

下水処理水中の化学物質排出・移動量届出制度における 第一種指定化学物質の環境リスク初期評価

真野浩行・岡本誠一郎

1. はじめに

我が国の水環境において、下水道の普及に伴い公共用水域の水質が改善されてきた一方で、下水道を經由して放流される化学物質の割合は年々増加していると考えられる¹⁾。これらの化学物質が人の健康や水生生態系に影響を与える可能性が懸念されており、下水処理水に含まれる化学物質によるリスクの把握、管理が求められている。

この環境リスクの管理を行う上では、人の健康や水生生態系に対する化学物質の影響を考える上で、化学物質の環境リスクをヒト健康リスクと生態リスクの視点から評価することが必要である。しかしながら、下水処理水に含まれる膨大な種類の化学物質のすべてを対象にして、モニタリングを伴う詳細な環境リスク評価を行うことは困難である。

そこで、土木研究所水質チームでは、下水処理場から公共用水域への化学物質の排出量等の情報を用いて、今後、詳細なリスク評価を行うべき下水処理水中の化学物質を抽出した²⁾。このように、利用可能なデータを用いて多数の化学物質の中から相対的に環境リスクが高い可能性があり、詳細な検討をすべき候補物質を抽出する評価手法は、環境リスク初期評価とよばれている。本稿では、水質チームで実施した環境リスク初期評価のうち、化学物質の排出・移動量届出（PRTR：Pollutant Release and Transfer Register）制度において第一種指定化学物質とされている化学物質のヒト健康および生態リスク初期評価の結果を紹介する。

2. 調査方法

2.1 対象物質

PRTR制度^{*}において第一種指定化学物質とされている化学物質をリスク初期評価の対象とした。PRTR制度では、事業者は化学物質の排出量と移

動量を年1回、国に届け出る義務を負い、国はこれを集計するとともに、届出外も含めた排出量・移動量の推計を行う。この情報を活用して下水道への化学物質流入量の情報を得ることが可能であり、ヒトが体内に取り込む化学物質の量や水生生物が生息する水環境での化学物質濃度の評価（曝露評価）をするためのデータとして利用することができる。

2.2 下水処理水中濃度の推計

評価対象とするPRTR第一種指定化学物質の下水処理水中濃度は、「平成21年度PRTR届出外排出量の推計方法等の概要」³⁾（以下、「H21届出外推計」という）における『全国の下水処理施設から公共用水域への年間排出量の推計値』を『全国の年間処理水量』で除することで推計した。その際に、『全国の年間処理水量』として、「下水道統計（平成20年度版）」⁴⁾の“水処理施設・年間処理水量[m³/year]”の全国合計を適用した。求められた値を全国における年間の平均的な下水処理水中濃度の推計値としてリスク初期評価に使用した。

2.3 有害性の評価

評価対象とした化学物質について、公表されている資料から、ヒト健康及び生態リスク初期評価に用いる毒性値や無毒性量等の情報（以下、毒性情報等という）を収集した。各化学物質のヒト健康に関する毒性情報等として、水道水質基準の基準値および目標値、食品健康影響評価書⁵⁾の一日摂取許容量、化学物質の環境リスク初期評価⁵⁾の経口曝露での無毒性量等、初期リスク評価書⁶⁾のヒト健康リスク（一般毒性）における経口曝露での無毒性量等を収集した。また、各化学物質の水生生物に対する毒性情報等として、水生生物の保全にかかる水質環境基準の基準値、水産動物の被害防止に係る農薬登録保留基準の基準値、化学物質の環境リスク初期評価⁵⁾の無影響濃度等の最小値、初期リスク評価書⁶⁾の無影響濃度等の最小値を収集した。収集したヒト健康および水生生物に対する毒性情報等を耐容一日摂取量および予測無影響

Initial Environmental Risk Assessment of PRTR
Chemicals Contained in Treated Wastewater

*土木用語解説：PRTR制度

濃度としてリスク初期評価に使用した。複数の資料から化学物質の毒性情報等が得られた場合、原則として最も低い値を有害性の評価値としてリスク初期評価に採用した。

2.4 リスク初期評価

対象とした化学物質のリスク初期評価として、「化学物質の環境リスク初期評価⁵⁾」などで用いられているハザード比 (Hazard Quotient、以下 HQ) を用いた評価を実施した。HQは、ヒトが摂取する化学物質の量または水生生物が生息する水環境中の化学物質濃度を、有害性の評価値で割ることにより求められる。HQの値が1を上回るということは、ヒトが摂取する量または水生生物が生息する水環境中濃度が有害性の評価値よりも高いことを示し、リスクの懸念があると考えられることができる。この手法では、一定の基準値を上回っているかどうかで、各物質のリスクの有無を明確化できるという利点がある。

本研究では、下水処理水が直接口に入るという高リスクのシナリオを想定し、スクリーニングとして安全側のヒト健康リスクの初期評価を行った。推定曝露量の算出に当たっては、化学物質の環境リスク初期評価⁵⁾を参考に、体重が50kgのヒトが1日あたり2Lの下水処理水を口にすると仮定した。飲み水を通して化学物質を摂取する割合を10%と仮定し、式(1)に従い、推定曝露量を耐容一日摂取量で除することによりHQ_{ヒト健康}を算出した。

$$HQ_{\text{ヒト健康}} = \frac{\text{推定曝露量 } [\mu\text{g/kg/day}]}{\text{耐容一日摂取量 } [\mu\text{g/kg/day}]}$$

$$= \frac{(\text{推定処理水中濃度 } [\mu\text{g/L}] \times 2 [\text{L/day}] \times 0.1 / 50 [\text{kg}])}{\text{耐容一日摂取量}} \quad \text{式(1)}$$

また、水生生物が無希釈の下水処理水に曝露される高リスクのシナリオを想定し、安全側の生態リスクの初期評価を行った。式(2)に従い、推定下水処理水中濃度を予測無影響濃度で除することによりHQ_{生態}を算出した。

$$HQ_{\text{生態}} = \frac{\text{推定下水処理水中濃度 } [\mu\text{g/L}]}{\text{予測無影響濃度 } [\mu\text{g/L}]} \quad \text{式(2)}$$

本研究では、HQが1を超えた物質を詳細な評価が必要とされる物質として評価した。ただし、HQが1を超えた化学物質のうち、最近になって一部の化学物質について、下水処理施設での除去率の実測値が報告されている。この除去率の実測値をリスク初期評価に反映させるために、その値と「H21届出外推計」の『下水処理施設に係る対象化学物質別の流入量』³⁾の積を『全国の年間処理水量』で除することで下水処理水中濃度を再推計し、リスク初期評価を実施するという補足的な評価を実施した。

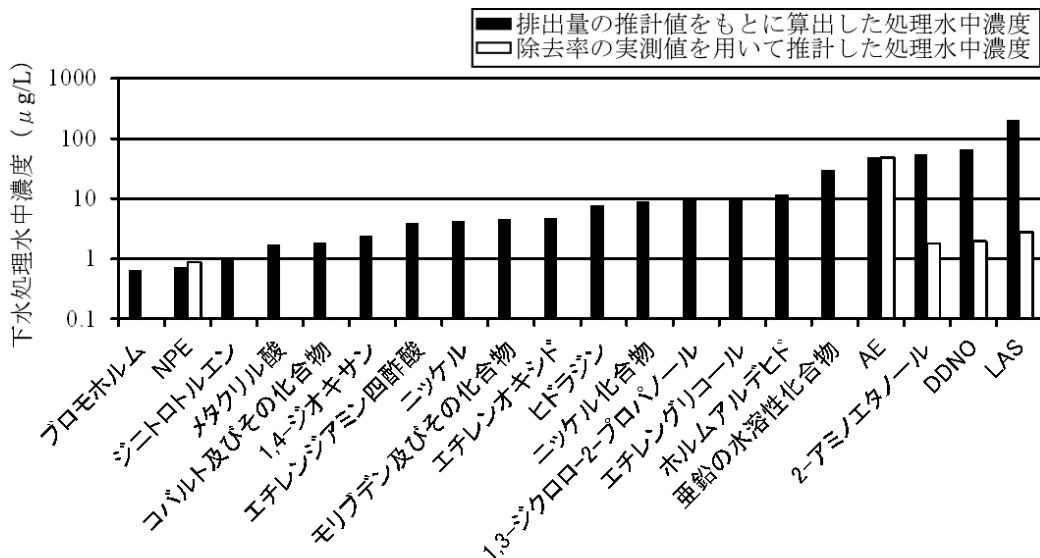


図-1 PRTR 情報 (H21 年度) に基づいて推計された下水処理水中濃度 (上位 20 物質) (LAS: 直鎖アルキルベンゼンスルホン酸およびその塩、DDNO: N,N-ジメチルドデシルアミン=N-オキシド、AE: ポリ (オキシエチレン) =アルキルエーテル、NPE: ポリ (オキシエチレン) =ノニルフェニルエーテル)

3. 結果と考察

3.1 下水処理水中の化学物質濃度

本研究では、PRTR第一種指定化学物質のうち、下水道事業者が届出義務を負っている亜鉛の水溶性化合物と、「H21届出外推計」において下水処理施設に係る排出量の推計が行われている156物質の合計157物質を評価対象の候補とした。評価対象としたPRTR第一種指定化学物質の下水処理水中濃度の推計値を、上位20物質について、図-1に黒塗りの棒グラフで示す。直鎖アルキルベンゼンスルホン酸およびその塩をLAS、*N,N*-ジメチル*D*-デシルアミン=*N*-オキシドをDDNO、ポリ(オキシエチレン) =アルキルエーテルをAE、ポリ(オキシエチレン) =ノニルフェニルエーテルをNPEとそれぞれ略して表記している。LASが205μg/Lと最も高い推定濃度となった。その他、DDNO等7物質が10μg/L以上、ニッケル化合物等9物質が1μg/L以上と推計された。一方、検討対象とした157物質の8割以上にあたる140物質が、1μg/L未満と推計された。

3.2 リスク初期評価

これらの物質のうち、ヒト健康リスクと生態リスクに関してそれぞれ122物質のHQが得られた。HQ_{ヒト健康}が1以上となった物質は2物質（ヒドラジン、1,3-ジクロロ-2-プロパノール）、HQ_{生態}が1以上となった物質は11物質（亜鉛の水溶性化合物、DDNO、*o*-トルイジン、LAS、2-アミノエタ

ノール、ヒドラジン、ヒドロキノン、フェニトロチオン、AE、NPE、ホルムアルデヒド)であった。HQ_{生態}が1以上となった物質のHQ_{生態}値を図-2に黒塗りの棒グラフで示す。

ヒドラジン、1,3-ジクロロ-2-プロパノールのHQ_{ヒト健康}はそれぞれ39.2、3.0であった。ヒドラジンはプラスチック発泡剤の原料として使用されている化学物質である。また、1,3-ジクロロ-2-プロパノールは、主に架橋剤やプラスチック・合成樹脂用の溶剤として使用されている。本研究の結果から、1,3-ジクロロ-2-プロパノールは下水処理水のヒト健康リスクに関して今後詳細な検討が必要な候補物質だと考えられる。

水生生態系に関してHQ_{生態}が1以上となった11物質のうち、NPE、LAS、AE、2-アミノエタノールの5物質について、下水処理施設における除去率の実測値が新たに報告されていたため、これらの値を用いて下水処理水中濃度を推定し、リスク評価を実施した。新たな除去率を用いて推定した上記5物質の下水処理水中濃度を図-1に白抜きの棒グラフで示す。また、リスク評価の結果を図-2に白抜きの棒グラフで示す。LASと2-アミノエタノールの新たに報告された実測除去率が高い値を示したため、これらの2物質のHQ_{生態}が1未満となった。最終的にHQ_{生態}が1以上となった物質は9物質となった。亜鉛の水溶性化合物は、メッキや医薬品など、多岐にわたって使用されている。DDNO、AE、NPEは界面活性剤として使

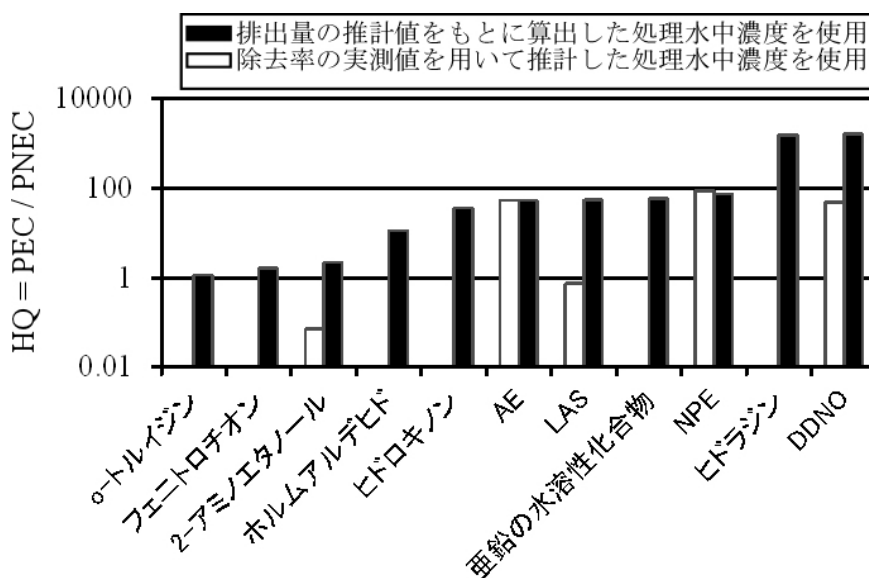


図-2 PRTR 情報 (H21 年度) に基づく下水処理水中化学物質の生態リスク初期評価の結果 (図-1 と同様の略称を使用)

用されている。*o*-トルイジンは主に、染料・顔料の中間体原料として使用されている。ヒドロキノン写真は現像液や有機合成還元剤、重合防止剤等に使用されている。また、フェニトロチオンは農薬として使用されており、ホルムアルデヒドは合成樹脂の原料等に使用されている。これらの物質は、下水処理水の水生生態リスクについて今後詳細な検討が必要な候補物質だと考えられる。

詳細な生態リスク評価をすべき9物質のうち、DDNOと*o*-トルイジン以外の7物質は、化学物質の環境リスク初期評価⁵⁾や初期リスク評価書⁶⁾において詳細な調査、解析及び評価等を行う候補物質として評価されている。DDNOと*o*-トルイジンは、初期リスク評価書⁶⁾において、水生生物に悪影響を及ぼすことはないとは評価されているが、それぞれの推定環境濃度は、河川水の測定結果に基づいて、それぞれ0.13 $\mu\text{g/L}$ 、 $0.56 \times 10^{-2} \mu\text{g/L}$ であり、本研究の推定下水処理水中濃度よりも低い値を示している。このような差異に対して、河川への下水処理水の流入に対する河川水の希釈効果が大きいことや、化学物質の下水処理場での除去率に関する情報不足、化学物質が使用されている地域の偏在（内陸又は沿岸域等）が影響していると考えられる。

4. まとめ

PRTRにおける下水処理施設からの化学物質排出量推計値等の情報を用いて、下水処理水に含まれるPRTR第一種指定化学物質に対するヒト健康リスクおよび生態リスクの初期評価を実施した。ヒト健康リスクの初期評価の結果、ヒドラジン、1,3-ジクロロ-2-プロパノールの2物質で、HQが1以上となった。また、生態リスクの初期評価の結果、9物質（亜鉛の水溶性化合物、DDNO、*o*-トルイジン、ヒドラジン、ヒドロキノン、フェニトロチオン、AE、NPE、ホルムアルデヒド）でHQが1以上となった。なお、本リスク評価は限られた情報に基づいて行った初期的なスクリーニング評価で、また、現状で想定されるよりも高リスクのシナリオに基づく安全側の評価である。こ

の結果が現に影響が生じていることを示すものではない。あくまでも、HQが1以上となった化学物質は優先的に詳細評価を行う候補である。今後、これらの化学物質について、下水処理場や放流先での存在実態の把握、時空間的な濃度変動等の調査を行うとともに、生物影響の詳細な検討を行う必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 国土交通省地域整備局下水道部：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）、2005
- 2) 真野浩行、村山康樹、鈴木穰、中田典秀、南山瑞彦：PRTR情報等を活用した下水処理水中に含まれる化学物質の環境リスク初期評価、下水道協会誌、第50巻、第612号、pp.85～92、2013
- 3) 経済産業省製造産業局化学物質管理課、環境省環境保健部環境安全課：平成21年度PRTR届出外排出量の推計方法等の概要、2011
- 4) （社）日本下水道協会：下水道統計（平成20年度版）、第65号、2010
- 5) 環境省総合環境政策局環境保健部環境安全課環境リスク評価室：化学物質の環境リスク初期評価、<http://www.env.go.jp/chemi/risk/index.html>、2011.
- 6) （独）製品評価技術基盤機構、（財）化学物質評価研究機構：初期リスク評価書、<http://www.safe.nite.go.jp/risk/riskhykdl01.html>、2009

真野浩行



(独)土木研究所つくば中央研究所水環境研究グループ水質チーム
研究員
Hiroyuki MANO

岡本誠一郎



(独)土木研究所つくば中央研究所水環境研究グループ水質チーム
上席研究員
Seichiro OKAMOTO