の重金属類が降雨によって水に溶出する過程を考慮していない．下水汚泥と汚泥肥料のカラム試験における流出水濃度の結果は，1 年間の雨量を想定して重金属類の溶出の程度を調査したものであるから，汚泥肥料の重金属類含有量に対する土壌カラム試験の流出水中の含有量の割合を計算することにより，汚泥肥料中の重金属類の溶出を含めた土壌汚染のリスクを確認することが可能と考えた．そこで，汚泥肥料 1t 当たりの重金属類含有量に対する溶出量の割合を流出比として，式 A を作成した．重金属類含有量は，土壌カラム試験における汚泥肥料 1t に相当する重金属類混合溶液 0.1mL 中の含有量，つまり表 2 に示す施肥量 1t/10a あたりの重金属類添加量である．溶出量は，下水汚泥と汚泥肥料のカラム試験結果の流出水濃度を汚泥肥料 1t に相当する乾燥重量 0.5g から溶出する濃度に換算し，流出水量を乗じて算出した．重金属類の元素ごとに，式 A で流出比を計算した結果を表 13 に示した．

流出比が 1 より大きいと，土壌カラム試験において汚泥肥料から溶出して土壌へ浸透する量が多くなり，重金属類の挙動調査結果（図 4，5）では土壌汚染のリスク（土壌溶出量濃度と土壌含有量濃度）は高くなる．反対に，1 より小さいと土壌への浸透する量が少なく，土壌汚染のリスクは低くなる．

表 13 で下水汚泥のセレンを例にすると，汚泥肥料 1t/10a（Se 500mg 含有）を施肥した場合，流出比は最大で 1.3，最小は 0.17 であり，それぞれ 1.3t/10a（Se 650mg 含有），0.17t/10a（Se 85mg 含有）に相当するセレンが汚泥肥料から流出し土壌に浸透することになる．

$$\text{流出比} = \frac{\text{カラム試験流出水濃度[mg/L]} \times (0.5\text{[g]} \div \text{試料量[g]}) \times \text{流出水量[L]} \times 2000000}{\text{重金属類添加量[mg]}} \quad \cdots \text{A}$$

$$\text{流出比} = \frac{\text{土壌溶出量濃度[mg/L]} \times (0.5\text{[g]} \div 100\text{[g]}) \times 0.98\text{[L]} \times 2000000}{\text{重金属類添加量[mg]}} \quad \cdots \text{B}$$

表１３　流出比

	下水汚泥			汚泥発酵肥料	し尿汚泥肥料
	最大	最小	平均		
カドミウム	0.050	0	0.012	0.054	0.071
鉛	0.021	0	0.006	0.005	0.001
ひ素	0.53	0.26	0.30	0.15	0.063
セレン	1.3	0.17	0.69	0.10	0.22
クロム	0.30	0	0.080	1.1	0.059
水銀	0.14	0	0.039	0.037	0.004

（単位：t/10a）

表１４　下水汚泥と汚泥肥料の蓄積割合 100%時の施用量

測定項目	下水汚泥									汚泥発酵肥料	し尿汚泥肥料
	A	B	C	D	E	F	最大	最小	平均		
カドミウム	290	370	250	250	110	530	110	530	240	130	54
鉛	530	470	650	600	210	530	210	650	440	230	100
ひ素	820	1100	640	430	290	570	290	1100	540	840	200
セレン	1400	1100	3900	1900	1000	16000	1000	16000	1700	3500	890
クロム	1000	920	900	380	530	1000	380	1000	700	420	270
水銀	280	300	420	300	200	350	200	420	290	440	150
ニッケル	1100	1100	950	720	660	990	660	1100	900	－	370

（単位：t/10a）

下線の数値は試料毎の最小値を示す

今回試験を行った下水汚泥と汚泥肥料に限れば,大半の重金属類の流出比は 1 より小さいため,土壌汚染のリスクは低いと推察される.

なお，下水汚泥のセレンと汚泥発酵肥料のクロムは 1 を超えているが,図 4 にあるとおり 500t/10a の施肥であっても土壌溶出量基準を超過することはないと考えられる.

汚泥肥料中の重金属類の溶出を想定する場合には，1 年間の雨量を想定したカラム試験の結果が実態に即している．しかし，カラム試験は規格化されていないことに加えて試験時間を多く要する.そこで,カラム試験結果と 46 号試験結果は重金属類の検出傾向が類似していることから，46 号試験結果を用いて簡略化できると考えた．式 A のカラム試験流出水濃度を 46 号試験結果である土壌溶出量濃度に置き換えると式 B となる.46 号試験は試料と溶媒（水）を重量体積比 10%の割合で混合させて試料液を作成することから,検液 1L あたりの試料量は 100g,流出水量は滴下した液量と同じ 0.98L とした．今回試験した汚泥肥料以外であっても，式 B で流出比を求め，施肥量を乗じた値（t/10a）を計算することで，土壌カラム試験による重金属類の挙動調査結果（図 4，5）から汚泥肥料中の重金属類の溶出を考慮した 46 号試験結果と 19 号試験結果の推定ができると考える.

県内では汚泥肥料を 100t/10a/年程度を施肥している事例が存在する．下水汚泥に多く含有するひ素について着目すると，仮に今回試験した下水汚泥そのものを 100t/10a 施肥した場合，表 13 の下水汚泥の最大値の流出比は 0.53 であり,土壌カラム試験による重金属類の挙動調査結果（図 4，5）では施肥量 53t/10a に相当することになる．よって，下水汚泥中のひ素の土壌汚染レベルは実際には低くなると推察される.

3.3 汚泥肥料の農地への利用に係るガイドラインに基づく安全性の確認

「汚泥肥料の農地への利用に係るガイドライン」に基づき，下水汚泥と汚泥肥料の蓄積割合 100%時の施用量を計算した結果を表 14 に示した.

重金属含有量が少量のものは施用量が多く，含有量が多量のものは施用量が少なくなる．ガイドラインでは「蓄積度が最も大きい重金属で蓄積割合を把握する」と記載され，当該肥料の最小施用量が施用できる最大量となる．したがって，下水汚泥そのものを施肥した場合の施用可能量は 110t/10a，汚泥発酵肥料は 130t/10a，し尿汚泥肥料は 54t/10a となった.このガイドラインには,施用者の遵守事項として長期間連用する場合は，施用前および 5 年経過後または累積の蓄積割合がおおむね 50%に達したときに,土壌中の重金属の含有量を測定して土壌への蓄積状況を把握すること,との記載がある．通常の施用量 1t/10a を毎年同量施肥すると仮定すると,蓄積割合が概ね 50%に達するには下水汚泥では 55 年，汚泥発酵肥料は 65 年，し尿汚泥肥料は 27 年を要することがわかった.

結　語

土壌カラム試験による重金属類の挙動調査で,ひ素，セレンは土壌溶出量基準に係る土壌汚染リスクが，カドミウム，鉛，水銀は土壌含有量基準に係る土壌汚染リスクが高いことがわかった.

重金属類の土壌における挙動はカラム内土壌に添加した重金属類の量に対する土壌の溶出量と含有量，カラム下部から流れ出る量の各々の割合を計算した．カドミウム，鉛，水銀の収支は主に含有量試験でのみ検出される量，完全吸着量で,セレンの収支は完全吸着量，含有量試験でのみ検

出される量，溶出量試験の順で，ひ素の収支は含有量試験でのみ検出される量，完全吸着量，溶出量試験，流出量で，クロムの収支は完全吸着量で主に検出された．

カラム内の土壌に毎年 10t 相当量の重金属類を添加し，20 年間分の雨量を通水した場合，土壌溶出量基準を超過しない結果となった．一方，土壌含有量基準を超過しないが，ひ素と鉛が検出されていることから，土壌には蓄積される．同量の汚泥肥料を施肥する場合，一度に全量施肥する方法は，複数年をかけて少量ずつ施肥する方法よりも土壌汚染のリスクが高いことがわかった．

下水汚泥と汚泥肥料の性状試験を実施した結果，すべての下水汚泥と汚泥肥料は肥料の品質の確保等に関する法律に定める公定規格を満たしていた．下水汚泥と汚泥肥料ともに，46 号試験ではひ素が，19 号試験では鉛が検出され，カラム試験ではひ素が多く流出した．

汚泥肥料中の重金属類の溶出と土壌への浸透を含めた重金属類の挙動を確認するため，下水汚泥と汚泥肥料のカラム試験結果を用いて，汚泥肥料 1t 当たりの重金属類含有量に対する割合を流出比とし，計算した．試験試料の流出比は最大 1.3 であり，土壌カラム試験の結果から土壌溶出量基準を超過することはないと考えられた．また，下水汚泥と汚泥肥料のカラム試験の結果の代わりに 46 号試験結果を用いて流出比を計算し，土壌汚染レベルの推定を試みた．

汚泥肥料の農地への利用に係るガイドラインにより安全性確認を実施したところ，通常施用量の 1t/10a を毎年同量施肥して蓄積割合が概ね 50%に達するには，下水汚泥では55年，汚泥発酵肥料は65年，し尿汚泥肥料は27年となった．

謝　辞

下水汚泥を提供頂いた下水道事業者の皆様，本調査研究に御協力頂いた関係各所の皆様に感謝します．

文　献

1) 三重県農林水産部農産物安全・流通課，汚泥肥料の農地への利用に係るガイドライン，http://www.pref.mie.lg.jp/common/content/000117869.pdf（2020 年 11 月 30 日アクセス）．
2) 水野和俊，吉羽雅昭 : 汚泥肥料の種類と成分含有量の実態－FAMIC の肥料検査成績から－. 日本土壌肥料学雑誌，84(4)，311-320（2015）．
3) 気象庁，過去の気象データ検索，https://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html（2020 年 11 月 30 日アクセス）．
4) 一般社団法人廃棄物資源循環学会 : 廃棄物関連試料の分析マニュアル，378-384，2015
5) 2016 年度酸性雨調査結果, 三重保環研年報, **19**, 97-102（2017）．
6) 農林水産省, 農用地土壌汚染対策地域の指定要件に係るカドミウムの量の検定の方法を定める省令，昭和 46 年農林省令第 47 号.
7) 独立行政法人農林水産消費安全技術センター，肥料等試験法，http://www.famic.go.jp/ffis/fert/sub9.html（2020 年 11 月 30 日アクセス）．

The Study of Safety Confirmation in the Use of Sludge Fertilizer

Emika KONDO, Yukitoshi OKUYAMA, Takahiro SAKAGUCHI, Yuya TACHINO,
Takuya WATANABE, Kenta ISHIDA, Akiko SAKAMOTO and Yoko ARITOMI

Keywords : sludge fertilizer, sewage sludge, testing methods for fertilizer

In order to clarify the safety of sludge fertilizer, we conducted a behavioral survey of heavy metals in a soil column test and analyzed the properties of sewage sludge and sludge fertilizer. We tested the safety of sludge fertilizer with the guideline for the use of sludge fertilizer for agricultural land in Mie prefecture.

Arsenic (As) and selenium (Se) have a high risk of soil elution exceeding the standard. Cadmium (Cd), lead (Pb) and mercury (Hg) have a high risk of soil content exceeding standards. The behavior of heavy metals in the soil was grasped by calculating the ratios of the amount of heavy metals added to the soil in the column to the amount of soil elution, the soil content, and the amount flowing out from the bottom of the column. In a test in which 10 tons of fertilizer was applied every year and water was dropped assuming rainfall for 20 years, the soil elution standard was not exceeded.

As a result of the property test of sewage sludge and sludge fertilizer, As was detected in the Ministry of the Environment Notification No. 46 test and Pb was detected in the Ministry of the Environment Notification No. 19 test. In the column test, a large amount of As was leaked. All sewage sludges and sludge fertilizers met the official standards of the Act on Ensuring the Quality of Fertilizers.

The number of years when 1 ton per 1000 m^2 was fertilized every year, the accumulation ratio reached about 50% was 55 years for sewage sludge, 65 years for fermented sludge fertilizer, and 27 years for human waste sludge fertilizer, respectively.

三重保環研年報　第 23 号（通巻第 66 号），41－47 頁（2021）

原　著

伊勢湾の水質と植物プランクトンの年代推移の解析

渡邉卓弥，石田健太，国分秀樹*，岩出将英**，辻将治***，大八木真希****，千葉賢****

Analysis of Chronological Transitions of Water Quality and Phytoplankton in Ise Bay

Takuya WATANABE，Kenta ISHIDA，Hideki KOKUBU*，Shoei IWADE**，
Masaharu TSUJI***，Maki OYAGI**** and Satoshi CHIBA****

伊勢湾の水質と植物プランクトンの年代推移について，広域総合水質調査の表層水の分析データを用いて解析を行った．

COD は湾奥では増加傾向にあるが，湾央及び湾口では横ばいであった．TOC は湾奥で 2000 年代をピークに 2010 年代にかけて減少しており，湾央及び湾口では 1990 年をピークにその後減少していた．また，いずれの区域でも 2010 年代の COD/TOC が最も高いことから，COD として評価される分解性の有機物の割合が 2010 年代は 1980 年代以降で最も多い状態であると考えられた．全窒素（TN），溶存態窒素（DIN），全リン（TP）及び溶存態リン（DIP）は 1980 年代以降減少傾向にあり，特に 2000 年代から 2010 年代で減少していた．

クロロフィル a は湾奥で 1980 年代から 1990 年代にかけて増加し，2000 年代まで横ばいであったが，2010 年代に入り減少した．また，湾央及び湾口では 1980 年代から 2010 年代まで単調減少していた．植物プランクトンの総細胞数は全湾的に 1980 年代から 2010 年代まで単調増加していた．植物プランクトンの優占種の上位 6 種は上位から順に *Skeletonema* sp.，*Chaetoceros* sp.，*Thalassiosira* sp.，*Cerataulina* sp.，*Prorocentrum* sp.，*Nitzschia* sp.であった．このなかで *Skeletonema* sp.及び *Chaetoceros* sp. は 1980 年代から 2010 年代まで全湾的に単調増加しており，伊勢湾における植物プランクトンの総細胞数の増加に大きく関わっていることが推測された．

キーワード：伊勢湾，水質，植物プランクトン

はじめに

伊勢湾の水環境は，高度経済成長期に悪化が進行したが，1980 年から実施している水質総量削減等の取り組みの結果，陸域からの汚濁負荷量の減少により， TN 及び TP は減少し，改善傾向にあるものの [1]，COD は減少せず，環境基準達成率は高くない状態である [1]．

近年，全国的に海域の貧栄養化が進み，その結果水産資源が減少したとする意見もある [2] が，埋立てや臨海部開発によって干潟やアマモ場といった生物生産場や物質循環を担う場所が減少してきたことや海水温上昇なども水産資源減少に影響していると考えられる．

現在伊勢湾では，「きれいで豊かな海」をキーワードに，水質的な「きれいさ」と生物的な「豊かさ」の両立を目指す視点で総合的な取り組みを進めることが重要であると考えられている．そのなかで，「きれいさ」とは，環境基準として定められている COD，TN，TP 及び底層溶存酸素量（2021 年現在，伊勢湾では類型指定なし）を指し，また，

*三重県環境生活部 大気・水環境課
**三重県水産研究所 鈴鹿水産研究室
***三重県農林水産部 水産振興課
****四日市大学 環境情報学部

環境基準には含まれないものの，生物の生育に必要な栄養源である DIN 及び DIP も重要なファクターであると筆者らは考える．

そして「豊かさ」とは，生物量や生物多様性のことを指すと考えるが，この中には我々が食物として恩恵を受ける水産資源だけではなく，海洋生態系内のすべての生物が含まれることから，高次生物の餌となる植物プランクトンや動物プランクトンも含まれる．植物プランクトンや動物プランクトンは，生態系ピラミッドの根幹を担う生物であることから，豊かさを評価する上では重要な位置付けにあると考えられる．

伊勢湾の「きれいさ」と「豊かさ」を評価するためには，まずは水質と生態系ピラミッドの基盤である植物プランクトンの変遷を明らかにすることが重要であると考え，本報ではこれらを解析した．

方　法

１．使用データ

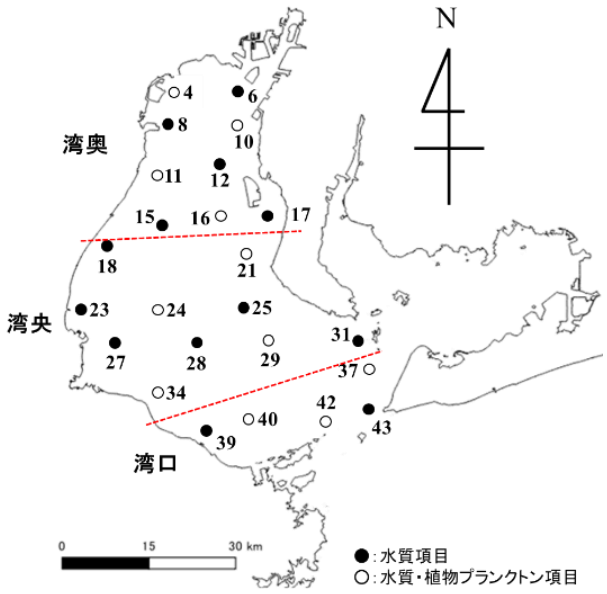
環境省がホームページに公開している広域総合水質調査の伊勢湾の結果（1978 年~2019 年）[3)] を用いた．当該調査は伊勢湾の水質及び底質の汚濁の実態を統一的な手法で調査することにより，総合的な水質汚濁防止対策の効果を把握し，また，水質汚濁機構の検討に必要な基礎的資料を得ることを目的とした調査である．一部の項目を除き基本的に 5 月，7 月，10 月，1 月の年間 4 回実施されている．

調査内容は COD や TN 等の水質項目，植物プランクトンの同定及び計数等の植物プランクトン項目，粒度や硫化物等の底質項目，底生生物の同定及び計測の底生生物項目の合計 4 項目である．

本報では水質項目として COD, TOC, DOC, TN, TP, 硝酸態窒素（NO_3-N），亜硝酸態窒素（NO_2-N），アンモニア態窒素（NH_4-N）及びクロロフィル a のデータを，植物プランクトン項目として総細胞数及び優占種の計数及び同定のデータを解析に用いた．使用データのなかには，底層データが無い項目も含まれていたことから，本報では表層データのみを使用した．また，底層溶存酸素濃度については貧酸素化が進行し，深刻な状態となる夏季のデータが年間 1 回しか取得できないため扱わないこととした．

２．解析地点

広域総合水質調査の伊勢湾の調査地点と解析海域の概要を図 1 に示した．本報では三河湾を除く狭義の伊勢湾内を解析対象とし，水質項目は図 1 に示した黒丸及び白丸の合計 24 地点，植物プランクトン項目は調査地点が限られていたため，白丸の 11 地点を選定した．また，伊勢湾を，木曽三川から大量に流入する淡水の影響を大きく受ける湾奥，すり鉢状の地形により中底層で海水停滞が起こりやすい湾央，外海との海水交換がある湾口という特徴のある 3 区域に区分した．



原地図：国土地理院ウェブサイト
（地理院白地図を加工して作成）

図１　伊勢湾の調査地点と解析海域の概要

３．解析方法

取得したデータから各調査地点における解析対象項目の年間平均値を算出し，その年間平均値を用いて区域（湾奥，湾央，湾口）ごとの年間平均値を算出した．次に区域ごとの年間平均値を用いて年代（1980 年代，1990 年代，2000 年代，2010 年代）平均値を算出することで 10 年ごとの推移を図に示した．各年代について，1980 年代は 1980 年から 1989 年, 1990 年代は 1990 年から 1999 年, 2000 年代は 2000 年から 2009 年, 2010 年代は 2010 年から 2019 年とした．ただし，植物プランクトンの総細胞数, 優占種の同定及び計数結果は 1982 年からデータの記載が開始していたことから，当該項目の 1980 年代については 1982 年から 1989 年の平均値を用いた．また，解析対象として選定したクロロフィル a は水質項目として調査されてい

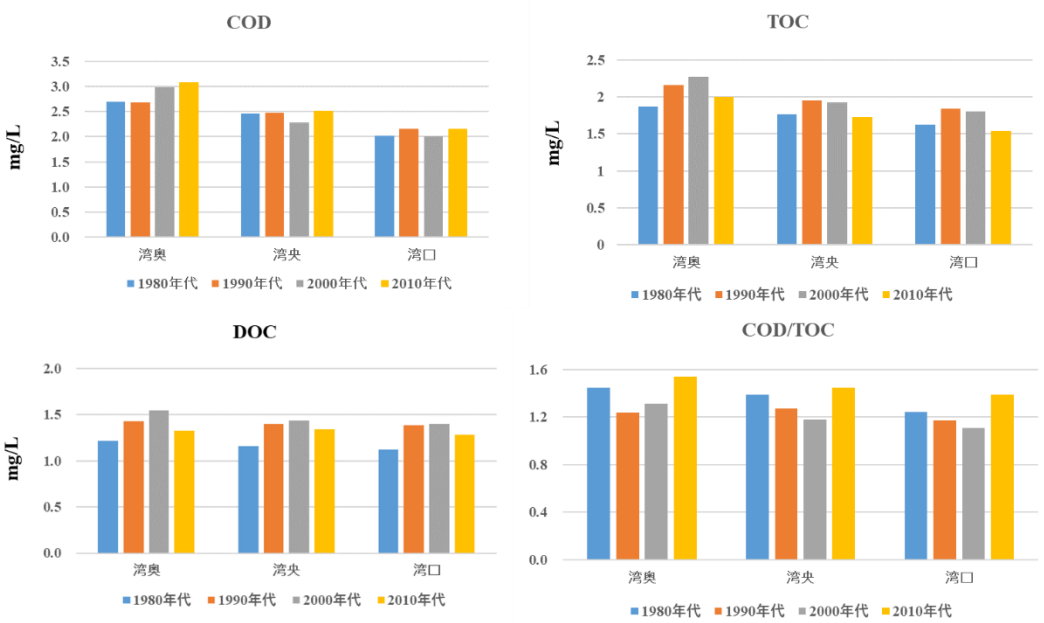


図２　伊勢湾の COD，TOC，DOC 及び COD/TOC の年代推移（表層）

るが，本報では植物プランクトンの結果及び考察に結果をまとめた．

なお，報告下限値未満の数値は報告下限値として数値処理を行った．

結果及び考察

１．水質

COD，TOC，DOC 及び COD/TOC の結果を図２に示した．有機物指標である COD は 1980 年代から 2010 年代まで湾央及び湾口でほぼ横ばいであったが，湾奥では 1990 年代から 2000 年代に増加し，その後 2010 年代にかけて微増した．同じく有機物指標である TOC は湾央及び湾口では 1980 年代から 1990 年代まで増加し，1990 年代から 2000 年代まで横ばい，2000 年代から 2010 年代に減少していた．湾奥は 1980 年代から 2000 年代まで増加し，2000 年代から 2010 年代にかけて減少していた．DOC は TOC と同様の増減傾向を示した．COD と TOC の傾向の違いとして，2000 年代から 2010 年代まで，いずれの区域においても COD は増加している一方で TOC は減少していた点が挙げられる．COD は酸化剤消費量を酸素消費量に換算した有機物の指標であり，物質の種類により酸化剤の消費量が変わる．つまり，酸化分解されやすい物質が多いと COD も増加するため，同量の炭素量であっても種類や質によって値が変化するという特徴がある．対して TOC は有機物を高温下で加熱分解し，発生した二酸化炭素を測定するという原理であることから，ほぼ全量の有機物を炭素量として正確にとらえることができる．

ここで，COD/TOC は TOC に対する COD として評価される有機物量の比を表していることから，この比の変化は，海水中の分解性有機物の割合の変化と考えることもできる．よって，湾奥では 1980 年代から 1990 年代にかけて分解性有機物の割合が減少したが，その後 2010 年代にかけて増加し，湾央及び湾口では 1980 年代から 2000 年代まで分解性有機物の割合は減少していたが，2010 年代にかけて増加したと推測された．また，いずれの区域でも 2010 年代の COD/TOC が最も高いことから，COD として評価される分解性の有機物の割合が 2010 年代は 1980 年代以降で最も多い状態であると考えられた．このことが，COD の減少に結び付かず，環境基準の達成率が 40～70 %[1)]を推移し続ける原因となっている可能性が考えられた．

次に，TN，TP，DIN 及び DIP の年代推移を図３に示した．なお，DIN は NO_3-N，NO_2-N 及び NH_4-N の合計値として算出し，DIP はリン酸態リン濃度を表した．

TN はいずれの区域でも 1980 年代から 1990 年代にかけて減少し，1990 年代から 2000 年代まで横ばい，その後 2010 年代にかけて減少した．一方で TP はいずれの区域でも 1980 年代から 2000 年代まで横ばいであり，その後 2010 年代にかけて減少した．　伊勢湾における総量削減計画として，

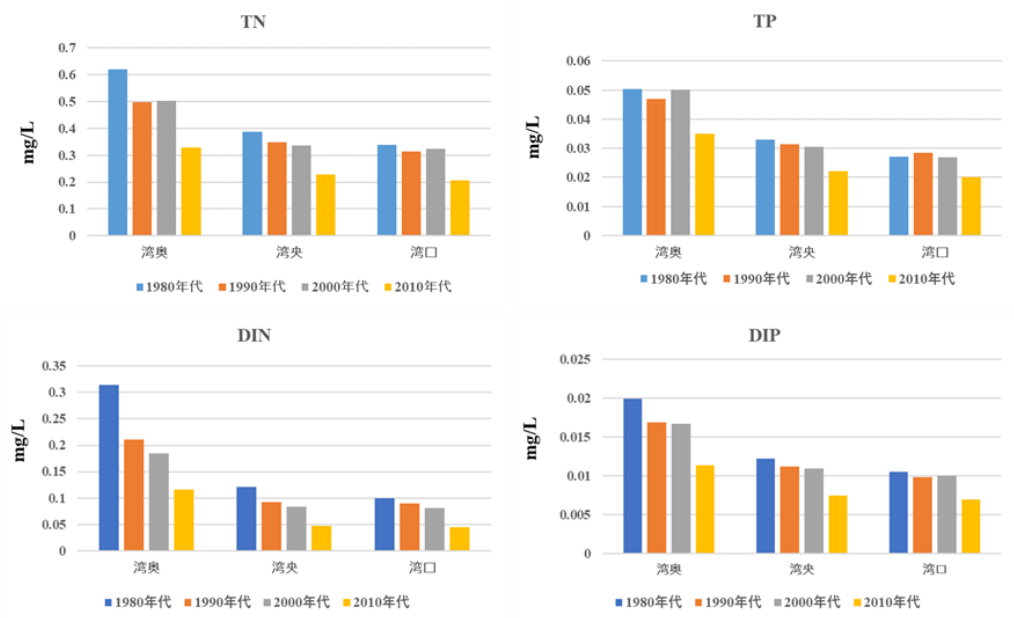


図３　伊勢湾の TN，TP，DIN 及び DIP の年代推移（表層）

COD は開始当初の 1980 年から規制がされているものの，TN 及び TP は第 5 次総量削減計画から追加された項目であり，第 5 次が適用されたのは 2002 年度であることから，2000 年代から 2010 年代にかけての大きな減少は，第 5 次以降の総量規制による効果であると考えられた．また，DIN は TN と同様の年代推移の挙動を示しており，DIP も TP と同様の挙動を示した．

２．植物プランクトン

クロロフィル a 及び植物プランクトンの総細胞数の年代推移を水質と同様に図 4 に示した．なお，植物プランクトンの総細胞数の 1997 年度のデータが前後数年の値と比較して，数値が 2 桁高かったため，異常値として 1990 年代の平均データから除外した．それに伴い，クロロフィル a の結果についても 1997 年度のデータを 1990 年代の平均データから除外した．

クロロフィル a は湾奥では 1980 年代から 1990 年代にかけて増加し，2000 年代まで横ばいであったが，2010 年代に入り減少した．また，湾央及び湾口は 1980 年代から 2010 年代まで単調減少していた．

一方で，植物プランクトンの総細胞数は全湾において 1980 年から 2010 年代まで単調増加していた．クロロフィル a が減少しているにも関わらず総細胞数が増加しているこの現象は，1 細胞あたりの体積が縮小したことによるもの（＝植物プランクトンの小型化）であると考えられている [4]．

次に，植物プランクトンの優占種上位 6 種について図 5 に示した．ただし，ここでの優占種とは分類学における「種」ではなく，「属」として優占状態であることとする．上位 6 種の決定方法は，解析データとして扱った 1982 年から 2019 年までの平均細胞数を上位から数えて決定した．植物プランクトンの種ごとの細胞数データについては，2001 年までと 2002 年以降でコード及び集計方法が異なっていたため，連続したデータとして扱うために次のとおり処理を行った．2001 年までは属中の種名まで同定していたのに対し，2002 年以降は属名までの同定であったことから，2002 年以降の属名同定に合わせるために，2001 年までのデータは，同属の種を全て合計した．なお，各種植物プランクトンの細胞数も図 4 の総細胞数と同様に 1997 年のデータを除外して解析を行った．

結果は上位から順に，*Skeletonema* sp.，*Chaetoceros* sp.，*Thalassiosira* sp.，*Cerataulina* sp.，*Prorocentrum* sp.，*Nitzschia* sp.であった．この中では *Prorocentrum* sp.のみが渦鞭毛藻類であり，その他は珪藻類である．*Skeletonema* sp.及び *Chaetoceros* sp. は，全湾において 1980 年代から 2010 年代にかけて単調増加しており，特に *Chaetoceros* sp.の 2010 年代，湾奥での増加は顕著であった．伊勢湾における植物プランクトンの総細胞数の増加は，これら 2 種が大きく関わっていることが推察された．*Thalassiosira* sp.及び *Nitzschia* sp.は 2000 年代にピークとなったものの，

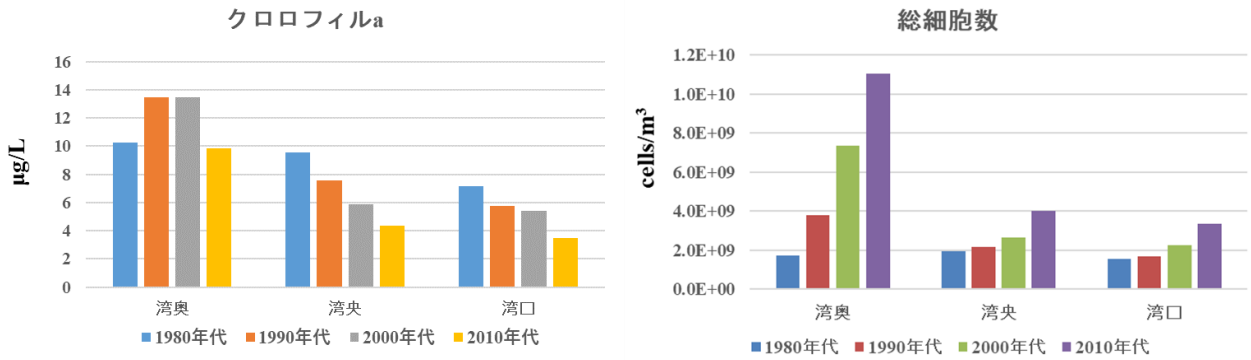


図４　伊勢湾のクロロフィル a 及び植物プランクトンの総細胞数の年代推移（表層）

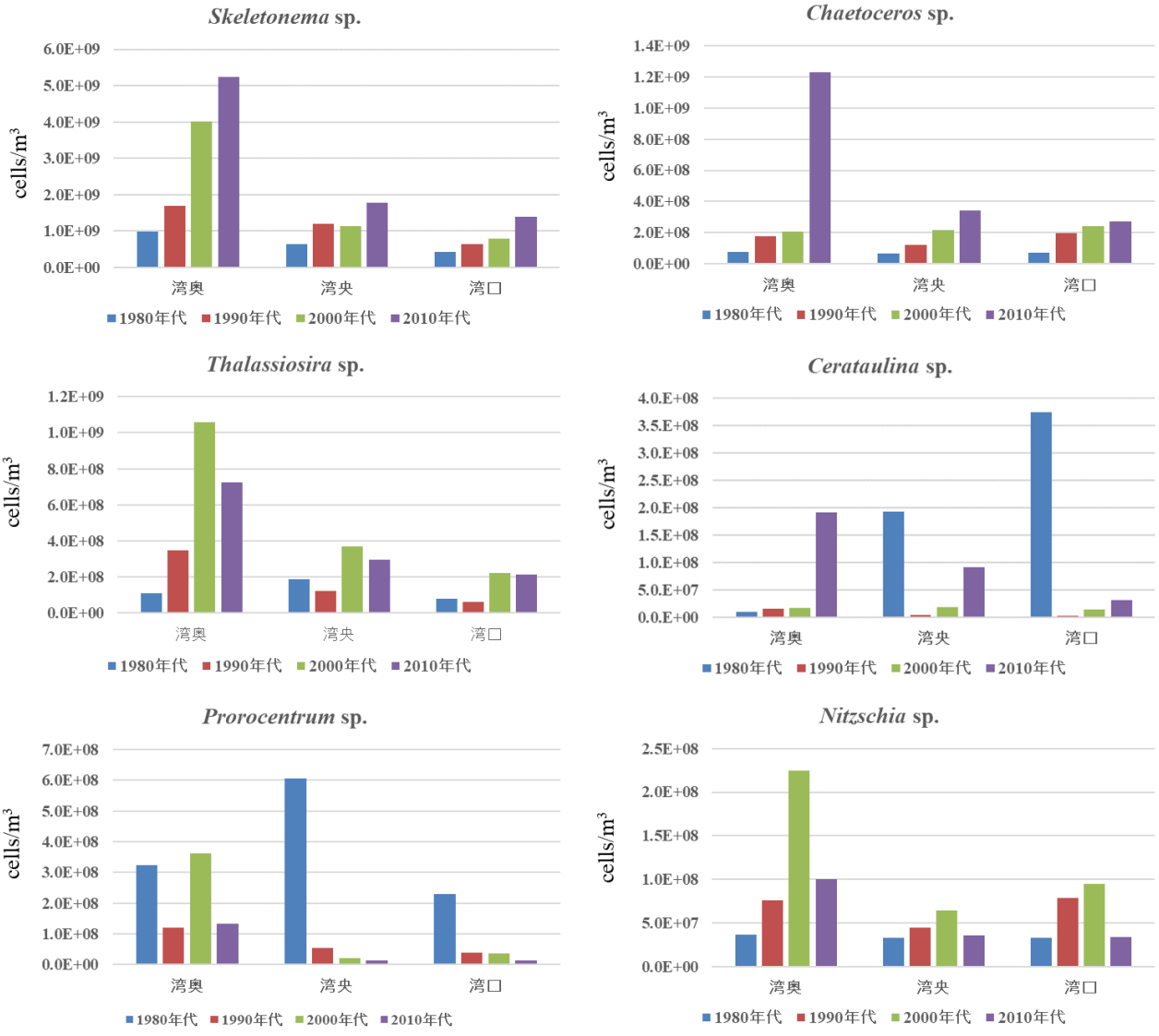


図５　伊勢湾の植物プランクトンの優占種上位６種と年代推移（表層）

2010 年代にかけては減少していた．また，*Prorocentrum* sp.は 2010 年代には過去と比較して細胞数が減少していることがわかった．

結　語

COD は湾奥で増加傾向，湾央及び湾口で横ばいであるが，TN 及び TP が 2000 年代から 2010 年代にかけて全湾的に大きく減少したのは水質総量規制

の効果であると考えられた．また，いずれの区域でも 2010 年代の COD/TOC が最も高いことから，COD として評価される分解性の有機物の割合が 2010 年代は 1980 年代以降で最も多い状態であると考えられた．このことが，COD の減少に結び付かず，環境基準の達成率が向上しない原因となっている可能性が考えられた．

クロロフィル a は湾奥では 2000 年代から 2010 年代に減少しており，湾央及び湾口では 1980 年代から 2010 年代にかけて単調減少していた．一方で植物プランクトンの総細胞数は 1980 年代から 2010 年代にかけて全湾的に単調増加していた．

植物プランクトンの優占種について解析を行ったところ，伊勢湾の植物プランクトンの優占種の上位 6 種は上位から順に，*Skeletonema* sp.，*Chaetoceros* sp.，*Thalassiosira* sp.，*Cerataulina* sp.，*Prorocentrum* sp.，*Nitzschia* sp.であった．特に *Skeletonema* sp.及び *Chaetoceros* sp. は 1980 年代から 2010 年代まで全湾で単調増加しており，伊勢湾における植物プランクトンの総細胞数の増加には，これら 2 種が大きく関わっていることが推測された．

クロロフィル a の減少に反して植物プランクトンの総細胞数が増加している現象については，栄養塩濃度の変化等による細胞の小型化が原因と考えられているが [4]，動物プランクトンについては小型種である *Oithona* 属が 2010 年代に著しく増加していることも明らかになっている [5]．生態系ピラミッドの基礎部分にあたる植物プランクトンや動物プランクトンが変化してくることで，捕食者である底生生物や魚類への影響も考えられることから，今後は高次生物の生物量や種類の変遷の整理とそれらの因果関係の解明が求められる．

文　献

1) 環境省 : 令和 3 年度環境白書. 第 2 部, 第 4 章, 第 2 節，水環境の保全（2021）.
2) 兵庫県農政環境部環境管理局水大気課 : 工場・事業場における栄養塩類供給に係るガイドライン（ナレッジ集）（令和 2 年 3 月）https://www.kankyo.pref.hyogo.lg.jp/application/files/8615/8995/1796/2020.3.30.pdf（2021 年 11 月 25 日アクセス）.
3) 環境省 : 水環境総合情報サイト https://water-pub.env.go.jp/water-pub/mizu-site/mizu/download/download.asp（2021 年 11 月 25 日アクセス）.
4) 千葉賢 : 伊勢湾の植物プランクトンの小型化と水質の長期変化の関係について．四日市大学論集，**32**（1），139-155（2019-2020）.
5) 千葉賢 : 伊勢湾の動物プランクトン群集の経年変化に関する研究．四日市大学論集，**34**（1），151-167（2001）.

Analysis of Chronological Transitions of Water Quality and Phytoplankton in Ise Bay

Takuya WATANABE, Kenta ISHIDA, Hideki KOKUBU, Shoei IWADE
Masaharu TSUJI, Maki OYAGI and Satoshi CHIBA

Key words：Ise bay, water quality, phytoplankton

We analyzed chronological transitions of water quality and phytoplankton in Ise Bay with analytical data of surface water of the wide area comprehensive water quality survey.

COD tended to increase in the inner part of the bay, but remained flat in the central part and the mouth of the bay. TOC peaked in the 2000s and decreased toward the 2010s in the inner part of the bay, and it peaked in the 1990s and then decreased in the central part and the mouth of the bay. In addition, based on that COD/TOC was the highest in the 2010s in any area, it was considered that the proportion of degradable organic matter evaluated as COD was the highest since the 1980s. TN, DIN, TP and DIP were on a downward trend, especially from the 2000s to the 2010s.

Chlorophyll a increased in the inner part of the bay from the 1980s to the 1990s and remained flat until the 2000s, but decreased in the 2010s. In addition, it decreased monotonically in the central part and the mouth of the bay from the 1980s to the 2010s. The total number of phytoplankton cells increased monotonically in all areas of the bay from the 1980s to the 2010s. The top 6 dominant species of phytoplankton were *Skeletonema* sp., *Chaetoceros* sp., *Thalassiosira* sp., *Cerataulina* sp., *Prorocentrum* sp. and *Nitzschia* sp. in order from the top. Among them, *Skeletonema* sp. and *Chaetoceros* sp. increased monotonically in all areas of the bay from the 1980s to the 2010s, and it was speculated that they were greatly involved in the increase in the total number of phytoplankton cells in Ise Bay.

三重保環研年報　第 23 号（通巻第 66 号），48－52 頁（2021）

ノート

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）

An epidemiological study of the SARS-CoV-2 genome -Mie Prefecture, Japan- (January 2020 - October 2021)

矢野拓弥，北浦伸浩，中井康博

Takuya YANO，Nobuhiro KITAURA and Yasuhiro NAKAI

キーワード：新型コロナウイルス，SARS-CoV-2，ゲノム解析，NGS

国内のSARS-CoV-2の流行は，複数回の感染者数のピーク（2020年春先の第1波から2021年夏季の第5波）があり，国内の各自治体はSARS-CoV-2によるクラスターの発生源の特定と濃厚接触者の追跡によって感染拡大を封じ込める対策を実施してきた．第1波は，中国（武漢）で発生したSARS-CoV-2を起点に，本県においては2020年1月以降，武漢由来のA系統に近縁であるB.1系統が検出されたが，2020年3～4月には欧州由来ウイルスのB.1.1系統が主に流行していた．

2020年の夏季（7～9月）の第2波は，B.1.1系統から派生したB.1.1.284系統によるものであった．

第3波は2020年12月以降の冬季に，もう1つの欧州由来ウイルスであるB.1.1.214系統と第2波で主流となったB.1.1.284系統が混在して流行していた．また，2020年11月を中心とした南アジアからの流入ウイルス（B.1.36系統）による地域コミュニティでの感染拡大がみられたが，保健所等のクラスター対策により，封じ込められ，その後の拡散は確認されていない．

第1から第3波の流行の主流となった，欧州由来のD614G変異を有するウイルスは，その後も，現在まで続いているが，第4波はB.1.1.7系統（N501Y変異）とR.1系統，第5波はB.1.617.2系統（L452R変異）による流行であった．

はじめに

2019 年 12 月以降に中国湖北省武漢市で Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2（SARS-CoV-2）が感染拡大し，その後，日本国内においても患者が発生し，[1-3]，本県においても，2020 年 1 月下旬に，同ウイルスが検出され [4]，以後，世界的な流行に至った [5-7]．国内の各自治体では積極的疫学調査を実施し，クラスターの発生源の特定と濃厚接触者の追跡によって感染拡大を封じ込める対策を行ってきた．SARS-CoV-2 の感染クラスターに特有な遺伝子情報およびクラスター間の共通性を解析 [8] するために，国立感染症研究所病原体ゲノム解析研究センターと全国の地方衛生研究所および検疫所等でゲノムネットワークが構築された．

流行当初は，国内で検出された SARS-CoV-2 は，全国の地方衛生研究所より陽性検体の一部が国立感染症研究所に集められ，次世代シーケンサー（Next Generation Sequencer；NGS）を使用し，SARS-CoV-2（一本鎖プラス鎖 RNA ウイルス；全長 29.9 kb）のゲノム配列情報が確定されていた．現在は，各自治体で NGS とその関連機器の整備が進められ，国内のゲノム解析体制が強化された．本県においても，2020 年 3 月以降，国立感染症研究所病原体ゲノム解析研究センターの解析支援のもとにゲノム解析の体制構築に取組み，変異ウイルスの動向監視を継続的に行っている．

以下に，本県における SARS-Cov-2 陽性者について，ゲノム解析による流行ウイルスの系統および変異ウイルスの動向についての解析結果を報告する．

対象と方法

１．調査対象

2020年1月～2021年10月に新型コロナウイルス行政検査において，県内の医療機関を受診した呼

吸器症状等を呈し，SARS-CoV-2陽性となった患者検体（鼻汁，鼻咽頭拭い液，喀痰，唾液等）を対象とした．SARS-Cov-2陽性者のうち，Real time RT-PCRにより得られたCt（Threshold Cycle）値（30未満）を指標に，選定した1445件について，SARS-CoV-2の全長塩基配列を決定しゲノム解析を実施した．

採取年別の対象者数の内訳は，2020年3月1件，4月16件，5月0件，6月0件，7月38件，8月76件，9月81件，10月7件，11月61件，12月80件である．2021年は1月223件，2月95件，3月131件，4月183件，5月84件，6月73件，7月114件，8月130件，9月25件，10月27件を対象とした．

SARS-CoV-2陽性者の検体は，新型コロナウイルス感染症患者に対する積極的疫学調査実施要領に基づき採取され，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．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）等を用いた．当所におけるSARS-CoV-2のNGS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[9]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およびハプロタイプ・ネットワーク図の作成を実施し遺伝子情報の共通性を解析した．

結　果

１．SARS-CoV-2系統分類別検出数

SARS-Cov-2陽性者1445件について，SARS-CoV-2の全長塩基配列を決定しゲノム解析を実施した結果，A系統（1件），B.1.1系統（17件），B.1.1.284系統（272件），B.1.1.214系統（399件），B.1.36系統（19件），R.1系統（65件），B.1.1.7系統（455件），B.1.617.2系統（217件；内訳AY.29；212件，AY.29.1；3件，AY.42；2件）であった．

２．検体採取月別のSARS-CoV-2系統分類

ゲノム解析を行ったSARS-Cov-2陽性者1445件について，検体採取月別の系統分類を図1に示した．A系統は2020年3月（1件），B.1.1系統は4月（16件），8月（1件）であった．

B.1.1.284系統は，主に夏季の2020年7月（34件），8月（68件），9月（81件）に多く検出され，その後も少数ながらも検出が続いた．冬季に再び検出され，2020年12月に13件，2021年1月には58件検出された．

B.1.1.214系統は，2020年7月（4件），8月（7件）夏季においても確認されたが，主として，2020年11月～2021年3月の冬季に380件と多数検出され，流行の主流となった．

B.1.36系統は，2020年10～12月に19件，R.1系統は2021年1～5月に65件検出された．

B.1.1.7系統は，2021年3～8月に455件確認され，流行の主流となった．

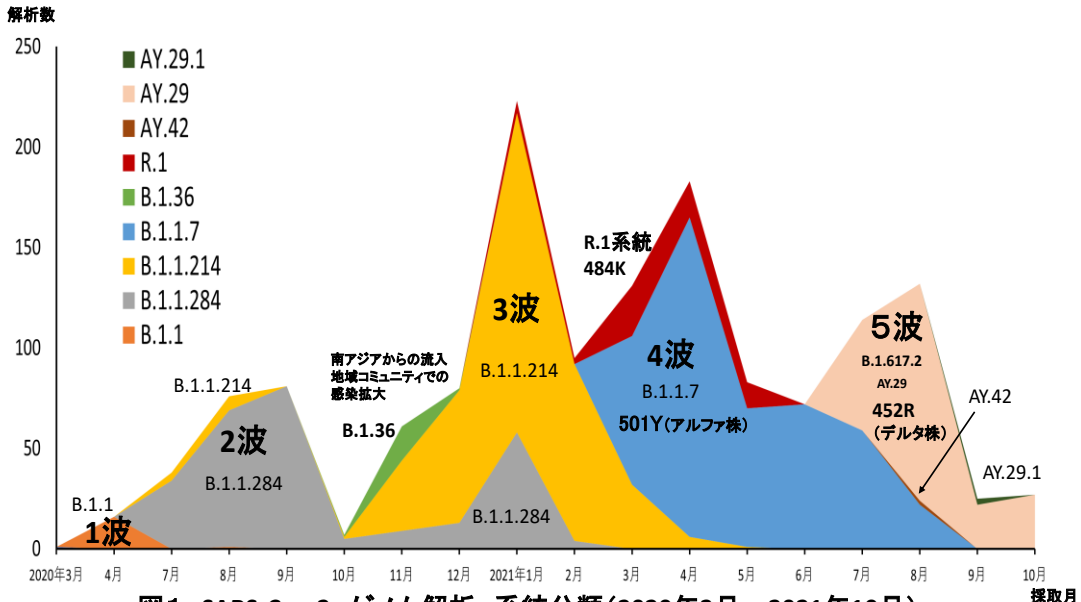


図1　SARS-Cov-2　ゲノム解析　系統分類（2020年3月～2021年10月）

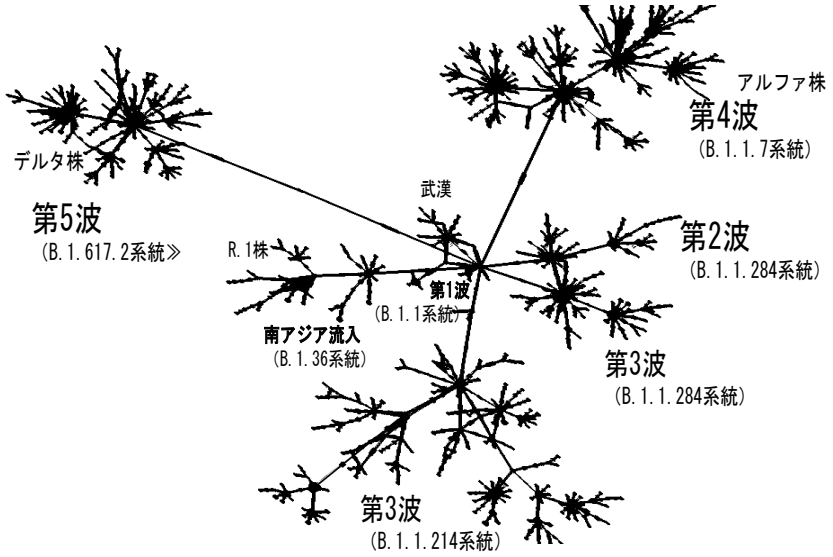


図2　SARS-Cov-2　ゲノムネットワーク解析図（2020年3月～2021年10月）

B.1.617.2系統は, 2021年夏季に主流行し, 7月（55件），8月（108件），9月（22件），10月（27件）であった.

３．第1波～第5波における流行ウイルスの系統

ゲノム解析を行ったSARS-Cov-2陽性者について, 第1波～第5波の流行についてゲノムネットワークにおける系統分類を図2に示した.

1.1 武漢由来（B.1系統）と第1波（B.1.1系統）

中国（武漢）で発生したSARS-CoV-2を起点に, 2020年1月以降, 武漢由来のウイルス（A系統）に近縁なウイルス（B.1系統）が検出された．2020年3～4月には欧州由来ウイルス（B.1.1系統）による流行が確認された.

1.2 第2波（B.1.1.284系統）

欧州由来ウイルス（B.1.1系統）から派生したSARS-CoV-2（B.1.1.284系統）により，2020年の夏季（7～9月）に第2波となる流行がみられた．一部で, 同由来のB.1.1.214系統の検出もみられた.

1.3 第3波（B.1.1.214系統，B.1.1.284系統）

2020年12月以降は, 夏季に検出されていた異なる欧州由来ウイルス（B.1.1.214系統）による第3波の感染拡大がみられ，さらに第2波で主流となったSARS-CoV-2（B.1.1.284系統）も混在していた.

加えて, 本県では2020年10～12月には, 南アジアからの流入ウイルス（B.1.36系統）による地域コミュニティでの感染拡大がみられた.

1.4 第4波（R.1系統, B.1.1.7系統；アルファ株）

2021年3月以降は，E484K変異（R.1系統）を有するウイルスと英国から報告された新規の変異ウイルス（B.1.1.7系統；アルファ株）による患者が増加し，第4波となる流行がみられた.

1.5　第5波（B.1.617.2系統；デルタ株）

インドで感染者が多発していたL452R変異を有する変異ウイルス（B.1.617.2系統；デルタ株）の第5波の流行がみられた.

本県で検出されたB.1.617.2系統のうち, 大部分が同系統の細分化されたAY.29に属していた．また，2021年8月AY42が2例，2021年9月には，新たにAY.29.1に分類されるウイルスが3件検出されている.

その他，2021年3月にインドへの渡航歴のあるSARS-CoV-2陽性者からカッパ株（旧称）1例が確認されたが，その後は，検出されていない.

考　察

国内のSARS-CoV-2における流行は，複数回の感染者数のピーク（2020年春先の第1波から2021年夏季の第5波）を経験し，国内の各自治体はSARS-CoV-2によるクラスターの発生源の特定と濃厚接触者の追跡によって感染拡大を封じ込める対策を実施してきた.

第1波は，中国（武漢）で発生したSARS-CoV-2を起点に，本県においては2020年1月以降，武漢由来のA系統に近縁であるB.1系統が検出されたが，2020年3～4月には欧州由来ウイルスのB.1.1系統が主流行していた.

2020年の夏季（7～9月）の第2波はB.1.1系統から派生したB.1.1.284系統によるものであった.

第3波は2020年12月以降の冬季には, もう1つの欧州由来ウイルスであるB.1.1.214系統と，第2波で主流となったB.1.1.284系統が混在し, 感染者が増加したものと思われる. また, 本県では2020年11月を中心に，南アジアからの流入ウイルス（B.1.36系統）による地域コミュニティでの感染拡大がみられた. 感染事例の増加は，多系統のウイルスの動向によるものと思われ, 保健所等のクラスター対策により封じ込められ，その後の拡散は確認されていない.

第1～第3波の流行は，欧州由来のSARS-CoV-2のSpikeタンパク質にD614G変異を有するウイルスによるもので，同変異は現在まで継承されているが, 2021年春季以降は, 新たな変異ウイルスが関与している．第4波は，N501Y変異（B.1.1.7系統）を持つウイルスで，第5波はL452R変異を有するウイルス（B.1.617.2系統）による流行であった. N501Y変異を有するSARS-Cov-2では，感染力の増加[10]が, L452R変異を有するウイルスでは，宿主の免疫回避能力が高まる可能性[11,12]がそれぞれ報告され, 流行拡大の要因の一つと推察された. また，国内においてアルファ株とデルタ株の組換え体とみられるSARS-CoV-2ウイルスの検出が報告[13]され, 公衆衛生リスクは無いことが示唆されているが，留意する事例であると思われた．さらに2021年1月以降に検出されたE484K変異を有するR.1系統等は患者やワクチン接種者の血清中和活性の低下が懸念[14,15]されており，今後も，同変異を有するウイルスの動向監視が必要である.

2021年11月には, 南アフリカで新たに複数（32カ所）のアミノ酸変異を伴うSARS-CoV-2変異株（B.1.1.529系統）の検出が多事例報告[16,17]された. 現時点（2021年11月末）では，その詳細は不詳であり，今後の本系統ウイルスの最新情報を注視する必要がある．国内への流入を早期に察知するため本系統ウイルスのゲノム解析の実施が必須である. しかしながら, 公衆衛生上, 迅速な結果の還元が求められているなかで，ゲノム解析には時間を要するため解析数には限界があり，かつ迅速性に欠ける．さらには解析には一定のウイルス量が必要であることも課題である. これらのことから, 迅速性かつ多検体処理能力を有したリアルタイムPCRを用いたスクリーニング検査により同系統の変異識別を行ったうえで，ゲノム解析を並行し実施することで，効率的なゲノムサーベイランスが可能となり監視態勢の強化に繋がるものと思われる.

謝　辞

SARS-Cov-2のゲノム解析支援をして頂きました国立感染症研究所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.

新型コロナウイルス感染症に対する積極的疫学調査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た肺炎の患者の発生について(10例目) https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_09236.html (2021.11.13 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 Götzinger，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) 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 1.2 (2021/09/14)– https://www.niid.go.jp/niid/images/lab-manual/SARS-CoV2_genome_analysis_manual_QIASEQFX_ver _1_2_211006.pdf（2021.11.20 access）
10) Kathy Leung,ORCID icon, Marcus HH Shum, Gabriel M Leung et al：Early transmissibility assessment of the N501Y mutant strains of SARS-

CoV-2 in the United Kingdom, October to November 2020, Euro Surveill 26, 2021 https://www.eurosurveillance.org/content/10.2807/1560-7917.ES.2020.26.1.2002106 （2021.11.10 access）

11） Veronika Tchesnokova, Hemantha Kulakesara, Lydia Larson , et al： Acquisition of the L452R mutation in the ACE2-binding interface of Spike protein triggers recent massive expansion of SARS-Cov-2 variants ， bioRxiv, 2021, doi: https://doi.org/10.1101/2021.02.22.432189 （2021.11.10 access）

12） Pragya D Yadav, Gajanan N Sapkal, Priya Abraham, et al：Neutralization of Variant Under InvestigationB.1.617.1 With Sera of BBV152 Vaccinees, ClinInfect Dis, 2021, doi: https://doi.org/10.1093/cid/ciab411 （2021.11.10 access）

13） Tsuyoshi Sekizuka, Kentaro Itokawa, Masumichi Saito et al：Genome Recombination between Delta and Alpha Variants of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2), COVID-19 Genomic Surveillance Network in Japan (COG-JP)doi: https://doi.org/10.1101/2021.10.11.21264606 （2021.11.10 access）

14） Sonia Jangra, Chengjin Ye, Raveen Rathnasinghe, et al：The E484K mutation in the SARS-CoV-2 spike protein reduces but does not abolish neutralizing activity of human convalescent and post-vaccination sera, medRxiv, 2021, doi: https://doi.org/10.1101/2021.01.26.21250543 （2021.11.10 access）

15） Zijun Wang, Fabian Schmidt, Yiska Weisblum, et al:mRNA vaccine-elicited antibodies to SARS-CoV-2 and circulating variants, Nature 592: 616-622, 2021

16） 国立感染症研究所：SARS-CoV-2の変異株B.1.1.529系統について（第１報） https://www.niid.go.jp/niid/ja/2019-ncov/2551-cepr/10790-cepr-b11529-1.html（2021.11.26 access）

17） 国立感染症研究所：SARS-CoV-2の変異株B.1.1.529系統について（第２報） https://www.niid.go.jp/niid/ja/diseases/ka/corona-virus.html（2021.11.29 access）

三重保環研年報　第 23 号（通巻第 66 号），53－56 頁（2021）

ノート

三重県におけるアミノ酸変異(N501Y，L452R)を有する新型コロナウイルス（SARS-CoV-2）の経時的検出状況とその他のアミノ酸変異（E484K，F490S，L452Q）の動向

Detection of Novel Coronavirus (SARS-CoV-2) with Amino Acid Mutations (N501Y and L452R) and trends in other Amino Acid Mutations (E484K, F490S, L452Q) in Mie Prefecture, Japan

矢野拓弥，永井佑樹，楠原 一，小林章人，北浦伸浩，中井康博

Takuya YANO，Yuhki NAGAI，Hajime KUSUHARA，Akihito KOBAYASHI，Nobuhiro KITAURA and Yasuhiro NAKAI

キーワード：新型コロナウイルス，SARS-CoV-2，Spike 蛋白質，アミノ酸変異，N501Y，L452R

2021年1月～2021年10月に本県で検出されたSARS-Cov-2陽性者のSpike蛋白質におけるN501Y，L452R，E484K，L452Q，F490S変異の有無について調査した．2021年1～5月までの間に E484Kの変異を有するR.1系統の特徴を有するウイルスが少数ながら確認された．N501Y変異を有するSARS-Cov-2は，全国の流行状況と同様に，本県の各地域においても2021年3月中旬から4月を境に，流行状態へとシフトしていた．さらには2021年7月中旬を境に県内全域でN501Y変異ウイルスからL452R変異ウイルスへと流行ウイルスに変遷がみられた．次期流行ウイルスの候補と懸念されているラムダ株の動向把握では，2021年6～10月末までF490SおよびL452Q変異を有するウイルスは確認されなかった．

はじめに

2019 年 12 月以降に中国湖北省武漢市で Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2（SARS-CoV-2）が感染拡大し，その後，日本国内においても患者が発生した [1-2]．

三重県内においては 2020 年 1 月下旬に，武漢市に滞在歴のあった患者（国内 10 例目）[3] より同ウイルスが検出され，国内では同時期に武漢市への渡航歴の無い患者やヒトからヒトの感染が報告 [4] されはじめ，以後，世界的な流行に至った [5-7]．

英国では，2020 年 12 月上旬頃から，SARS-CoV-2 感染者が急速に増加した [8]．これらの感染者から検出された SARS-CoV-2 は Spike 蛋白質に特徴的なアミノ酸変異である 501 番目のアミノ酸が N（Asparagine）から Y（Tyrosine）への変異（N501Y）を有するアルファ株(B.1.1.7 系統)に属していた [9]．その後も，SARS-CoV-2 の世界的な流行拡大が進むにつれて，Spike 蛋白質の 452 番目のアミノ酸が L（Leucine）から R（Arginine）へ変化（L452R）した変異ウイルス（デルタ株）[10] やワクチン接種者および感染者の血清中の中和抗体の活性低下が報告されている 484 番目のアミノ酸が E（Glutamic Acid）から K（Lysine）へ変化（E484K）したウイルス（R.1 系統）が報告された [11,12]．

そこで，本県で検出された SARS-CoV-2 の Spike 蛋白質にみられる変異のうち N501Y および L452R の経時的検出状況を調べた．

また，2021 年 1 月以降に関東で多数確認された R.1 系統（E484K）[13,14] の動向を調査した．

さらには国内における次期流行ウイルスの候補の 1 つとしてペルーなどの南米で流行していたラムダ株 [15] が有する特徴的なアミノ酸変異（F490S，L452Q）の動向についても報告する．

対象と方法

１．調査対象

2021年1月～2021年10月末に当所に依頼された新型コロナウイルス行政検査において，SARS-CoV-2陽性となった患者検体（鼻汁，鼻咽頭拭い液，唾液等），4,297件を対象とした（表1）．

調査期間中の地域別の対象者数の内訳は，北勢地域2,481件，中勢・伊賀地域1,287件，伊勢志摩・東紀州地域529件であった．

なお，変異ウイルスの発生状況および流行状況を鑑み，各アミノ酸変異（N501Y，L452R，E484K，F490S，L452Q）を有するウイルスの検出を行った．

SARS-CoV-2陽性者の検体は，新型コロナウイルス感染症患者に対する積極的疫学調査実施要領に基づき採取され，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た．

表1 地域別検体採取月別調査対象者数

検体採取月	調査数	北勢地域	中勢･伊賀地域	伊勢志摩･東紀州地域	計
2021年1月	90	50	19	21	90
2月	142	39	42	61	142
3月	144	95	44	5	144
4月	618	456	111	51	618
5月	532	366	98	68	532
6月	188	101	49	38	188
7月	262	168	82	12	262
8月	1863	981	653	229	1863
9月	401	177	180	44	401
10月	57	48	9	0	57
計	4297	2481	1287	529	4297

２．Spike蛋白質の各種アミノ酸変異（N501Y，L452R，E484K，F490S，L452Q）の検出

SARS-CoV-2のSpike蛋白質にみられる変異のうちN501Y，L452R，E484K，F490SおよびL452Q変異の検出にはタカラバイオ社のSARS-CoV-2 Direct Detection RT-qPCR Core Kitおよび各種変異に対応したPrimer/Probeセットによるリアルタイム RT-PCRを実施した．

なお，N501Y変異検出の一部は，国立感染症研究所から示されたリアルタイムRT-PCRによる検出を実施した[16]．

結　果

１．SARS-Cov-2のアミノ酸変異（N501Y，L452R，E484K，F490S，L452Q）の検出状況

2021年1月～2021年10月に検出されたSARS-Cov-2陽性者のSpike蛋白質におけるアミノ酸変異（N501Y，L452R，E484K，F490S，L452Q）の有無について調査結果を下記に示す．

表2 地域別検体採取月別 陽性者数（N501Y変異）

検体採取月	調査数	北勢地域	中勢･伊賀地域	伊勢志摩･東紀州地域	計
2021年1月	90				0
2月	142				0
3月	144	45	30	3	78
4月	598	379	94	48	521
5月	532	329	81	66	476
6月	188	54	19	11	84
7月	107	39	30	2	71
8月	1				0
9月	0				0
10月	0				0
計	1802	846	254	130	1230

1.1　N501Y変異の検出状況（採取月別，地域別）

2021年1月～2021年8月にSARS-Cov-2が検出された1,802件中，1,230件（68.3%）のN501Y変異を有するウイルスが検出された（表2）．

採取月別のN501Y変異を有するSARS-Cov-2の検出数は以下のとおりであった．

2021年1月（0件），2月（0件），3月（78件），4月（521件），5月（476件），6月（84件），7月（71件）であったが，2021年8月以降はN501Y変異を有するウイルスは検出されなかった．

検体採取地域別では，2021年3月に北勢，中勢・伊賀，南勢・東紀州のすべての地域で，N501Y変異を有するウイルスが検出された．4月には北勢地域で379件，中勢・伊賀地域で64件，伊勢志摩・東紀州地域で48件検出され，5月も全地域で同様の検出傾向がみられ，6月以降は各地域で減少していた（表2）．

1.2　L452R変異の検出状況（採取月別，地域別）

2021年10月末までにSARS-Cov-2が検出された2,719件中，2,288件（84.1%）のL452R変異を有するウイルスが検出された（表3）．

L452R変異を有するSARS-Cov-2の検出数は2021年4月（0件），5月（2件），6月（1件），7月（125件），8月（1,718件），9月（386件），10月（56件）であった．

なお，2021年4月以降は，遡り調査を含めて段階的にN501Y変異からL452R変異の検出系へと切り替えた．

検体採取地域別では，2021年5月に2件，6月には1件，北勢地域でのみ散発的に確認されたが，7月には北勢，中勢・伊賀，南勢・東紀州のすべての地域で，計125件検出された．その後，8～9月においても，全地域で検出されていた（表3）．

表3 地域別検体採取月別 陽性者数(L452R変異)

検体採取月	調査数	北勢地域	中勢･伊賀地域	伊勢志摩･東紀州地域	計
2021年1月	0				0
2月	0				0
3月	0				0
4月	5				0
5月	30	2			2
6月	101	1			1
7月	262	98	24	3	125
8月	1863	901	618	199	1718
9月	401	172	175	39	386
10月	57	47	9		56
計	2719	1221	826	241	2288

1.3 E484K変異の検出状況（採取月別，地域別）

E484K変異を有するSARS-Cov-2は2021年1月～5月までに計60件検出された．検体採取月別の検出数は2021年1月（6件），2月（3件），3月（24件），4月（15件），5月（12件）であった．

検体採取地域別では，2021年1～5月に北勢地域で56件確認された．他の地域は，2021年3～5月に中勢・伊賀地域で，各月1件の計３件で，南勢・東紀州では4月に1件検出された．

1.4 F490SおよびL452Q変異の検出状況

ラムダ株の動向把握の目的で，2021年6～10月末までのL452R変異を有しないウイルス検体を中心に選定し調査したが， F490S変異を有するウイルスは確認されなかった．また，ラムダ株の特徴的なアミノ酸変異であるL452Q変異も並行して実施したが，検出されなかった．

考 察

現在の国立感染症研究所による国内における変異株の分類では，特に重要な変異を持つSARS-CoV-2はvariant of concern（VOC）と呼称され，「懸念される変異株」として，N501Y変異を有するベータ株（B.1.351系統）[17]とガンマ株（P.1系統）[18]，そして，L452R変異を有するデルタ株（B1.617系統）[19]の3種が挙げられている（2021年10月末現在）[20]．2020年に検出したSARS-CoV-2のSpike蛋白質は特徴的なアミノ酸変異（D614G）を有するウイルス[21]であったが，2020年末以降，このD614G変異に加えて，VOCに該当する新たなSARS-CoV-2の変異ウイルスが出現し，その動向が注目された．本県では2021年1月までは，E484K, N501YおよびL452R変異を有しない「従来型」とされるD614G変異を有するウイルスの検出であったが，2021年1～5月までの間に E484Kの変異を有する R.1系統の特徴を有するウイルスが少数ながら確認されたが，6月以降は認められなくなった．一方で，N501Y変異を有するSARS-Cov-2は，本県の各地域においても，全国の流行状況と同様[22]に，2021年3月中旬から4月を境に，アルファ株と推察されるN501Y変異ウイルスの流行へとシフトしていた．この世界的な流行となった（アルファ株(B.1.1.7系統)[23]は，現在は終息しVOCには該当しないが監視下の変異株(VUM；Variants Under Monitoring)に分類されている．

さらには2021年7月中旬を境に県内全域でN501Y変異ウイルスからデルタ株と推察されるL452R変異ウイルスへと流行ウイルスに変遷がみられたが，現在，国内では，終息に向かっているものの依然としてVOCに分類され動向が注視されている．

今回，使用したリアルタイムRT-PCRによる各種変異ウイルスの検出系は，迅速性と多検体を同時に検出可能で，非常に利便性が高い．また，変異ウイルスの発生状況および流行状況を鑑み，適切な変異検出系の選定のために複数の検出系を実施することも可能で，特に陽性検体の多い流行期には有用であった．このことは，本県における変異を有するSARS-Cov-2の動向を伺うことができ，本調査結果を基にした感染症対策の一助となりえたものと思われた．今回，ラムダ株の動向把握の目的で， F490S変異およびL452Q変異を調査したが両変異は確認されていないが，今後においても，新たな変異ウイルス（B.1.1.529系統；オミクロン株）[24,25]の動向に備え，迅速性を有した検査体制維持に努めることが重要であると考える．

謝 辞

新型コロナウイルス感染症に対する積極的疫学調査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) 厚生労働省：新型コロナウイルスに関連した肺炎の患者の発生について(10例目) https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_09236.html (2021.11.13 access)
4) 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) .
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 Götzinger，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) European Centre for Disease Prevention and Control.Riskassessment : SARS-CoV-2-increased circulation of variants of concern and vaccine rollout in the EU/EEA. https//www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/covid-19-risk-assessment-variants-vaccine-fourteenth-update-february-2021（2021.11.06 access）
9) Public Health England．Investigation of novel SARS-CoV-2variants of concern：Technical briefing documents on novel SARS-CoV-2variants. https://www.gov.uk/government/publications/investigation-of-novel-sarscov-2-variant-variant of concern 20201201(2021.10.06 access)
10）Cherian S, Potdar V, Jadhav S, Yadav P, Gupta N,Das M, et al.: Convergent evolution of SARS-CoV-2spike mutations, L452R, E484Q and P681R, in the second wave of COVID-19 in Maharashtra, India,bioRxiv, doi: 10.1101/2021.04.22.440932, (2021).
11）Jangra S, Ye C, Rathnasinghe R, Stadlbauer D, Krammer F, Simon V, et al.: The E484K mutation in the SARS-CoV-2 spike protein reduces but does not abolish neutralizing activity of human convalescent and post-vaccination sera, medRxiv, doi: 10.1101/2021.01.26.21250543,(2021).
12）Jangra S, Ye C, Rathnasinghe R, Stadlbauer D,Krammer F, Simon V, et al.: SARS-CoV-2 spikeE484K mutation reduces antibody neutralization,Lancet Microbe, doi: 10.1016/S2666-5247(21)00068-9, (2021).
13）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 Spikeタンパク質E484K変異を有するB.1.1.316系統の国内流入（2021年2月2日現在），病原微生物検出情報，**42**，79-81(2021) .
14）国立感染症研究所：感染・伝播性の増加や抗原性の変化が懸念される新型コロナウイルス（SARS-CoV-2）の新規変異株について（第8報） https://www.niid.go.jp/niid/ja/2019-ncov/2484-idsc/10280-covid19-41.html（2021.11.10 access）
15）国立感染症研究所：感染・伝播性の増加や抗原性の変化が懸念される 新型コロナウイルス（SARS-CoV-2）の新規変異株について （第１３報）
16）国立感染症研究所：リアルタイムone-step RT-PCR 法によるSARS-CoV-2 Spike N501Y 変異の検出（暫定版v2.1.1）2021年2月24日.
17） Houriiyah Tegally, Eduan Wilkinson, Marta Giovanetti, et al：Emergence and rapid spread of a new severe acute respiratory syndrome-related coronavirus 2 (SARS-CoV-2) lineage with multiple spike mutations in South Africa medRxiv, 2020, doi: https://doi.org/10.1101/2020.12.21.20248640（2021.11.10 access）
18） NIID J, Brief report: New Variant Strain of SARS-CoV-2 Identified in Travelers from Brazil https://www.niid.go.jp/niid/images/epi/corona/covid19-33-en-210112.pdf（2021.11.10 access）
19）Latif AA, et al., India Mutation Report https://outbreak.info/location-reports?loc=IND（2021.11.10 access）
20）国立感染症研究所：感染・伝播性の増加や抗原性の変化が懸念される 新型コロナウイルス（SARS-CoV-2）の新規変異株について （第14報） https://www.niid.go.jp/niid/ja/2019-ncov/2551-cepr/10743-covid19-62.html（2021.11.10 access）
21）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** （65），57-62 （2020）.
22）小林祐介，新城雄士，大塚美耶子 他:国内における新型コロナウイルス（SARS-CoV-2）N501Y変異株置き換わりに関する分析，病原微生物検出情報，**42**，174-175(2021).
23）Nicholas G Davies, Sam Abbott, Rosanna C Barnard et al.,Science 2021,DOI: 10.1126/science.abg3055 https://www.science.org/doi/10.1126/science.abg3055（2021.11.10 access）
24）国立感染症研究所：SARS-CoV-2の変異株B.1.1.529系統について（第１報） https://www.niid.go.jp/niid/ja/2019-ncov/2551-cepr/10790-cepr-b11529-1.html（2021.11.26 access）
25）国立感染症研究所：SARS-CoV-2の変異株B.1.1.529系統について（第２報） https://www.niid.go.jp/niid/ja/diseases/ka/corona-virus.html（2021.11.29 access）

三重保環研年報　第 23 号（通巻第 66 号），　57－60 頁（2021）

ノート

三重県における A 型肝炎の発生状況と A 型肝炎ウイルスの分子疫学的解析（2015～2020 年）

楠原　一，北浦伸浩

Hepatitis A epidemic in Mie prefecture and
molecular epidemiological analysis of Hepatitis A virus (2015-2020)

Hajime KUSUHARA and Nobuhiro KITAURA

三重県における A 型肝炎の流行状況を明らかにするため，2015～2020 年に県内で報告された A 型肝炎患者情報の集計と検出された A 型肝炎ウイルス（Hepatitis A virus: HAV）の分子疫学的解析を実施した．患者報告数は年間 0～6 例で，大きな流行は見られなかった．分子疫学的解析の結果，国内の流行株がその流行の翌年に県内で検出されており，A 型肝炎が全国的に感染を拡大していることが示唆された．A 型肝炎は潜伏期間が長く，感染源の特定が困難であるため，積極的疫学調査において患者検体の確保に努め，遺伝子検査と陽性例に対する分子疫学的解析を実施することが重要である．

キーワード：A 型肝炎，男性間性交渉者，積極的疫学調査

はじめに

A 型肝炎は HAV の感染によって起こる急性ウイルス性肝炎である．主に HAV に汚染された水や食品を介したふん口感染によって伝搬し，約 4 週間（2～6 週間）の潜伏期を経て発症する．小児の 90%以上は不顕性感染であるが，成人の 90%以上が顕性感染となり，年齢が上がるにつれて症状は強くなる．発症すると発熱，全身倦怠感，食欲不振，腹痛などの非特異的な症状に続いて（前駆症状期），肝腫大や黄疸などが出現する（黄疸期）．一般的に予後は良好であり，慢性化することはなく，感染後は終生免疫が得られる [1~3]．

衛生環境が整備された先進国では A 型肝炎の発生は減少傾向にあるが，常在国からの輸入症例の他，近年では男性間性交渉者（men who have sex with men: MSM）の間での性的接触による HAV 感染が問題となっており，欧州や台湾では MSM 間でアウトブレイクが発生している [3~5]．

わが国において A 型肝炎は，4 類感染症の全数把握疾患に指定されており，全症例の届出が義務づけられている重要な感染症である．2018 年の全国の届出患者数は過去 20 年間で最多となる 926 例であった [6]．この多くは MSM を中

表 1　A型肝炎の患者報告数と検査実績

年	全国	三重県		
	患者報告数	患者報告数	検査数	陽性数
2015	243	2	1	1
2016	272	4	2	1
2017	285	1	2	0
2018	926	6	2	2
2019	425	3	3	3
2020	119	0	0	0

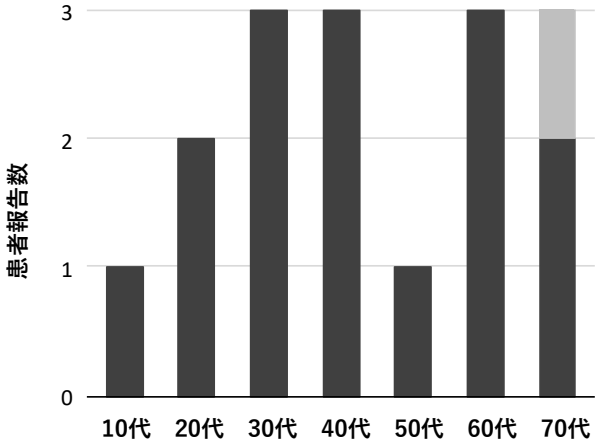


図１　年代別患者報告数

■男性　■女性

心に発生していたと考えられ，国内でも MSM がハイリスク群になることが明らかとなった [7].

そこで，三重県における A 型肝炎の患者報告数と病原体検出状況から，2015～2020 年の県内における A 型肝炎の流行状況および HAV の分子疫学的特徴を明らかにし，国内における流行状況との関連について検討した.

方　法

１．A 型肝炎の患者報告数と患者情報

三重県感染症発生動向調査に基づき 2015～2020 年に県内の医療機関から届出のあった A 型肝炎患者について，感染症サーベイランスシステム（National Epidemiological Surveillance of Infectious Disease: NESID）に登録された情報をもとに集計した.

２．HAV の遺伝子検査と分子疫学解析

県内の医療機関で A 型肝炎と診断された，もしくは疑われた患者で，三重県感染症発生動向調査で病原体検査の依頼があったふん便から抽出した RNA を検体に用いた．遺伝子検査は HAV VP1/2A 領域を標的にした RT-PCR 法を実施した [3]. 陽性例については PCR 産物の塩基配列を決定して系統樹解析を行い，流行株との関連について調べた.

結　果

１．県内における A 型肝炎の流行状況

表 1 に 2015～2020 年に全国および県内で報告

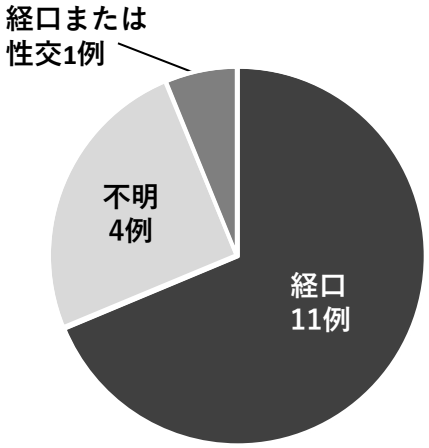


図２　推定感染経路

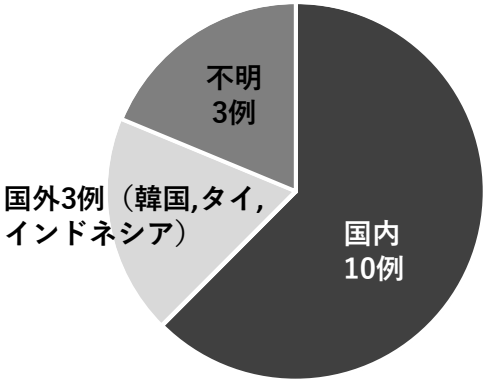


図３　推定感染地

された A 型肝炎の患者報告数と当研究所における検査数を示した．また，県内で報告された患者について，図 1 に年代別患者報告数，図 2 に推定感染経路，図 3 に推定感染地を示した.

2015～2020 年に県内で報告された患者報告数は 16 例で，うち男性は 15 例（94%），女性は 1 例（6%）であった．年齢は男性が 19～78 歳（中央値 42 歳），女性は 73 歳であった．推定感染経路は，経口感染が 11 例（69%），経口感染または性的接触が 1 例 (6%)，不明が 4 例 (25%) で，経口感染のうち 6 例（55%）で魚介類が原因物質として推定された．また，推定感染地域は，国内が 10 例（62%），国外が 3 例（19%），不明が 3 例（19%）で，国外の推定感染地域は韓国，タイ，インドネシアであった.

２．HAV の遺伝子検査と分子疫学解析

2015～2020 年に実施した HAV の遺伝子検査数は 10 例で，うち 7 例（70%）が陽性であった

（表 1）. 検出された HAV VP1/2A 領域の塩基配列に基づく系統樹解析の結果を図 4 に示した. 7 例から検出された HAV の遺伝子型は全て 1A であった. 2018 年に検出された 2 例（20180225, 20180803）は 2017 年の国内流行株であった. また, 2019 年に検出された 2 例（20190600, 20190923）は 2018 年の国内流行株であり, もう 1 例（20190761）はインドネシアで分離された HAV と近縁であった.

考　察

2015～2020 年における県内の A 型肝炎の患者報告数は毎年 0～6 例で, 食中毒などの目立った流行は見られなかった. しかし, 患者の性別は男性の割合が多く, 検出された HAV の遺伝子型が全て 1A であったことは, 全国的な傾向と同様であった [2].

2017 年に中国産殻付き冷凍アサリによる A 型肝炎の食中毒事例が宮崎県や長野県等で報告された [2]. 原因となった HAV（2017 年流行株）は 2018 年に三重県だけではなく, その他の地域でも検出されていたことから, 2017 年流行株は食中毒事例を発端に国内で感染を拡大したことが示唆された.

一方で 2018 年に首都圏を中心に流行した HAV（2018 年流行株）は, 2015 年以降に台湾やヨーロッパで MSM の間で流行した RIVM-HAV16-090 株であり [7], 2019 年に県内で検出された 2 例の HAV も配列が一致した. この HAV は国内でも 2016 年以降に MSM を中心に検出されたが, 2018 年には食中毒事例からも検出され [8], 県内の 2 例も経口感染が疑われている. このことから, 2018 年流行株は MSM 間における性的接触から食品を介する経口感染へと感染経路を拡大したと考えられ, 今後もその動向に注意が必要である.

2019 年にインドネシアからの旅行者が入国後に A 型肝炎を発症したが, 疫学的背景から入国前に感染していたと考えられた. この患者から検出された HAV がインドネシア国内で分離された HAV と遺伝的に近縁であったことは, 遺伝子解析が感染地域を推定するうえで科学的根拠となることを示し, 渡航歴と同様に遺伝子解析も重要な調査項目になると考えられた.

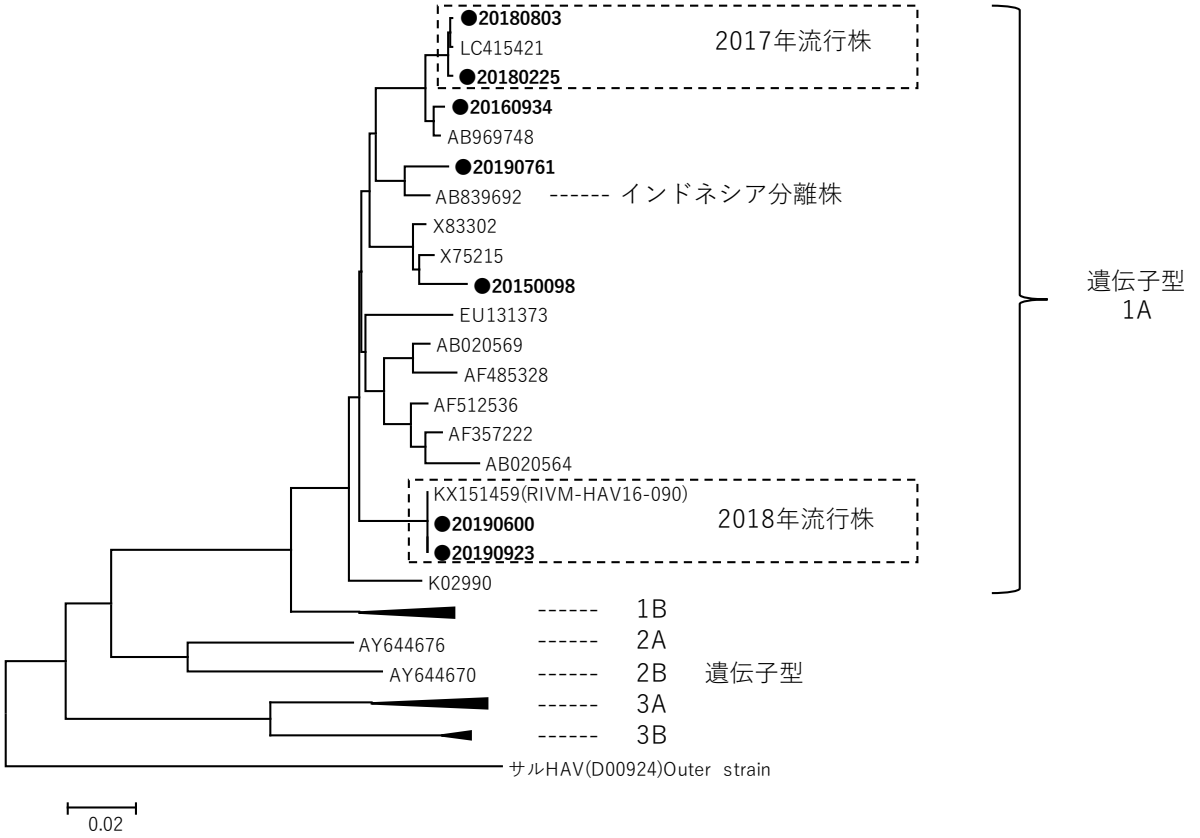


図４　HAV VP1/2A領域の塩基配列に基づく系統樹解析

●：県内で検出されたHAV

これまでA型肝炎の感染経路は，主にウイルスに汚染された水や食品を介して感染する経口感染が主流と考えられていたが，近年では性的接触も重要な感染経路となっている．しかし，A型肝炎は潜伏期が長く，発症までに4週間ほどかかることから，特に散発例では原因の特定が難しい．分子疫学的解析を目的とした患者検体の確保をより一層進める必要がある．

文　献

1) 大里外誉郎編集：医科ウイルス学改訂第 2 版，426-429，南江堂，東京都（2000）．
2) A 型肝炎 2015～2019 年 3 月現在．病原微生物検出情報，**40**，147-148，（2019）．
3) 国立感染症研究所：A 型肝炎ウイルス検出マニュアル（第 2 版）
https://www.niid.go.jp/niid/images/lab-manual/HAV181207.pdf（2021 年 11 月 16 日アクセス）．
4) Chen WC, Chiang PH, Liao YH et al: Outbreak of hepatitis A virus infection in Taiwan, June 2015 to September 2017. Euro Surveill, **24**, pii=1800133 (2019).
5) European Center for Disease Prevention and Control(ECDC): Hepatitis A outbreak in the EU/EEA mostly affecting men who have sex with men.
https://www.ecdc.europa.eu/en/news-events/epidemiological-update-hepatitis-outbreak-eueea-mostly-affecting-men-who-have-sex-men-2（2021 年 11 月 17 日アクセス）．
6) 国立感染症研究所：発生動向調査年別報告数一覧（全数把握）
https://www.niid.go.jp/niid/ja/ydata/10067-report-ja2019-20.html（2021 年 11 月 17 日アクセス）．
7) 杉山隆一，清原知子，鈴木亮介　他：2018 年の A 型肝炎流行状況について．病原微生物検出情報，**40**，150-151，（2019）．
8) 中村雄一，塩田幸弘，福田光治　他：A 型肝炎ウイルスによる食中毒．病原微生物検出情報，**40**，154-155，（2019）．

三重保環研年報　第 23 号（通巻第 66 号），　61－65 頁（2021）

資　料

2020 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，北浦伸浩，中井康博

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

本事業は 1962 年から「伝染病流行予測調査事業」として開始している．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 [1]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ので，本年度採取できた血清は同一人であっても毎年の免疫状態とは必ずしも同じではないことが推察される．これらのことはヒト血清だけでなく動物血清についても同様であり，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，長期的な流行予測調査が感染症対策には不可欠であるので，本調査のような主要疾患についての免疫状態の継続調査は，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，2020 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．2020 年 7 月 16 日から同年 9 月 3 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，2020 年 4～8 月に県内の病院等で採取された男性 158 名，女性 202 名の合計 360 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項に基づき，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，麻疹は粒子凝集反応（Particle Agglutination：PA）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した後，100 %ガチョウ血球 50 μL を加え 4 ℃で 15 分間静置した．その後 3,000 rpm，5 分間遠心分離した上清を測定用試料とした．試料を

マイクロプレートの第 1 穴目に 25 µL 入れ，第 2 穴目から 25 µL ずつの 2 倍階段希釈を行い，JEV の HA 抗原 JaGAr 01 株（デンカ生研）を 4 HA 単位に調製し 25 µL ずつ加えた．4℃にて一晩感作後, 0.33 %ガチョウ血球を 50 µL 添加し, 37 ℃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 ℃，30 分間）した被検血清 8 µL を細胞培養液 72 µL 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 / 25µL）を処理血清 40 µL に対して等量加えた．次に 37 ℃で 60 分間反応させた後，25 µL を Vero（Osaka 株）細胞に接種し，37 ℃，5 %CO_2 下で 46 時間培養後に 99.5 %エタノールで固定した. 作成した固定細胞プレートを用いて PAP 複合体を用いたフォーカス計数法により測定し，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 µL に RDE（Receptor destroying enzyme）Ⅱ「生研」（デンカ生研）300 µL を加えて 37 ℃, 20 時間処理した. 次に非動化(56 ℃, 60 分間）後，滅菌生理食塩水を 600 µL 添加し，100 %ニワトリ血球 100 µL 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 µL ずつの 2 倍階段希釈を行い, 不活化 HA 抗原（4HA 単位）を 25 µL 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 µL 添加し 4 ℃で 45 分間静置後に判定した.

本シーズンのインフルエンザワクチン株の A/Guangdong-Maonan/SWL1536/2019 (A/H1N1 pdm2009)，A/Hong Kong/2671/2019 (A/H3N2)，B/Victoria/705/2018（ビクトリア系統），B/Phuket/3073/2013（山形系統）の不活化 HA 抗原を用い HI 試験を実施した.

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，A/HongKong/2671/2019(A/H3N2)の HI 試験には，0.75 %モルモット赤血球を使用し 4 ℃で 60 分間静置後に判定した.

2.4 風疹 HI 抗体測定

風疹 HI 試験は被検血清 200 µL に PBS (−) 600 µL, 25 %カオリン 800 µL を加え混合後，室温で 20 分間静置した．2,000 rpm，20 分間遠心分離した. これに 50 %固定ニワトリ血球 50 µL を加え，氷水中に 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 測定用処理血清とした. 処理血清を 25 µL ずつの 2 倍階段希釈を行い，風疹 HA 抗原（デンカ生研）を 4 単位に調製後，25 µL を加えて室温で 60 分間静置して抗原抗体反応を行った． 0.25 %固定ニワトリ血球 50 µL を加え 4 ℃で 60 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 PA 抗体測定

麻疹抗体の測定にはセロディア麻疹（富士レビオ）の PA 法を用いた．被検血清を第 1 穴目に 25 µL 入れ，第 12 穴目まで 2 倍階段希釈を行った．未感作粒子 25 µL を第 2 穴目に，感作粒子 25 µL を第 3 穴～第 12 穴目に加えた．マイクロプレートを混和し，120 分間静置後に判定し 16 倍以上を陽性とした[6)].

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．2020 年度に実施した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 感受性抗体の経時的推移を表 1 に示した．2020 年 7 月 16 日から 9 月 3 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 35 頭で検出された．このうち 40 倍以上の抗体を保有していたブタは 33 頭確認された．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、8 頭(24.2%)が 2-ME 感受性抗体を保有していた.

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は 0-4 歳 63%, 5-9 歳 88.2%, 10-14 歳 100%, 15-19 歳 94.9 %, 20-29 歳 94.6%, 30-39 歳 86.4%, 40-49 歳 31.4 %, 50-59 歳 29.5 %，60 歳以上は 17.6 %であった.

全体では 360 名中 231 名（64.2%）が日本脳炎中和抗体を保有していた（表 2）.

３．ヒトインフルエンザ年齢別 HI 抗体保有状況

2020/2021 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/Guangdong-Maonan/SWL1536/2019(A/H1N1pdm 2009)は 0-4 歳 14.8%，5-9 歳 23.5%，全体では 26.4%であった. A/HongKong/2671/2019(A/H3N2)は 0-4 歳 7.4%，5-9 歳 41.2 %，全体では 58.9 %であった.

B 型インフルエンザウイルスの B/Victoria/705/2018（ビクトリア系統）は 0-4 歳 0 %，5-9 歳 0 %，全体では 11.7 %であった．B/Phuket/3073/2013（山形系統）は 0-4 歳 7.4 %，5-9 歳 35.3 %，全体では 51.1 %であった（表 3）.

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 抗体保有率は 0 歳 33.3 %, 1-4 歳 87.5 %, 5-9 歳 100 %, 10-19 歳 96 %，20-29 歳 95.9 %，30-39 歳 93.2%，40-49 歳 92.9%，50 歳以上は 88.5%であった．採血者全体の HI 抗体保有率は 92.5 %で，男女別の抗体保有率は男性 87.3%，女性 96.5%であった.

また，男性 40-49 歳の抗体保有率は 81.5%で，女性の同年齢層の抗体保有率（100 %）よりも低率であった（表 4）.

５．麻疹年齢別 PA 抗体保有状況

年齢別の麻疹 PA 抗体保有率は, 2-3 歳 90.9%, 4-6 歳～15-19 歳，25-29 歳および 40 歳以上は抗体保有率 100 %であった．ワクチン接種前の対象者が含まれる 0-1 歳群は 69.2 %であった．2-3 歳 90.9 %，20-24 歳 96.4%，30-39 歳 97.7%で一部の陰性者が存在した．全体では 360 名中 353 名（98.1 %）が麻疹 PA 抗体を保有していた（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 360 名（男性 158 名，女性 202 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：日本脳炎．感染症流行予測調査検査術式 27-39 (2002).

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：インフルエンザ．感染症流行予測調査検査術式 9-26 (2002).

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：風疹．感染症流行予測調査検査術式 40-45 (2002).

6） 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：麻疹．感染症流行予測調査検査術式 47-52 (2002).

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（2020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16日	10	9						1		1	1/1	100
7月23日	10	5			1	1		2	1	5	2/5	40
8月30日	10	5				1	1	3		5	1/5	20
8月 6日	10	6				1	1	2		4	2/4	50
8月13日	10	6	1					3		4	0/3	0
8月20日	10	6					1	2	1	4	0/4	0
8月27日	10	3			1	1	1	4		7	1/7	14.3
9月3日	10	5		1		2	1	1		5	1/4	25
計	80	45	1	1	2	6	5	18	2	35	8/33	24.2

*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	27	17（63%）
5-9歳	17	15（88.2%）
10-14歳	11	11（100%）
15-19歳	39	37（94.9%）
20-29歳	74	70（94.6%）
30-39歳	44	38（86.4%）
40-49歳	70	22（31.4%）
50-59歳	61	18（29.5%）
60歳～	17	3（17.6%）
合計	360	231（64.2%）

（ ）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/Guangdong-Maonan/SWL1536/2019（A/H1N1pdm2009）	A/HongKong/2671/2019（A/H3N2亜型）	B/Victoria/705/2018（ビクトリア系統）	B/Phuket/3073/2013（山形系統）
0-4歳	27	4(14.8%)	2(7.4%)	0(0%)	2(7.4%)
5-9歳	17	4(23.5%)	7(41.2%)	0(0%)	6(35.3%)
10-14歳	11	4(36.4%)	6(54.5%)	1(9.1%)	4(36.4%)
15-19歳	39	23(59.0%)	26(66.7%)	4(10.3%)	27(69.2%)
20-29歳	74	24(32.4%)	57(77.0%)	4(5.4%)	52(70.3%)
30-39歳	44	14(31.8%)	37(84.1%)	3(6.8%)	30(68.2%)
40-49歳	70	9(12.9%)	42(60.0%)	20(28.6%)	30(42.9%)
50-59歳	61	9(14.8%)	26(42.6%)	9(14.8%)	27(44.3%)
60歳～	17	4(23.5%)	9(52.9%)	1(5.9%)	6(35.3%)
合計	360	95(26.4%)	212(58.9%)	42(11.7%)	184(51.1%)

（ ）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	2	1(50%)	1	0(0%)	3	1(33.3%)
1-4歳	14	13(92.9%)	10	8(80%)	24	21(87.5%)
5-9歳	9	9(100%)	8	8(100%)	17	17(100%)
10-19歳	11	10(90.9%)	39	38(97.4%)	50	48(96%)
20-29歳	35	34(97.1%)	39	37(94.9%)	74	71(95.9%)
30-39歳	22	19(86.4%)	22	22(100%)	44	41(93.2%)
40-49歳	27	22(81.5%)	43	43(100%)	70	65(92.9%)
50歳～	38	30(78.9%)	40	39(97.5%)	78	69(88.5%)
合計	158	138(87.3%)	202	195(96.5%)	360	333(92.5%)

( )内は抗体保有率.

表 5 麻疹年齢別 PA 抗体保有状況（16 倍以上）

年齢区分	調査数	陽性数
0-1歳	13	9(69.2%)
2-3歳	11	10(90.9%)
4-6歳	10	10(100%)
7-9歳	10	10(100%)
10-14歳	11	11(100%)
15-19歳	39	39(100%)
20-24歳	28	27(96.4%)
25-29歳	46	46(100%)
30-39歳	44	43(97.7%)
40歳～	148	148(100%)
合計	360	353(98.1%)

( )内は抗体保有率.

三重保環研年報　第 23 号（通巻第 66 号），　66－71 頁（2021）

資　料

2020 年感染症発生動向調査結果

楠原　一，小林章人，矢野拓弥，永井佑樹，
北浦伸浩

キーワード：感染症発生動向調査事業，病原体検査定点医療機関，日本紅斑熱，感染性胃腸炎，
インフルエンザ，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 シークエンス解析を導入し，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 2020 年の感染症発生動向調査対象疾患の検査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検査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，扁桃炎等）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[4]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 2020 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[5]に準拠し，ELISA 法などによる抗原検出や各種 PCR 法による特異的遺伝子の検出，血清学的検査等により行った．必要

表１　感染症発生動向調査５類感染症および病原体検査定点医療機関数

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
病原体検査定点	3	6	6	1		9	25

※性感染症

に応じて PCR 産物の DNA シークエンス解析を実施し，遺伝子型別等を決定した．

結　果

1．疾患別患者数および検出病原体

2020 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．

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 17,047 人，日本紅斑熱が 88 人，感染性胃腸炎が 31 人，インフルエンザが 21 人，急性脳炎が 17 人，カルバペネム耐性腸内細菌科細菌（Carbapenem-resistant Enterobacteriaceae: CRE）感染症が 14 人等で，その他の疾患として気管支炎や咽頭炎等が 50 人であった（表 2）．

2020 年は世界的な流行に伴い新型コロナウイルス感染症の検査依頼が急増して検査患者数は 17,328 人となり，2019 年の 969 人と比較して大幅に増加した [6]．この内，新型コロナウイルス感染症以外の検査患者数は 281 人であった．

検査依頼のあった患者 17,328 人中 1,017 人（5.9%）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 281 人中 138 人（49.1%）から病原体等が検出された．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 17,047 人中 879 人からウイルス遺伝子もしくは抗原が検出された（表 4）．

1.2 日本紅斑熱

患者 88 人中 51 人から日本紅斑熱リケッチア遺伝子あるいは有意な抗体が検出された．また 4 人からつつがむし病リケッチア遺伝子が検出され，血清型はそれぞれ Gilliam 型，Kawasaki 型，Karp 型および kuroki 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												
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
中東呼吸器症候群(MERS)				2									2
E型肝炎					1		1			1			3
重症熱性血小板減少症候群(SFTS)		1			2		1			1			5
つつが虫病			1		1						2	1	5
デング熱			1										1
日本紅斑熱				3	7	9	15	16	15	18	2	3	88
ブルセラ病						1				1	1		3
レプトスピラ症	1									1			2
カルバペネム耐性腸内細菌科細菌感染症	2	1	1	1		3			1	2	3		14
急性脳炎	1	3		3		2	3	1	4				17
バンコマイシン耐性腸球菌感染症											1		1
風しん	1	4	1			1			1				8
麻しん			3	2					1			1	7
先天性風疹症候群									1				1
インフルエンザ	12	7	2										21
感染性胃腸炎	1	1	1	1	1	3	3	1	3	5	6	5	31
手足口病	1			1	1								3
伝染性紅斑			1	1									2
ヘルパンギーナ				1			1				1		3
流行性耳下腺炎										1			1
無菌性髄膜炎		1	1									1	3
不明発疹症	1						1	1	1	2	2	1	9
不明発疹症、その他	1												1
新型コロナウイルス感染症	4	60	394	1,171	280	168	1,190	3,335	1,213	947	3,302	4,983	17,047
その他	7				1	9	4	4	7	6	10	2	50
合計	32	78	406	1,186	294	196	1,219	3,358	1,247	985	3,330	4,997	17,328

表３　疾患別病原体検出患者数

検出病原体	疾患名（診断名） つつが虫病	日本紅斑熱	ブルセラ病	カルバペネム耐性腸内細菌科細菌感染症	急性脳炎	バンコマイシン耐性腸球菌感染症	風しん	インフルエンザ	感染性胃腸炎	ヘルパンギーナ	無菌性髄膜炎	不明発しん症	不明発しん症・その他	新型コロナウイルス感染症	その他	合　計
Ad2									2						6	8
Ad3															1	1
Ad5															1	1
Ad6															1	1
AstroV4									1							1
Brucella canis			2													2
CA4										1						1
CoronaV(OC43)															1	1
CPE				5												5
EBV					2							1				3
Enterococcus faccium(vanB)						1										1
HHV6					2											2
HHV7					2											2
hMPV															1	1
HumanBocaV															3	3
InfAH1pdm09								10								10
InfAH3								1								1
InfB								10								10
MumpsV											1					1
NVGⅡ									5							5
O.tsutsugamushi(Gillian)		1														1
O.tsutsugamushi(Karp)		1														1
O.tsutsugamushi(Kawasaki)	3	1														4
O.tsutsugamushi(Kuroki)		1														1
ParainfluenzaV1													1		1	2
RhinoV															10	10
Rj		51														51
RoAG1									1							1
RubellaV1E							3									3
SARS-CoV-2														879		879
Ad2&ParechoV1															2	2
EBV&HHV7					1											1
EBV&RhinoV					1											1
合　計	3	55	2	5	8	1	3	21	9	1	1	1	1	879	27	1,017

Ad:アデノウイルス，CA:コクサッキーA群ウイルス，CPE;カルバペネマーゼ産生株，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，Inf:インフルエンザウイルス，NV:ノロウイルス，Rj:日本紅斑熱リケッチア，RoA:A群ロタウイルス

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														依頼患者数
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計	総計	
つつがむし病	O.tsutsugamushi(Kawasaki)											2	1	3	3	5
日本紅斑熱	O.tsutsugamushi(Gillian)								1					1	55	88
	O.tsutsugamushi(Karp)												1	1		
	O.tsutsugamushi(Kawasaki)											1		1		
	O.tsutsugamushi(Kuroki)												1	1		
	Rj				2	5	4	10	10	10	10			51		
ブルセラ病	Brucella canis										1	1		2	2	3
カルバペネム耐性腸内細菌科細菌感染症	CPE	1		1			1			1	1			5	5	14
急性脳炎	EBV	1								1				2	8	17
	HHV6		1		1									2		
	HHV7						1			1				2		
	EBV&HHV7							1						1		
	EBV&RhinoV									1				1		
バンコマイシン耐性腸球菌感染症	Entercoccus faccium(vanB)											1		1	1	1
風しん	RubellaV1E		3											3	3	8
インフルエンザ	InfAH1pdm09	7	2	1										10	21	21
	InfAH3	1												1		
	InfB	4	5	1										10		
感染性胃腸炎	Ad2									1			1	2	9	31
	AstroV4			1										1		
	NVGⅡ	1	1									1	2	5		
	RoAG1										1			1		
ヘルパンギーナ	CA4											1		1	1	3
無菌性髄膜炎	MumpsV			1										1	1	3
不明発しん症	EBV											1		1	1	9
不明発しん症・その他	ParainfluenzaV1	1												1	1	1
新型コロナウイルス感染症	SARS-CoV-2	1		10	28	2	1	68	181	124	32	184	248	879	879	17,047
その他	Ad2								3		1	2		6	27	77
	Ad3	1												1		
	Ad5												1	1		
	Ad6							1						1		
	CoronaV(OC43)	1												1		
	hMPV									1				1		
	HumanBocaV							1		1		1		3		
	ParainfluenzaV1	1												1		
	RhinoV						6			1		3		10		
	Ad2&ParechoV1											1	1	2		
合　計		20	12	15	31	7	13	81	195	142	46	199	256	1,017	1,017	17,328

Ad:アデノウイルス, CA:コクサッキーA群ウイルス, CPE;カルバペネマーゼ産生株, 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, Inf:インフルエンザウイルス, NV:ノロウイルス, Rj:日本紅斑熱リケッチア, RoA:A群ロタウイルス

1.3 感染性胃腸炎

患者31人中9人からウイルス遺伝子が検出された．内訳はノロウイルスGⅡが5人，アデノウイルス2型が2人，アストロウイルス4型およびA群ロタウイルスG1型がそれぞれ1人であった（表4）．

1.4 インフルエンザ

患者21人中21人からウイルス遺伝子が検出された．検出されたインフルエンザウイルスの内訳はAH1pdm09型およびB型がそれぞれ10人，AH3型が1人であった（表4）．

1.5 急性脳炎

患者17人中8人からウイルス遺伝子が検出された．内訳はEBウイルス，ヒューマンヘルペスウイルス6および7型がそれぞれ2人，EBウイルスとヒューマンヘルペスウイルス7の混合感染，EBウイルスとライノウイルスの混合感染がそれぞれ1人であった（表4）．

1.6 CRE感染症

患者14人から分離された耐性菌14株中5株からカルバペネマーゼ遺伝子が検出された（表4）．

1.7 その他

その他の疾患として主に呼吸器系疾患を呈した気管支炎等の患者77人中27人よりウイルス遺伝子が検出された．その内訳は主に，ライノウイルスが10人，アデノウイルス2型が6人，ヒューマンボカウイルスが3人等であった（表

表5-1　保健所管内別月別患者数（新型コロナウイルス感染症以外）

保健所	月別検査患者数												
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
桑名	1	6	1	1	0	1	0	0	0	0	2	0	12
四日市市	0	2	0	1	1	0	0	0	0	0	2	0	6
鈴鹿	15	0	0	0	2	12	8	6	9	15	19	8	94
津	2	1	4	4	3	2	3	1	5	0	0	2	27
松阪	0	3	0	0	0	1	2	1	1	2	0	2	12
伊勢	10	6	6	6	8	10	14	14	16	19	4	2	115
伊賀	0	0	1	3	0	2	0	0	3	2	1	0	12
尾鷲	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
熊野	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	3
合計	28	18	12	15	14	28	29	23	34	38	28	14	281

表5-2　保健所管内別月別患者数（新型コロナウイルス感染症）

保健所	月別検査患者数												
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
桑名	0	9	60	202	51	26	373	678	160	53	599	1,455	3,666
四日市市	0	13	51	125	45	10	229	585	124	413	585	441	2,621
鈴鹿	0	5	62	184	35	9	118	798	472	162	471	252	2,568
津	3	19	63	210	75	82	81	515	169	140	591	534	2,482
松阪	1	5	5	130	13	3	70	274	54	21	28	413	1,017
伊勢	0	3	40	121	10	3	65	85	166	75	30	220	818
伊賀	0	2	99	168	40	33	133	363	64	83	993	1,640	3,618
尾鷲	0	2	5	16	0	1	84	22	2	0	4	26	162
熊野	0	2	9	15	11	1	37	15	2	0	1	2	95
合計	4	60	394	1,171	280	168	1,190	3,335	1,213	947	3,302	4,983	17,047

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伊勢保健所の 115 人で，以下，鈴鹿が 94 人，津が 27 人，桑名，松阪および伊賀がそれぞれ 12 人，四日市市が 6 人，熊野が 3 人の順であった.

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3,666人で，以下，伊賀が 3,618 人，四日市市が 2,621 人，鈴鹿が 2,568 人，津が 2,482 人，松阪が 1,017 人，伊勢が 818 人，尾鷲が 162 人，熊野が 95 人の順であった.

まとめ

2020年1月1日～12月31日までに県内の病原体検査定点医療機関等から検査依頼のあった患者数は 17,328 人で，このうち 1,017 人（5.9%）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 17,047 人で，病原体等が検出されたのは 879 人（5.2%）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 281 人で，病原体等が検出されたのは 138 人（49.1%）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，日本紅斑熱が日本紅斑熱リケッチア，感染性胃腸炎がノロウイルスGⅡ型，インフルエンザがインフルエンザウイルス AH1pdm09 型およびB型，急性脳炎が EB ウイルス，ヒューマンヘルペスウイルス 6 および 7 型であった. また，CRE 感染症患者から分離された耐性菌 14 株中 5 株からカルバペネマーゼ遺伝子が検出された．さらに，その他の疾患として呼吸器系疾患を中心にライノウイルスやヒューマンボカウイルス等が検出された.

文　献

1) 福田美和，小林真美，仲　正子　他：1995 年感染症サーベイランス成績. 三重衛研年報，**41**，55-61（1995）.
2) 山内昭則，中野陽子，矢野拓弥　他：2005 年感染症発生動向調査結果. 三重保環研年報，**51**，101-106（2006）.
3) 楠原　一，小林章人，矢野拓弥　他：2015 年感染症発生動向調査結果. 三重保環研年報，**61**，105-113（2016）.
4) 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（2021 年 10 月 26 日アクセス)
5) 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（2021 年 10 月 26 日アクセス）
6) 楠原　一，矢野拓弥，永井佑樹　他：2019 年感染症発生動向調査結果. 三重保環研年報，**65**，67-74（2020）.

三重保環研年報　第 23 号（通巻第 66 号），　72－78 頁（2021）

資　料

三重県における 2020 年度環境放射能調査結果

佐藤　大輝，西　智広*，森　康則，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，2020 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，土壌，淡水（河川水），蛇口水，穀類，農産物，牛乳，海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）	2020 年 10 月	三重県亀山市（鈴鹿川）
	土壌(草地)	8 月	三重県三重郡菰野町
	蛇口水	6 月	三重県四日市市
	穀類（精米）	9 月	三重県松阪市
	茶（荒茶）	5 月	三重県亀山市，多気郡大台町
	牛乳	9 月	三重県度会郡大紀町
	ホウレンソウ	11 月	三重県四日市市
	ダイコン	12 月	三重県多気郡明和町
	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	2021 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

*）現　伊賀地域防災総合事務所環境室

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 mgI/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 mmϕ）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 核種分析

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.

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 m^3/h, 24 時間）を行い, 約 13,000 m^3 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.

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 ℃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.

淡水：鈴鹿川の河川水 100 L を，三重県亀山市関町地内（勧進橋下）で採取し, (1+1) 塩酸 200 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.

蛇口水 : 当所 1 階研究室の蛇口から水道水を 100 L 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.

食品：穀類（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，野菜），海産生物（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 ℃，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

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)
2020 年 4 月	211.5	7	-	N.D.
5 月	188.5	6	2	4.6
6 月	320.5	9	-	N.D.
7 月	427.5	16	1	2.1
8 月	102.5	5	2	26
9 月	300.0	13	1	66
10 月	326.5	8	1	1.2
11 月	23.5	4	1	2.0
12 月	32.5	7	2	12
2021 年 1 月	81.0	6	1	2.2
2 月	80.0	8	4	45
3 月	266.5	9	1	71
2020 年度	2360.5	98	16	N.D.～71
2019 年度	2460.0	105	10	N.D.～28
2018 年度	1956.0	100	10	N.D.～9.9
2017 年度	2181.0	97	19	N.D.～50

注）N.D.：不検出（計数値が計数誤差の 3 倍を下回るもの）.

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（毎月第 2 週水曜日 10:00）当所前駐車場の地上 1 m の位置で，シンチレーションサーベ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 cm^2 ）
降雨量測定装置：光進電気工業（株）KP-020 型雨量計
測定装置：日立アロカメディカル（株）製 β 線自動測定装置 JDC-3201

3.2 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 cm^2）
大気浮遊じん採取装置：柴田科学（株）製ハイボリウムエアサンプラ　HV-RW
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ベイメータ：日立アロカメディカル(株)製 TCS-171

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	2020 年　4 月	1	MBq/km^2	N.D.	N.D.	N.D.	0.86
	5 月	1	MBq/km^2	N.D.	N.D.	N.D.	1.16
	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.	N.D.
	9 月	1	MBq/km^2	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	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.	N.D.
	12 月	1	MBq/km^2	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	2021 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.	0.75
	3 月	1	MBq/km^2	N.D.	N.D.	N.D.	1.23
	2020 年度	12	MBq/km^2	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.～1.23
	2012～2019 年度	96	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	2020 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.	0.120
	10～12 月	1	mBq/m^3	N.D.	N.D.	N.D.	0.155
	2021 年　1～3 月	1	mBq/m^3	N.D.	N.D.	N.D.	0.143
	2020 年度	4	mBq/m^3	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.～0.155
	2012～2019 年度	32	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）	2020 年 10 月	1	mBq/L	N.D.	N.D.	N.D.	56.0
	2012～2019 年度	8	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）	2020 年 8 月	1	Bq/kg 乾	N.D.	N.D.	N.D.	770
	2012～2019 年度	8	Bq/kg 乾	N.D.	N.D.	N.D.～1.56	699～802
	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）	2020 年 8 月	1	Bq/kg 乾	N.D.	N.D.	N.D.	751
	2012～2019 年度	8	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[1]．表２に 2020 年度に測定を実施した 98 件の結果を示した．98 試料中 16 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．核種分析

環境放射能水準調査における核種分析は，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，大気浮遊じん，降下物，土壌，淡水の環境試料と蛇口水，精米，野菜類，茶，牛乳，水産生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 8.02 日）[6]，比較的長半減期の核種の指標として Cs-137（半減期 30.17 年）[6]，

比較の指標として天然放射性核種の K-40（半減期 1.251×10^9 年）[6]と 2011 年度から福島第一原子力発電所の事故を踏まえて追加した Cs-134（半減期 2.06 年）[6]の合計 4 核種である．なお，

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	2020 年 6 月	1	mBq/L	N.D.	N.D.	14.3
	2012～2019 年度	8	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
穀類（精米）	2020 年 9 月	1	Bq/kg 生	N.D.	N.D.	28.9
	2012～2019 年度	8	Bq/kg 生	N.D.	N.D.	21.3～27.4
	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）	2020 年 5 月	2	Bq/kg 乾	N.D.	N.D.	681～804
	2012～2019 年度	16	Bq/kg 乾	N.D.～0.436	N.D.～0.643	544～777
	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	2020 年 9 月	1	Bq/L	N.D.	N.D.	47.7
	2012～2019 年度	8	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
ホウレンソウ	2020 年 11 月	1	Bq/kg 生	N.D.	N.D.	200
	2012～2019 年度	8	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	2020 年 12 月	1	Bq/kg 生	N.D.	N.D.	113
	2012～2019 年度	8	Bq/kg 生	N.D.	N.D.	62.9～124
	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	2020 年 5 月	1	Bq/kg 生	N.D.	0.176	145
	2012～2019 年度	8	Bq/kg 生	N.D.	0.153～0.180	147～172
	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	2020 年 4 月	1	Bq/kg 生	N.D.	N.D.	59.0
	2018～2019 年度	2	Bq/kg 生	N.D.	N.D.	47.5～55.3
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	2021 年 2 月	1	Bq/kg 生	N.D.	N.D.	251
	2012～2019 年度	8	Bq/kg 生	N.D.	N.D.	198～271
	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．

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 2020 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）において例年検出されている Cs-137 は，2020 年度では検出されなかった．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，2020 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．

環境試料において人工放射性核種は検出されなかった．

2.2 食品試料

表 4 に 2020 年度における県内の蛇口水，県内で生産された精米，茶（荒茶），野菜類（ホウレンソウ，ダイコン），牛乳，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．

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．

2020 年度の食品試料における放射性セシウムの検出値は，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，精米，荒茶，ハマグリにおいて例年よりわずかに高い値を示したが，平常値の範囲と判断された．

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 2020 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．2020 年度は昨年度と同様に降水量が多く，長時間の降水が続くことが多かったが，中勢伊賀局と南勢志摩局では最大値が例年より高かった．

県内の 4 局の 2020 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，平常の範囲内に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 [9]．

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．それぞれの地点の 2020 年度の年平均値を式（1）により換算すると，北勢局

表５　2020 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
2020 年　4 月	720	46	66	44	1	67	-	-	-
5 月	744	46	59	44	1	65	-	-	-
6 月	720	47	71	44	1	67	-	-	-
7 月	744	47	60	44	1	65	-	-	-
8 月	744	46	49	45	1	65	-	-	-
9 月	720	46	67	44	1	65	-	-	-
10 月	744	47	55	45	1	67	-	-	-
11 月	720	46	68	45	1	65	-	-	-
12 月	744	47	64	44	1	65	-	-	-
2021 年　1 月	744	47	63	44	1	69	-	-	-
2 月	664*	47	77	45	1	69	-	-	-
3 月	735*	46	67	44	1	67	-	-	-
2020 年度	8743	47	77	44	12		66	69	65
2019 年度	8773	47	77	44	12		67	90	59
2018 年度	8752	46	77	44	12		69	80	64
2017 年度	8752	46	86	44	12		66	70	61
2016 年度	8750	46	91	34	12	-	66	69	61

*）機器点検等のため欠測がある．

表６　2020 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
2020 年　4 月	66	84	63	50	90	48	83	108	81
5 月	65	79	63	50	64	48	83	94	81
6 月	66	100	63	51	75	48	84	120	81
7 月	66	84	63	50	65	44	83	99	80
8 月	65	68	64	51	53	48	84	99	80
9 月	66	90	63	51	99	47	83	101	79
10 月	66	83	63	51	69	48	84	105	81
11 月	66	81	64	51	58	49	83	94	81
12 月	66	89	64	53	66	51	84	103	82
2021 年　1 月	66	86	62	52	86	49	84	102	81
2 月	66	103	63	51	60	49	83	100	81
3 月	66	87	63	51	76	48	83	106	81
2020 年度	66	103	62	51	99	44	83	120	79
2019 年度	66	94	63	51	80	47	83	126	79
2018 年度	66	109	63	51	91	45	83	138	79
2017 年度	66	98	63	52	89	48	83	147	79
2016 年度	66	109	63	51	86	46	83	114	78

38 nSv/hr，中勢伊賀局 53 nSv/hr，南勢志摩局 41 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．

$$Hex(Sv)=Dex(Gy)\times 0.8 \cdots (1)$$

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1 m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，2020 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

１．2020 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．

２．2020 年度の環境試料（降下物，大気浮遊じん，陸水，土壌）および食品試料（蛇口水，農産物，水産物）中のガンマ線放出核種の測定結果では，人工放射性核種である Cs-137 が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．

３．2020 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．

４．2020 年度の環境放射能水準調査で得られた結果は 2019 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(2020).
2) モニタリング調整会議：「総合モニタリング計画」(2020).
3) 原子力規制委員会, 放射線モニタリング情報, http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/ (2021 年 10 月 27 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 11 版，9-100，丸善出版，東京都，(2006).
7) 原子力規制委員会，日本の環境放射能と放射線, http://www.kankyo-hoshano.go.jp/ (2021 年 10 月 27 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) 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).

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 23 号（通巻第 66 号）
2021 年
発行年月　令和 4 年 3 月（ 2022.3 ）
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