

学位論文題名

有機性廃棄物を材料とした浄化槽用シーディング剤の開発

学位論文内容の要旨

下水道が施設されていない地域に設置されている便所排水や家庭雑排水を処理する小型排水処理施設の浄化槽は、下水道に比べて設置が容易で安価な反面、個々の家庭など個別に設置されているため維持管理が粗雑になりやすく、その結果浄化能力を発揮していないものが見受けられる。シーディング剤の投入は浄化槽設置後の使用開始を容易にし、浄化能力を高め、発泡を防ぐなど、浄化槽の維持管理を簡便にする方法の一つである。本研究では、有機性廃棄物を材料としたシーディング剤を開発した。浄化槽が日本固有の技術であるため、シーディング剤の研究例も多くないが、廃棄物、特に牛ふんを材料としたシーディング剤の研究は世界的にも例がなく、その効果も明らかになっていない。本研究の目的は、牛ふん、下水汚泥を主体とする有機性廃棄物から生産した、シーディング剤の性状、浄化能力や利用法を明らかにすることである。

1. 有機性廃棄物を材料とした浄化槽用シーディング剤の性状

本シーディング剤は、牛ふん、下水汚泥、種堆肥、木材チップを所定の割合で混合して堆肥化した後、乾燥し、篩い分け選別して製造した。本シーディング剤作製中の堆肥パイル温度は、数回の切り返し後も60~70℃まで上昇し、良好な堆肥化が行われた。1回の作製で、原料混合物13~15tから、シーディング剤は360~450kg生産された。

シーディング剤の生産方法が浄化能力に及ぼす影響を調査するために、生産過程の各段階から採取した試料と温度上昇が不良な堆肥化過程を経たいわゆる不良堆肥試料を用いて、汚水浄化実験を行った。本シーディング剤の各生産工程を経ることにより汚水浄化能力が高まり、そのうち、堆肥化による温度上昇の良否が、汚水浄化能力に及ぼす影響が最も大きいことが明らかになった。

本シーディング剤には、未分解の有機物とカルシウムやカリウムなどの無機塩類が高濃度に含まれていた。本シーディング剤の微生物相の大部分は、孢子形成菌の*Bacillus*属であった。*Bacillus*属を中心とする本シーディング剤中微生物は、水処理に有効な働きが多数あることが報告されており、堆肥化による高温と乾燥による低水分により、これらが優勢になったものと考えられる。

2. 有機性廃棄物を材料とした浄化槽用シーディング剤の汚水浄化特性

本シーディング剤の汚水浄化能力を検証するために、他の4種類の微生物製剤を用いて、4種類の汚水、2条件の温度下で汚水浄化能力を比較した。その結果、本シーディング剤は、浄化しやすい資材の汚水では浄化能力が高く、さらに低温や難分解性汚水といった浄化しにくい条件でも、他の製剤に比べて浄化能力の低下が小さかった。これより、本シーディング剤は、異なる汚水や温度域でも、安定して高い汚水浄化能力を持つことが明らかになった。シーディング剤を菌液、エキス、固形物に分けてシーディング剤と同様に汚水に投入する実験を行った結果、シーディング剤の菌液にエキスや固形物を添加することで、汚水浄化効果が高まった。本シーディング剤の汚水浄化能力は、微生物の働きによるものだけではなく、エキスや固形物にもよっているといえる。

また、下水処理場ではシーディング剤を活性汚泥処理の曝気槽に投入して浄化効果を上げる場合

も考えられる。したがって、活性汚泥にシーディング剤を投入したとき、汚水浄化効果にどのような影響があるかを検証した。汚泥を投入した汚水に本シーディング剤を添加した結果、硝酸性窒素濃度は、汚水にシーディング剤と活性汚泥をそれぞれ単独で添加した時のそれらの和よりも高くなった。これは、活性汚泥とシーディング剤の相互作用により、硝化が促進することを示しており、下水処理場でのシーディング剤の使用も可能であることが示唆された。

3. 有機性廃棄物を材料とした浄化槽用シーディング剤の固形化

本シーディング剤は粉末状であるため、使用する際には、袋詰めや運搬、浄化槽への投入の際の破袋や飛散など取り扱いが不便である。浄化槽には1日1人当たり約200Lの排水が流入する。粉末状のシーディング剤の一部は、排水の上に浮いてしまうため、排水の流入時に処理水とともに浄化槽外へ流出してしまい、浄化効果を発揮しない。この問題を解決するためにシーディング剤を固形化し、浄化槽底部に沈殿、静置して、徐々に溶解するようにした。固形化に関しては、加水量、バインダ量、混練回数、固形化時荷重が固形化に与える影響を調査した。その結果、混練回数が増加するほど良好に固形化され、加水量やバインダ量が多くなると、固形化物内部に空隙ができやすく、水中で崩壊しやすくなった。本研究では、混練回数20回以上、固形化時荷重147N以上、加水量25~27.5%、バインダ量5~15%の条件で良好な固形化が可能であった。

4. 有機性廃棄物を材料とした浄化槽用シーディング剤の汚水処理外利用

本シーディング剤を1回作製すると1.2~5.0tの残渣が発生する。その残渣を有効に利用するために、堆肥としての効果を検証した。作物としてトマトを使用し、他の施用物として、生牛ふん、化学肥料、メタン発酵消化液を用いて、2年間実験を行った。その結果、本シーディング剤は化学肥料や消化液と比べても果実の品質に有意な差はなく、遜色ない高い収量を示し、土壌性状も変わらなかった。これより、本残渣は肥料として十分利用できることが示された。

5. 有機性廃棄物を材料とした浄化槽用シーディング剤作製による廃棄物処理量試算

本シーディング剤の生産は、浄化槽の汚水浄化能力を向上させるほか、廃棄物の新たな有効利活用法を作り出すという側面もある。そのため、本剤の作製により処理、利用される廃棄物量を試算した。本試算では、浄化槽普及率を12~25%、浄化槽の維持管理回数を1~4回/年と仮定した。これより、シーディング剤生産量は年間15千~300千tと算出された。2004年度を基準とすると、シーディング剤を作製することにより、牛ふん発生量の0.2~3.8%、汚泥発生量の0.4~8.6%が利用されることになった。

安価で効果の高い浄化槽用シーディング剤として、牛ふんと汚泥を主体とした有機性廃棄物からシーディング剤を作製し、その汚水浄化機能と効果、利用方法を明らかにした。本研究の結果、本シーディング剤の、排水浄化処理への有効性が示され、固形化方法や汚水処理外の利用法も明らかにできた。本シーディング剤作製により、有効利用率の低い下水汚泥や、偏在、集中化している家畜ふんの有効利用も可能であることが示唆された。本研究で開発されたシーディング剤は、現在商品として市販され、北海道から鹿児島まで全19道府県で使用されている。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 松 田 従 三
副 査 教 授 木 村 俊 範
副 査 准教授 近江谷 和 彦

学 位 論 文 題 名

有機性廃棄物を材料とした浄化槽用シーディング剤の開発

本論文は、全7章からなる総頁数118の和文論文である。論文には図46、表25、引用文献100が含まれている。

下水道が整備されていない地域に設置されている便所排水や家庭雑排水を浄化する小型汚水処理施設の浄化槽は、個別分散型施設であるため維持管理が粗雑になりやすく、その結果浄化能力を発揮していないものが見受けられる。シーディング剤とは、汚水浄化に有用な微生物や微生物の活性を高める添加物を含む浄化促進剤のことであり、シーディング剤の投入は浄化槽設置後の立ち上げ期間を短縮化し、浄化槽の浄化機能の安定化と維持管理を簡便にする方法の一つである。本研究は、牛ふんや下水消化汚泥といった有機性廃棄物を材料としたシーディング剤を開発し、その性状、汚水浄化効果を明らかにし、取扱い性や残渣の問題点を解決することを目的にした。

1. シーディング剤の性状

本シーディング剤は、牛ふん、下水消化汚泥、種堆肥、木材チップを予備試験で得られた所定の割合で混合して堆肥1次発酵後、乾燥し、篩い分け選別して製造した。作製中の堆肥パイル温度は、数回の切り返し後も60~70℃まで上昇し、堆肥発酵による温度上昇が良好であった。1回の作製で、原料質量の4%程度の360~450kgのシーディング剤が生産された。

シーディング剤の生産方法が浄化能力に及ぼす影響を調査するために、生産過程の各段階から採取した試料と温度上昇が40℃程度と不良な堆肥1次発酵過程を経た、発酵不良試料を用いて汚水浄化実験を行った。本剤の生産においては、堆肥発酵による温度上昇の良否が汚水浄化能力に及ぼす影響が最も大きいことが明らかになった。

本シーディング剤の微生物相の大部分は、孢子形成菌の*Bacillus*属であった。本シーディング剤に含まれる微生物は、汚水浄化に有効な働きをもつことが報告されており、堆肥化による高温と乾燥による低水分により、これら*Bacillus*属が優勢になったものと考えられる。

2. シーディング剤の汚水浄化特性

本シーディング剤の汚水浄化能力を検証するために、市販の浄化促進剤や牛ふん堆肥などと汚水浄化能力を比較した。その結果、本剤は浄化しやすい資材の汚水では浄化能力が高く、さらに低温や難分解性汚水といった浄化しにくい条件でも他の浄化促進剤などに比べて浄化

能力は低下しなかった。これより、本剤は異なる汚水や温度域でも安定して高い汚水浄化能力を持つことが明らかになった。

また、本剤を実際に活性汚泥法で処理を行っている浄化槽や下水道で使用することを想定し、活性汚泥にシーディング剤を投入したとき汚水浄化効果を検証した。活性汚泥が含まれる汚水に本剤を添加した結果、硝酸性窒素濃度は、汚水にシーディング剤と活性汚泥をそれぞれ単独で添加した時の硝酸性窒素濃度の和よりも高くなった。これは、活性汚泥とシーディング剤の相互作用により、硝化が促進することを示しており、浄化槽や下水処理場で脱窒による窒素除去が活発になることが示唆された。

3. シーディング剤の固形化

粉末状である本シーディング剤は取扱い性が悪く、浄化槽で浮上、流出しやすいため滞留時間が短いという問題がある。この問題を解決するためにシーディング剤を固形化し、浄化槽内で徐々に溶解するようにした。固形化に関しては、加水量、米粉などバインダ量、混練回数、固形化時荷重が固形化に与える影響を調査した。その結果、混練回数が増加するほど良好に固形化され、加水量やバインダ量が多くなると水中で崩壊しやすくなった。これらから、混練回数 20 回以上、固形化時荷重 147N 以上、加水量 25~27.5%、バインダ量 5~15% の条件で良好に固形化されることが明らかになった。

4. トマトの生育に及ぼすシーディング剤残渣の施用効果

本剤作製時には原料質量の 50%程度が残渣として発生するが、これら残渣を堆肥として有効に利用するために、トマトを使用して化学肥料、メタン発酵消化液などと施用効果を比較、検証した。その結果、本剤残渣はその他の施用物と比べても、施用効果は変わらず、肥料として十分利用できることが示された。

5. シーディング剤作製による廃棄物処理量の試算

本シーディング剤の作製により処理、利用される廃棄物量を試算した結果、シーディング剤需要量は年間 3.7 万~15.4 万 t と算出された。2004 年度を基準とすると、シーディング剤を作製することにより、牛ふん発生量の 0.5~1.9%、汚泥発生量の 0.3~1.5% がシーディング剤作製に利用されるものと試算された。

本研究では効果が高く安価な浄化槽用浄化促進剤として、牛ふんと下水消化汚泥を主体とした有機性廃棄物からシーディング剤を開発し、その性状、汚水浄化効果、硝化促進効果、固形化法などを明らかにした。その結果本シーディング剤は浄化槽や下水処理場で浄化促進剤として有用であり、今後水環境の改善・保全や廃棄物処理の促進に寄与するものと期待される。

よって、審査員一同は、小島陽一郎が博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた。