

農業集落排水処理水の灌漑利用と適切な水処理技術

Reclaimed rural sewage use for irrigation and suitable water reclamation technologies

濱田 康治*・亀山 幸司*

HAMADA Koji, KAMEYAMA Koji

1. はじめに

世界的に環境配慮への関心が高まり、人間活動の自然環境への依存度の低減、自然保全・回復への取り組みに注目が集まっている。水の循環利用もまた自然環境への負荷低減に寄与することから、環境配慮型の水利用としての重要度が増すものと考えられる。

農業分野では、再生水の灌漑利用が水の循環利用のひとつとして考えられる。国内でも「水循環基本計画(内閣官房、R4.6)」において水の効率的な利用と有効利用の一環として、「農業集落排水施設等により、し尿、生活雑排水等の汚水を適正に処理した上で、再生水の農業利用を推進する」としているほか、「農業集落排水施設の処理水のかんがい利用に関する手引き(案)(地域整備課、H29.3)」が公表されているなど、重要な取り組みとして着目されている。

国内での再生水の農業利用に関しては、例えば、水田への再生水利用に関する報告(治多・中矢, 2011)、農業施設内での灌漑を前提とした適用性や土壌への影響に関する報告(濱田ら, 2021)、農業集落排水処理水の灌漑利用からみた水質評価に関する報告(中野ら, 2023)などの報告があり、様々な角度からの検討が進められている。

本報告では、再生水の灌漑利用、農業集落排水処理、土壌環境をキーワードに農業農村地域での水利用を通じた資源循環に関する話題を提供する。

2. 灌漑利用を前提とした水質管理に関する話題

国内には、畑地灌漑を目的とした一律の水質基準はないが、それは関係分野が広範囲であり複雑であるため見送られてきたからとされる(鈴木, 2003)。作物や土壌の違いや地域性を考慮する必要があることから全国一律の基準策定は難しいと考えられているが、水質に懸念がある地域では独自(例えば改良区単位)の管理指針等を設けて運用している例がある。それらは農業(水稻)用水基準(案)や海外の基準等を参考に、地域特性にあわせて整理しているようである。このように、国内では灌漑利用のための水質指針なども十分に整理されている状況になく、灌漑利用に適した水質の検討もまた重要な課題である。ここでは、再生水を灌漑利用する際に重要とされる大腸菌類、塩類に関して述べることとする。

2.1. 農業集排処理施設での大腸菌数の調査例と追加処理の効果

農業利用を前提とした大腸菌に関する基準は農業(水稻)用水基準(案)や水質汚濁に係る環境基準には設定されていない。一方、令和3年に改訂された「生鮮野菜を衛生的に保つために-栽培から出荷までの野菜の衛生管理指針-(第2版)、農林水産省」では、「生で食べられる野菜(収穫部位)に対して、収穫までの1週間以内にかん水や薬剤散布をする場合は、水道局等の行政や生産者等が実施した水質検査により安全性を確認した水、飲用に適する水又は消毒した水を使うよう努めること」とし、少なくとも大腸菌の菌数を確認することを推奨している。また、その際の参考基準として、EUの100個/100mL以内を挙げている。

従来、環境基準では病原性微生物の指標として大腸菌群数が利用されてきたが、令和4年4月から指標が大腸菌数に変更された。これにあわせて排水基準も見直しが進められている状況でもあり、国内での大腸菌数に関するデータの蓄積は始まったばかりである。また、ISOでも指標が未統一であり、再生水の灌漑利用分野をみてもISO 16075-2では糞便性大腸菌群数を、ISO 16075-5では大腸菌数を指標としている。

* 農研機構 農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO

キーワード：再生水、大腸菌、塩類

ISO 16075-5「処理済み廃水消毒および同等の処理」では、消毒(および同等の効果が得られる処理)に関する指針を示しており、個別処理での大腸菌数の低減効果をまとめている(表 1)。ある農業集落排水処理施設で二次処理水の大腸菌数を測定したところ 4.2×10^3 ($2.6 \times 10^2 \sim 3.2 \times 10^4$) 個/100mL であった。この場合に 100 個/100mL の基準をクリアするには、二次処理水に対して $0.4 \sim 2.5 \log$ 以上の大腸菌数の低減効果をもつ追加処理が必要と推察される。つまり、基準を満たすためには表 1 を参照して追加処理を導入・検証する必要があるとの判断になる。

大腸菌数の低減のための処理技術の適用にあたっては別の水質項目にも注意が必要となることがある。例えば塩素処理や促進酸化、オゾン処理では副生成物に、膜処理や UV 照射では懸濁物濃度に注意が必要である。それぞれの処理の特性を踏まえたうえで農地において安全に使用できる水質を達成できるようにする必要がある。

2.2. 再生水の畑地灌漑利用における農地での管理

再生水は河川水や井戸水に比べて、塩類(特に Na^+ 、 Cl^-)濃度が高いことから、長期にわたり再生水で灌漑した場合、土壌への塩類集積が懸念される。日本は降水量が多いため露地栽培では塩類集積が生じにくいと考えられるが、ハウス栽培では懸念が大きい。これらの評価には圃場での長期的な圃場試験が必要であるが、労力・コスト・時間の面から困難な場合が多いことから、数値モデルを援用した土壌塩類集積評価が有効である。

この場合、土壌中の物質移動の解析が可能なソフトウェアである HYDRUS-1D の多成分溶質移動モジュール(UNSATCHEM)が用いられることが多い。圃場環境での影響予測や将来予測等へのモデルの適用にはパラメータ取得が不可欠であり、その取り組みが進められている(亀山ら、印刷中)。今後の研究の進捗が期待される。

2.3. ISO 16075 シリーズの状況と再生水利用拡大への課題

ISO では、第 282 技術委員会(TC282)で水の再利用に関する規格開発が進められており、その中の第 1 小委員会(SC1)で灌漑利用に関するガイドラインが開発されている。ISO 16075「灌漑事業に使用する処理済み廃水に関する指針」は第 5 部までが発行されており(R5.3 現在)、続く第 6 部では「施肥」をテーマとして、処理水に含まれる栄養塩類を安全に有効活用するための指針が示される。第 1~5 部では水不足を解消するための安全な再生水利用に関する内容であったが、再利用に際して含有される有効成分の有効活用にまで目的が拡大しつつある。

再生水を安全に使用することは技術的に可能であり、飲料用に耐える水質にまで浄化することも可能である。水不足のインド、カリフォルニア州南部などの水不足にある地域では間接的または直接的な飲料水としての活用を想定している。この取り組みは“Toilet to Tap”と呼ばれており、促進酸化や膜処理、UV 照射などを活用して安全に利用することを想定している。

農業利用・飲料利用どちらの場合でも、消費者の心情的な問題が密接にかかわってくる。消費者が抱く再生水に対するイメージを向上させるための科学的な知見に裏付けされた活動や、安全を担保する経済的で効果的なモニタリングが、幅広い再生水利用において重要となる。

3. おわりに

再生水の灌漑利用にあたっては、処理水の水質と農地での要求水質のギャップを見極めながら最適な追加処理や対策によって安全に利用できる手法の整理・確立が求められる。引き続き、長期的な灌漑利用がもたらす農地・周辺環境などへの影響や、水循環だけでなく物質循環までを考慮した効果についての議論を深めることが重要である。

[参考文献] ISO 16075 シリーズ, 亀山ら: 農業農村工学会論文集(印刷中), 鈴木(2003)畑作物の水質環境, 中野ら(2023)水環境学会誌, 46(1), 21-33., 濱田ら(2021)農業農村工学会論文集, 313, II_51-60., 治多・中矢(2011) 水土の知, 79(11), 7-10.

表 1 大腸菌数の低減効果

| | 大腸菌低減 (log) |
|-----------------------|----------------|
| 二次処理 | 1-3 |
| Dual media filtration | 0-1 |
| 貯留 | 1-5 |
| Advanced treatment | >6 |
| 膜処理(UF・NF・RO) | 4>6 |
| オゾン処理 | 2-6 |
| UV照射 | 2>6 |
| 促進酸化 | >6 |
| 塩素処理 | 2>6 |