

[自主研究]

人工化学物質をトレーサーとして用いた地下水の 汚染源特定に関する基礎研究

竹峰秀祐 見島伊織 大塚宜寿 堀井勇一 蓑毛康太郎 野村篤朗 茂木守

1 目的

「水循環基本法」や「水循環基本計画」が策定され、水循環の視点において地下水挙動を把握した上で持続可能な地下水の保全と利用を図る「地下水マネジメント」を実施することが関係機関に求められている。特に地下水の保全については、地方公共団体等が主体的に行うことが期待されている。地下水を保全する上で、環境基準の超過率が最も高い硝酸及び亜硝酸性窒素(以下、硝酸性窒素)による汚染が課題の一つとして挙げられる。汚染原因としては、生活排水の浸透、家畜排せつ物の不適正処理、過剰な施肥等が考えられており、汚染対策には汚染原因を把握する必要がある。

化学分析法を用いて汚染源を特定する方法として、複数のイオン成分を分析する方法が提示されているが、複合的な汚染の場合、解析することが困難であり、汚染対策が進まない一つの要因となっている。本研究では、各汚染源に由来する人工化学物質をトレーサー(追跡指標)として選定し、地下水中の硝酸性窒素の汚染源特定への利用可能性について評価することを目的とする。

2 方法

2.1 人工甘味料の生活排水のトレーサー物質としての有効性の検証

水環境で生活排水のトレーサー物質として人工甘味料が有効か検証を行うため、埼玉県内の38地点の河川水(荒川流域および利根川流域)を2019年4月に採取し、測定に供した。また、各調査地点において人工甘味料と生活排水混入率の相関を調べた。生活排水混入率は、生活排水量を河川流量の年間平均で除することで算出した。生活排水量は試料採取地点の上流の流域人口から推計した。流域人口は、試料採取地点上流の排水処理施設の処理人口に下水道に接続していない流域人口を加えたものとした。この流域人口と1人当たりの汚水量(250L/人・日)の積を生活排水量とした。

2.2 人工甘味料の下水処理場での調査

下水処理場での各処理工程で採水し、人工甘味料濃度を測定した。更に、放流水を1時間ごとに採水し、人工甘味料濃度の時間変動を調べた。

3 結果

3.1 人工甘味料の生活排水のトレーサー物質としての有効性の検証結果

人工甘味料のスクラロースおよびアセスルファムが、38地点中37地点から検出された。検出されなかった1地点は、山間部の人がほとんど住んでいない地域であり、生活排水の流入がない地点であった。また、上流に下水処理場がない地点において人工甘味料が検出されたことから、浄化槽等からの生活排水が流入している地点でも人工甘味料が検出されることを確認した。最高濃度は、スクラロースは14 $\mu\text{g/L}$ 、アセスルファムは2.9 $\mu\text{g/L}$ であった。スクラロースの最大濃度が検出された地点は、生活排水混入率が最も高かった。一方、アセスルファムの最大濃度が検出された地点は、流域人口に対し、下水道処理人口の比率が少ない地域であった。

スクラロース濃度と生活排水混入率の間に正の相関($r_s = 0.73$, $p < 0.01$)が認められた。一方、アセスルファムでは相関は認められなかった($r_s = -0.082$, $p > 0.05$)。生活排水混入率と相関が高いスクラロースは、生活排水のトレーサーとなることが示唆された。

3.2 人工甘味料の下水処理場での調査結果

スクラロースは、9.3~13 $\mu\text{g/L}$ で検出され、処理過程で濃度の変動はほとんど見られなかった。アセスルファムは流入水で27 $\mu\text{g/L}$ であったが、反応槽で大幅に濃度が低下しており、放流水は2.0 $\mu\text{g/L}$ であった。

1時間ごとに採水した放流水中のスクラロースは平均12 \pm 1.1 $\mu\text{g/L}$ 、アセスルファムは平均2.2 \pm 0.66 $\mu\text{g/L}$ で検出され、スクラロース、アセスルファムともに顕著な濃度の時間変動は見られなかった。また、放流水中のスクラロース濃度は、年間需要量から推定した生活排水中のスクラロース濃度(11 $\mu\text{g/L}$)と概ね一致し、排出されたスクラロースは、下水処理場で分解されることなく放出されていることが示唆された。

4 まとめ

人工甘味料のスクラロースは、生活排水の混入率と相関があり、水環境において生活排水のトレーサーとして利用可能であることを示した。加えて、スクラロースは、下水処理で除去・分解されず、水溶性が高く安定な物質であることを確認した。

硝酸性窒素に係る継続監視井戸においてスクラロースが検出された地点は、特定の施設からの生活排水の混入が疑われる。周辺の土地利用および排水処理施設を踏まえた上で汚染源の推定に係る調査を実施する。