

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
「水道システムにおける生物障害の実態把握とその低減対策に関する研究」
分担研究報告書

研究課題：国内の浄水場における生物障害の発生および対策実態の把握

研究代表者 秋葉 道宏 国立保健医療科学院 統括研究官
研究分担者 岸田 直裕 国立保健医療科学院 主任研究官
研究協力者 下ヶ橋 雅樹 国立保健医療科学院 主任研究官

研究要旨

我が国の浄水場における生物障害の発生および対策実態を明らかとすることを目的に、全国 79 の水道事業体および 239 の浄水場を対象としたアンケート調査を実施した。その結果、平成 22 年 10 月から 24 年 9 月までの 2 年間に、生物障害が発生したのは、79 水道事業体のうち 49 事業体（62%）、239 浄水場中 102 浄水場（43%）であり、多くの水道事業体が生物障害に悩まされていることが明らかとなった。地域別の生物障害の発生割合は、水道事業体数をベースとして計算すると、北海道・東北で 50%、関東で 77%、中部で 33%、関西で 53%、中国・四国で 79%、九州・沖縄で 58%であり、多少の地域差はあるものの、全ての地域で生物障害が発生していた。生物障害が発生した浄水場の水源は 98%が地表水であった。全調査対象浄水場における水道水源の種類の割合と比較すると、生物障害が発生した浄水場では、ダムや湖沼水を経由した水源の割合が明らかに増加しており、停滞性水域で発生した藻類等の障害生物によって、国内の浄水場において生物障害の被害が多く発生していると推測される。障害の種類別の発生割合は、浄水場数をベースとして計算すると、異臭味障害が 63%、ろ過漏出障害が 17%、凝集沈殿処理障害が 9%、ろ過閉塞障害が 9%、その他の障害が 2%であり、異臭味障害の発生が特に多いことがわかった。

A. 研究目的

水道システムに危害を及ぼす生物には、病原微生物のほか、飲料水の異臭味や着濁原因となる生物、浄水処理を阻害する生物等（以降、障害生物）が存在する。障害生物が水道システムに及ぼす危害は「生物障害」と呼ばれている。研究分担者らが実施した予備調査によって、一部の浄水場では、生物障害の発生により薬剤・電力使用量が増加し、浄水処理コストが著しく増加することが明らかになっており、生物障害が水道システムに及ぼす影響は無視できない。しかしながら、健康に直接影響を及ぼす化学物質等のリスクと比較して、生物障害のリスクに関しては、その実態把握やリスク低減に関する検討が遅れているのが現状である。

本年度は、生物障害の発生および対策実態を明らかとすることを目的に昨年度実施した、国内広範囲の浄水場を対象としたアンケート調査結果の解析を進めるとともに、調査規模を拡大した。

B. 研究方法

全国 79 の水道事業体および 239 の浄水場を対象としたアンケート調査によって、平成 22 年 10 月から 24 年 9 月までの 2 年間に発生した生物障害の発生および対策実態を明らかとした。また、各事業体における生物試験の実施状況についても調査した。

表 1 に示すとおり、各地域間に大きな偏りのないように対象事業体を選定した。調査対象浄水場の平均送水量の分布を図 1 に示す

が、5,000 m³/d 以下の小規模な浄水場から 500,000 m³/d 以上の大規模な浄水場まで含んでいる。また、全対象浄水場の平均送水量の合計は約 22,000,000 m³/d であり、日本全国の総平均給水量¹⁾の約 41%を占めている。

アンケート調査票の策定は、素案をもとに、協力が得られた浄水場に事前アンケート調査およびヒアリング調査を実施し、修正点を抽出して改善することによって行った。また、本アンケート調査では、表 2 に示すとおり、既往文献²⁾を参考に、生物に起因する障害を 6 種類に分けて分類し、集計した。

C. 研究結果および D. 考察

1) 生物障害の発生割合

対象期間中に生物障害が発生したのは、アンケート対象 79 水道事業体のうち 49 事業体 (62%)、239 浄水場中 102 浄水場 (43%) であり、多くの水道事業体が生物障害に悩まされていることが明らかとなった。また、全生物障害事例数は 340 であった。なお、本報告書では、同様の障害事例でも発生期間の異なるものは異なる事例として計数している。

図 2 に示すとおり、多少の地域差はあるものの、全ての地域で生物障害が発生していた。特に北海道・東北地域でも多くの生物障害が確認されたことから、水温が低い環境下でも生育可能な障害生物も多く存在していると考えられた。

2) 水道水源の種類

図 3 に示すとおり、生物障害が発生した浄水場の水源は 98%が地表水であった。障害生物の多くが光合成能を持つ藻類、シアノバクテリア (藍藻類) であることから、地表水で特に障害生物が発生しやすいと考えられる。全調査対象浄水場における水道水源の種類割合と比較すると、生物障害が発生した浄水場では、ダムや湖沼水を經由した水源の割合が明らかに増加しており、停滞性水域で発生した藻類等の障害生物によって、国内の浄水場において生物障害の被害が多く発生していると推測される。

3) 生物障害対策のための浄水処理方式の変更

過去 10 年間に生物障害対策のために浄水処理方式を変更した浄水場は 15/239 (6%) であり、変更内容は、生物処理施設の導入、ろ過池の複層化、pH 調整・酸注入施設の導入、高度処理施設の導入等であった。新しい設備を導入し、浄水処理方式を変更することは、初期コストが大きく掛かることになるが、障害生物の発生頻度が高い場合は臨時的対応を続けるよりも経済的であると推測される。

4) 生物障害の種類

図 4 に示すとおり、生物障害の種類は、浄水場数をベースとすると、異臭味障害の割合が 63%と最も多く、次いでろ過漏出障害 17%、凝集沈殿処理障害 9%、ろ過閉塞障害 9%、その他の障害 2%の順であり、肉眼的生物の流出障害は本調査では報告されなかった。日本水道協会が平成 13-14 年度に実施した本調査と同規模の実態調査においても異臭味被害の割合が 49%と最も高く³⁾、我が国の浄水場において異臭味障害が長期的に問題となっていることが示された。異臭味被害の多くがカビ臭に起因するものであったが、カビ臭原因物質のジェオスミン、2-MIB は、水道水質基準項目にも入っていることから、障害として報告されやすいと考えられる。また、ろ過漏出障害についても、「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針⁴⁾」において、ろ過池等の出口の濁度を 0.1 度以下に維持することが求められており、異臭味障害同様、報告されやすいと推測される。

なお、全体の 2%を占めるその他の障害は、生物に起因する沈殿池の景観の悪化等 (発泡等) であり、水道水質に直接影響を及ぼす障害ではなかった。

5) 各生物障害の詳細

5 - 1) 異臭味障害

5 - 1 - 1) 異臭味原因物質の種類

異臭味障害は調査期間全体で 87 浄水場からのべ 243 事例報告された。図 5 に異臭味原因物質の種類割合を示すが、障害事例数をベースとすると、カビ臭(ジェオスミン)が 37%と最も多く、次いでカビ臭(2-MIB)30%、生ぐさ臭 22%、海藻臭 4%、藻臭 3%の順であった。また、その他の臭気(3%)としてクサヤ臭等が報告された。前述のとおり、水道水質基準となっているカビ臭原因物質の割合が最も多く、多くの浄水場で被害が発生していることが明らかとなった。なお、「水道水質データベース」によると、我が国の近年の水道原水中のジェオスミンの検出率は 2-MIB よりも高く⁵⁾、本調査結果と一致していた。このことは、本実態調査方法の妥当性を部分的ではあるが示しているといえる。

また、生ぐさ臭による被害も比較的多く発生していることが明らかとなった。事例数の計数方法が同一でないため単純な比較はできないが、平成 13-14 年度の実態調査では、生ぐさ臭の発生割合は 13%と報告されており³⁾、本実態調査と比べ少ない比率であった。このため、近年生ぐさ臭の被害が増加する傾向にあると示唆された。

5 - 1 - 2) 異臭味原因物質濃度

表 3 に示すとおり、水道原水中のカビ臭(ジェオスミン)、カビ臭(2-MIB)濃度の最大値は、500 ng/L 以上であり、水道水質基準を大幅に超えていたが、浄水中の平均濃度では 3 ng/L 程度であり、多くの事例で適切な浄水処理が行われていたと推測される。一方、一部の事例では水道水質基準である 10 ng/L を超過しており、浄水処理で対応できない事例もあることがわかった。

カビ臭以外の臭気については、原水においては水質管理目標値を超過する事例が多かったが、浄水ではすべての事例で目標値以下の数値であった。

5 - 1 - 3) 異臭味障害の原因生物

表 3 に示すとおり、カビ臭の原因生物の割合は、シアノバクテリア(藍藻類)が最も多

く、一部放線菌が原因の事例も報告された。シアノバクテリアの内訳は、ジェオスミンの場合は *Anabaena* 属が最も多く、一部で *Oscillatoria* 属、*Phormidium* 属、*Microcystis* 属が原因の事例も報告された。このうち、*Anabaena* 属、*Phormidium* 属、*Oscillatoria* 属はジェオスミンを産出することが報告されているが⁶⁾、*Microcystis* 属については報告されていないことから、別の原因生物であった可能性も示唆される。2-MIB の場合は、*Phormidium* 属、*Oscillatoria* 属の割合が高く、一部で *Anabaena* 属が原因の事例も報告された。このうち、*Phormidium* 属、*Oscillatoria* 属は 2-MIB を産出することが報告されているが⁶⁾、*Anabaena* 属は報告されておらず、別の原因生物であった可能性も示唆される。また、原因生物が不明の事例も多かった。ジェオスミン・2-MIB を産生する微生物の種類は非常に多様であり^{6), 7)}、原因生物を特定することの困難さが伺えた。

生ぐさ臭の原因生物については、黄金藻類と魚卵の割合が高かった。黄金藻類の内訳はほとんど全てが *Uroglena* 属であった。一例だけ報告された *Dinobryon* 属は、「上水試験法⁸⁾」の「水道における試験対象生物(障害生物)分類群」には記載されていない属であるが、この事例では、同時に *Uroglena* 属も報告されており(複数回答) *Uroglena* 属が主要な原因微生物であった可能性が高い。なお、*Mallomonas* 属や *Synura* 属も異臭味障害を引き起こす黄金藻類として報告されているが⁸⁾、本調査においては、これらの微生物は報告されなかった。

その他の臭気の原因生物としては、シアノバクテリア、珪藻、アメーバ等が報告された。本報告書では「上水試験法⁸⁾」の「水道における試験対象生物(障害生物)分類群」に基づき分類を行っているが、一部の事例の中には「上水試験法」にも記載されていない、アメーバの *Asterocaelum* 属等が含まれており、これまでにほとんど報告されていない原因生物が一部の浄水場で問題となっていることが明らかとなった。このようなこれまで報

告事例の少ない障害生物が、実際に国内の浄水場でどの程度問題となっているかについても、今後調査する必要があるだろう。

5 - 1 - 4) 異臭味障害の発生時期および原水水質

図 6~8 に各生物障害の発生時期、発生時の原水の水温、pH の分布を示す。異臭味障害の発生時期については顕著な地域差は認められなかった。異臭味障害は、夏期に多く発生していることが明らかとなった。夏期は貯水池等で水温躍層が形成されやすく、異臭味障害の主要な原因生物であるシアノバクテリアが増殖しやすい環境である。また、シアノバクテリアは他の藻類と比べて増殖に適する水温が高いと示唆されており⁹⁾、高水温となる夏期に発生しやすいと考えられる。実際に異臭味障害発生時の原水水温は、水道水質データベースに載っている日本全国の浄水場の原水水温¹⁰⁾と比べ高い分布となっている(図 7)。一方、低水温である冬期にもある程度異臭味障害が発生していたが、この時期の事例の多くが *Uroglena* 属による生ぐさ臭に起因していた。*Uroglena* 属が原因の事例の平均原水水温は 13 度であったが、*Uroglena* 属は他の藻類と比べて貯水池における出現水温が低いことが知られている¹¹⁾。

異臭味障害が発生した際の原水 pH は水温と同様に日本全国の浄水場の原水 pH¹⁰⁾と比べ高い分布となっている(図 8)。これは、シアノバクテリアや藻類が水源で発生し、光合成に伴う pH 上昇が起こったためであると推測される。このことから、富栄養化が進行し、pH が上昇している水源では異臭味障害が発生しやすく、注意が必要であると考えられる。

5 - 1 - 5) 異臭味障害への対応

図 9 に異臭味障害への対応策の種類とその割合を示す。粉末活性炭処理 58%、前塩素の中止 13%、凝集処理の強化や凝集補助剤の注入 10%、粒状活性炭処理 5%、生物処理 3%、その他 11%であり、多くの浄水場において浄水処理コストが大きく増大すると考えられ

る臨時の粉末活性炭処理によって対応していることが明らかとなった。また、前塩素の中止や凝集処理の強化・凝集補助剤の注入の回答も多く、浄水処理方法の臨時の変更で対応している浄水場も多いことがわかる。水源での対応に関する回答が少なかったが、これはアンケート対象が水道事業者であり、管理可能な自己水源を有していない事業者が多いことが理由の 1 つであろう。なお、その他の回答の中には、薬剤散布、取水の減量、他の水源との混合、浄水の相互融通等が含まれている。

5 - 2) ろ過漏出障害

5 - 2 - 1) ろ過漏出障害の原因生物

ろ過漏出障害は調査期間全体で 23 浄水場からのべ 49 事例報告された。図 10 にろ過漏出障害の原因生物の種類とその割合を示すが、ピコプランクトンの割合が 36%と最も多く、次いで緑藻類 18%、珪藻類 16%、シアノバクテリア 14%、その他 5%の順であり、原因生物が不明の事例も 11%報告された。

ピコプランクトンとは 0.2~2 μm の大きさのプランクトンの総称である。非常に小型のために顕微鏡観察による分類が困難であり、「上水試験法⁸⁾」においても属レベルの分類がなされていないが、最低でも属レベルの同定を行わないと、処理に有効な運転条件を確立することは困難であるため、本研究班では、分担研究課題 2「分子生物学的手法によるろ過漏出障害の原因生物の解明」において、分子生物学的手法を用いたピコプランクトン群集の構造解析を実施している。詳細については分担報告書を参照されたし。

緑藻類についても、アンケート調査では 70%が属レベルでの同定がされておらず、ろ過漏出の原因となるような小型の緑藻の同定が極めて困難であることが示された。なお、1 例報告された *Volvox* 属は、従来、ろ過漏出障害を引き起こすとは報告されていなかった⁸⁾。このような事例についても今後詳細な調査が必要であると考えられる。

珪藻類については、全て属レベルの報告が

あり、*Cyclotella* 属が 78%、*Skeletonema* 属が 22%であった。シアノバクテリアについても属レベルの報告が多く、*Microcystis* 属が 74%、*Anabaena* 属が 13%であった。これらの属は、全てもろ過漏出を引き起こすと報告されている微生物である⁸⁾。

その他として報告された微生物は、袋形動物(ワムシ)、汚水性細菌(ズーグレア)、原生動物(属不明)であるが、これらもろ過漏出障害を引き起こすとは報告されておらず⁸⁾、今後詳細な調査が必要であると考えられた。

5 - 2 - 2)ろ過漏出障害の発生時期および原水水質

異臭味障害に比べ、夏期の高水温時の障害発生が多かったことから(図 7, 8)、今後の気候変動の影響が特に懸念される。また、pH についても異臭味障害に比べ、高 pH 時の発生が多かった。違いが生じる要因としては、原因生物の違いが挙げられるが、先述の通り、ろ過漏出障害を引き起こす原因生物は、非常に小型のために顕微鏡観察による分類が困難であり、今回の調査でも詳細な同定の情報が報告されていない事例も多く、考察は困難である。今後、同定手法の確立が強く望まれる。

5 - 2 - 3)ろ過漏出障害発生時の濁度変化

表 4 にろ過漏出障害発生時の原水、沈殿水出口、ろ過池出口の濁度を示す。障害発生期間中の平均値で見ると、ろ過池出口の平均の濁度は 0.02 度であり、十分な処理が行われていたと考えられるが、障害発生期間中の最大値で見ると、各障害事例の平均でも浄水場独自の管理目標値と同程度であり、ろ過漏出障害発生時の濁度管理が困難であることがうかがえた。一部の事例では、「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針⁴⁾」において求められているろ過池出口濁度(0.1 度)以上の値となっており、適切な対策技術の開発・普及が望まれる。なお、ろ過池から漏出し、浄水に着濁被害を及ぼす微生物による障害であるが、沈殿池出口の濁度も比較的高い

値であることから、ろ過工程だけでなく、凝集沈殿処理工程でも除去が困難な微生物が原因となっていると考えられる。

5 - 2 - 4)ろ過漏出障害への対応

図 11 にろ過漏出障害への対応策の種類とその割合を示すが、二段凝集(再凝集)処理が 43%で最も多く、次いで凝集処理の強化や凝集補助剤注入 23%、凝集時 pH 値の低減対策 12%、前塩素処理 9%の順であり、多くが凝集沈殿処理の改善に関するものであった。最も回答の多かった二段凝集処理は、ろ過漏出障害の主な原因となるピコプランクトンの処理に効果的であるとの報告が多く¹²⁾⁻¹⁴⁾、有効な対応策であると考えられる。一方、二段凝集処理のメカニズムや最適な処理条件に関する報告は少なく、今後の調査研究が必要であると考えられる。なお、その他 13%の中には、ろ過洗浄頻度の変更やろ過速度の変更等の回答があった。

5 - 3)凝集沈殿処理障害

5 - 3 - 1)凝集沈殿処理障害の原因生物

凝集沈殿処理障害は調査期間全体で 12 浄水場からのべ 26 事例報告された。図 12 に凝集沈殿処理障害の原因生物の種類とその割合を示す。シアノバクテリアが 68%と最も多く、次いで珪藻類が 21%、緑藻類が 11%の順であった。属レベルで見ると、シアノバクテリアの *Aphanocapsa* 属を除く全ての属が凝集沈殿処理障害を引き起こすと報告された微生物であった⁸⁾。*Aphanocapsa* 属が検出された事例では、凝集沈殿処理障害を引き起こすことが知られる *Microcystis* 属が同時に検出されており、*Microcystis* 属の方が原因であった可能性もある。また、*Aphanocapsa* 属は形態学的に *Microcystis* 属に酷似しており、凝集沈殿処理障害を引き起こす可能性も否定できないため、今後の調査が望まれる。

5 - 3 - 2)凝集沈殿処理障害の発生時期および原水水質

凝集沈殿処理障害は、他の障害と同様に夏

期に多く発生していた(図7)。夏期における障害の多くは、高水温を好むシアノバクテリアを原因生物とする事例であった。一方、水温分布を見てみると、他の障害に比べ低水温期にも多く発生していることがわかる(図8)。これらの低水温期における障害は、北海道・東北地域で発生したものであり、これらの事例の原因生物については不明(無回答)であるが、低水温下で増殖可能な藻類が原因となっていた可能性が考えられる。pHについては他の生物障害と同様、富栄養化が進んでいると考えられる高pHの水源で障害が発生していた。

5 - 3 - 3)凝集沈殿処理障害発生時の濁度変化

表4に示した通り、障害発生期間中の平均値で見ると、沈殿池およびろ過池出口の濁度の平均値は、それぞれ0.28、0.01度であり、良好に処理が行われていた事例が多いことがわかる。一方、障害発生期間中の最大値で見ると、一部でろ過池濁度0.1度を超過している事例も見られた。なお、ろ過漏出障害と比べ、沈殿池出口の濁度も低い傾向が得られている。

5 - 3 - 4)凝集沈殿処理障害への対応

図13に示すとおり、凝集沈殿処理障害への対策を行う際には、予想通り、ろ過池出口の濁度上昇を判断基準としている浄水場が多いことがわかった。また、一部の浄水場では、水源または原水中の生物数の変化や生物除去率の低下を指標として用いていることが明らかとなった。

図14に凝集沈殿処理障害への対応策の種類とその割合を示す。凝集処理の強化や凝集補助剤注入が43%と最も多く、次いで二段凝集処理(再凝集)19%、前塩素処理19%、他の水源との混合9%、硫酸銅散布9%の順であり、凝集処理能の改善によって対応している事例が多かった。

5 - 4)ろ過閉塞障害

5 - 4 - 1)ろ過閉塞障害全般

ろ過閉塞障害は調査期間全体で12浄水場からのべ18事例報告された。その多くは単層ろ過(砂ろ過)を行っている浄水場での事例であったが、2事例(2浄水場)では、複層ろ過を行っており、複層ろ過でも対応できない障害が存在することが明らかとなった。

5 - 4 - 2)ろ過閉塞障害の原因生物

図15にろ過閉塞障害の原因生物の種類とその割合を示すが、珪藻類が61%と最も多く、次いで緑藻類11%、渦鞭毛藻11%の順であり、原因生物不明の事例も17%存在した。大半が珪藻類の*Synedra*属によるものであり、本微生物が国内の浄水場におけるろ過閉塞障害の主要な原因生物となっていることが示された。なお、報告されたほぼ全ての属がろ過閉塞障害を引き起こすと報告されていたが⁸⁾、*Ceratium*属のみ報告されていなかった。*Ceratium*属が検出された事例では、ろ材平均粒径の小さいろ過池でろ過継続時間の減少が確認され、原水・沈殿水において通常検出されない*Ceratium*属が一定数観察されたものの、原因生物であるとは断定できておらず、別の原因生物である可能性もある。

ろ過閉塞障害の原因生物の長径は、回答があった全ての事例で100~500μmの範囲であり、予想通り、大型の生物がろ過閉塞の原因となっていることがわかった。

5 - 4 - 3)ろ過閉塞障害への対応

図16に示すとおり、ろ過閉塞障害への対策を行う際には、ろ過継続時間の変化を判断基準としている浄水場が多いことがわかった。また、一部の浄水場では、損失水頭の上昇速度や原水等の生物数の変化を指標に判断していることがわかった。なお、生物障害発生時は、生物障害が発生していない時期と比較して、ろ過継続時間を平均で約18%短縮していることもわかった(急速ろ過)。なお、緩速ろ過については1浄水場でしかろ過閉塞障害は報告されていないが、その浄水場では、障害発生時に5割ろ過継続時間を短縮し

ていた。損失水頭については、平均で 0.3 m の上昇が起きていることが報告された。

図 17 にろ過閉塞障害への対応策の種類とその割合を示す。凝集処理の強化や凝集補助剤注入が 41% と最も多く、次いで前塩素処理 23%、他の水源との混合 23%、ろ過時間短縮および低速度ろ過 9%、ろ過池洗浄時間の短縮 4% の順であり、凝集沈殿処理での対応が多かったが、一部で取水やろ過処理での対応が行われていることが明らかとなった。なお、一例報告されたろ過池洗浄時間の短縮は、一見効果が期待できないように感じられるが、ろ過閉塞障害がろ過層表面付近でのみ生じることが多いことから、洗浄時に表面洗浄を十分に行うことにより、通常よりも短い時間で洗浄を行うことで、多くの給水量を確保することが可能になると報告されている²⁾。

6) 生物試験の実施状況

図 18 に水道事業体における生物試験の実施状況を示すが、調査対象が比較的大規模な事業体であったこともあり、大部分が独自に生物試験を実施していることがわかった。一方、図 19 に示すとおり、生物試験担当者の職種は、多く(71%)が化学職採用者であり、生物職採用者が担当できている事業体は一部(13%)に留まっていることが明らかとなった。その他 16% の回答の中には、農学職採用者等、生物試験と関連があると予想される回答が多かったが、一部で一般職や電気職が担当しているとの回答があり、生物を専門とする職員を確保することの困難さが伺えた。

本調査で明らかとなった通り、生物障害は全国的に発生頻度が高く、水道システムにおける重要な課題の一つであると考えられ、その対策には原因生物の同定が必須である。今後、生物職採用者の割合を増加させることが強く望まれる。

E. 結論

多少の地域差はあるものの、全ての地域で生物障害が発生しており、国内広範囲の水道事業体が生物障害に悩まされていることが

明らかとなった。障害の種類別に見ると、異臭味障害の発生が特に多いことがわかった。異臭味障害の原因生物は、カビ臭原因物質を産生するシアノバクテリアや放線菌が多かったが、生ぐさ臭原因物質を産生する黄金藻類や魚類(魚卵)についても比較的多く報告された。一方、原因生物が不明のケースも多く、障害生物種の同定の困難さも伺えた。また、異臭味障害には、粉末活性炭処理で対応している浄水場が多いことがわかった。調査対象水道事業体では、大部分が独自に生物試験を実施していることがわかった。一方、生物試験担当者の職種は、多くが化学職採用者であり、生物職採用者が担当できている事業体は一部に留まっていることが明らかとなった。

G. 研究発表

1) 論文発表

- (1) Kishida N., Konno Y., Nemoto K., Amitani T., Maki A., Fujimoto N. and Akiba M. (2013) Recent trends in microorganism-related off-flavor problems in drinking water treatment systems in Japan. *Water Science and Technology: Water Supply*, **13**(5), pp.1228-1235.

2) 学会発表

- (1) Kishida N, Sagehashi M, Takanashi H, Akiba M. Nationwide survey of oorganism-related off-flavour problems in Japanese drinking water treatment plants (2010-2012); The 10th IWA Symposium on Off-Flavours in the Aquatic Environment; 2013 Oct; Tainan; Taiwan. *Proceedings of the 10th IWA Symposium on Off-Flavours in the Aquatic Environment*. p.69.
- (2) 岸田直裕, 下ヶ橋雅樹, 高梨啓和, 秋葉道宏, 藤本尚志. 浄水場における生物由来の異臭味障害対応の全国実態調査. 第 48 回日本水環境学会年会; 2014 年 3 月; 仙台. 同講演集(印刷中).

H. 知的財産権の出願・登録状況（予定も含む。）

1) 特許取得
該当なし

2) 実用新案登録
該当なし

3) その他
該当なし

I. 参考文献

- 1) 日本水道協会（2012）平成 22 年度水道統計 施設・業務編．日本水道協会，東京．
- 2) 日本水道協会（2006）生物障害を起こさないための浄水処理の手引き．日本水道協会，東京．
- 3) 大谷喜一郎，安藤正典，服部和夫，坂井裕，加藤寛人，小島勝彦，高坂和彦，田中和明，長尾信，新谷保徳，渾川直子，山下和雄（2009）水道における生物障害の実態．水道協会雑誌，**78**(7), pp.13-23.
- 4) 厚生労働省健康局水道課長（2007）水道水中のクリプトスポリジウム等対策の実施について（通知；健水発第 0330005 号）．
- 5) 日本水道協会（2013）水道水質データベース
<http://www.jwwa.or.jp/mizu/>
- 6) Jüttner F. and Watson S.B. (2007) Biochemical and ecological control of geosmin and 2-methylisoborneol in source waters. *Applied and Environmental Microbiology*, **73**(14), pp.4395-4406.
- 7) 日本水道協会（1999）生物起因の異臭味水対策の指針．日本水道協会，東京．
- 8) 日本水道協会（2011）上水試験法 2011 年版 VI．生物編．日本水道協会，東京．
- 9) Robarts R.D. and Zohary T. (1987) Temperature effects on photosynthetic capacity, respiration, and growth rates of bloom-forming cyanobacteria. *New*

Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, **21**, pp.391-399.

- 10) 日本水道協会（2013）水道水質データベース（<http://www.jwwa.or.jp/mizu/>）
- 11) 天野邦彦，安田佳哉，鈴木宏幸（2000）多目的ダム貯水池の水質と流入河川・貯水池特性との関連について．ダム工学，**10**(2), pp.128-137.
- 12) Okuda T., Nishijima W. and Okada M. (2006) Assimilable organic carbon (AOC) originating from picophytoplankton in drinking water. *Water Science and Technology: Water Supply*, **6**(2), pp.169-176.
- 13) 矢澤秀行（2002）ピコプランクトンによる浄水処理障害とその対策．用水と廃水，**44**(9), pp.763-769.
- 14) 若松潤子，西野真之，関川慎也，小池友佳子（2011）ピコプランクトンによる漏出障害．第 62 回全国水道研究発表会講演集，pp.324-325.

J. 謝辞

アンケート調査の実施にあたり、ご協力いただいた水道事業体、日本水道協会関係者の方々に深くお礼申し上げます。また事前アンケートにご協力いただいた、神奈川県企業庁北村壽朗氏、東京都水道局及川智氏、川崎市上下水道局藤瀬大輝氏に感謝いたします。

表 1 地域毎の調査対象事業者・浄水場数

地域名	事業者数	浄水場数
北海道・東北	14	45
関東	13	40
中部	9	25
関西	17	48
中国・四国	14	42
九州・沖縄	12	39
合計	79	239

表 2 アンケート調査における生物障害の分類

障害の分類	適合するケースの考え方
凝集沈殿処理障害	生物に起因して凝集沈殿処理が悪化して、沈殿水濁度を下げするために凝集沈殿処理を強化した場合
ろ過閉塞障害	生物に起因してろ過池の損失水頭が上昇し、急速ろ過方式では通常の洗浄間隔が維持できなかった場合（洗浄の前倒しなど）、緩速ろ過ではろ過池の停止および掻き取りを前倒した場合
ろ過漏出障害	生物がろ過池を漏えいしてろ過水の濁度が上昇して、凝集沈殿処理の強化、後凝集処理の実施または強化、対策としての洗浄を実施した場合
異臭味障害	生物に起因して原水、工程水または浄水に異臭味が発生し、粉末活性炭の注入など異臭味対策のために浄水処理を強化した場合や、異臭味対策としてその他の対策を行った場合
肉眼的生物の流出障害	ろ過池からの漏出やその他の原因により、給水栓水から肉眼で確認できるサイズの生物（小動物）が発見された場合
その他の障害	1 から 5 までに該当しない生物に起因する障害（浄水処理やその他の工程で対策が必要となった場合）

表 3 異臭味原因物質濃度と原因生物

臭気の種類	異臭味原因物質濃度*				原因生物			
	原水		浄水		種類	割合(%)**	属	
	平均	最大	平均	最大			名	割合(%)**
カビ臭 (ジェオスミン)	30	520	3.0	13	シアノバクテリア	57	<i>Anabaena</i>	61
							<i>Oscillatoria</i>	16
							<i>Phormidium</i>	6
							<i>Microcystis</i>	4
							不明	12
					放線菌	6	-	-
不明	37	-	-					
カビ臭 (2-MIB)	79	1400	3.2	14	シアノバクテリア	68	<i>Phormidium</i>	54
							<i>Oscillatoria</i>	42
							<i>Anabaena</i>	4
					放線菌	18	-	-
					不明	14	-	-
生ぐさ臭	130	600	1.3	3	黄金藻類	58	<i>Uroglena</i>	97
					魚卵	29	-	-
					シアノバクテリア	2	<i>Oscillatoria</i>	100
					不明	12	-	-
					その他	18	40	< 1
<i>Anabaena</i>	38							
<i>Oscillatoria</i>	13							
<i>Phormidium</i>	13							
珪藻	17	<i>Nitzschia</i>	33					
		不明	67					
緑藻	11	不明	100					
アメーバ	11	<i>Asterocaelum</i>	100					
不明	11	-	-					

*単位: ジェオスミン、2-MIB: ng/L; その他の臭気: TON. 全事例の障害発生期間中最大濃度の平均値・最大値

**割合は異臭味障害事例数をベースとして算出; 複数回答あり。

表 4 ろ過漏出、凝集沈殿処理障害時の濁度変化

		原水	沈殿地出口		ろ過池出口		ろ過池出口における管理目標値
		平均値*	平均値*	最大値*	平均値*	最大値*	
ろ過漏出 障害	平均値**	10.65	0.52	1.04	0.02	0.06	0.06
	標準偏差	6.94	0.30	0.65	0.02	0.07	0.02
	最大値**	45	1.65	2.9	0.09	0.485	0.1
凝集沈殿 処理障害	平均値**	8.62	0.28	0.64	0.01	0.03	0.07
	標準偏差	8.87	0.10	0.26	0.01	0.04	0.02
	最大値**	45	0.53	1	0.03	0.17	0.1

*障害発生期間中の平均値、最大値

**全事例の平均値、最大値

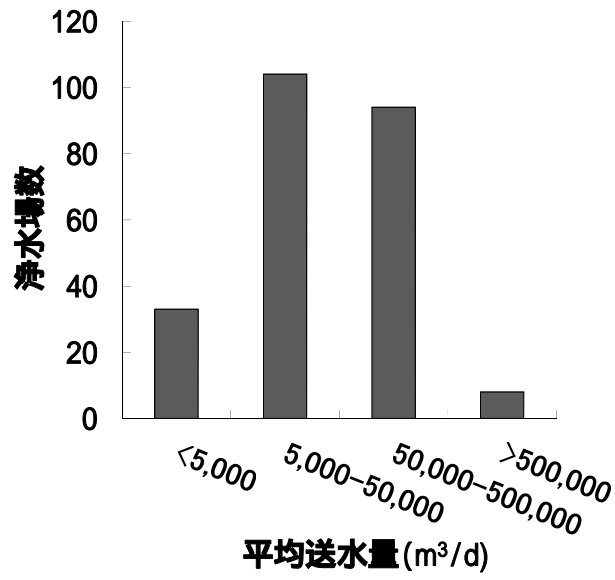


図1 調査対象浄水場の平均送水量の分布

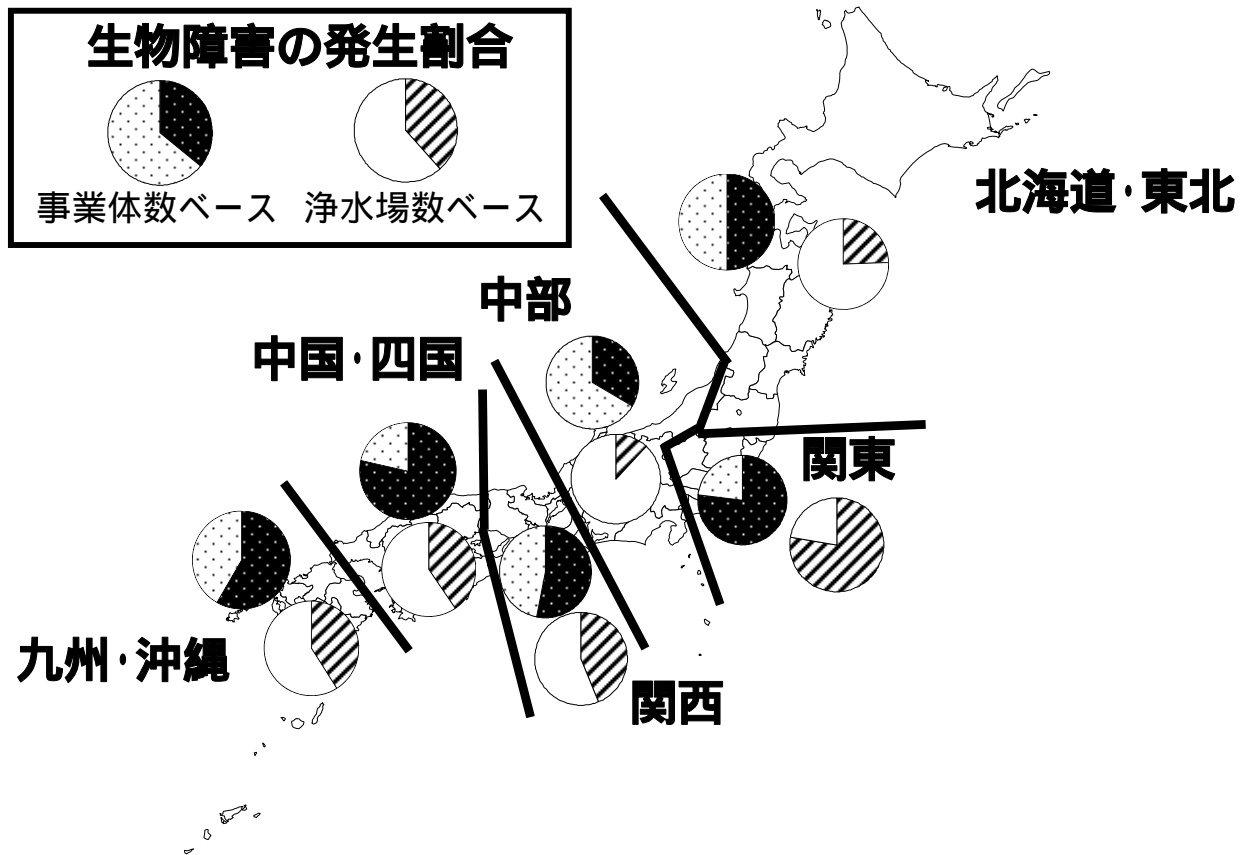


図2 地域別の生物障害の発生割合

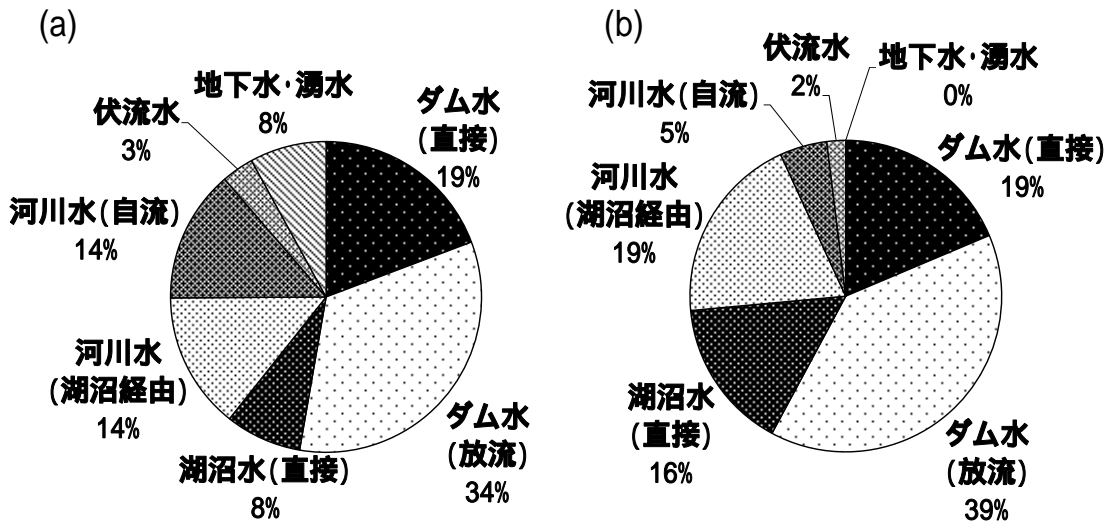


図3 水源の種類割合(浄水場数ベース)
 (a)全調査対象浄水場; (b)生物障害が発生した浄水場

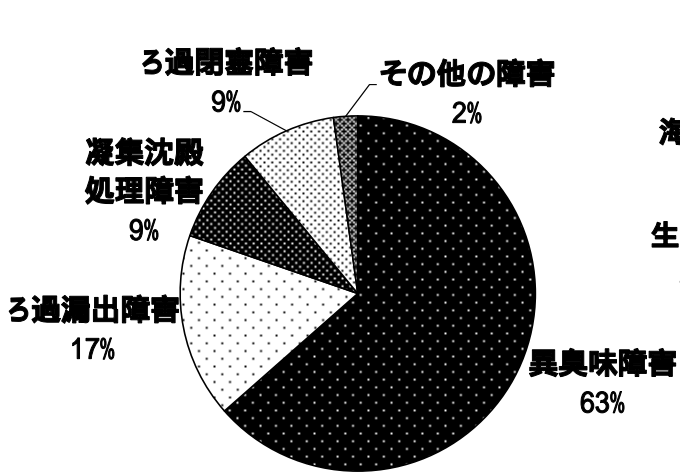


図4 生物障害の種類
 (浄水場数ベース)

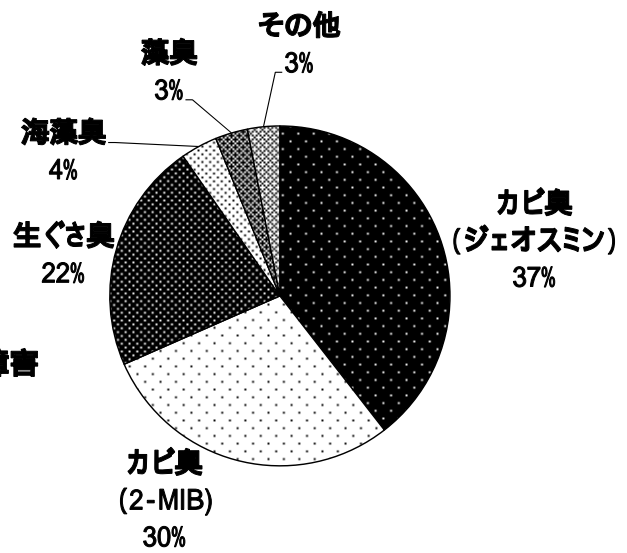


図5 異臭味(障害)の種類
 (事例数ベース)

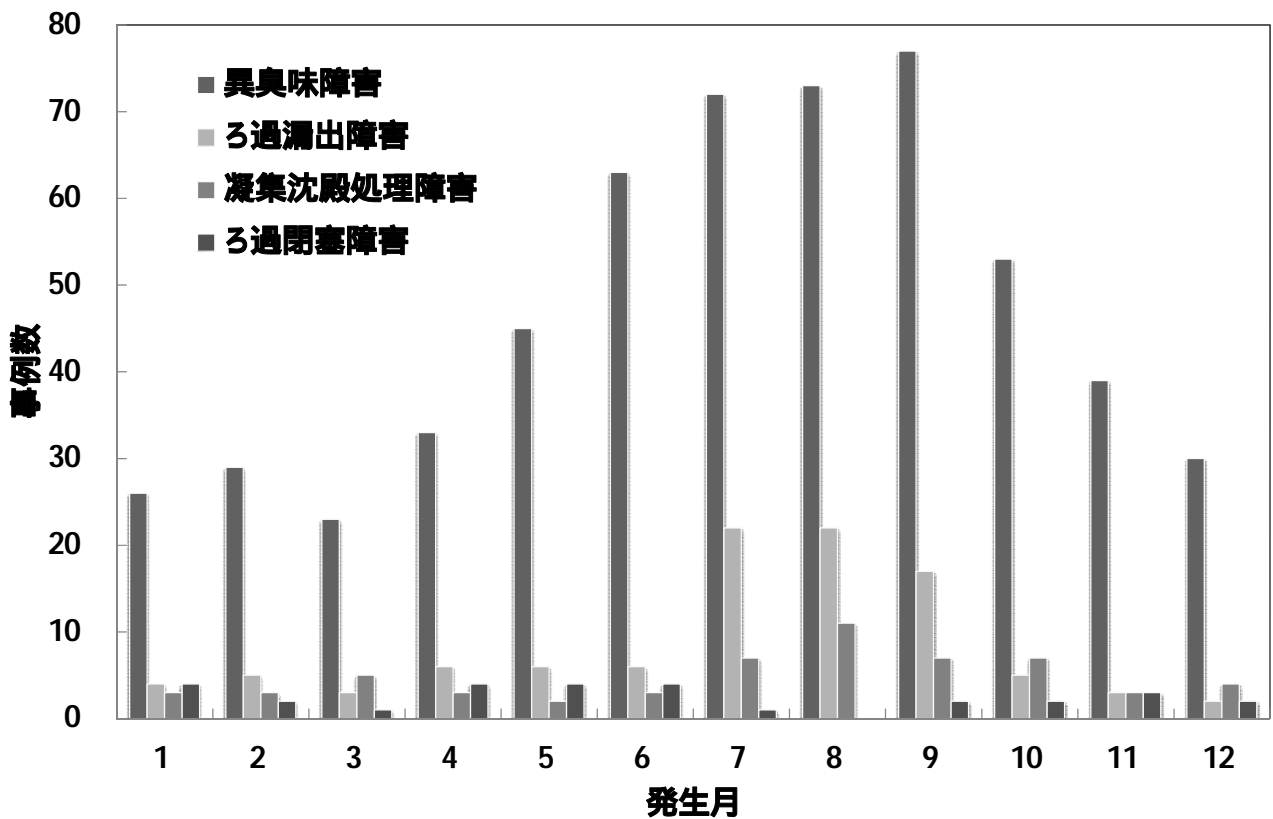


図6 各生物障害の発生時期
(複数の月にまたがる事例の場合は、すべての月をカウント)

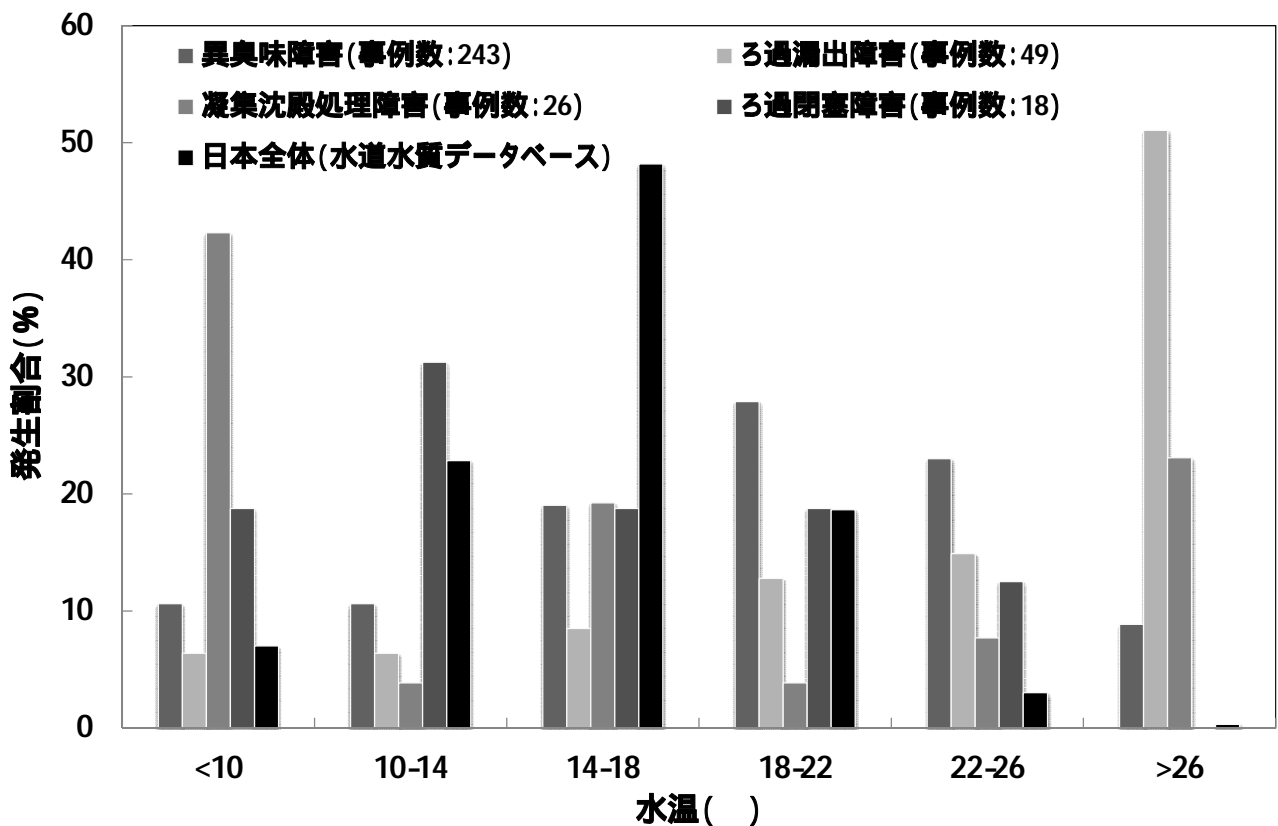


図7 各生物障害発生時の原水水温分布(事例数ベース)
(注) 日本全体：水道水質データベースに載っている日本全国の浄水場の分布

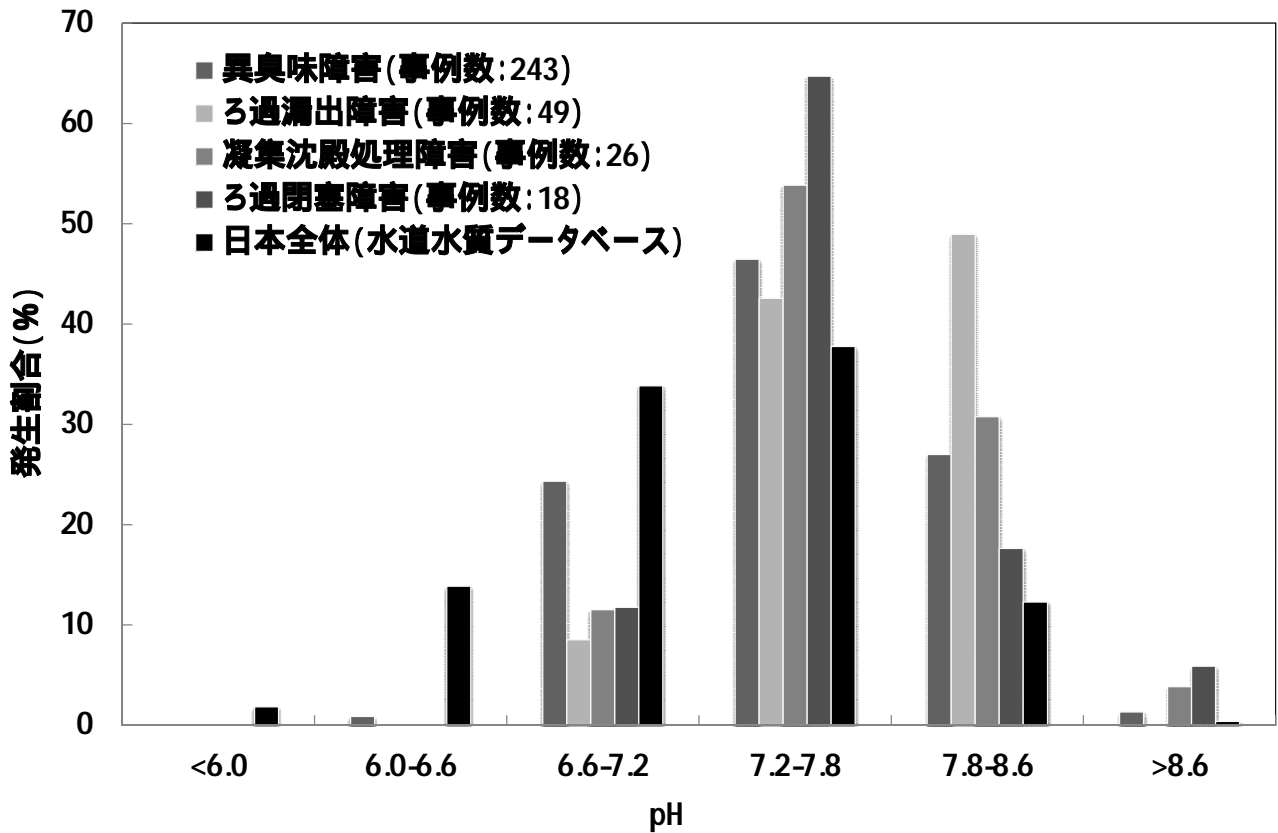


図8 各生物障害発生時の原水 pH 分布 (事例数ベース)
 (注) 日本全体：水道水質データベースに載っている日本全国の浄水場の分布

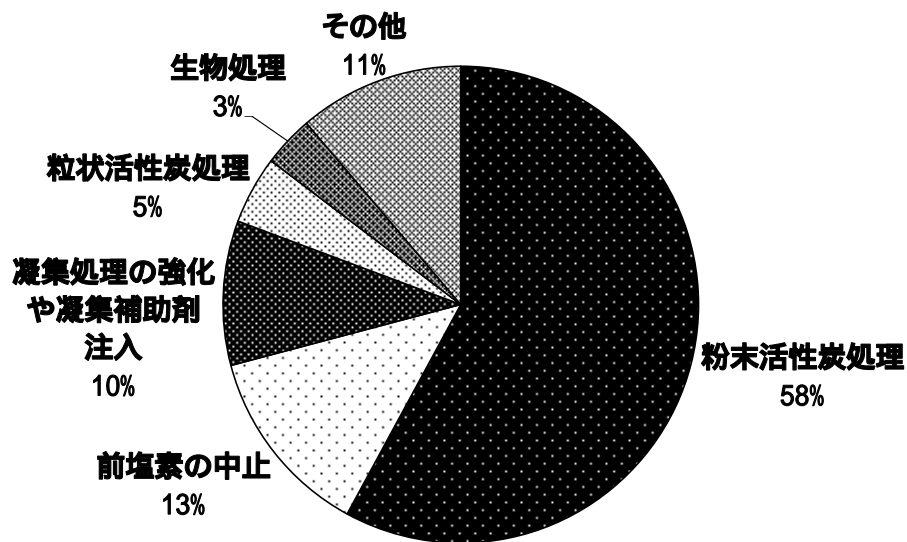


図9 異臭味障害への対応策の種類とその割合 (事例数ベース、複数回答あり)

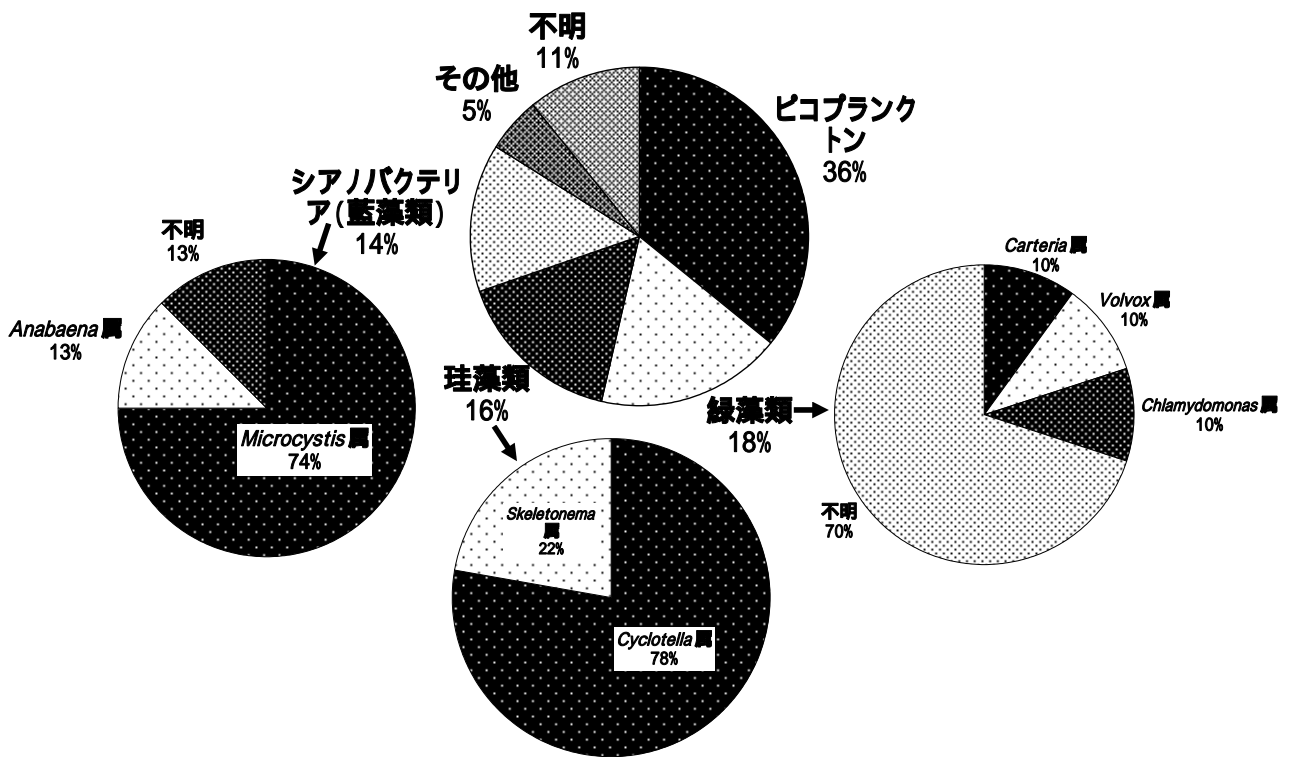


図 10 ろ過漏出障害の原因生物の種類とその割合（事例数ベース、複数回答あり）

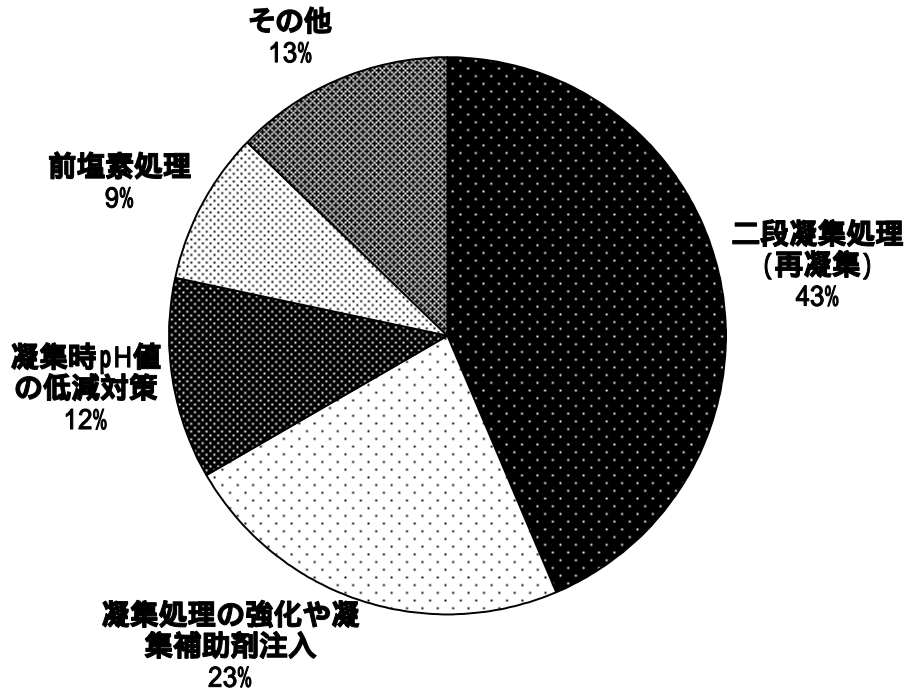


図 11 ろ過漏出障害への対応策の種類とその割合（事例数ベース、複数回答あり）

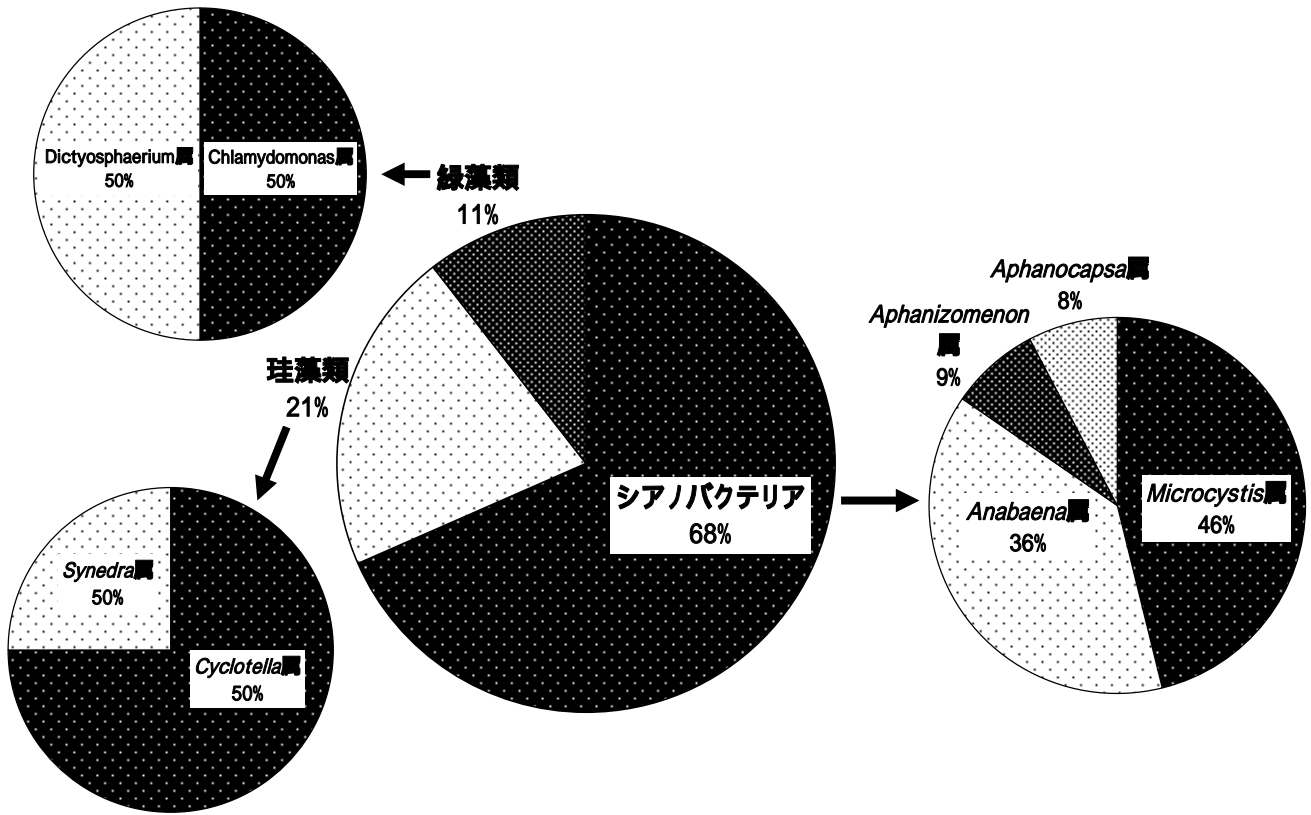


図 12 凝集沈殿処理障害の原因生物の種類とその割合（事例数ベース、複数回答あり）

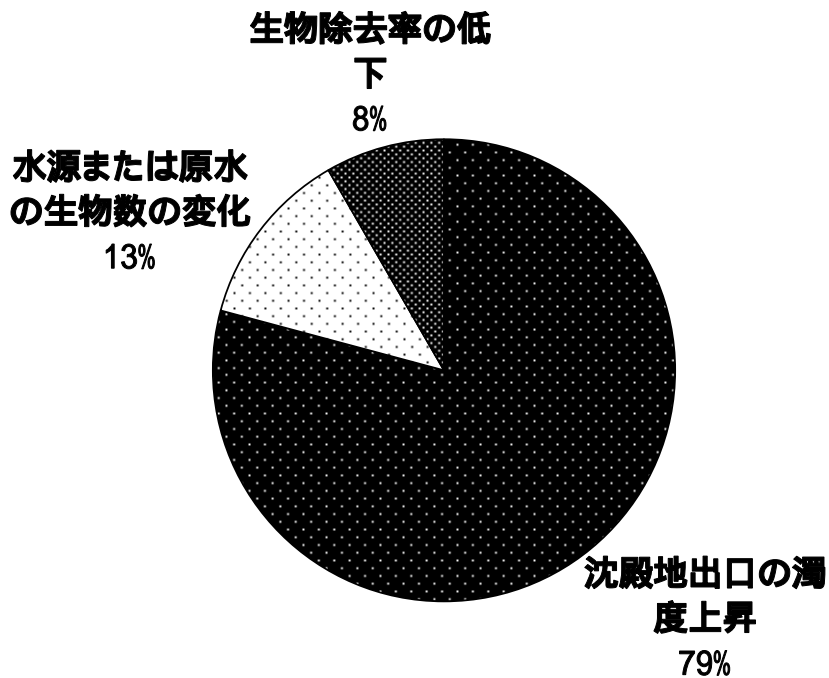


図 13 凝集沈殿処理障害への対策を行う際の判断基準の内訳（事例数ベース）

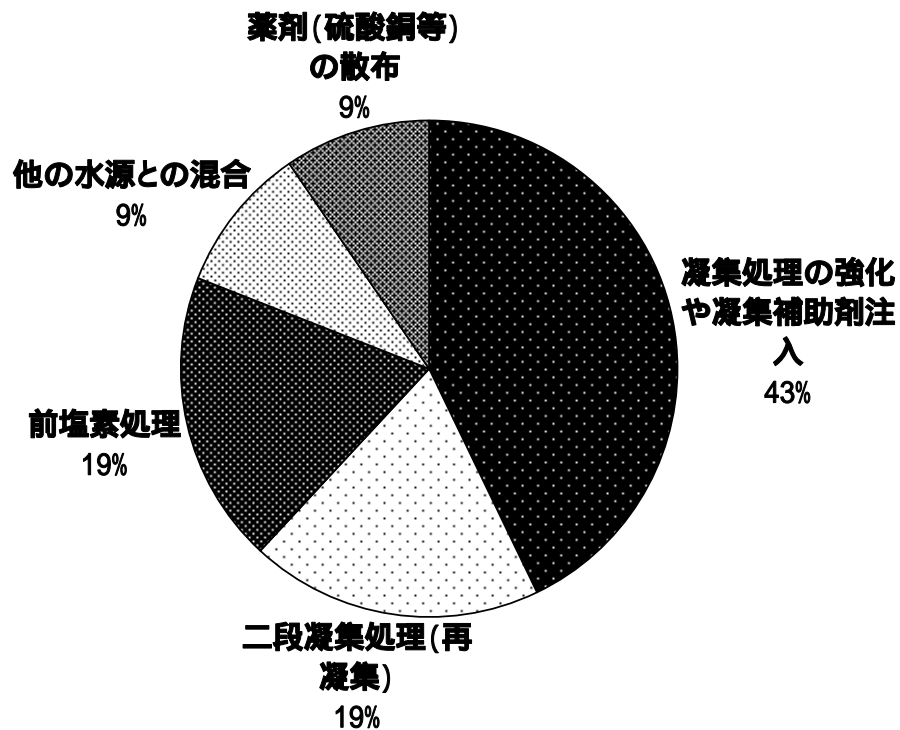


図 14 凝集沈殿処理障害への対応策の種類とその割合（事例数ベース、複数回答あり）

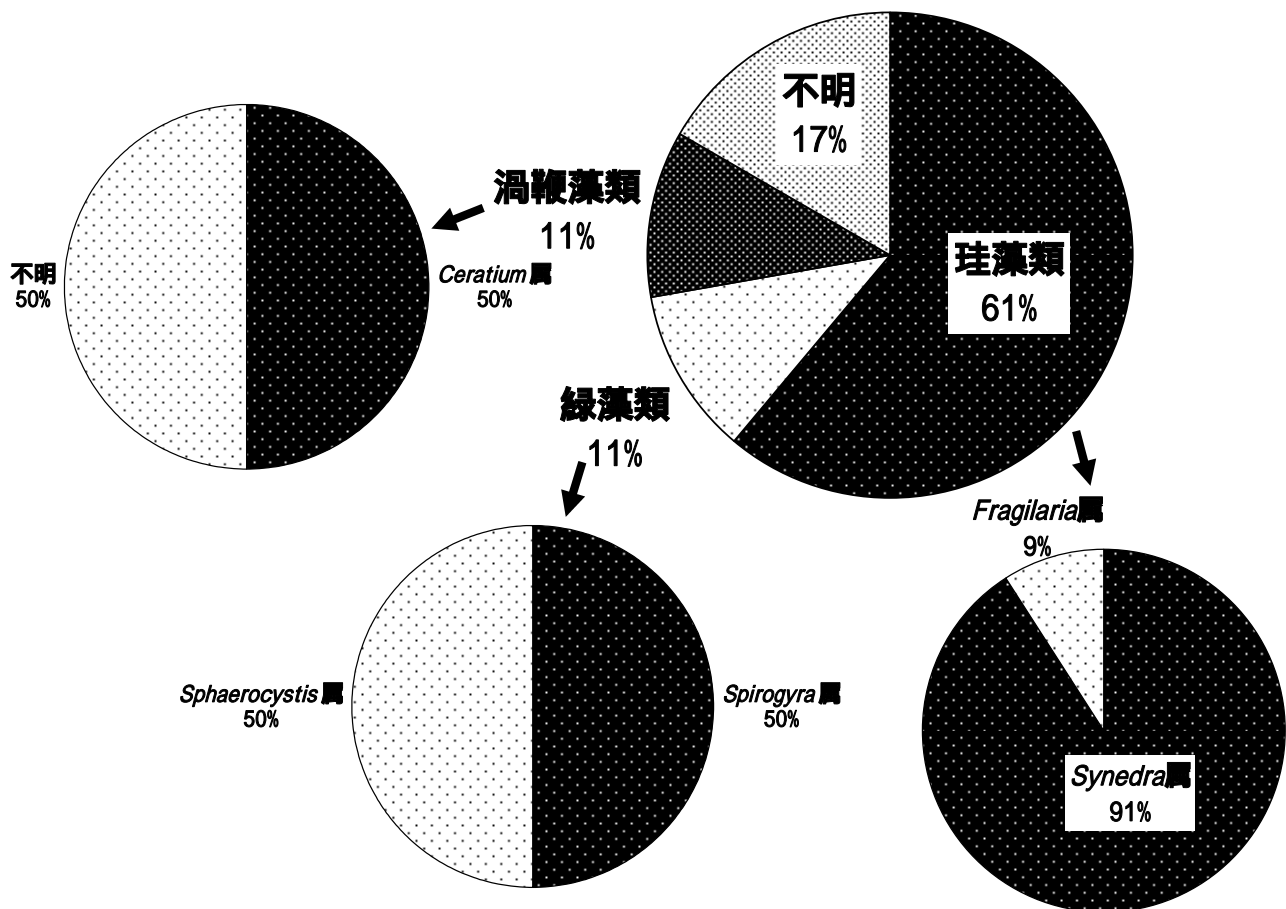


図 15 ろ過閉塞障害の原因生物の種類とその割合（事例数ベース、複数回答あり）

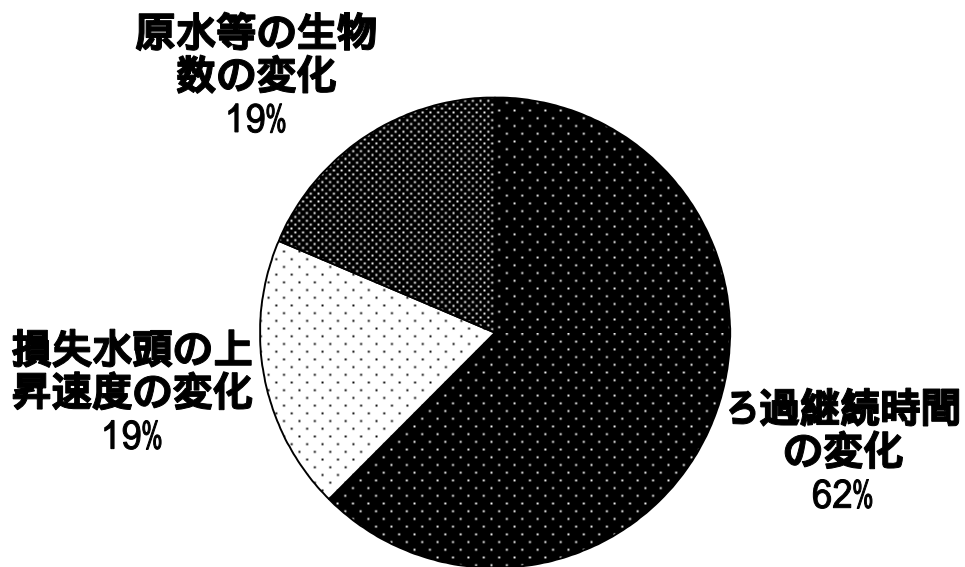


図 16 ろ過閉塞障害への対策を行う際の判断基準の内訳（事例数ベース）

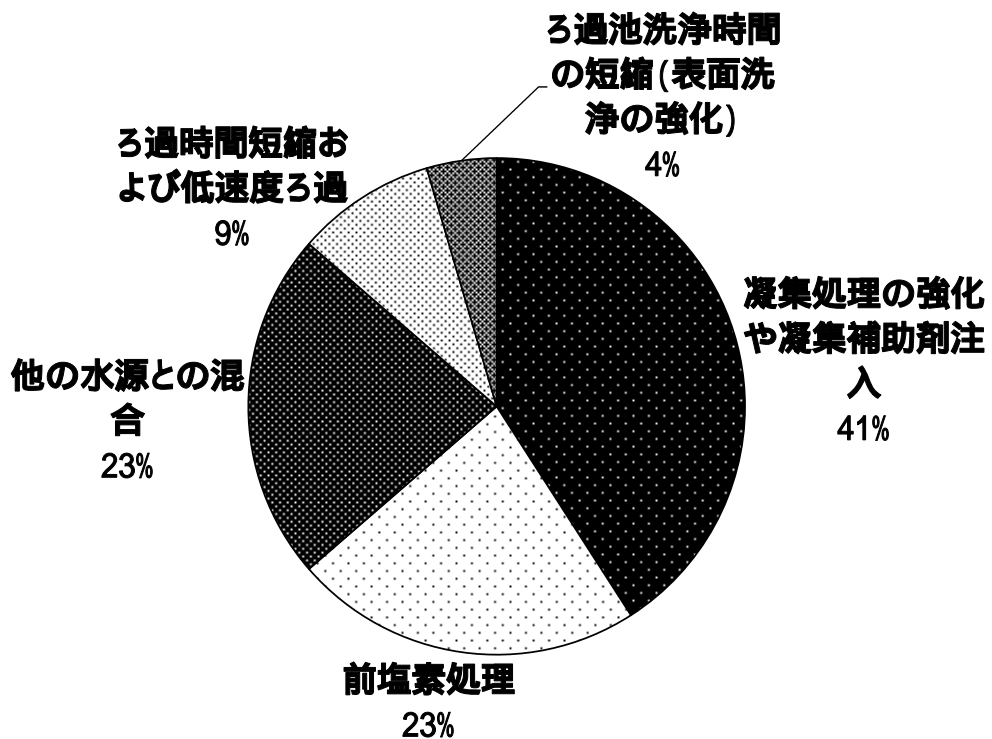


図 17 ろ過閉塞障害への対応策の種類とその割合（事例数ベース、複数回答あり）

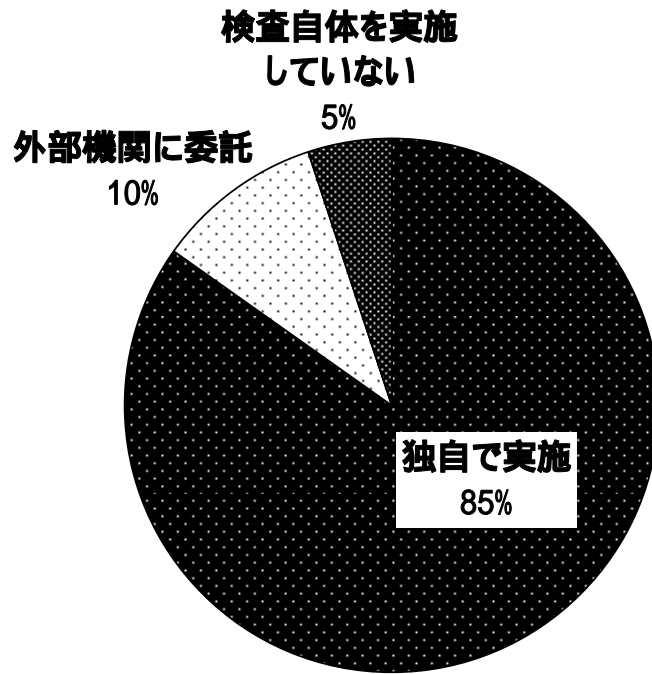


図 18 生物試験の実施状況（事業体数ベース）

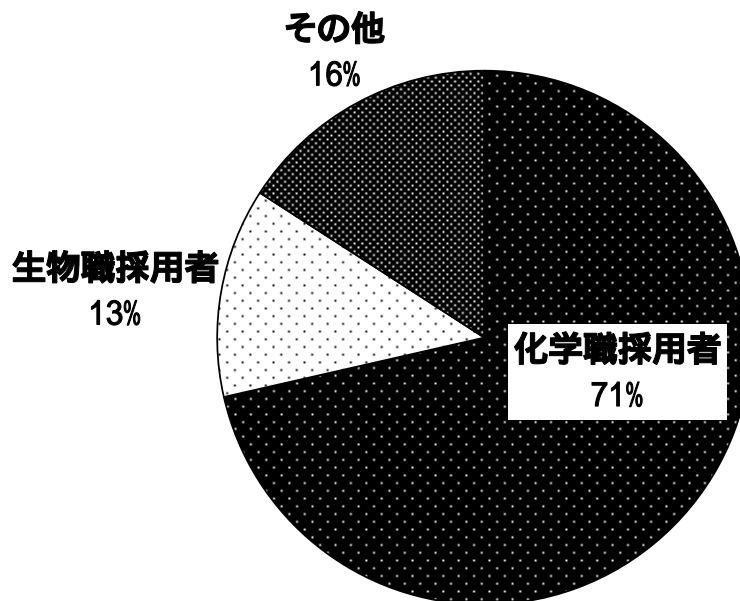


図 19 生物試験担当者の職種（事業体数ベース、複数回答あり）