

# 下水道における化学物質管理の現状と今後の展望

山下 洋 正

水環境学会誌 第44巻 (A) 第8号 (2021)

pp.258~261 別刷

公益社団法人 日本水環境学会

# 下水道における化学物質管理の現状と今後の展望\*

山下 洋 正

## 1. はじめに

現代社会では多種多様な化学物質が使用されており、安全快適で便利な生活の実現に欠かせなくなっている。一方で使用にともなう環境中への排出や残留により、環境影響が懸念されている。とくに都市域で使用される化学物質の水環境への影響については、下水道を経由する物質の割合が大であることから、下水処理場への流入実態や処理における挙動についても着目されている。

下水道における化学物質管理については、これまでも下水道法に基づく流入規制や放流水質管理、化管法（特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律）に基づく化学物質の排出量の把握届出等により実施されている。

今後の社会情勢として、少子高齢化にともなう高齢者の増加、グローバル化にともなうCOVID-19に代表される新型感染症の拡大等が、医薬品等の化学物質の使用状況に影響する可能性がある。また、気候変動影響により、化学物質の水環境における挙動も変化する可能性がある。

このような中で、下水道については、人口の多い都市域の水循環に大きな役割を果たしており、化学物質管理を考える上で重要なプロセスとなり得ること、下水道での化学物質管理を通じて水環境管理に貢献できる可能性があること等を踏まえ、今後の役割を検討していくことが望ましいと考えられる。

このため、本稿では、下水道における化学物質管理の現状と今後の展望について、下水道法や化管法による制度にも簡潔に触れつつ、水環境全体の中での位置づけを概説し、取り組みや調査研究の状況も含めて紹介する。

## 2. 下水道における化学物質管理の実際

下水道を経由する化学物質の水環境影響が重要である



Hiromasa Yamashita  
博士（工学）

平成7年 京都大学大学院工学研究科（衛生工学）修了

同年 建設省土木研究所下水道部汚泥研究室研究員

31年 国立研究開発法人土木研究所水環境研究グループ水質チーム首席研究員

令和3年 京都大学大学院工学研究科（都市環境工学）博士課程修了

技術士（上下水道部門）、下水道協会誌奨励賞論文受賞（平成7年）、ISO Excellent Award受賞（令和2年）

との理念がある中で、実際に下水道において化学物質の管理に取り組む際には現実面での制約がともなう。

下水道の化学物質管理で現実的に実施されている主な取り組みとしては、次の4点が挙げられる。

取り組み1：流入規制（下水道法）（水質汚濁防止法と整合）

取り組み2：放流水質管理（下水道法、水質汚濁防止法）

取り組み3：放流水中の排出量の把握届出等（化管法）

取り組み4：下水処理（付随的な低減、自主的取り組み）

これらの下水道法の水質規制、化管法による管理を踏まえた下水道の化学物質管理の概要を図1に示す。なお、放流水質以外の、下水汚泥や下水汚泥焼却炉排ガスの性状に関する規制や管理については、本稿では扱わない。

下水道における化学物質管理は、まずは取り組み1に挙げた、個別の化学物質に対する下水道法に基づく流入規制（事業場から下水道へ排除する下水の水質規制）により行われている。これにより「下水道に流入させない→下水道から放流しない」ことで、取り組み2に挙げた放流水質管理で水質基準を遵守して水質保全に寄与している。

また、事業場への規制や指導により、事業場における規制物質の取扱いや使用工程の管理の適正化、排出低減の取り組みがなされ、規制対象以外の物質の管理等についても向上が期待でき（代替物質の使用等、トレードオフ的な場合もあり得るが）、未規制物質も含めた化学物質管理全般にも貢献できていると考えられる。

ここで、取り組み1や2における法規制の化学物質は限られており、多種多様な化学物質のすべてについて対応しているものではない。

このような多種多様な化学物質への対応としては、取り組み3に挙げるとおり、化管法にて放流水中の排出量の把握届出（水質測定該当31物質）を実施している。また、下水道への移動届出量・推計流入量および下水処理における生分解度・媒体別移行率等に基づいた排出量推計もなされている。詳細は次節で説明する。

取り組み4にも挙げている下水処理については、主目的は有機物や窒素・リンの除去であり、それら以外の化学物質を対象とした処理ではない。また、下水道は一般家庭も含めた使用者より使用料を徴収して運営しており、本来の目的ではない化学物質の除去等のためだけに多大な費用・労力をかけることは現実的でない。このため、通常の下水処理を適切に運転管理する中で、付随的に化学物質も一定程度除去・低減されることで貢献しており、上述の排出量推計においても多くの物質で低減が計上されている。また、化管法により下水道への流入化学物質を把握することで、悪質下水対策等への活用も期待でき、処理の安定性向上につながる可能性も利点と考えられる。

\* Current Status and Future Prospects of Chemical Substance Management in Sewerage

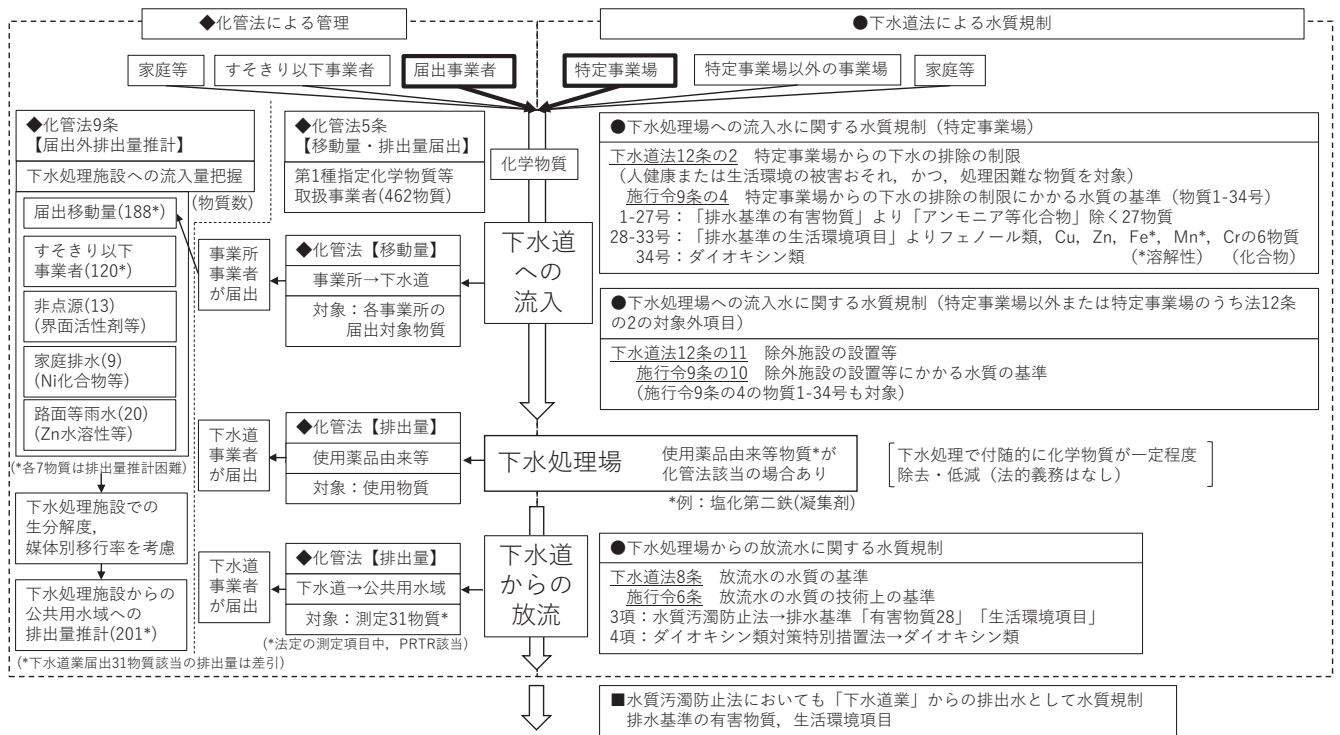


図1 下水道における水質規制と化学物質管理の概要

### 3. 化管法の化学物質管理における下水道の取り組み

化管法では、事業者による化学物質の自主的な管理の改善を促進し、環境の保全上の支障を未然に防止することを目的としている（化管法第1条）。具体的取り組みの一つとして、事業者が第1種指定化学物質の移動量、排出量を把握し届け出ることとされており、下水道から水環境にいたる経路での化学物質の挙動把握および管理においても重要な施策となっている。

化管法第2条（定義等）第5項ならびに同法施行令第3条（業種）および第5条（取扱事業者要件）により、「下水道業」のうち「下水道終末処理施設を設置している者」は「第1種指定化学物質等取扱事業者」に該当する（従業員数21人以上が対象であり、現実の規模的にはほぼ該当する。なお、該当業種の接続、該当物質の流入実態がともになく、使用量も限度以下の場合には非該当とされている）。つまり単純化して言えば、ほとんどの下水処理場は化管法の化学物質の把握等制度の対象となっている（H30年度に排出量を報告した下水道業事業所数は2,041件）。

また、化管法第5条（排出量等の把握及び届出）第1項および同法施行規則第4条（排出量及び移動量の把握）により、「下水道終末処理施設が設置されている事業所」は「下水道法第21条第1項の規定に基づく水質検査の対象となる第1種指定化学物質」の排出量を把握することとされている。具体的には、下水処理場関係では、放流水を対象として、下水道法の放流水質基準項目のうち、第1種指定化学物質に該当する31物質（ダイオキシン類含む）について、排出量として把握することになる。具体的な対象物質を表1に示す。

さらに、対象事業者として主務大臣が定めた「化学物質管理指針」に基づき「化学物質管理の方針」を定め、

「化学物質管理計画」を策定することが求められている。

化管法の対象となる下水道事業者におけるこれらの責務（化学物質排出量の把握届出、化学物質管理方針・計画策定等）を的確に達成するため、平成11年の化管法公布以降、下水道関連の手引等が策定されている<sup>1-4)</sup>。

下水道での化学物質リスク管理や化管法対応の方法<sup>1)</sup>、化学物質管理計画の策定やリスクコミュニケーションの必要性<sup>2)</sup>、具体的な化管法の施行およびデータ公表状況等を踏まえ、より具体的な指針として「下水道における化学物質排出量の把握と化学物質管理計画の策定等に関するガイドライン（案）」<sup>3)</sup>が平成17年に策定された。さらにその後の対象物質の見直しや対象業務の追加、下水処理施設に係る対象化学物質別の届出外排出量推計結果の公表開始、事業所届出における移動先の下水処理施設名称の追加等の変更を踏まえ、平成23年に改定版<sup>4)</sup>が公表されている。今後も対象物質追加等の制度見直し等に対応し必要に応じて改定が検討されると考えられる。

下水道事業者が自らの測定により把握する31物質以外にも、多様な化学物質が下水道に流入する可能性があり、下水処理プロセスにおいて分解・除去等の変化を受ける物質もあるが、多くの物質が放流水中にも残存することになる。同様に、下水道以外の事業所からも多様な化学物質が直接に公共用水域へ排出されていることから、これらの全体像を把握することが重要である。

下水道の化学物質管理において、全体的な公共用水域への排出も踏まえた化学物質の動きの把握手法の概要を図2に示す。具体的には、下水道については、事業者による下水道への届出移動量に加え、すそきり以下の事業者および家庭・非対象業種からの移動量ならびに家庭排水および路面等からの雨水由来の流入量の推計等により下水処理施設への流入量を把握し、実測または推計に基づく生分解度・媒体別移行率（大気、放流水）を踏まえ、

表1 下水道法に基づく水質検査の対象となる第1種指定化学物質（排出量届出の対象）

| No. | 化管法政令物質名<br>〈下水道法政令化学物質名〉*                      | 政令番号*** |    |
|-----|---|---------|----|
|     |   | 化管      | 下水 |
| 1   | 亜鉛の水溶性化合物〈亜鉛及びその化合物〉                            | 1       | 30 |
| 2   | O-エチル=O-4-ニトロフェニル=フェニルホスホノチオアート（別名 EPN）〈有機燐化合物〉 | 48      | 3  |
| 3   | カドミウム及びその化合物                                    | 75      | 1  |
| 4   | クロム及び三価クロム化合物<br>〈クロム及びその化合物〉                   | 87      | 33 |
| 5   | 六価クロム化合物  | 88      | 5  |
| 6   | 2-クロロ-4,6-ビス(エチルアミノ)-1,3,5-トリアジン（別名シマジン又は CAT）  | 113     | 21 |
| 7   | 無機シアン化合物（錯塩及びシアン酸塩を除く。）〈シアン化合物〉                 | 144     | 2  |
| 8   | N,N-ジエチルチオカルバミン酸S-4-クロロベンジル（別名チオベンカルブ又はベンチオカーブ） | 147     | 22 |
| 9   | 四塩化炭素   | 149     | 13 |
| 10  | 1,4-ジオキサン                                       | 150     | 27 |
| 11  | 1,2-ジクロロエタン                                     | 157     | 14 |
| 12  | 1,1-ジクロロエチレン（別名塩化ビニリデン）                         | 158     | 15 |
| 13  | シス-1,2-ジクロロエチレン                                 | 159     | 16 |
| 14  | 1,3-ジクロロプロペン（別名 D-D）                            | 179     | 19 |
| 15  | ジクロロメタン（別名塩化メチレン）                               | 186     | 12 |
| 16  | 水銀及びその化合物<br>〈水銀及びアルキル水銀その他の水銀化合物〉              | 237     | 7  |

| No. | 化管法政令物質名<br>〈下水道法政令化学物質名〉*        | 政令番号*** |    |
|-----|-----------------------------------|---------|----|
|     |                                   | 化管      | 下水 |
| 17  | セレン及びその化合物                        | 242     | 24 |
| 18  | テトラクロロエチレン                        | 262     | 11 |
| 19  | テトラメチルチウラムジスルフィド<br>（別名チウラム又はチラム） | 268     | 20 |
| 20  | 銅水溶性塩（錯塩を除く。）〈銅及びその化合物〉           | 272     | 29 |
| 21  | 1,1,1-トリクロロエタン                    | 279     | 17 |
| 22  | 1,1,2-トリクロロエタン                    | 280     | 18 |
| 23  | トリクロロエチレン                         | 281     | 10 |
| 24  | 鉛化合物〈鉛及びその化合物〉                    | 305     | 4  |
| 25  | 砒素及びその無機化合物<br>〈砒素及びその化合物〉        | 332     | 6  |
| 26  | ふっ化水素及びその水溶性塩<br>〈ふっ素及びその化合物〉     | 374     | 26 |
| 27  | ベンゼン                              | 400     | 23 |
| 28  | ほう素化合物〈ほう素及びその化合物〉                | 405     | 25 |
| 29  | ポリ塩化ビフェニル（別名 PCB）                 | 406     | 9  |
| 30  | マンガン及びその化合物<br>〈マンガン及びその化合物（溶解性）〉 | 412     | 32 |
| 31  | ダイオキシン類**                         | 243     | 34 |

\*化管法第1種指定化学物質と下水道法測定項目が完全に一致しない場合のみ記載した。

\*\*ダイオキシン類対策特措法の対象処理場のみ該当。

\*\*\*化管法施行令第1条，下水道法施行令第9条の4第1項。後者の8, 28, 31号は前者に1:1対応項目なく対象外。

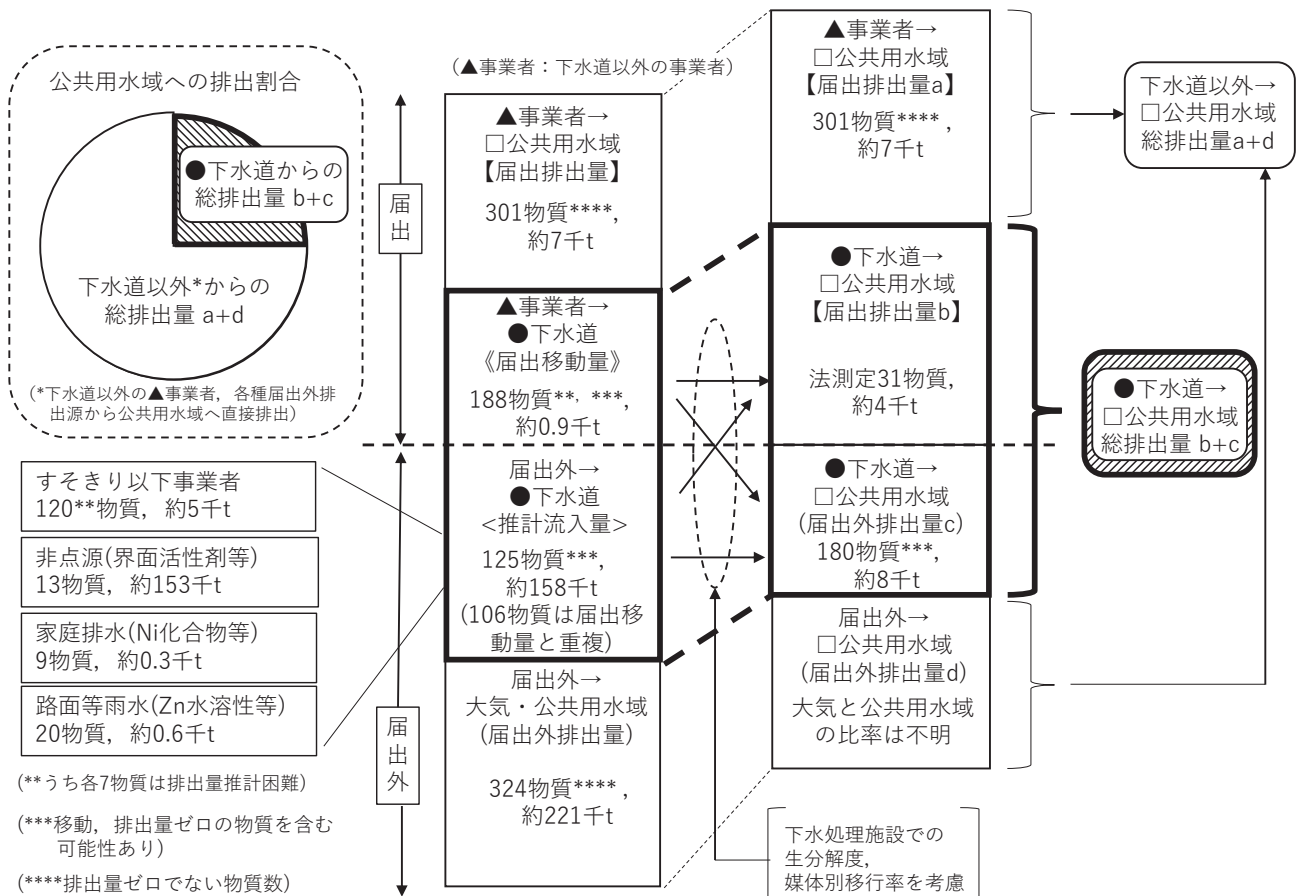


図2 下水道と公共用水域に係る届出移動量・排出量，届出外排出量（推計）の概要（H30年度報告値<sup>5,6)</sup>を使用）

放流水への移行つまり公共用水域への排出量を推計するものである。また、下水道経由以外の化学物質の動きについては、事業者からの排出量や各種の届出外排出量を推計するものである。図2に示す物質数や物質量は、化管法に基づく公表資料・データ<sup>5,6)</sup>によるものである。

社会全体として効率的に化学物質管理を行うためには、化学物質の動きを定量的に把握して、主要な経路を重視して取り組むことが合理的と考えられる。具体的には、図2に示す概念に基づき、下水道における化学物質管理では、公共用水域への全体的な排出に占める下水道由来の割合が大の化学物質について、優先的に取り組むことが考えられる。下水道由来の割合が小の物質については、他の経路での排出がより支配的であり下水道以外での管理を優先することが合理的と考えられる。

これらの検討に際して留意すべき点として、届出量や推計量の精度の限界が挙げられる。まず、届出量については、測定には検出下限が存在するため、検出下限値未満のデータの取扱いにおいて、「検出下限値の1/2」として流量を乗じた場合、下水道の全国流量は他の事業者と比較して膨大であるため、排出量の過大評価につながる可能性がある。また、推計量についても、推計可能(情報が入手可能)な対象に限られているため、排出源の過大または過小評価につながる可能性がある。また、図2は対象物質の全体量で示したが、かなりの割合を界面活性剤等の一部の物質が占めており、物質ごとの挙動傾向を必ずしも反映していない。実際には個々の物質について労力をかけて検討する必要がある。さらに、届出外排出量の推計について、大気と公共用水域の移行率が公表されていないため、水環境への物質の動きを全体として把握することが難しくなっている。化管法に基づく化学物質の挙動把握にはこのような制約があることを認識しつつ、可能な範囲で活用していくことが現実的である。

#### 4. 下水道における化学物質の挙動、影響把握

物質量に基づいて水環境全体での排出量に占める下水道由来の割合を把握し、下水道で優先的に取り組むべき化学物質を明確化して対応することは重要である。

また、下水道からの排出量の割合は大でないが下水道への移動量の割合が大である物質についても留意する必要がある。これらの物質は、平常時の下水処理では分解等により低減されており、公共用水域への排出量も削減されているが、悪質下水の流入等により処理異常が発生した場合や、災害時において暫定的な処理が行われる場合においては、低減効率が変化して排出量が増大する可能性があるためである。必ずしも、すべての状況で常に下水道で低減がなされるべきという意味ではないが、化学物質の安定的な管理が社会全体として望ましいとの観点からも、下水処理の安定性の向上、災害等に対する強靱化が化学物質管理面でも社会に貢献しようと考えられる。

さらに、これらの物質量に基づく判断だけでは十分でない点として、物質ごとに人・環境影響をもたらす濃度が異なることが挙げられる。リスク管理の観点からは物質ごとにADIやPNEC、環境中濃度に基づくハザード比等の概念を踏まえて取り組む必要がある。一方で、多様な化学物質について十分なリスク情報および環境中の正確な存在状況データを整備することは容易ではなく、複

数の化学物質による複合的な影響も未解明な点が多い。

これらの課題への取り組み例2点を簡潔に概説する。

まず、多様な化学物質の存在状況を把握する手法として、精密質量分析を用いたターゲットスクリーニングが取り組まれている。一例として、環境研究総合推進費「ライフサイクル全体での化学物質管理に資するPRTRデータの活用方策に関する研究」による成果として、PRTR物質81物質がLC-ESI-QToF-MSのDBに登録され、実下水試料への適用で39物質検出、8物質定量との結果が報告されており<sup>7)</sup>、有用性が示されている。一方で、用いる分析法・装置の組み合わせに応じて、測定可能な化学物質が物性等により限定されうするため、必ずしも測定したい物質をすべて網羅できるわけではない。このため、例えば、下水道の化学物質測定においては、農業等はあまり重要でないため(下水道経由の重要性が低い)、より把握が必要な化学物質を測定できるように改良する等により、さらに有用性を高めることが今後期待される。

次に、多様な濃度で存在する多数の化学物質の全体的影響を実環境試料で把握する手法としてWET<sup>8)</sup>の活用が考えられる。自主的取り組みとされているが、例えば、下水処理水中のNiの生物影響をニセネコゼミジンコで調べた際に、Fe共存によりNi影響が変化したと報告されており<sup>9)</sup>、複合的な影響の把握評価に利用可能と期待できる。

#### 5. おわりに

本稿では下水道における化学物質管理について、水環境全体での管理の中での位置づけと実態に重きを置いて説明した。その理由は、「木を見て森を見ず」の調査研究や非現実的な取り組みを避けて真に役立つ管理が必要と考えたからである。また、法制度等は簡潔な概要説明であり、個別具体の適用は関係機関に確認されたい。本稿は著者個人の見解であり、所属機関の見解ではない。

#### 参考文献

- 1) 社団法人日本下水道協会, 2001. 下水道における化学物質リスク管理の手引き(案).
- 2) 化学物質リスク管理検討委員会, 2003. 下水道における化学物質リスク管理の基本的考え方(案).
- 3) 国土交通省, 2005. 下水道における化学物質排出量の把握と化学物質管理計画の策定等に関するガイドライン(案).
- 4) 国土交通省, 2011. 下水道における化学物質排出量の把握と化学物質管理計画の策定等に関するガイドライン(案)改訂版.
- 5) 環境省, 2019. 令和元年度届出外排出量の推計方法の詳細, 21. 下水処理施設に係る排出量. URL: <https://www.env.go.jp/chemi/prtr/result/todokedegaiR01/syosai/21.pdf> (2021年6月時点).
- 6) 経済産業省, 平成30年度届出排出量・移動量の対象化学物質別集計結果. URL: [https://www.meti.go.jp/policy/chemical\\_management/law/prtr/h30kohyo/shukeikekka.html](https://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/law/prtr/h30kohyo/shukeikekka.html) (2021年6月時点).
- 7) 高沢麻里, 鈴木裕識, 小森行也, 對馬育夫, 山下洋正, 小口正弘, 2020. 液体クロマトグラフ-精密質量分析計を用いたPRTR物質の簡易スクリーニング手法の構築と下水試料への適用. 環境科学会誌 33(5), 114-125.
- 8) 生物を用いた水環境の評価・管理手法に関する検討会, 2019. 生物応答試験を用いた排水の評価手法とその活用の手引き(中間とりまとめ案).
- 9) 村田里美, 鈴木裕識, 小川文章, 眞野浩行, 2019. ニセネコゼミジンコに対する下水処理水中のニッケルの影響とその影響に係る要因について, 第53回日本水環境学会年会講演集, p.42.