

環境系における汚泥制御の研究

The Study on the Reduction of Sludge/Solid Waste in the Environmental Treatment Process

主任研究員：濱崎竜英

分担研究員：濱崎竜英、菅原正孝、林 新太郎

都市生活の中で、一般にゴミと呼ばれる固形廃棄物や、下水やし尿などの汚水（液状廃棄物）が排出されており、衛生面と環境保全の点から、これらを適切に処理・処分していくことが求められている。液状廃棄物もやがて固液分離と汚濁物の分解過程の中から汚泥（固形廃棄物）が発生するため、水処理法とともに固形廃棄物の処理技術を検討していかなくてはならない。

本研究の主たる目的は、汚水や廃棄物処理工程から発生もしくは残渣として余剰となる汚泥、すなわち固形廃棄物を可能な限り減量化し、環境への負荷を低減させるシステムを検討することである。減量化する方法としては、嫌気性処理法や、ベルトプレスやフィルタープレスを使った脱水法などがあり、実際に運用されている。本研究のポイントは、処理系内で減量化システムを導入するもしくは従来の処理法を改良して減量化を図ることである。この減量化システムとしては、生物学的方法と物理・化学的方法に大きく分類することができる。生物学的方法としては、特定細菌を利用する方法、物理・化学的方法としては、熱利用、超音波利用、ミル（粉碎機）利用などがある。これらの方法は、現在、研究段階であり実用化には至っていない。

このように減量化技術としても多様な方法が検討されており、これを1課題としてもしくは1研究者として実施することは困難であり、研究組織を形成して複数の研究者によって実施するものである。現在、実施済み及び実施中の研究テーマは7種あり、具体的には次のとおりである。

1. 既存下水処理システムの概要調査および活性汚泥法微生物の把握

活性汚泥法が適用されている下・排水処理施設に関する今まで蓄積している情報に加え、新たに既存施設の問題点を聞き取り調査や文献調査を行い、本長期的共同研究で取り組む活性汚泥法で発生する余剰汚泥の減量化に関する研究動向を調査した。

2. 流入下水及び処理水の量・質の把握および汚泥減量化技術の情報収集

余剰汚泥減量化技術を進める上で、まずそれら水質と水量を把握する必要があることから文献調査を実施した。また、現在進められている汚泥減量化技術の研究動向についても文献調査を行った。

3. 汚泥性状の把握および実験室スケール活性汚泥装置の準備

活性汚泥法から発生する余剰汚泥の性状について文献調査を行い、減量化技術の検討するための基本情報を整理することを目的とした。さらに、実験を実施するために必要な実験スケール活性汚泥装置について検討し、実験の準備を行った。

4. 物理化学的処理技術による発生汚泥の濃縮及び減量化の研究

ミルを用いた発生汚泥の減量化に関する研究である。活性汚泥法で発生する余剰汚泥は、微生物が大半であり、微生物は細胞膜によって外部からの様々な攻撃に対して防衛している。そのため、微生物が微生物を栄養源として取り入れようとする場合、細胞膜を破壊し、分解するためにはエネルギーと時間を要することになる。そこで、余剰汚泥、すなわち微生物をミルによって粉碎し、微生物の栄養源になりやすい状態とし、返送汚泥、下水とともに反応槽に再送するという方法である。ミルを利用する方法では、粉碎するためのエネルギー源が増加するが、生物学的に分解しにくい有機物も粉碎することができる。

5. 生ゴミのオンサイトにおける減量化の研究

資源化（堆肥化やメタン発酵など）の技術と裨益効果が確認でき、広く認知されるまでの遷移期間において、あえて資源化することではなく、至急の課題となっている生ゴミ問題を解決する方法として、生ゴミの減量化（減容化）技術に着目し、現在、実験を実施している。実験は次の3項目となっている。

- (1) 模擬生ゴミの減量化回分実験
- (2) 家庭用生ゴミ処理機による模擬生ゴミの減量化実験
- (3) 発生現場における実生ゴミの減量化実験

6. 高効率メタン発酵技術による有機廃棄物処理の基礎的研究

メタン発酵は嫌気性微生物を利用し、メタンガスを生成させエネルギーを回収するという再資源化技術の一つである。一般的なメタン発酵は、37℃程度で行う中温消化と55℃程度で行う高温消化に大別される。本研究では、80℃程度という超高温領域で活発な酸発酵をする微生物（超高温菌）を用いて、従来では分解に時間を要し、また分解しにくかった有機物を高効率に分解してメタンを生成する技術を開発することを目的としている。

7. 標準活性汚泥法の操作条件による汚泥の質・量の影響に関する研究

活性汚泥法の曝気槽内に汚泥低減材料としてスギチップを用いる実験である。このスギチップは企業によって開発された商品で、生ゴミのコンポスト化、浄化槽の効率化及び消臭などに用いられている。しかしながら、その効果を調査しておらず、また汚泥減量のメカニズムが解明されていないのが現状であり、次の実験を行うことにしており、現在実験準備中である。

1. ビーカー試験
2. 小型活性汚泥装置実験

既存下水処理システムの概要調査および活性汚泥法微生物の把握 物理化学的処理技術による発生汚泥の濃縮及び減量化の研究 生ゴミのオンサイトにおける減量化の研究

濱崎 竜 英 (人間環境学部)

環境系における汚泥制御の研究として、次の3課題について研究を実施及び実施中である。

1. 既存下水処理システムの概要調査および活性汚泥法微生物の把握

活性汚泥法が適用されている下・排水処理施設に関する今まで蓄積している情報に加え、新たに既存施設の問題点を聞き取り調査や文献調査を行い、本長期的共同研究で取り組む活性汚泥法で発生する余剰汚泥の減量化に関する研究動向を調査した。また、活性汚泥法は微生物による有機物の分解によって行う水処理方法であることから、その微生物の挙動や特性を把握することはすでに多く研究されている。それら活性汚泥法で利用されている微生物の情報を収集するとともに、余剰汚泥減量化に有用な微生物群について整理を行った。

2. 物理化学的処理技術による発生汚泥の濃縮及び減量化の研究

わが国において下水処理方法として一般的に用いられている活性汚泥法は、その処理工程上汚泥が発生する。この汚泥の一部を余剰汚泥として処理工程外に排出し、処理・処分されているが、この処理・処分に要する費用が大きいことが課題となっている。従来の活性汚泥法をそのまま活かし、かつ余剰汚泥量を削減することができれば、下水処理を実施している地方公共団体の財政的負担を大きくせず、運転・維持管理費の削減ができる。このような技術の一つに、ミルを利用した方法がある。余剰汚泥は、微生物が大半であり、微生物は細胞膜によって外部からの様々な攻撃に対して防衛している。そのため、微生物が微生物を栄養源として取り入れようとする場合、細胞膜を破壊し、分解するためにはエネルギーと時間を要することになる。そこで、余剰汚泥、すなわち微生物をミルによって粉碎し、微生物の栄養源になりやすい状態とし、返送汚泥、下水とともに反応槽に再送するという方法である。ミルを利用する方法では、粉碎するためのエネルギー源が増加するが、生物学的に分解しにくい有機物も粉碎することができる。

既に小型ミルを購入し、実験準備段階に入った。平成16年10月より基礎実験として、ピーカーによる実験を実施する。これは、ピーカーに活性汚泥を投入し、曝気を行って活性汚泥法の反応槽とする。そこにミルによって粉碎した活性汚泥及び粉碎していない活性汚泥、そして人工下水をピーカーに投入し、曝気を実施し、一定時間後の生物化学的酸素要求量 (BOD)、溶解性有機炭素量 (DOC)、浮遊物質 (SS)、SV30などを測定し、効果を確認する。同時にミルの所要量による BOD、DOC、SS 等の変化を確認する。

3. 生ゴミのオンサイトにおける減量化の研究

家庭や食品工場・飲食店などで発生する生ゴミの一部は、豊富な有機物を有する資源とし

て、従来から、農林業系への還元、家畜類の飼料等として利用されてきた。一方、都市部における人口増加と集中、大量生産と大量消費、また、農林業・畜産業の規模の減少によって、伝統的な循環型社会が維持できず、その有用な資源の大半を焼却処分してきた。このような状況から抜け出すため、新しい資源化の調査・研究が進み、コンポスト化やメタン発酵などの技術が開発されてきた。しかしながら、堆肥化では、コンポストを利用するユーザー（農林業者）が減少しているという問題（需要の減少）、コンポストよりも化学肥料が低価格で安定した供給ができるという問題（コストと供給の問題）などから市場の拡大にはいまだ至っていない。また、メタン発酵も一部では稼動しているが、初期投資が大きいため、一般に広まっているという状況ではない。

このようなことから、資源化（堆肥化やメタン発酵など）の技術と裨益効果が確認でき、広く認知されるまでの遷移期間において、あえて資源化することではなく、至急の課題となっている生ゴミ問題を解決する方法として、生ゴミの減量化（減容化）技術に着目し、現在、実験を実施している。

実験は次の3項目となっている。

(1) 模擬生ゴミの減量化回分実験

1L 弱のプラスチック容器（ビールカップ）の底部を開けるとともに側部に直径1cm 弱の孔を数箇所空けたものを土壌中に埋め込み、その中に模擬生ゴミを定量入れ、実験条件を変えて10パターン以上の比較実験を実施している。測定項目としては、蒸発残留物（TS）、強熱減量（VTS）、生ゴミ量、臭気などである。

(2) 家庭用生ゴミ処理機による模擬生ゴミの減量化実験

家庭用生ゴミ処理機として市販されている処理機を4機用い、模擬生ゴミを投入して、その減量効果を確認する実験を実施している。測定項目は、TS、VTS、生ゴミ量、臭気などである。

(3) 発生現場における実生ゴミの減量化実験

京都府笠置町のデイサービスセンターで発生する生ゴミを同町内に設置した生ゴミ減量装置（商品名：トラッシュ）に投入し、その効果を確認する。実験のため、トラッシュの内部を4分割し、条件を変えた実験を実施している。測定項目は、測定項目は、TS、VTS、生ゴミ量、臭気などである。

流入下水及び処理水の量・質の把握および汚泥減量化技術の情報収集

高効率メタン発酵技術による有機廃棄物処理の基礎的研究

菅原正孝（人間環境学部）

環境系における汚泥制御の研究として、次の2課題について研究を実施及び実施中である。

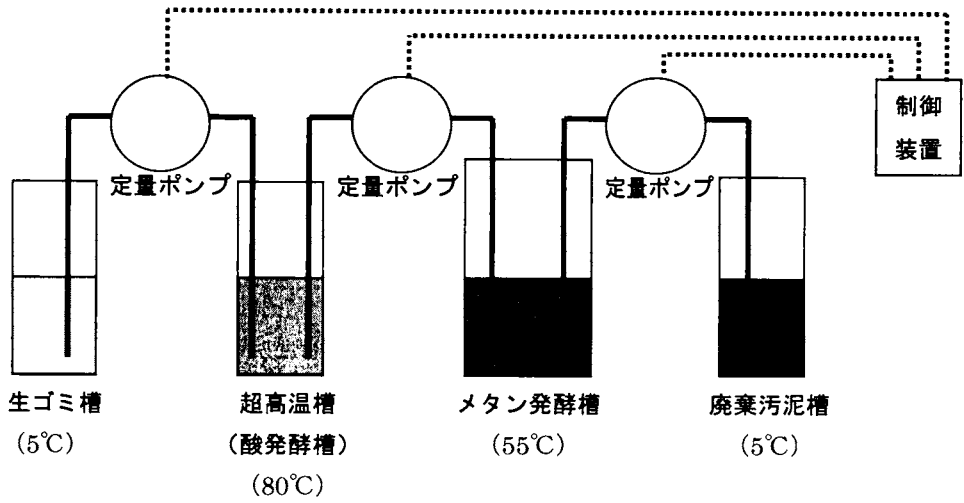
1. 流入下水及び処理水の量・質の把握および汚泥減量化技術の情報収集

活性汚泥法が適用されている下水処理施設には分流式と合流式があり、それぞれ流入水の質や量が異なっている。一般に下水流入水の質や量は日変化しており、さらに合流式は雨天時によって流入水質、水量とも大きく変化することから、下水処理施設の課題となっている。余剰汚泥減量化技術を進める上で、まずそれら水質と水量を把握する必要があることから文献調査を実施した。また、現在進められている汚泥減量化技術の研究動向についても文献調査を行った。

2. 高効率メタン発酵技術による有機廃棄物処理の基礎的研究

メタン発酵は嫌気性微生物を利用し、メタンガスを生成させエネルギーを回収するという再資源化技術の一つである。一般的なメタン発酵は、37℃程度で行う中温消化と55℃程度で行う高温消化に大別される。本研究では、80℃程度という超高温領域で活発な酸発酵をする微生物（超高温菌）を用いて、従来では分解に時間を要し、また分解しにくかった有機物を高効率に分解してメタンを生成する技術を開発することを目的としている。

高効率メタン発酵の実験装置は、酸発酵槽とメタン発酵槽の2槽構造となっている。酸発酵槽は超高温槽であり、通常のメタン発酵の発酵温度を超える80℃としている。迅速かつ効率的に分解した有機酸を次のメタン発酵槽に移送し、メタン生成菌によってメタンを生成するものである。平成15年度では、模擬生ゴミを対象とした2パターンの本方法と従来のメタン発酵方法を2パターンの合計4パターンで実験を行い、2槽構造では、効率的に酸発酵とメタン発酵がされていることがわかった。平成16年度では、さらに詳細なデータを獲得するため、模擬生ゴミを自動的に投入できる構造とし、温度管理等を徹底して物質収支を明らかにする実験を開始した。平成15年度で実施した実験装置に改良を加え、酸発酵槽とメタン発酵槽の2槽構造とし、対照系として1槽構造の2パターンとした。自動的に模擬生ゴミを投入するため、ドッグフードを凍結乾燥させ、供給時に水で希釈して用いた。測定項目は、TS、SS、TOC、COD、発生ガス量、ガス成分（メタン、二酸化炭素、水素など）及び有機酸（酢酸、プロピオン酸など）である。酸発酵槽とメタン発酵槽の2槽構造の実験装置の概要は次のとおりである。



汚泥性状の把握および実験室スケール活性汚泥装置の準備標準 活性汚泥法の操作条件による汚泥の質・量の影響に関する研究

林 新太郎（工学部）

環境系における汚泥制御の研究として、次の2課題について研究を実施及び実施中である。

1. 汚泥性状の把握および実験室スケール活性汚泥装置の準備

活性汚泥法から発生する余剰汚泥の性状について文献調査を行い、減量化技術の検討するための基本情報を整理することを目的とした。さらに、実験を実施するために必要な実験スケール活性汚泥装置について検討し、実験の準備を行った。

2. 標準活性汚泥法の操作条件による汚泥の質・量の影響に関する研究

活性汚泥法は、下水処理方法として最も一般的な処理技術であるが、構造上余剰汚泥が発生し、その汚泥の処理及び処分を行う必要がある。汚泥の処理・処分費は小さくないことから、余剰汚泥量を削減することは下水処理にかかる費用の低減につながる。そこで、平成16年度は、昨年度に行った情報収集より、活性汚泥法の曝気槽内に汚泥低減材料としてスギチップを用いることにした。このスギチップは企業によって開発された商品で、生ゴミのコンポスト化、浄化槽の効率化及び消臭などに用いられている。しかしながら、その効果を調査しておらず、また汚泥減量のメカニズムが解明されていない。このようなことから、次の実験を行うことにしており、現在準備中である。

(1) ビーカー試験

大型のビーカーに活性汚泥を投入し、曝気を行う。性状が安定したことを確認した後、人工下水とスギチップを投入して曝気を続ける。一定時間が経過した後、活性汚泥の性状を測定する。測定項目は、生物化学的酸素要求量（BOD）、溶解性有機炭素量（DOC）、浮遊物質（SS）、SV30、pH とし、スギチップの効果を確認する。対照系としてスギチップを投入しない系も同時に実施する。

(2) 小型活性汚泥装置実験

ビーカー試験でスギチップの効果が確認された場合、小型活性汚泥装置を用いた実験を行う。この装置は10Lの反応槽に加え沈殿槽が設けてあり、温度管理と自動運転が可能な装置である。この装置に活性汚泥を投入し、人工下水を投入した場合のBOD、DOC、SS、SV30などを測定し、その変化を確認する。その後、性状が安定したところからスギチップと人工下水を投入して人工下水のみを投入した場合と比較し、スギチップの効果を確認する。

BODは、生物などによる分解可能な有機物量の指標であり、活性汚泥法による削減可能な水質項目である。しかしながら、有機物には、生物では分解が困難な難生分解性有機物があり、BODはその指標とはできないことから、必要に応じて化学的酸素要求量（COD）も測定することとする。CODでは、過マンガン酸カリウムを酸化剤として

用い、その消費量を酸素に換算したものである。そのため、一部の難分解性有機物は酸化されないままとなるが、その大半は過マンガン酸カリウムで酸化されることから、COD と BOD の差は難生分解性有機物の指標となりえる。SS は MLSS と呼ばれ、水質項目としては浮遊物質量であるが、活性汚泥法の場合、MLSS は微生物量として取り扱われており、活性汚泥法の管理には欠かせない水質項目である。この MLSS に加え、SV30という測定項目があるが、これは、1L とメスシリンダーに活性汚泥を投入し、30分経過後の汚泥界面高さ（汚泥と上澄みの境界）を%で示したものである。この SV30 と MLSS から SVI を求めることができる。SVI は MLSS 当たりの活性汚泥の容量である。このような測定項目によりスギチップの効果を確認することができる。