水平流式人工湿地における細菌除去特性の解析

東北大学工学部　学生会員　○熊井健人
東北大学工学研究科　非会員　板倉帆希
東北大学工学研究科　正会員　野村宗弘
東北大学工学研究科　正会員　坂巻隆史
日本大学工学部　正会員　中野和典
東北大学工学研究科　正会員　西村修

1. 研究背景と目的

少子高齢化，地方の過疎化が急速に進行している中で，社会基盤施設の維持管理，更新は重要な問題である．特に下水処理施設については，施設の稼働効率の低下や使用料の減収に伴う経営の圧迫などの問題が考えられ，社会情勢の変化等に応じた効率的かつ適正な整備・運営管理手法を行うことが必要不可欠である [1]．一方，浄化槽は個別処理にあたり管きょを必要としないことから，短時間で施工でき家屋が散在する集落において効率的である [1]．浄化槽による廃水処理で懸念されることのひとつに，塩素消毒が十分に行われているのかという衛生面での問題がある．また，添加され残留した塩素が環境中に流入し生態系に影響を与えることも懸念される．山田らは残留塩素が巻貝の一種カワニナの行動に影響を与えることを明らかにし [2]，生態系への影響を避けるために塩素消毒をせずに衛生的安全性を確保する方法の検討を進めるべきであるとした．

塩素消毒を行わずに病原菌を除去することが期待できる汚水処理のひとつとして人工湿地が挙げられる．人工湿地では吸着沈降などの物理的，化学的な除去，捕食や光による死滅などによって細菌が除去される．人工湿地の原生生物による細菌の捕食に関する研究は行われている [3]ものの，水平流式人工湿地に出現する原生生物数と細菌除去に関する研究は見当たらない．そこで本研究では，細菌除去に関する原生生物の影響を数値的に表現することを目指し，水平流式人工湿地における細菌除去のモデル化と，細菌除去と原生生物の関係について解析を行った．

2. 方法

1)実験

仙台市にあるコミュニティプラントの敷地内に水平流式人工湿地を設置し実験を行った．消毒前の処理水をタンクに貯留した後，連続流入(150L/日,滞留時間 1 日)植生あり 1 槽(D 系)，間欠流入(75L /日,滞留時間 2 日)植生あり(A 系)，植生半分(C 系)，植生なし(B 系)各 1 槽, 計 4 槽の水平流式人工湿地(2m×0.25m×0.3m)でそれぞれ処理を行った. 流入水, 流下 0.5m, 1m，2m の処理水を週に 1 度サンプリングし，大腸菌群数，大腸菌数，腸球菌数をカウントした．また流下 0.5m，1m，1.5m の地点で土壌をサンプリングし存在する原生生物と後生生物の数を調査した．

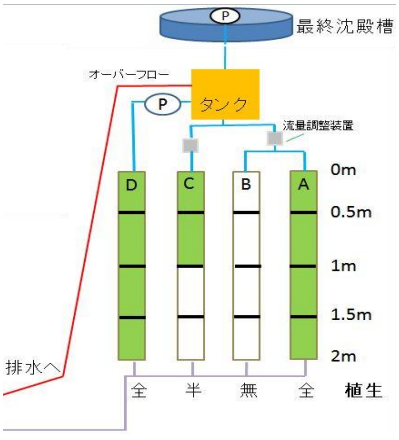

図 1　人工湿地の概略図

2)解析

一次元移流拡散方程式に一次反応式を加えたモデルを，実験から得られた人工湿地における細菌数のデータに適用した．これにより実験に用いた人工湿地における死滅係数を算出した．

次に，原生生物および後生生物の出現した数と流

キーワード：人工湿地　細菌除去　原生生物
連絡先：宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06　東北大学　022-795-7474

入した細菌数や細菌除去数とを各系で比較し，それらの生物が人工湿地における細菌除去にどのような影響を与えているのかを解析した．

3. 結果

各系で流下位置ごとに細菌数の平均をとり，流入濃度と 2m 処理水濃度の 2 点に数値モデルを適用したところ，図 2～5 のように 0.5m，1m での細菌数を上手く表現できなかった．そのため 0~0.5m，0.5m~1m，1m~2m の 3 区間に分割し，それぞれの区間で死滅係数を算出した．その結果，植生の存在により特に流入から 0.5m までの細菌除去能力が高くなることが明らかになった．

腸球菌の除去については，図 3 に示すように植生のない B 系では最初の区間において死滅係数 K＝1250(/年)とすると実験データを上手く表現できるが，全体に植生がある A 系(図 2)では，死滅係数 K=1700(/年)であり，B 系に比べ 1.36 倍大きな値となっている．図 4，図 5 に示す大腸菌についても同様の傾向があり，最初の区間では B 系よりも A 系の死滅係数の方が高い．このことから植生のある系では流入から 0.5m までの細菌除去効率が高まることが示された．次に 0.5m までの腸球菌と繊毛虫に関して A 系と B 系で比較を行った．繊毛虫の存在数は B 系では腸球菌と相関が見られなかったが，A 系においては図 6 のように腸球菌の除去数と正の相関が見られた．

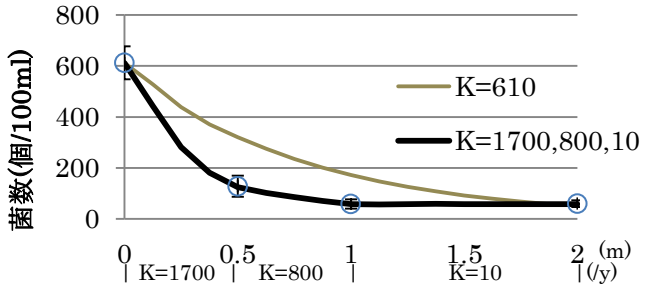

図 2　A 系の腸球菌数と死滅係数

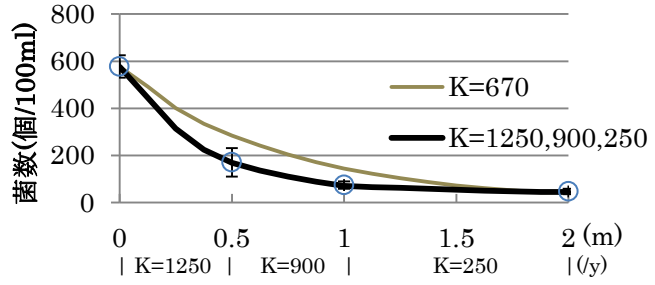

図 3　B 系の腸球菌数と死滅係数

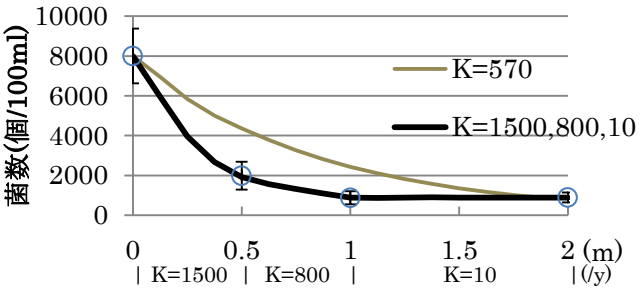

図 4　A 系の大腸菌数と死滅係数

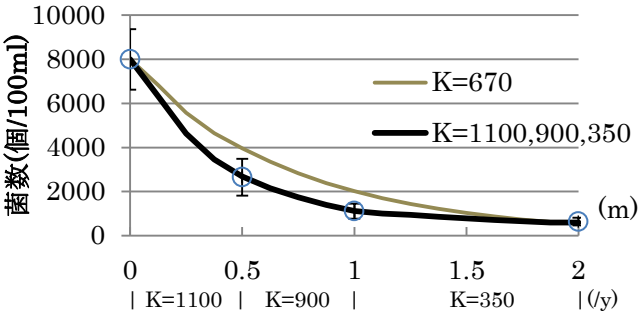

図 5　B 系の大腸菌数と死滅係数

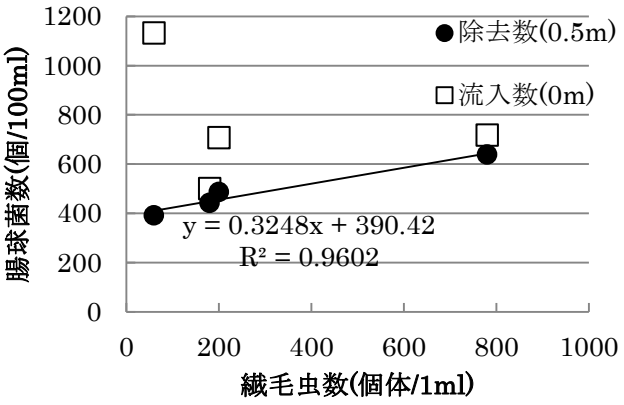

図 6　A 系の腸球菌数と繊毛虫数

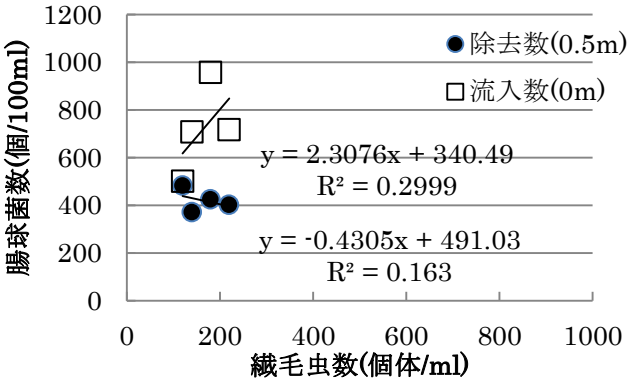

図 7　B 系の腸球菌数と繊毛虫数

参考文献

1)国土交通省,農林水産省,環境省(2014) 持続的な汚水処理システム構築に向けた都道府県構想策定マニュアル

2)西村修(2013) 環境研究総合推進費報告書

3)Decamp&Warren(1998) water research, vol32,No.7 pp.1989-1996