

氏 名	鈴木 富雄
授与学位	博士（工学）
学位授与年月日	平成5年11月10日
学位授与の根拠法規	学位規則第5条第2項
最終学歴	昭和47年3月 信州大学大学院工学研究科工業化学専攻 修士課程修了
学位論文題目	土壤浸透法による生活排水の高度処理と 水域への汚濁負荷削減に関する研究
論文審査委員	東北大学教授 須藤 隆一 東北大学教授 柳澤 栄司 東北大学教授 野池 達也 東北大学教授 澤本 正樹

論 文 内 容 要 旨

土壤の自然浄化能力を利用した汚水の処理・処分は、我国においても古くから行われてきたが、近年では山間地等適当な放流河川のない区域に設置された、宿泊施設やゴルフ場等において、より大規模且つ急速に普及するようになった。また自治体の方針により、河川・湖沼への浄化槽放流水等の排出が制限されている区域においても、それらの最終処分は土壤浸透に依拠せざるを得ない。この様に汚水の土壤浸透は、適当な放流先のない区域において必要不可欠な手段として、また公共用水域への汚濁負荷削減の確実な方法の一つとして期待され利用されているが、現在普及しているこれらの土壤浸透施設は、土壤の汚水浄化能やそのメカニズム、あるいは汚水の土壤浸透が土壤環境や地下水に及ぼす影響等を、必ずしも充分考慮して設置されたものではない。その主な原因は、これまで我国では汚水の土壤浸透に関し、科学的な解明がほとんど行われてこなかったことにある。そのため一部では汚水の地表へのいっ水や、浸透水質の悪化あるいは浸透水による地下水汚染の懸念等の問題も発生している。従って、これらの諸問題への適切な対処と新たな問題の未然防止、更には土壤の浄化能力を利用したより高度な技術開発を行うためにも、土壤浸透システムに対する詳細で、科学的な解明が必要とされている。

本研究の目的は、現在実施されている汚水の土壤浸透システムについて、その実態を詳細に明らかにすると同時に、ここで明らかにされた諸課題に対し、有効な解決策を提起することである。対象とした土壤は主に、火山国である我国の1/6の面積を占めている火山灰土壤である。

具体的な検討課題としては、以下のようなものがあげられる。第1は、既存の土壤浸透システム

における、汚水の処理効果、汚水浸透が土壤環境に及ぼす影響、汚濁成分の物質収支等の諸実態を詳細に明らかにすることである。汚水の土壤による処理効果以外に、土壤環境への影響や物質収支の検討を行うのは、これらの互いに関連し合っている諸事象を全面的に把握することにより、汚水の土壤浸透に関する正確な評価が可能となるからである。第2は、既存の土壤浸透システムでは除去困難であることが判明した硝酸態窒素（以下、 $\text{NO}_3\text{-N}$ と略記する）に関し、その地下水汚染防止対策を講ずることである。そのためには、汚染防止に有効と考えられる新しいタイプの土壤浸透システムについて、その実態調査を行いその可能性を検証することが必要となる。第3は、現在我国においても明確な基準が提示されていない、土壤浸透システムの合理的な設計・維持管理諸元を明らかにし、適正な土壤浸透を行うための指針を確立することである。この作業は複数の土壤浸透施設について長期間詳細な実態調査を行い、その結果から必要な事項を抽出・解析することにより可能となる。第4は、現在公共用水域の水質汚濁に関し、焦眉の問題とされている生活排水対策に関し、土壤浸透処理が果たす役割を具体的に明らかにし、その活用に当たって便宜を図ることである。そのためには、土壤浸透システムの利用に伴う公共用水域への汚濁負荷削減量、及び地下水への汚濁負荷量について、その原単位を明らかにする必要がある。

本論文は全体で7章から構成されており、その概要は以下のとおりである。

第1章は総論であり、研究の背景、既往の研究と本研究の関係、本研究の目的及び論文の構成について述べた。

第2章では、汚水の土壤浸透に伴う汚濁成分の除去効果について解明を行った。

合併処理浄化槽放流水、単独処理浄化槽放流水及び変則合併排水（単独処理浄化槽放流水＋雑排水）を土壤浸透させている3つの施設について、最長16年にわたって水質調査を行った。その結果、汚水の土壤浸透に伴う前窒素（以下、 TN と略記する）の除去率は21～50%程度であったが、生物化学的酸素消費量（以下、 BOD と略記する）、化学的酸素消費量（以下、 COD と略記する）及び全りん（以下、 TP と略記する）では、それぞれ86～99、79～96、82～99%の高い除去率を16年以上保持できることを明らかにした。

第3章では、汚水の土壤浸透に伴う汚濁成分の土壤への影響と汚濁成分の物質収支について解明を行った。

汚濁浸透区の土壤においては、土壤に対する汚濁負荷量と土壤抽出液の電気伝導率（以下、 EC_{e} と略記する）、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 及び塩素イオン（以下、 Cl^- と略記する）は正の相関を示した。汚濁負荷のもっとも高いトレンチ底部付近の土壤においては TP 、 TN 及び全炭素（以下、 TC と略記する）の増加が認められたが、トレンチから1 m以上離れるとこれらの成分は逆に減少する傾向を示した。また土壤浸透による窒素除去のためには、重力浸透型トレンチに比べ毛管浸透型トレンチがより有効であることが確認された。

第4章では、汚水負荷に伴い土壤中に蓄積された汚濁成分が、汚水負荷停止後自然条件下でどのような変化をするか解明を行った。変則合併排水土壤浸透区の土壤を、汚水負荷停止後15か月の間隔において2回調査し、同一地点における汚濁成分濃度を比較した。 $\text{NO}_3\text{-N}$ の調査結果を図1に示す。

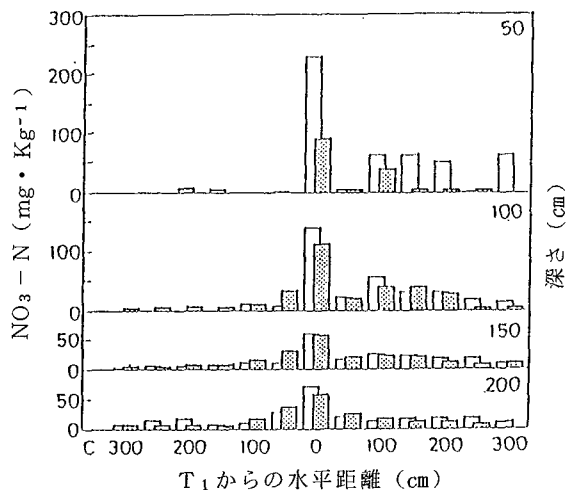


図1 変則合併排水土壌浸透区における土壌中のNO₃-Nの変化
□: 1977年8月, 〘: 1978年11月

この結果、汚水浸透に伴い土壌浸中に蓄積された無機態窒素が、汚水負荷開始前の状態まで減少するには10~20年を要する場合もあることが明らかにされた。

第5章では、現在汚水の土壌浸透処理において当面の重要課題となっている、NO₃-Nによる地下水汚染防止対策として、2つの土壌浸透システムについて検討を行った。

第1は土壌浸透を利用した単独処理浄化槽におけるクローズドシステムで、循環に伴う水量損失の補給及び汚泥の引き抜きを含め、6か月に1回循環水を更新することにより、10年にわたりトイレの洗浄水として利用可能な、良好な水質が確保できることを実証した。第2は土壌湛水法による生物学的脱窒処理で、通常の土壌浸透により不飽和重力浸透した浸透水を土壌に湛水させ、ここで水素供与体と作用させることにより、75~77%の窒素除去が可能であることを確認した。

第6章では、汚水の土壌浸透装置の設置に伴う水域への汚濁負荷削減量と地下水への汚濁負荷量について検討を行った。

表1 単独処理浄化槽放流水の土壌浸透に伴う地下水への汚濁負荷量及び水域への汚濁負荷削減量原単位

	放流水の 排出原単位	地下水への 負荷原単位	水域への 負荷削減量
BOD	2.5	0.03	2.5
COD	3.3	0.23	3.1
TN	5.8	4.1	1.7
TP	0.70	0.007	0.69

単位: g・人⁻¹・日⁻¹

表2 合併処理浄化槽放流水の土壤浸透に伴う水域への汚濁負荷削減量及び地下水への汚濁負荷量原単位

	放流水の 排出原単位	地下水への 負荷原単位	水域への 負荷削減量
BOD	3.2	0.48	2.7
COD	4.2	0.88	3.3
TN	6.4	5.1	1.3
TP	0.82	0.15	0.67

単位：g・人⁻¹・日⁻¹

単独及び合併処理浄化槽放流水を不飽和土壤浸透させた場合、地下水への汚濁負荷原単位及び水域への汚濁負荷削減量は、表1及び表2に示した値となることを明らかにした。

第7章は総括と展望で、各章の総括と汚水の土壤浸透に関する今後の展望について述べた。

審 査 結 果 の 要 旨

近年、生活排水の土壌浸透は、放流河川のない地域に設置されたゴルフ場や宿泊施設において、必要不可欠な方法として広く普及されているが、詳細な実態はほとんど不明であり、地下水汚染等が懸念されている。

本論文は、火山灰土壌地帯における生活排水の土壌浸透に関し、その実態を系統的に明らかにすると同時に、地下水の硝酸性窒素汚染防止対策について検討を行ったもので、全編7章よりなる。

第1章は総論である。

第2章では、汚水の土壌浸透に伴う汚濁成分の除去効果について解明を行い、全窒素の除去は概ね50%以下であるものの、BOD、CODおよび全リンは、いずれも80%以上の高い除去率であることを明らかにした。

第3章では、汚水の土壌浸透に伴う汚濁成分の物質収支について解明を行い、水、土壌、汚濁成分の実態とこれら3者の関係を明らかにした。

第4章では、汚水の土壌浸透に伴い、土壌中に蓄積された汚濁成分が、汚水負荷停止後どのような挙動を示すかについて検討を行った。その結果、汚水の浸透に伴い土壌中に蓄積された無機態窒素が消失するには10~20年を要することが明らかにされた。これは汚水負荷停止後の環境影響までを考慮した点で、特に重要な知見である。

第5章は、土壌浸透処理の重要課題となっている、硝酸性窒素による地下水汚染防止対策として、2つの土壌浸透システムについて検討を行った。第1は土壌浸透を組み込んだ単独処理浄化槽によるクローズドシステムで、洗浄水として利用可能な水質が確保できることを実証した。第2は土壌湛水法による生物学的脱窒処理で、75%程度の窒素除去が可能であることを確認した。これは、土壌浸透により、BOD、窒素、リンの同時除去が可能であることを示したもので、重要な成果である。

第6章では、地下水への汚濁負荷量を検討し、BOD及び全リンに比較して窒素負荷量が著しく大きく、単独及び合併処理浄化槽でそれぞれ4.1及び5.1g・人⁻¹・日⁻¹であると算定している。これにより飲料水の水質基準以下に抑制するためへの、地域許容量が推定できるようになった。

第7章は総括と展望である。

さらに付録1に土壌浸透処理装置の設計・維持管理諸元、付録2に地下浸透に伴う窒素の挙動が示してある。

以上、要するに本論文は、生活排水の土壌浸透法における汚濁成分の挙動を明確にしたうえで、窒素除去法及び設計・維持管理諸元を検討したもので、衛生工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として合格と認める。