

定量的微生物リスク評価のための地下浸透処理におけるアデノウイルスの除去不活化能の評価

Kanoknit SANTIMAHAKULLERT

キーワード: 水再生利用、地下浸透処理、微生物リスクの低減、アデノウイルス、除去効率

1. 研究背景

気候変動に伴い、都市における水資源の量的・質的不安定性に対する懸念が高まっており、下水処理水の循環・再生利用システムが望まれている。代替水資源の候補の一つが下水二次処理水である。諸外国を初め、膜処理ベースの水再生システムが稼働中であるが、コストやエネルギー消費の観点から改善すべき点は多い。本研究では、高度リスク管理手法を用いた地下浸透処理 (SAT) プロセスに着目し、病原微生物の除去能の評価を行った。

2. 目的

本研究は、定量的微生物リスク評価 (QMRA) を指向したアデノウイルス(AdV)データ蓄積のための手法確立に取り組む。具体的には、1) 低濃度の病原微生物を含む水試料の濃縮手法の確立、2) パイロットスケールの SAT カラムを用いた病原微生物除去能の評価、3) 同じく SAT プロセスにおける病原微生物の不活化能評価を行う。

3. 方法

1Lの SAT 流入水(下水二次処理水)と50Lの SAT 流出水を定期的に採水した。SAT 流出水はMWCO 50,000の限外ろ過により1Lに一次濃縮した後、この一次濃縮試料およびSAT 流入水をさらにポリエチレングリコール(PEG)沈殿により濃縮した。また、それぞれの濃縮過程におけるウイルス回収率をAdV40添加試験により求めた。AdV濃度は定量的PCR法を用いて測定した。さらに、SATプロセスにおけるAdV除去能を計算するとともに、糞便性大腸菌群の除去能も測定した。最後に、CaCO₂株化細胞を用いたウイルス培養とその後の細胞内ウイルスゲノムのPCR検出からなるウイルス感染試験を行い、試料中の感染性AdVの最確数を推定した。

4. 結果と考察

水試料濃縮過程におけるウイルス回収率は、PEG沈殿で2.4%、限外ろ過濃縮が28%であった。SATカラムのAdV除去能は0.56–1.52 logである一方、糞便性大腸菌群の除去能は約6 logと極めて高くかつ安定していた。SAT流入水、流出水のAdV濃度はそれぞれ 10^4 - 10^5 、 10^3 - 10^4 genome copies/ μ Lに分布した。しかし、qPCR手法では感染性の有無によりウイルス粒子を区別して測定することはできないため、この値には試料中に存在するヒトに対する感染能を失ったウイルス粒子や、細胞外のゲノムが含まれている可能性がある。そこで、4試料に対してウイルス感染性試験を行ったところ、1つのSAT流出水でのみAdVの細胞感染が確認され、最確数を求めることができた。qPCR手法で求めたAdV定量値と比較すると、感染性AdVの最確数は1/50と小さい値を示した。この結果は、SATプロセスでは微生物リスクの低減に対して不活化メカニズムも大きく貢献すると期待されることを示唆している。

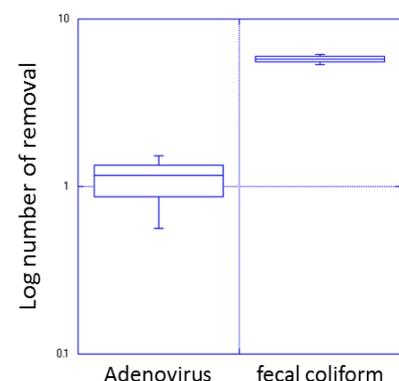


図-1 SATプロセスにおける糞便性大腸菌群とアデノウイルスの除去能の比較