

氏名(本籍)	尾崎益雄(群馬県)		
学位の種類	博士(農学)		
学位記番号	博乙第937号		
学位授与年月日	平成6年1月31日		
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当		
審査研究科	農学研究科		
学位論文題目	段落流を用いた酸化溝方式による污水の高次処理に関する実験的研究		
主査	筑波大学教授	農学博士	鈴木光剛
副査	筑波大学教授	農学博士	多田敦
副査	筑波大学教授	農学博士	前川孝昭
副査	筑波大学教授	工学博士	中村以正

## 論文の要旨

現在、農業生産構造の近代化、生活様式の変化、農村の混住化の進展にともない、農業集落排水による公共用水域や農業用水の汚濁が進行してきている。これに対しては、大規模型の公共下水道事業では早急に対応することが困難になってきており、農業用水の水質確保と農村環境整備を目的に、農業集落排水事業を中心とした小規模処理事業を展開する必要性が顕著になってきている。

小規模の処理事業を実施するためには、小規模処理施設の確立が必要となる。これには、建設費用が安価なこと、維持管理経費が低廉であり、さらに維持管理が容易なことが要求される。また、近年問題とされている、富栄養化原因物質である窒素とリンの除去機能も併せ持たなければならない。

従来、Pasveer氏によって開発された酸化溝方式が一般化されたが、この方法は循環水路を長くとする必要があるため、小規模処理施設には適さない。これに対して、エアレータの間欠曝気運転による窒素除去方法が検討され、研究成果が提示されているが、一般化するには更なる検討が必要とされている。

そこで本研究は、小規模処理施設に適した新処理方式として段落流をエアレータとした酸化溝方式を提案し、実用規模の実験プラントを用いてエアレータの曝気性能と污水处理性能を実験的に検討し、安定した処理水質を得るための本処理方式の設計方法、運転方法の確立を図るものである。

本研究の一連の実験に使用した実験プラントの酸化溝は、水路幅2m、水路センターの長さ30mの鉄筋コンクリート製循環水路で、溝内実容積は60m<sup>3</sup>である。循環水路の途中一箇所に横断方向の隔壁を設けており、そこにエアレータを設置している。酸化溝で囲まれた内部には、沈殿溝と放流槽を設けている。循環水路の横断隔壁上に設けられたエアレータは、口径300mmの軸流水中ポンプを備え、

隔壁上流側から混合液を揚水し、それを下流側へ落下させて曝気を行い、ポンプを通した循環流を発生させる。この水中ポンプの流量は、揚程0.60mの時約0.2m<sup>3</sup>/sである。したがって、この実験条件では酸化溝内の平均循環流速は0.1m/sとなる。なお、実験に用いた汚水は前橋市の下水である。

段落流を酸化溝方式のエアレータとして応用することを検討した結果、その性能に関して、以下のことが明らかとなった。

曝気効率は2.2kg O<sub>2</sub>/KW・hrで他のエアレータと同等の性能を有し、投入動力は2.3W/m<sup>3</sup>と他のエアレータと比較して極めて小さく経済的である。酸化溝におけるエアレータの設置位置には制限がなく、酸化溝の形状は比較的自由に選択でき、台形断面は要求されない。また、酸素供給と循環流の発生を分離して制御できる利点を持つ。装置・構造が単純であるために、設置、運転、維持管理が容易であり、小規模処理施設のエアレータとしては適したものであることが確認された。

更に、落下水脈を分割することによる Deficit ratio の増加率  $\epsilon$  は、中曽根の提案値1.7よりも大きく Kroon の提案値3.4より小さい値である  $\epsilon = 2.7$  となること、および混合液を曝気することによる MLSS 濃度の Deficit ratio に与える影響として MLSS 濃度を3,000mg/ℓで運転した場合には、清水に対して Deficit ratio は15%低下することが明らかになった。

本方式の汚水処理性能について、実験プラントを用いて検討を行った。そこから得た知見を以下に示す。

#### (1)間欠曝気運転による有機物と窒素の処理性能

実験プラントでは、MLSS 濃度を3,000mg/ℓとして汚水の滞留時間を24時間とした場合、曝気時間1時間、非曝気時間2時間を1サイクルとする間欠曝気運転が最適であった。好気時間比（1サイクルの好気時間/1サイクルに要する時間）は0.4~0.6になり、1日当たり8サイクルの間欠曝気を行うことにより、好気分解と硝化に必要な酸素量を供給し、窒素除去に十分な嫌気時間を確保できる。この時、有機物の処理能力は他の酸化溝方式と比較して遜色なかった。低温時でも、BOD 除去率95%以上、T-N 除去率80%以上を得ることが可能である。

しかし、混合液温度が10℃程度まで下がる厳寒期においては、酸素利用速度の低下と共に硝化能力も低下する。このことにより好気時間比が大きくなり、脱窒に必要な嫌気時間が不足するようになる。この対策は、汚水の滞留時間を1.5倍延長することで確実な処理が行えるが、MLSS 濃度を高濃度にして酸素利用速度を大きく保つ運転を行い、硝化も促進して嫌気時間を確保する脱窒方法も今後検討する必要がある。現状では、8時間の曝気に対して6時間の嫌気時間が必要となることが明らかになった。この中で、酸化溝方式における酸化分解と硝化に必要な酸素量は、一般に除去 BOD 量を基準に提案されている値（1.8~2.2kg O<sub>2</sub>/kgBOD）よりも70~80%小さな値でよい、ということも明らかになった。

#### (2)リン除去方法

1日当たり8回の間欠曝気サイクルを実施する生物学的脱リンに加えて、凝集剤として塩化第二鉄溶液を添加するリン除去方法は、高いリン除去率が得られる。連続処理をする場合の添加量は、流入原水に含まれるリン量に対してモル比 Fe/P が1となる凝集剤量で十分である。この場合、リン除去

は温度の変化による影響は受けず、厳寒期においても90%の除去率が得られ、有機物や窒素の処理に影響を与えない。更に、貯留汚泥からのリンの溶出を抑制することができ、汚泥処理のために貯留槽において、新たなリン処理を導入する必要はない。

### (3)汚泥性状と固液分離性能

機械ロータを設置した実処理施設を対照として、本方式の汚泥性状と固液分離性能を検討した。本方式の汚泥を形成するフロックの直径は、対照施設のものと比較して明らかに小さい。その原因は、フロックが物理的衝撃によって細分化されることによる。しかし、沈降性からみた固液分離性能は、汚水処理において問題ない。また、糸状性細菌の出現個数も極めて小さく、このことは本方式の非曝気時における嫌気状態の発生と、関連づけられる。

以上のように段落流をエアレータとした酸化溝方式は、間欠曝気運転を導入することにより窒素除去が可能でリン除去も行い易い小規模処理施設として優れた点を多数有している。現在農業集落排水事業の処理施設の70%を占めている接触曝気方式では、窒素除去率を80%以上とする事は困難であり、リン除去についてはその方法も確立していない。また、汚泥の引き抜き等の維持管理の容易さや運転経費の安価なことにおいても、本方式は接触曝気方式に優るものである。

## 審 査 の 要 旨

著者は、流域での富栄養化の原因とみられる窒素とリンの流出を制御するための処理施設の開発に関して、実証的な研究を行った。すなわち、現在多く使用されている曝気方式に対して、水理的に構造が簡単な段落流を導入したエアレータを用いて、新しい酸化溝方式を開発した。その要点は、①本処理施設は間欠曝気運転によって、1サイクルの運転を窒素の硝化と脱窒を交互に行うことができ操作が簡便であり、その除去率は80%程度である。②リンの除去に関しては、間欠曝気運転のみでも除去率は60~70%であるが、塩化第二鉄の凝集剤を添加することで、90%の除去率が可能である。③固液分離性能に関しては、汚泥のフロックの大きさは他の処理施設と比べて小さいが、汚泥の沈降に関しての固液分離性能は良好であることが確かめられた。以上からこの新しい方式の処理施設の実用化が期待される。

よって、著者は博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。