

(様式第3号)

学 位 論 文 要 旨

氏名: 陳 昕

題目: 多段土壌層法における汚水処理効率への装置構造の影響と畜産廃水の色除去に関する研究
(Study on multi-soil-layering system in relation to structural influence on waste water treatment efficiency and decolorization of livestock wastewater)

本論文では、多段土壌層法の研究において四部分に分けて行われた。

1) 多段土壌層装置の汚水処理効率におよぼす装置構造の違いの影響: MSL装置の処理効率と装置構造の関係を調べて、HLR1000 と 2000 L m⁻² day⁻¹では、SMBの表面積がより大きな装置が、より大きなSS, BOD₅, CODとT-P除去率を示した。これは汚水とSMBの接触効率が高められたためである。水処理結果における装置構造の差違はHLR2000 L m⁻² day⁻¹において、特にCOD と T-P 除去で最大となった。SMBの上部表面積の増加がMSL装置の処理効率に及ぼす影響は、側面積の増加よりも大きかった。HLRを3000 L m⁻² day⁻¹に増加させた時、MSL装置の構造の違いによる処理効率の違いは小さくなった。これはおそらくSSの集積によるORPの変化とPLでの短絡が原因だと考えられた。T-N除去について、低HLRの1000L m⁻² day⁻¹では構造間の差はなく、HLRを2000 L m⁻² day⁻¹以上に増加したときに差があった。しかしそれは、SS集積とORP変化による二次的な効果がSMB表面積の増加による影響よりも、装置のT-N除去能に大きく影響したと感じられた。

2) 畜産排水の吸着脱色処理及び吸着-再生バランスにおける土壌とその他の吸着資材の比較研究: 汚水処理における土壌とその他の吸着資材の脱色能を調べるために、3種類の土壌(黒ボク土、マサ土、赤土)、活性炭、木炭の吸着およびその回復能を比較した。マサ土と赤土は下水処理水の処理ではマイナスの脱色率を示した。黒ボク土10gを30mlの下水処理水および5倍と20倍に希釈した畜産排水に添加した結果、脱色率はそれぞれ51.8%、59.9%、66.6%に達した。活性炭と木炭の脱色能は、資材の原材料と生産方法で大きく変化した。活性炭と木炭の孔隙分布の分析結果、各資材の脱色能は外部孔隙の比表面積と粗孔隙の総体積と正の相関関係を示した。資材の吸着能の回復試験の結果、活性炭は吸着した色素を迅速に脱着した。そして、回復期間を7日から14日増やしても結果はほとんど変化しなかった。一方、黒ボク土、ゼオライト、木炭の回復率は、回復期間を7日から14日に増やしたとき、または汚水中の色素濃度を減少させたときに大きくなった。適したHLRと色素濃度の条件化で、土壌式浄化法は持続的な脱色能を示した。100 cm³のカラムに黒ボク土(84 g)と活性炭を(6 g)を充填した黒ボク土ベースの脱色装置は、20倍希釈した畜産排水(波長406 nmで吸光度0.8)をHLR 50 ml 100cm⁻³ day⁻¹で継続的に処理したときに、20日間60%以上の脱色率を維持した。

3) 土壌式浄化法ならびに多段土壌層法による汚水の脱色処理における、資材構成や送気、水負荷速度などの効果：畜産排水の色物質とCODの除去におけるMSL装置の効果を調べるために、50 x 10 x 68cm³のアクリル水槽を用いて、異なる資材構成のSMBを持つ4つのMSL (MSL1~4) 装置を作成した。波長406nmにおける吸光度が0.9215でCOD濃度がおよそ3000mg L⁻¹の10倍希釈畜産排水をHLR 250 L m⁻² day⁻¹で装置に負荷した。送気管はMSL1~3ではPLにMSL4ではSMB層に設置した。実験の結果、MSL装置は平均脱色率60.7-67.1%とCOD除去率48.8-58.0%を実験開始後6週間維持した。しかし、送気量を1000から2000 L min⁻¹ system⁻¹ (27.4-54.8 L min⁻¹ L⁻¹)に増やしたところ、各装置の脱色率が3.0から12.1に%増加した。COD除去については、送気量の増加と温度の上昇により除去率が23.0から43.3に%増加した。SMBへおがくずと鉄粒を添加したMSL1は、それら資材を添加していないMSL2と比べて、実験5-6ヶ月目の脱色率が9.1%、COD除去率が12.0%高かった。また、一ヶ月間、運転を停止することによって、脱色率とCOD除去率がそれぞれ50%と80%以上に回復した。

4) 紫外線分解による畜産排水の前処理と分子量分布分析とイオン交換樹脂による脱色機構の解明：畜産排水処理における紫外線分解では、COD_{Cr}の除去及び脱色能に効果が見られなかった。しかし、大きい分子 (>1000 KDa) からより小さい分子 (50-1000 KDa) への分解は起こっていた。このことから、有機物を溶解し、紫外線照射によって分解するために、過酸化水素を添加し水中での有機酸生成を促進することが必要であると考えられた。加えて、過酸化水素が分解されることによって生じる酸素基や水酸基も分解速度を大きく促進する。分子量分布の分析結果より、排水中の色素物質の80%は分子量が50 KDa以上の物質で構成されていた。MSL装置が色素物質で吸着飽和された時、ほとんどの脱色-再生プロセスは大きな分子 (>1000 KDa) と関係していた。吸着されたより小さい分子の解離が、さらなる脱色率を向上するために重要であると考えられた。また、陽イオン交換樹脂は、陰イオン交換樹脂に比べ高い脱色率を示した。これは、色素物質は主に負に帯電しており、陰イオン交換プロセスによって除去されるとする我々の仮説と反対の結果となった。陽イオン交換樹脂の素材が陰イオン交換樹脂よりも、高い色素物質の吸着能力を有していたのかもしれない。また、pHの変化が水中の腐植物質に影響を与えたとも考えられた。これらの原因解明のためには更なる調査が必要であると考えられた。