

7. 下水処理水再利用システムの技術基準に関する調査

下水処理研究室 室 長 南山 瑞彦
主任研究官 田嶋 淳
研 究 員 桜井 健介

1. はじめに

日本の年平均降水量は約 1,700mm で、世界平均の約 2 倍の量となっているが、国土面積が狭く人口が多いため、人口 1 人当たりの水資源賦存量は約 3,300m³ となっており、世界平均である約 7,800m³/人・年の半分以上となっている。また、日本の年平均降水量の経年変化をみると、小雨年と多雨年の開きが次第に増加し、渇水年の年降水量が減少する傾向にあり、水資源確保の重要性は今後益々高まってくるものと予想される¹⁾。

日本では、1978 年の異常渇水を契機に、福岡市において 1980 年に水洗用水として下水処理水の再利用が開始されて以来、水洗用水、融雪用水、環境用水、工業用水、散水用水等様々な用途に下水処理水が再利用されるようになってきている。しかしながら、2003 年度実績で、全国 1,924 箇所の下水処理場から年間約 137 億 m³ の下水処理水が放流されている²⁾ のに対し、246 箇所の下水処理場において下水処理水が再生水として場外に送水・利用されている程度で、その水量は年間約 2 億 m³、その割合は放流量の 2 % に満たない状況にある。都市内における貴重な水資源確保の観点、さらにヒートアイランド対策としての打ち水利用など新たな利用用途も期待される等、下水処理水再利用の重要性は今後益々高まっていくことが予想され、下水処理水の適切な再利用がより一層重要なものとなる。

その一方で、飲料水や食品を介したクリプトスポリジウム、ウイルス等の病原微生物による人間への健康被害が近年大きな社会問題となり、水の安全性への関心が高まってきており、下水処理水の再利用においても、今後こうした新たな問題に対応していく必要がある。また、再生水の色、濁り、臭い等の美観的要素に対して適切に配慮を行うことにより利用者の不快感を招かないように留意し、再生水利用システムにおける腐食や閉塞等の施設機能障害に対しても適切に対応していく必要がある。

以上を背景に、国土交通省都市・地域整備局下水道部及び国土技術政策総合研究所下水道研究部は、従来の下水処理水再利用に関する指針・マニュアルである「下水処理水循環利用技術指針（案）」（昭和 56 年策定）及び「下水処理水の修景・親水利用水質検討マニュアル（案）」（平成 2 年策定）における水質基準及び目標水質を見直すこととし、下水処理水再利用に関する新たな基準を設定するに当たり必要な知見を得るために、再生水の衛生学的安全性に関する実態調査及び下水処理水再利用に関する利用者意識調査を実施した。本報はこれらの調査結果のうち、下水処理水再利用に関する利用者意識調査を中心に報告を行うものである。

2. 検討対象とする再利用用途

検討対象とする再利用用途は、下水処理場において再生処理された再生水を不特定多数の人が利用する施設に直接供給する形態に限定することとし、日本における再利用の実態を踏まえ、水洗用水、散水用水、修景用水（人間が触れることを前提としていない環境用水）、親水用水（人間が触れることを前提としている環境用水）の 4 用途とした。

3. 下水処理水再利用関連の苦情・トラブルの実態把握

下水処理水再利用に関する新たな基準設定に向けた検討を行うにあたっては、①利用者の衛生学的安全性の確

保、②再生水利用施設における美観・快適性確保、③下水処理水再利用システムの施設機能障害防止、の3つの観点を考慮することとした。このうち、美観・快適性確保の観点及び施設機能障害防止の観点における検討事項については、下水処理水再利用関連の苦情・トラブルの実態を踏まえ設定することとし、苦情・トラブルの実態に関するアンケート調査を以下の要領で実施した。

調査対象

平成14年度に水洗用水、散水用水、修景用水、親水用水として不特定多数の人が利用する施設に再生水を供給した実績を有する全国の下水処理場

調査方法

再生水の供給先で過去に発生した下水処理水再利用関連の苦情・トラブルの具体的内容について、アンケート調査を実施

調査結果

(1) 美観・快適性

1) 再生水の外観

一般に再生水は上水と比較して、色、濁り、臭い等があるため、これらの問題に対して適切に対応する必要がある。調査の結果、水洗用水利用では再生水の外観に関する苦情が報告されたが、他の用途については殆ど報告されなかった。水洗用水利用は他の用途に比べ利用者数が多く、再生水を目にする機会が多いためと考えられる。

2) 修景用水利用及び親水用水利用における藻類の増殖

修景用水利用や親水用水利用における藻類増殖に関する苦情・トラブルの発生が報告された。一般に再生水は上水と比較して、藻類の発生・増殖に関わる主要な物質であるリン及び窒素を多く含んでいるためと考えられる。

3) 水洗用水利用におけるユスリカ（成虫・幼虫）の発生

水洗用水利用では、下水処理場で発生したユスリカの卵及び幼虫が生存したまま利用先まで運ばれ、受水槽、高置水槽、便器内で成長・繁殖して視覚的不快感を与えるとの苦情が報告された。一方、修景用水利用や親水用水利用では、ほとんどが屋外利用であり、ユスリカ等が飛散しやすく、自然環境と比較して問題視されにくいため、苦情の発生件数が少ないものと考えられる。

(2) 施設機能障害防止

再生水用の配管、器具類等で腐食が生じ、漏水のトラブルが生じたとの報告や、器具内に設置されているストレーナーや配管の屈曲部で閉塞が生じ、給水障害のトラブルが生じた等の報告がなされた。再利用における腐食発生の原因として、露出した鉄製部材と再生水との接水や異種金属の直接接合等が指摘されている。再生水の塩素イオンや硫酸イオン、残留塩素等の濃度が高い場合には、再生水の腐食性が大きくなるため、注意が必要となる。また、閉塞については、配管の腐食由来の溶解性鉄が残留塩素や溶存酸素によって酸化され、狭路部や屈曲部等、流水に変化がある部位で析出・集積し、閉塞が生じた等の原因が指摘されている。なお、これらのトラブルに対しては提言³⁾ ⁴⁾ がとりまとめられており、提言に基づき対策が講じられているとのことであった。

4. 基準設定に向けた検討事項

下水処理水再利用に関する新たな基準設定に向けた検討事項は以下の通りとし、必要となる調査を抽出した。なお、美観・快適性及び施設機能障害防止については、下水処理水再利用における苦情・トラブルの実態を踏まえ、検討事項を設定した。

（１）衛生学的安全性

塩素消毒が有効な細菌類と比較的塩素耐性のある原虫類を検討対象とし、新たな基準を設定するため必要な知見を得るための調査として、下水処理水再利用システムにおける細菌類の挙動を把握するための調査を実施した。なお、ウイルス類については測定方法等の課題が解決されていないため、今後も引き続き検討を行っていくこととした。

（２）美観・快適性

３．において挙げられた３項目の苦情・トラブル（再生水の外観、修景用水利用及び親水用水利用における藻類の増殖、水洗用水利用におけるユスリカ（成虫・幼虫）の発生）のうち、再生水の外観に関して新たな基準を設定するために必要な知見を得るための調査として、下水処理水再利用に関する利用者意識調査を実施した。なお、残りの２項目については、利用箇所等により状況が多様であること、対策の効果が十分明らかとなっていないこと等の状況を踏まえ、検討事項とはしないこととした。

（３）施設機能障害防止

腐食及び閉塞を検討対象項目とするが、既存の知見を基に基準設定に向けた検討を行うこととした。

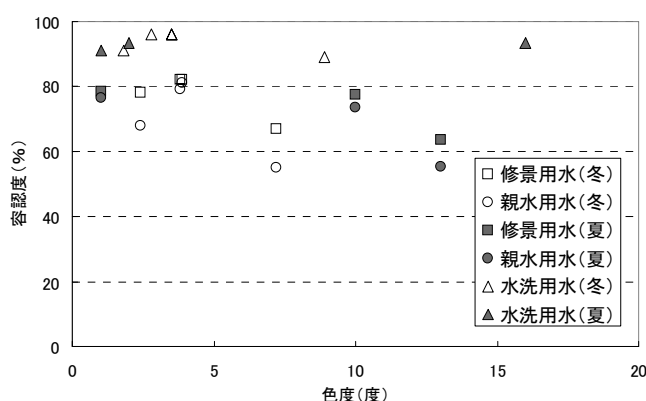
５．再生水利用に関する利用者意識調査

再生水の外観は利用者の嗜好と密接な関係があり、外観に関する基準等を検討するに当たっては、再生水に関する利用者の嗜好を把握することが重要である。そこで、再生水の色度、濁度、臭気強度が利用者の嗜好に対してどのような影響を与えるかを把握するために、処理水再利用箇所において、再生水の色、濁り、臭いに関する利用者の意識についてアンケート調査を行った。調査要領は表－１の通りとし、利用者層としては当該箇所を訪れる程度の人を想定した。なお、修景・親水用水の分類については、眺めると仮定した場合の回答を修景用水、触れると仮定した場合の回答を親水用水として扱った。

表－１ 調査要領

	水洗用水		修景・親水用水	
時期	H15 年 12 月～ H16 年 2 月	H16 年 7 月	H15 年 12 月～ H16 年 1 月	H16 年 7 月
箇所数	7 箇所	3 箇所	4 箇所	3 箇所
アンケート方式	対面方式及び配布・郵送方式			
回答者数	1, 124 人	734 人	731 人	482 人
水質	色度、濁度、SS、臭気強度、残留塩素			

調査の結果、色、濁り、臭いに対する利用者の容認度は、水洗用水でそれぞれ89%～98%、89%～97%、85%～96%であった。一方、修景用水については、それぞれ 64%～84%、63%～82%、72%～86%、親水用水については、それぞれ55%～81%、51%～78%、57%～79%となっており、水洗用水と比較して修景・親水用水の容認度には幅が見られた。親水・修景用水は、個々の利用形態の差が大きく、また利用者の個人差も影響しているものと考えられる。なお、

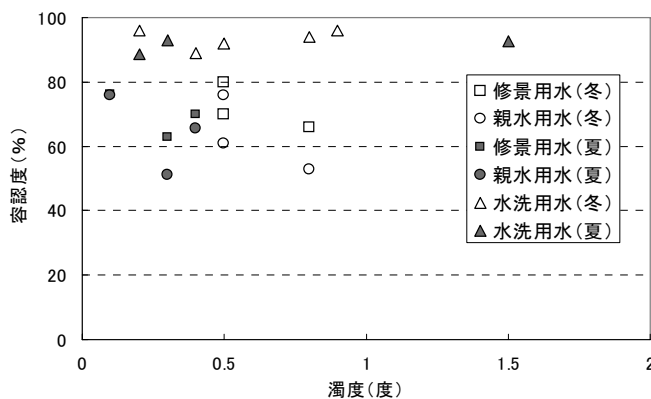


図－１ 色度と容認度の関係

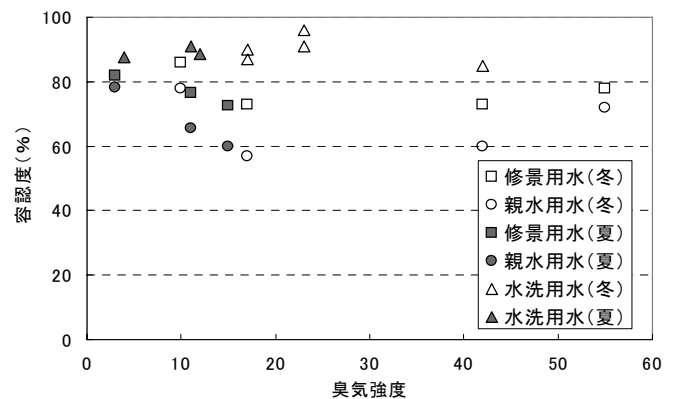
ここで言う利用者の容認度とは、再生水の色、濁り、臭いについて「気にならない」又は「殆ど気にならない」と回答した人の割合を示す。

夏期には、水温上昇により臭気の原因となる揮発性物質が揮発しやすい条件となり、臭いが強く感じられる等、臭いの容認度に影響することが予測されたが、今回の調査では夏期と冬期の間で臭いの容認度に大きな差は見られなかった（図－3 参照）。また、今回の水質の範囲内では、水質（色度、濁度、臭気強度）と容認度の間に有効な相関関係は見られなかった（図－1～3 参照）。

以上の結果を踏まえると、美観・快適性に関する利用者の意向については、個々の利用形態の差や利用者の個人差により大きな影響を受けるものと考えられ、美観・快適性の観点からの基準設定に当たっては、利用者の意向等を踏まえ、個々の事例にあわせた基準値を設定することが望ましいと考えられる。



図－2 濁度と容認度の関係



図－3 臭気強度と容認度の関係

6. 結論

下水処理水再利用に関する新たな基準を設定するに当たり必要な知見を得るために、再生水の衛生学的安全性に関する実態調査及び下水処理水再利用に関する利用者意識調査を実施した。調査の結果、再生水水質（色度、濁度、臭気強度）と利用者の容認度の間に有効な相関関係は見られなかったことから、美観・快適性に関する利用者の意向については、個々の利用形態の差や利用者の個人差により大きな影響を受けるものと考えられ、美観・快適性の観点からの基準設定に当たっては、利用者の意向等を踏まえ、個々の事例にあわせた基準値を設定することが望ましいと考えられた。

7. 謝辞

下水処理水再利用に関する利用者意識調査の実施及び基準策定に向けた検討は、財団法人下水道新技術推進機構との共同研究によるものである。

参考文献

- 1) 「日本の水資源（2004年版）」国土交通省土地・水資源局水資源部
- 2) 「2003年度版 下水道統計」社団法人日本下水道協会
- 3) 「集合住宅における再生水利用について（提言）」福岡市 集合住宅の再生水利用に関する協議会 1999年3月
- 4) 「集合住宅における再生水利用設備基準について（提言）」福岡市 再生水利用設備基準に関する研究会 2000年3月