

廃棄物処理等科学研究費補助金 総合研究報告書概要版

研究課題名 = 生活排水等の処理過程で発生する水、汚泥のリサイクル技術の向上に関する研究

研究期間（西暦） = 2000 - 2002

研究年度（西暦） = 2002

代表研究者名 = 大森英昭（財団法人 日本環境整備教育センター）

共同研究者名 = 井上義夫（東京工業大学）, 小川人士（玉川大学）, 丹治保典（東京工業大学）, 中井 裕（東北大学）, 中嶋睦安（日本大学）, 渡辺孝雄（財団法人 日本環境整備教育センター）

研究目的 = 循環型社会の形成には、廃棄物の発生抑制、廃棄物を有価物に変換後の消費地との関係が重要であり、ごみ、し尿、浄化槽汚泥及び処理水も資源とみなし、これらを有効活用する必要がある。浄化槽汚泥の有効利用には、衛生学上の安全性、汚泥からの溶出成分による地下水汚染等も検討する必要がある。本研究は生活排水等の処理過程において発生する処理水、汚泥の具体的な有効活用方法を検討することによって、水質保全、衛生学的安全性の確保、有機質汚泥の循環利用に貢献することを目的とする。

研究方法 = 本研究は次に示す内容に大別され、以下にそれぞれの研究方法を示す。

(1) 浄化槽の処理水質の性状把握と高度化及び消毒技術、及び浄化槽汚泥の簡易な減量・減容化技術及び再生技術に関する検討

各種浄化槽の水質評価を行い、その処理水質を高度化するため、おがくずによるろ過装置及び小型用紫外線消毒装置を開発した。汚泥処理については、不織布による簡易脱水法、浄化槽汚泥濃縮車のし尿処理施設への影響及び汚泥の炭化と炭化物の性状を検討した。

(2) 浄化槽の処理水及び汚泥の再生利用に係る衛生学上安全確保に関する検討

浄化槽への流入ウイルス量を推定するため、ワクチン接種後の排出状況を経時的に測定した。また、汚泥へのウイルス結合機序について、結合時の2価イオンの影響を検討した。

(3) 汚泥のコンポスト化に係る有用微生物の探索と培養方法に関する検討

コンポスト化過程及びラグーン処理過程におけるアンモニア同化微生物を分離培養する方法を開発し、アンモニア同化能の高い微生物を分離、同定した。コンポスト化過程の微生物群集を遺伝子解析法である変性剤濃度勾配ゲル電気泳動（DGGE）法によって観察した。

(4) 浄化槽の処理水及び汚泥の農業利用技術及び施用方法に関する検討

処理水に残存した N, P 成分を栄養素と考え、水田に引用する実験を行った。汚泥については、堆肥成型品の取り扱い性向上方法、炭化汚泥の農作物栽培への適用を検討した。

(5) 汚泥からのプラスチック及び活性炭等の再生技術に関する検討

微生物による浄化槽汚泥からの生分解性プラスチック(PHA)の直接生産と、浄化槽汚泥焼成炭化物と生分解性プラスチックとから成る複合材料の創製を検討した。

(6) 浄化槽の処理水及び汚泥に対する大腸菌ファージによる評価方法に関する検討

浄化槽中の腸管性大腸菌 3 種、O157 大腸菌 2 種、及び緑膿菌特異的ファージの浄化槽内での挙動を調査した。また、ファージの感染特異性を利用した迅速測定法の開発を行った。

結果と考察 = 上記研究課題については、それぞれ以下のとおりである。

(1) 浄化槽処理水は N 除去技術や膜分離により高度な水質が得られていた。一方、より安価なおがくずを用いたろ過装置の開発、試験を行った結果、SS の減少分に対し、N-BOD は大きく減少し、硝化菌の流出が抑制された。SS は空隙内に 14,000mg/L 超過まで濃縮され、貯留能力に優れていた。紫外線消毒装置を小型浄化槽へ適用した結果、SS、透過率の影響を受けたが、消毒装置として有効であった。余剰汚泥に対する不織布を用いた汚泥の重力ろ過脱水では、一次濃縮により脱水効率が向上し、高いろ過性能が得られた。次に、収集効率の向上のため、し尿処理量 200kL/日の施設に濃縮車 12 台を導入した。結果では、導入後の清掃を行った総容量は 260kL/日に増加したが、搬入量は 160kL/日へ減少した。導入により汚泥濃度が上昇して設計基準値に近づき、また、汚泥量の減少により消化槽加温用エネルギーを大幅に削減できた。汚泥の炭化処理では、良好な運転条件、炭化物への評価方法を確立できた。含有成分のうち、C、N は炭化により減少し、重金属等は濃縮、蓄積する傾向を示したが、炭化が進行するといずれも溶出し難くなることが示された。

(2) ポリオウイルス弱毒株を接種後の排出状況は、幼児、成人共に 2 週間目で最高値を示し、総排出ウイルス量はほぼ同量と推定された。そのウイルスは浄化槽汚泥に 87.1 ~ 98.8% が吸着移行していた。排出先の下水汚泥からポリオウイルス及びその他の腸管ウイルスが検出され、汚泥当たりのポリオウイルス量は、ワクチン投与時期にほぼ一致した。なお、ウイルスの保持、除去については、2 価イオン吸収剤を制御することで制御可能と考えられた。

(3) ラグーンから 37 培養分離したアンモニア同化能の高い微生物は、37 培養でアンモニアの減少率は高く、15 培養では低い結果であった。培地に牛糞抽出液を添加するとさらに減少率が高まった。コンポスト化過程でアンモニアを唯一窒素源とできる細菌数は、発酵過程で変化し、これらの分離株は単菌培養時、混合培養時のいずれも高いアンモニア同化能を示した。16S rDNA の塩基配列分析による簡易同定により、高アンモニア同化微生物の優占種は発酵前には土壌など由来の中温菌で、発酵期以降に高温菌へ推移することが示唆された。微生物群集の解析から、コンポスト化過程における優占種の変化が観察された。

(4)浄化槽の処理水による栽培実験から、植物の栄養素の吸収力、必要時期に応じた添加量に注意する必要があるが、コシヒカリ栽培による結果では、処理水の農業利用が可能であった。また、堆肥成型品の取り扱い性を向上させるため、副資材、バインダー等を検討した結果、馬鈴薯澱粉、馬鈴薯の搾汁カス、米糠の脱油後のカス等が有効であった。

(5)浄化槽汚泥を前処理した後、*Alcaligenes latus* を接種、培養した結果、PHA の産生量は、未処理に対し前処理を行うことで大幅に増加した。一方、浄化槽汚泥からの炭化物の化学構造を、固体高分解能 ^{13}C -NMR で分析した結果、アルキル飽和炭素が減少し、酸素原子に結合した炭素、不飽和結合、芳香族炭素が増加した。本法は炭化に伴う化学構造変化の解析に有効であった。この炭化物を市販のポリエステルと混合、加熱プレスにより生分解性プラスチックフィルムを作製し、機械的性質を評価した結果、ポリ(エチレングリコール)を第三成分とすることで、機械的性質の優れたフィルムが得られた。

(6)ファージのほとんどは遠心時の沈殿画分に存在し、上清画分には数%であった。また、浄化槽のファージ濃度は一次処理で減少し、二次処理以降での検出は散発的であった。大腸菌の検出に際し、ファージ染色体 DNA に GFP(green fluorescent protein)をコードする遺伝子を導入し、キャプシドを構成するタンパク質と融合して発現させ、蛍光性 O157 特異的ファージ(GFP-PP01)を分子構築した。GFP-PP01 ファージは GFP を融合しても、感染特異性や溶菌特性に変化がなく、GFP-PP01 非感受性大腸菌である K12 株が共存しても、O157 を特異的に検出できた。さらに、Viable but nonculturable (VBNC)状態や、死滅した菌体も検出できた。本開発により、大腸菌 O157 を 30 分以内で検出することが可能となった。

結論 = 本研究では以下の有用な知見が得られた。おがくずろ過装置、小型紫外線消毒装置により処理水の高度化が図れ、また、処理水を直接農業利用することが可能であった。不織布による簡易な脱水、汚泥濃縮車により、し尿処理施設への負荷削減、汚泥の炭化に対する評価方法を確立できた。生分解性プラスチックの生産では、汚泥の各種可溶化法による生産量の向上、炭化物を混合した生分解性プラスチックフィルムを作製した。微生物学的観点からは、アンモニア同化能の高い微生物が探索できた。また、ウイルス及びファージの挙動からみた安全対策の必要性が示唆された。さらに、ファージの感染特異性を利用した大腸菌 O157 の迅速測定法を開発した。