



愛研技術通信

掲 示 板

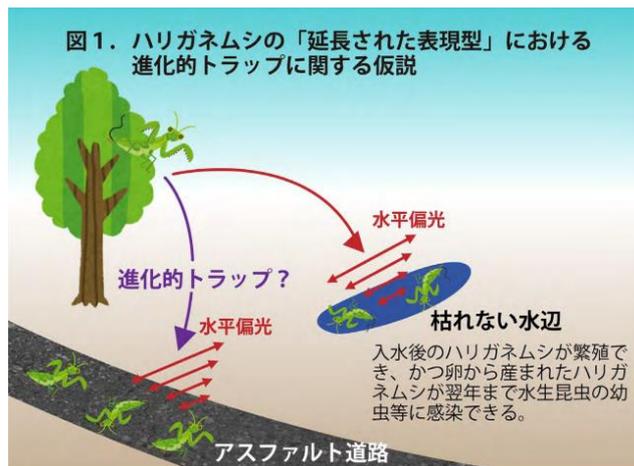
法令・告示・通知・最新記事・その他

○ 寄生虫の「延長された表現型」に対する進化的トラップの可能性

～ ハリガネムシ類に感染したカマキリは水平偏光に引き寄せられて道路を歩く ～

2024年11月8日京都大学報道発表資料抜粋

京都大学、東京都立大学、国立台湾大学、神戸大学の国際研究グループは、ハリガネムシに行動操作されたカマキリが、水平偏光を多く含む光を反射するアスファルト道路に引き寄せられ、その多くがハリガネムシとともに斃死している可能性を示しました。



【 背景 】

野生生物は、光、匂い、水や風の流れ等の様々な環境キューを感知して、大規模な移住行動をしたり、よりよい生息地や餌、繁殖相手を選択したりしています。人類が起こす急速な環境変化は、

本来生物たちに利益をもたらすこうした行動や選択に、しばしば不利益な結末をもたらします。これは「進化的トラップ=evolutionary trap」と呼ばれており、生物多様性消失の原因の一つになっています。これまで、進化的トラップについては、環境キューを直接受容する生物（自由生活者）で検証されてきました。一方、自然界には、自由生活者よりもはるかに多い寄生生物がいます。その中には、自らの利益（感染率や繁殖成功率の向上）のために、宿主の環境応答を変えて行動を操作する種が多くいます。寄生生物による行動操作は、ある生物の遺伝子が別の生物の表現型として発現する「延長された表現型」の好例として、多くの生物学者を魅了してきました。しかし、「進化的トラップ」が宿主を介して寄生生物にまで及んでいるかはわかっていませんでした。

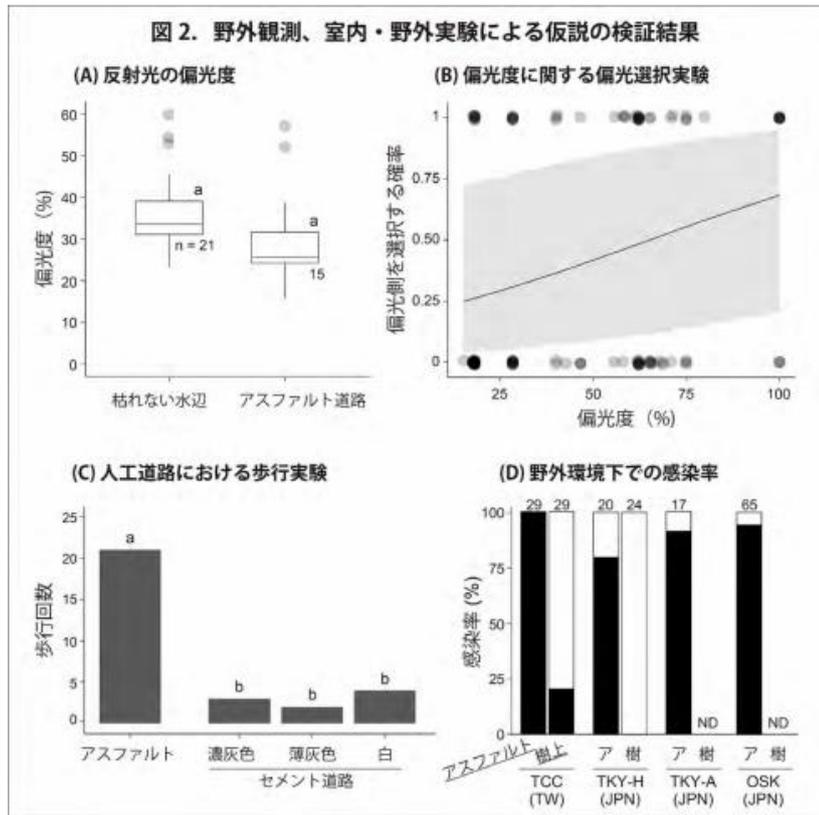
行動操作の代表例として、「寄生生物のハリガネムシが、繁殖場所である川や池に移動するために、寄生相手であるカマキリやカマドウマ等（以下、宿主）を自ら川や池に入水させる」という現象が知られています。我々は近年、ハリガネムシに操作されたハラビロカマキリが、水辺から反射する水平偏光に誘引されて水に飛び込むことを明らかにしました。この行動操作により、ハリガネムシは首尾よく川や池に移動して繁殖をし、一生を終えています。一方、秋になると、川や池周辺のアスファルト道路の上で、ハラビロカマキリが歩いているのをよく見かけます（写真1）。こうしたハラビロカマキリはしばしば、車や自転車に轢かれたり、人に踏まれたりして死んでいます。そしてその傍らには、ハリガネムシも乾燥して死んでいます（写真2）。なぜこのようなことが起こるのでしょうか？

アスファルト道路からは、強い水平偏光が反射しています。先行研究では、水平偏光を手掛かりに水辺探索をする多くの水生昆虫が、アスファルト道路に誘引される進化的トラップにかかっていることが報告されていました。そこで本研究では、ハリガネムシがアスファルト道路上で死んでいるのは、感染ハラビロカマキリがアスファルト道路からの水平偏光に誘引されることで生じている『「延長された表現型」に対する進化的トラップである』という仮説を立てました（図1）。

【 研究手法・成果 】

仮説を検証するために、まずハリガネムシ生息地の様々な水辺やアスファルト道路からの反射する水平偏光の強さ（偏光度）を測定しました。すると、アスファルト道路からの反射光の偏光度（ $30.2 \pm 10.9\%$ ）は、ハリガネムシ感染カマキリがよく入水する、枯れない水辺からの反射光の偏光度（ $38.1 \pm 10.2\%$ ）と同様に高く、両者を偏光度に基づいて見分けることは困難であることが推察されました（図2A）。





そこで、そもそも感染カマキリが偏光度の違いに応答して、アスファルト道路に引き寄せられるのかを検証する行動実験を行いました。まず、室内実験によって、ハリガネムシ (*Chordodes formosanus*) に寄生されたハラビロカマキリ (*Hierodula patellifera*) (以下感染カマキリ) は、偏光度が高いほど、水平偏光に誘引されるかを調べました。この室内実験では、筒の一方から水平偏光を、他方から非偏光を照射する装置を作成し、筒の中央から入った感染カマキリが10分後に定位している場所を記録しました。水平偏光側には、光源と実験装置の間に半透明のOHPシートを任意の枚数配置することで、偏光度を15~100%まで変化させ、水平偏光に誘引される確率が偏光度によって異なるかを調べました (図3)。両側から照射する光強度は同じ値 (6000lx; 曇天~晴天の昼頃) に調整をしました。実験の結果、感染カマキリは、偏光度が高いほど、水平偏光側を選択する確率が高まっていました (図2B)。

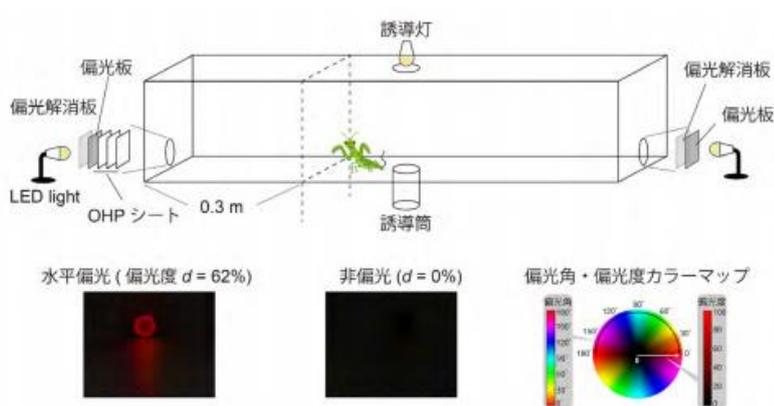
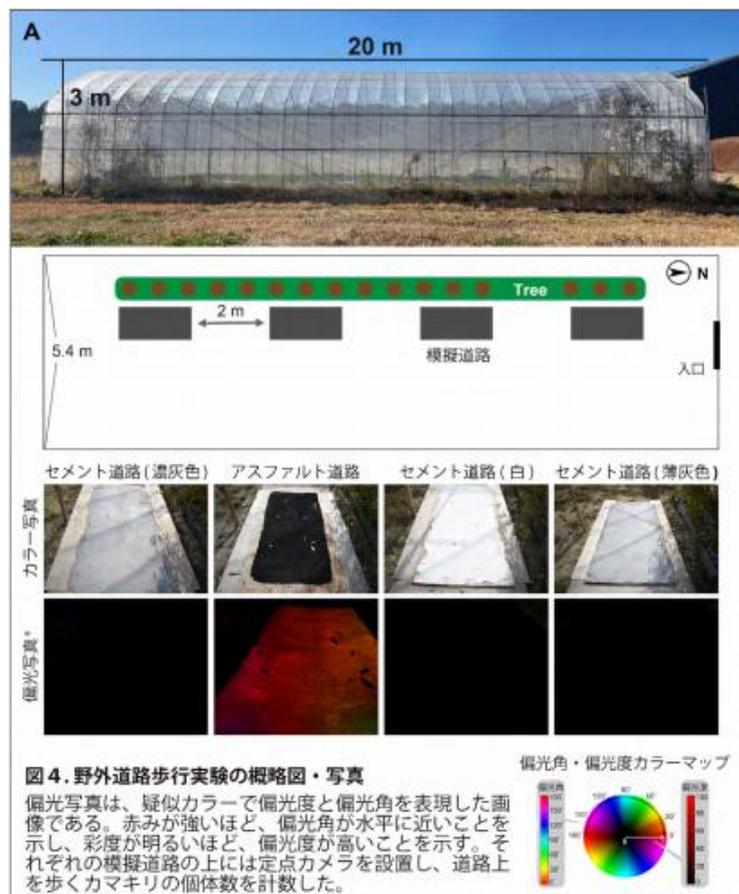


図 3. 偏光選択実験の装置. 水平偏光になるように、偏光板の角度を設定した。また、OHP シートの枚数を変えることで、偏光度を 15-100% の範囲で設定した。

では、感染カマキリは、偏光度が高い光を反射する道路（＝アスファルト道路）に高い頻度でやってきて歩くのでしょうか？このことを検証するために、我々は次に、京都大学生態学研究センターの実験圃場に、大型のビニールハウス（20m×5m）を設置して、ハウス内に偏光度の異なる光を反射する4つの模擬道路（アスファルト道路と色の異なる3つのセメント道路）を造成しました。大阪と東京の調査サイトで、感染カマキリを採集し、個体識別標識をつけてハウス内に放逐した後、それぞれの道路上を歩いた感染カマキリの個体数を定点カメラによって観測し続けました（図4）。その結果、感染カマキリは、偏光度の高いアスファルト道路上を、偏光度の低い他のセメント道路よりも統計的に有意に高い頻度で歩いていました（図2C）。



最後に、秋にアスファルト道路上でよく見かけるハラビロカマキリは、本当にハリガネムシに感染しているのでしょうか？このことを調べるために、台湾と日本の4つの調査サイトにおいて、アスファルト道路上で採集したハラビロカマキリの感染率を調べました。また、そのうち2つのサイトでは、ハラビロカマキリ本来の生息場所である樹上でも採集を試みて、感染率を調べました。その結果、すべてのサイトで、アスファルト道路上で採集したハラビロカマキリの感染率は80%以上でした（台湾のサイトでは100%！）。一方、樹上で採集されたハラビロカマキリの感染率は、約20%（台湾）と0%（日本）でした（図2D）。

これらの野外観測・行動実験の結果は、ハリガネムシがアスファルト道路上で死んでいるのは、感染カマキリがアスファルト道路からの水平偏光に誘引されることで生じている『「延長された表現型」に対する進化的トラップである』という仮説を強く支持するものです。これは、生物多様性

の消失要因の一つである「進化的トラップ」が、直接的に環境キューを受容する宿主を介して、寄生生物にまで及んでいることを強く示唆する、世界でも初めての研究成果です。

【波及効果、今後の予定】

自然界には、寄生者や内部共生者による「延長された表現型」が普遍的にみられます。近年、それら寄生者・内部共生者が、非常に精妙な仕組みで宿主の感覚器を乗っ取り、目的とする行動を誘導していることが明らかになりつつあります。一方で、全球的に進む人間活動の拡大は、共生生物とその宿主たちがかつて経験したことのないスピードで、周囲の環境を改変し続けています。私たちの今回の発見は、そうした環境改変の陰で、多くの共生生物がその精妙で魅力的な進化の産物から、むしろ不利益を被っていることに警鐘を鳴らす最初の例かもしれません。

我々は今後、ハリガネムシ類による宿主操作の分子機構やその進化プロセスを深く理解するとともに、人間活動下でそれらが如何に損なわれるリスクがあるのかを、より深く解明していこうと考えています。

○ 防鹿柵の設置はブナの成長低下と土壤微生物の多様性低下を防ぐ ～ シカの過採食による森林衰退を止める有効な手立てとして期待 ～

2024年11月27日宮崎大学報道発表資料抜粋

九州大学、宮崎大学、岡山大学からなる研究グループは、熊本県白髪岳のブナ林に設置された防鹿柵の内外で、ブナの成長と土壤微生物相を比較しました。

【研究の背景と経緯】

近年、個体数の増加したニホンジカによる、強度な植生採食が全国的な問題となっています。特に九州南部の山岳森林では下層植生の消失が顕著であり、ブナの大径木の枯死も起こっています（図1）。本研究チームはこれまで、九州南部の山岳ブナ林において研究を展開し、下層植生の消失が土壤侵食を加速させ、ブナの衰退や土壤微生物相の劣化などを引き起こすことを報告してきました。こうした林床環境の変化に関連する樹木群集や土壤微生物群集の劣化は、森林生態系全体の衰退へと波及する恐れがあります。本地域では現在、シカの侵入を防ぐ防鹿柵の設置が進められています。防鹿柵は下層植生を保全する一方、先述のブナの衰退や微生物群集の劣化の防止にも有効かは不明でした。従って、本研究チームは熊本県あさぎり町に位置する白髪岳において、防鹿柵の内外でブナの成長と土壤微生物相を比較し、防鹿柵による保全効果とそのメカニズムを評価しました。



図1. 白髪岳の様子

【 研究の内容と成果 】

ブナの成長の比較では、防鹿柵の内外に生育するブナから樹木年輪を採取し、過去 60 年間の成長傾向を評価しました。また、土壌侵食の程度として地上に露出した根系の露出高さ（根露出高）、年輪の炭素安定同位体比に基づく水利用効率（水ストレスの程度の指標）も比較しました。その結果、柵外のブナ個体は 2004 年頃から成長が低下していることが分かりました（図 2）。この低下時期は白髪岳における下層植生の減少・消失時期と一致していました。これに対し、柵内の個体の成長は 1960 年代から現在まで一貫して低下していませんでした。またブナの成長低下は、水利用効率の増加（水ストレスの増加）、並びに根露出高の増加（高い土壌侵食）と関連していることが分かりました。このことから、柵外のブナは樹木根系が露出し、水分の吸収阻害が生じることで成長が低下したと考えられました。これに対し、柵内では根系露出を引き起こす土壌侵食が下層植生によって抑止されることにより、ブナの成長低下が防止されることが分かりました。

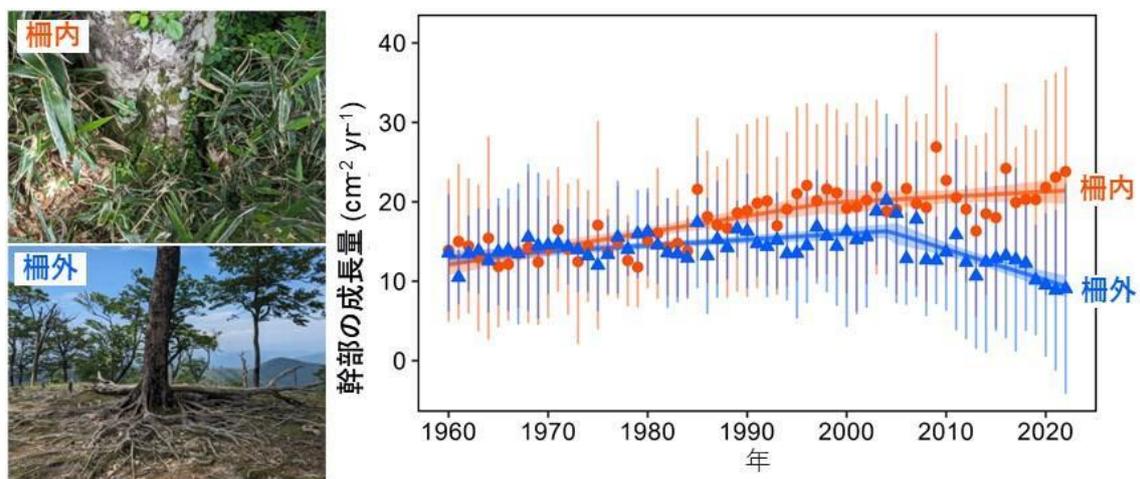


図 2. 柵内外のブナの根の露出状況（左）と成長量の推移（右）

土壌微生物相の比較では、まず柵内外で土壌や周辺環境の比較を行いました。これにより、柵内では下層植生の密度および土壌の炭素（C）含有量、土壌の炭素窒素比（C/N 比）が有意に高い（図 3a）一方で、柵外の土壌は pH および容積重が高いという結果が得られました（図 3b）。防鹿柵の設置により、下層植生だけでなく、土壌の化学・物理特性も保持されていることがわかりました。次に微生物相の違いを明らかにするために、土壌中の DNA 分析を行いました。その結果、真菌群集の多様性は柵外で柵内よりも低いことが確認されました（図 3c）。一方で、原核生物群集は土壌の C/N 比に応じて変化し、C/N 比の低下に伴い、低栄養性細菌の相対的な存在量が増加しました（図 3d）。以上から、防鹿柵の設置に伴う下層植生の保全が、土壌環境の変化を抑止し、在来の土壌微生物群集を保全することが示唆されました。

【 今後の展開 】

今回の研究により、防鹿柵の設置に伴う下層植生の保全が、在来の樹木群集と土壌微生物群集の保全に貢献することが分かりました。これは、今後の森林管理において、強度なシカ採食による樹木成長や土壌環境への悪影響を最小限に抑えるため、防鹿柵の設置が有効な手段であることを示唆

します。一方、本地域の保全効果が他の地域でも得られるのかは未だ不明なため、本研究の一般化には地域ベースの知見をさらに集積していくことが期待されます。

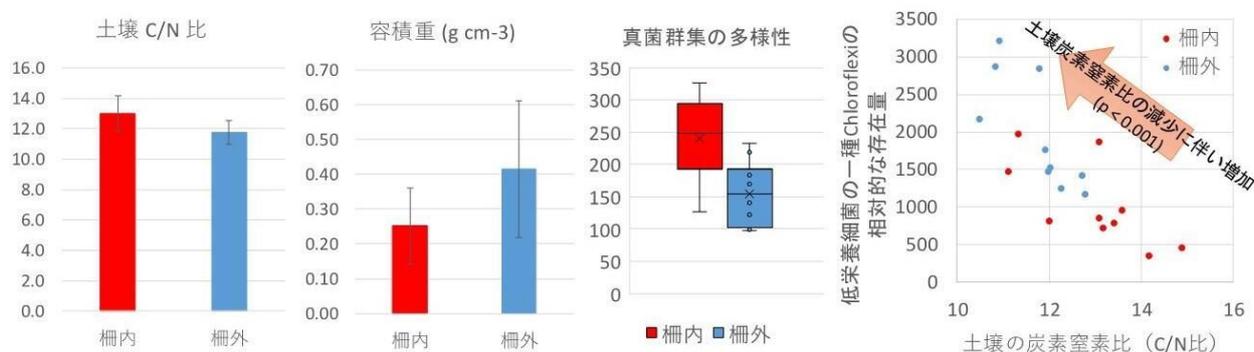


図 3. 柵内外の環境変数と土壤微生物群集のパラメーターの比較

左から a) 土壤炭素窒素比、b) 容積重、c) 真菌群集の多様性指数、d) 土壤炭素窒素比と低栄養細菌の相対的な存在量の負の関係

○ 水道におけるPFOS及びPFOAIに関する調査の結果について（水道事業及び水道用水供給事業分）

2024年11月29日環境省報道発表資料抜粋

水道施設における PFOS 及び PFOA の検出状況等を把握するため、水道事業、水道用水供給事業及び専用水道を対象に、国土交通省と環境省は共同で「水道における PFOS 及び PFOA に関する調査」を行い、水道事業及び水道用水供給事業の令和 2 年度から令和 6 年度（令和 6 年度は 9 月 30 日時点）までの結果について取りまとめたので公表します。

【 水道事業、水道用水供給事業、専用水道とは 】

水道事業とは、水道法において、100 人を超える一般の需要に応じて、水道により水を供給する事業と定義されています。給水の対象が 100 人以下の場合には、水道事業とはいいません。また、100 人を超える人々に給水していても、給水対象が特定の団地や社宅に限られるというような特定の居住者等に供給する場合は専用水道とといいます。

水道事業の中でも、給水人口が 5,000 人以下の水道事業は簡易水道事業と呼ばれ、給水人口が 5,000 人を超える水道事業は、簡易水道事業と区別するため慣用的に上水道事業と呼ばれています。水道事業の経営は、国土交通大臣の認可を要し、市町村経営を原則としています。

水道用水供給事業とは、市町村等が行っている各家庭に給水する水道事業へ水道用水を供給する、いわば、水道水の卸売りをを行う事業です。都道府県や企業団等により経営されます。

水道事業者は、水道用水供給事業者から供給された水のほか、独自で確保した水源（井戸や河川等）がある場合はそれらを組み合わせて一般家庭に供給しています。

【 調査結果の概要 】

調査への回答状況及び水質検査の実施状況を表 1 に示します。

令和 2 年度に PFOS 及び PFOA を水質管理目標設定項目に位置付けて以降、PFOS 及び PFOA の水質検査を実施した事業の数は毎年増加しており、令和 2 年度から 6 年度までに検査を行ったことがある事業数は 2,227 事業でした。

検査を実施していない理由としては、「全量を水道用水供給事業から受水しているため（水道用水供給事業者が検査を実施）」、「周辺環境から考えて、PFOS 及び PFOA が含まれる可能性が低いと考えられたため」、「検査費用が負担となるため」、「水道法上の測定義務がないため」、「その他」でした。

表 1. 調査への回答状況及び水質検査の実施状況

	事業数	回答数		
		回答総数	検査実績	
			有	無
水道事業者	1291	1291	1113	178
水道用水供給事業	88	88	83	5
簡易水道事業	2376	2376	1031	1185
合計	3755	3755	2227	1368

PFOS 及び PFOA の暫定目標値(50ng/L)を超過した事業数は、図 1 のとおりでした。暫定目標値を超過した事業数は、令和 2 年度は 11 事業ありましたが、年々減少し令和 5 年度は 3 事業、令和 6 年度（9 月 30 日時点）では 0 事業でした。なお、令和 5 年度までのいずれかで暫定目標値を超過した全 14 事業において、最新の検査結果では全て暫定目標値を下回っています。

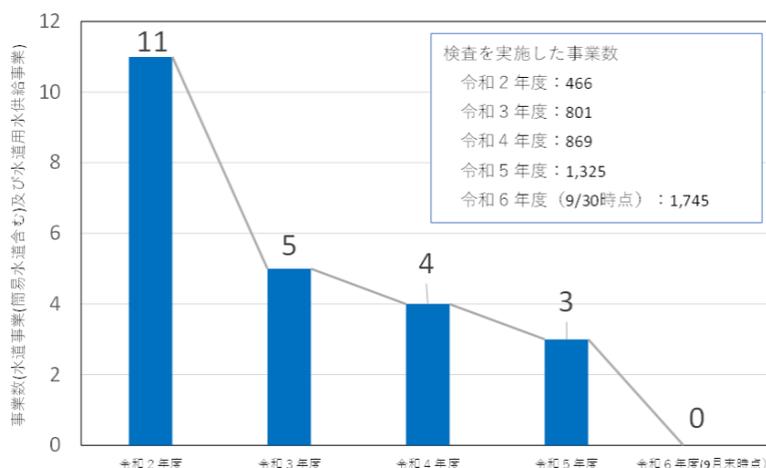


図 1. 年度別 PFOS 及び PFOA の暫定目標値を超過した事業数

なお、我が国の水道の給水人口に対し、今回の調査において、過去の検査結果が暫定目標値以下であった、あるいは過去の検査結果が暫定目標値を上回ったことがあるものの必要な対応を行い、その後の検査結果で暫定目標値を下回っているなど、暫定目標値以下の水質の水道水が確認されている給水人口の割合は、98.2%（図2）でした。

今後、国土交通省と環境省は連携して、検査をまだ実施していない水道事業者に対し、検査を実施するよう、引き続き呼びかけていきます。

専用水道の回答結果は現在集計中であり、取りまとめ次第公表する予定です。

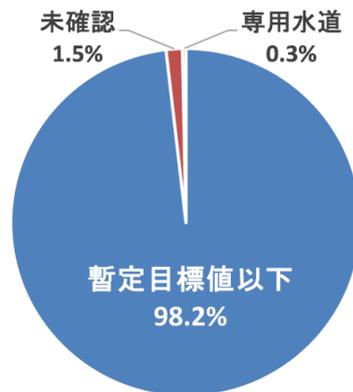


図2. 暫定目標値以下の水質の水道水が確認されている給水人口の割合

編集後記

厚生労働省は、化学物質による労働災害を防止するため、労働安全衛生法に基づく新たな化学物質規制を導入し、本年4月から施行しています。職場における危険・有害な化学物質管理の重要性に関する意識の高揚と、化学物質管理活動の定着を図ることを目的に、今年度から2月1日から2月28日までの1か月間を、「化学物質管理強調月間」と決めました。期間中、化学物質対策に関する説明会等が開催される予定です。なお、今年度のスローガンは「正しく理解 正しく管理 化学物質と向き合おう」です。（A.K）



株式会社 愛研

(<https://ai-ken.co.jp>)

本社 〒463-0037 名古屋市守山区天子田 2-710

電話(052)771-2717 FAX(052)771-2641

半田営業所 〒475-0088 半田市花田町 2-65

電話(0569)28-4738 FAX(0569)28-4749

