

複合発酵技術を用いた汚泥減量化

平成16年8月

複合発酵法とはすべての微生物を有効な生態系に誘導し、有効な循環作用を継続することで産生される微生物酵素を利用して、自然の浄化作用を強化する方法である。この複合発酵法を応用し、実際の農業集落排水処理施設において汚泥減量化の実証実験を実施した。これまで約1年間運転を継続してきたところ、処理施設内で発生する余剰汚泥量は、従来方法に対して約9割減量された。処理水質についても、すべての検査項目が放流基準値を満足しており、特に大腸菌群数にあっては大幅な減少が確認された。

都市部での下水道施設や農村部での農業集落排水処理施設の普及に伴い、処理過程で発生する余剰汚泥は増加の一途をたどっている。一方でコンポスト化などの汚泥の有効活用が進められてはいるが、汚泥発生量はその需要量を大きく上回っているのが現状であり、焼却や埋め立て処理されるものがほとんどである。ところが近年、環境意識の高まりに伴い、埋め立て処分場の確保が困難になりつつあるため、各企業や各公共事業体では汚泥そのものの削減技術の研究開発が盛んに行われるようになった。

余剰汚泥を削減・減量化する方法のうち、代表的なものを表1にまとめる。これらは大きく2つのグループに分けられ、1つは発生した汚泥を処理装置に移し、そこで物理化学的な方法で減量化するもの、他は処理工程中において、微生物等による汚泥分解力を強化することで減量化するものである。

複合発酵法を用いた汚泥減量化技術は、後者の生物的处理の一方法として位置付けられる。複合発酵のプロセスでは、多種多様の発酵/合成微生物が産み出す酵素の作用を最大限活用することにより、汚泥減量をはじめ、悪臭の低減、処理水質の向上が可能となることが、これまでの研究開発で得た知見である。

今回は、(社)日本農業集落排水協会(JARUS)規格の既存排水処理施設に、複合発酵法による汚泥減量システムを付加するという普及が容易な構成において、汚泥の減量化、処理水質を確認する実験を実施したので、これまでの結果を報告する。なお、上記のサンプリング、データ収集、解析を行ったのは、日立プラントテクノ株式会社環境システム総括部である。

表1. 余剰汚泥減量化技術一覧

大分類	小分類	技術/製品名
物理化学的处理	オゾン処理	バイオリーダー
	溶菌剤利用	バイオダイエット
	アルカリ高温	BIPITTAシステム
	水熱反応利用	IHI汚泥減量システム
	機械的破碎	ミル破碎法、加圧破碎法
生物的处理	嫌気性発酵	上向流式嫌気性汚泥床
	食物連鎖強化	ACA法
	好熱菌利用	S-TEプロセス
	嫌気/好気菌交互利用	BIO CLEANシステム
	有用微生物群利用	アースラブ法、複合発酵法

実験内容

①複合発酵技術について

複合発酵技術(EMBC-FT)は、Effective Micro-Organisms Brewing Cycle-Fermentation Technologyの略語であり、「複合微生物動態系における循環有効作用を利用した発酵技術」を意味する。言いかえると、すべての微生物を有効な生態系に導き、発酵→分解→合成→発酵→・・・という微生物の有効な循環作用を発現し、有機・生物的情報エネルギー触媒(高濃度酵素)を用いた自然浄化作用を引き出すということである。

この複合発酵を用いた環境浄化バイオシステムは、微生物の持つ機能と情報を最大限に活用し、あらゆる汚染物質に対して、それに応じた発酵法、増殖法、誘導法を用いて対応する微生物生態系および動態系を創り上げ、微生物の汚染物質に対する耐性が生じ、次に分解菌が現生して分解酵素を出し、その状態が継続することでそれら分解菌が増殖し、すみやかに物質を分解してゆく作用を有する。

この方法における微生物のプロセスを図1に示す。まず好気性発酵微生物が働き出すことから始まるが、ここで発酵微生物とは酵母、乳酸菌類等であり、アミノ酸、ビタミン、ミネラル等の生理活性物質を作り、大腸菌、糸状菌等の好気性雑菌を浄菌、抑制する。次に乳酸菌が通性嫌気性菌類へとリレーし、放線菌類が現れて抗菌性物質を作り、病原性細菌、ウィルス等の嫌気性雑菌を浄菌する。この2つの浄菌作用が連動すると、アゾバクター、根粒菌等の窒素固定菌が、空気中より気体を取りこんで固定する働きをし、最後に光合成細菌、藻類、化学合成細菌が固定化された気体を取りこんで光合成等、有用な物質やエネルギーへの変換が行われる。このサイクルが継続されることによって、有機性の汚泥はガスや水に変換(分解)されることになる。

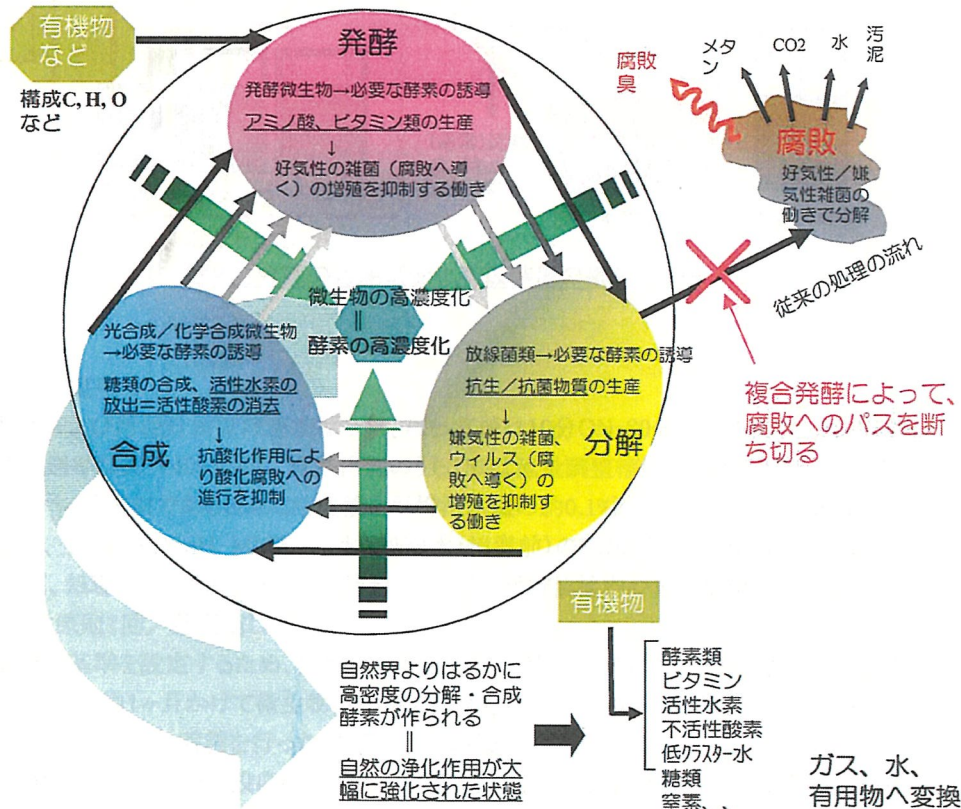


図1. 複合発酵での微生物サイクル

②実験施設、装置

今回の汚泥減量実験を行った施設での処理フローを図2に示す。この施設は、岐阜県武儀町下之保地区に設置された公共の農業集落排水処理施設であり、型式は(社)日本農業集落排水協会認定のJARUS-14型(連続流入間欠曝気方式)、最大計画汚水量は162m³/日という規模である。

従来までの方式だと、ばっ気槽での生物処理が終わった後に沈殿槽に導かれ、底部に沈殿した汚泥を抜き取って濃縮、貯留し、これを定期的に外部へ搬出することになっていた。今回の実験では、貯留槽内の汚泥をEMBC-FTユニット内に600～2000L/日の割合で送り、メインタンクで一定時間ばっ気したのち、サブタンクにてEMBC処理用のバイオ資材である培養液と混合した後、再度流量調整槽に返送する。以上の方法で汚泥返送を繰り返すことにより、処理施設全体の微生物生態系を複合発酵状態に誘導、維持し、汚泥の減量化を計るといふものである。

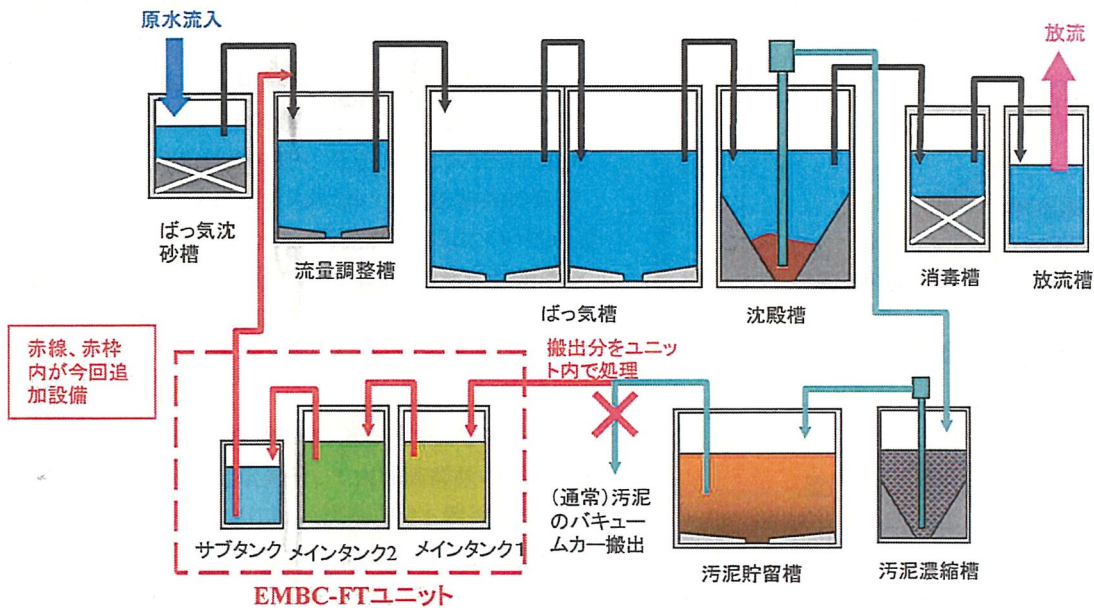


図2. 今回の汚泥減量化実験装置の概略フロー

③運転条件、測定項目

流量調整槽および汚泥貯留槽は連続ばっ気、ばっ気槽は10分ON-80分OFFの間欠ばっ気運転とし、沈殿槽から汚泥返送率は30～40%であり、返送汚泥のうち15%は流量調整槽に直接返送する。EMBC-FTユニットにおいては、バイオ資材であるEMBC培養液を平均汚水量の約0.1%添加、混合した後、流量調整槽へ戻す。

測定項目は、全水槽内のpH、MLSS、原水と処理水(消毒前)のBOD、COD、全窒素、全りん、ノルマルヘキササン抽出物質、処理水(消毒前)の大腸菌群数、そして汚泥貯留槽内の重金属類(Cd、Cu、Zn、Fe、Cr、Mn、Pb)、サンプリングは原則1回/週実施した。

汚泥減量率の基準を設定するため、実験開始から約1.5ヶ月は従来方式のまま運転させて上述のデータを取得した。その後、約1ヶ月かけて微生物生態系の誘導を行い(バイオ施工期間)、その後EMBC-FTユニットを本格稼働させ、データの蓄積を行った。実験期間は約350日である。

なお今回の検討では、処理施設内の全槽内の汚泥量を直接量ることは非現実的なため、各槽で測定したMLSSを用いて次式(1)で見積もることとした。

$$\text{施設内汚泥総量[kg]} = \sum_{\text{全槽}} \left\{ \frac{\text{槽内MLSS[mg/L]} \times \text{槽内水量[m}^3\text{]}}{1000} \right\} \dots\dots\dots(1)$$

結果および考察

①汚泥減量能の検討

図3は、今回の実験期間中の処理施設内の汚泥総量を前述の式(1)で見積り、この推移を示したものである。実験開始後43日目までは従来方式での運転を行い、その後バイオ施工期間を経て、71日目よりEMBC-FTユニットを本格稼働させた。従来運転期間の汚泥増加の傾きを、BOD汚泥転換率から予想すると、70%としたときにほぼ一致することがわかった。従来方式の運転を続けた場合には、上述の予想曲線のように汚泥が増加してゆくものと考え、EMBC-FT適用によって汚泥増加速度が著しく低減したことがわかる。

図4は、従来方式(転換率70%とした)とEMBC-FT方式BOD汚泥変換率を比較したものである。EMBC-FT方式の転換率は約8%となり、後述するようにBOD、SSの出入りに大きな変化が見られない、つまり槽内の負荷はほぼ一定であることから、汚泥が発生しにくい処理過程に変化したことを表している。傾きより汚泥減量率を求めると、89%という値を得た。

②処理水質の検討

図5～9は、全実験期間中の流入水および放流水のBOD、COD、SS、全窒素そして大腸菌群数の推移を示したものである。図中には放流基準値も鎖線で表してある。EMBC-FT適用後は、従来値からやや増加する傾向があったり、一時的に基準値を越えたりしたもの、250日目以降は基準以下レベルで安定している。中でも大腸菌群数については、EMBC-FT適用によって消毒前の状態が著しく改善しており、従来方式では必要であった塩素やオゾン等による消毒が省略できる可能性があることがわかる。

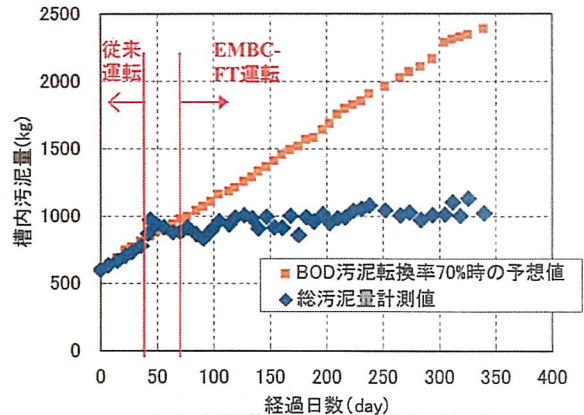


図3. 処理施設内の汚泥総量の推移

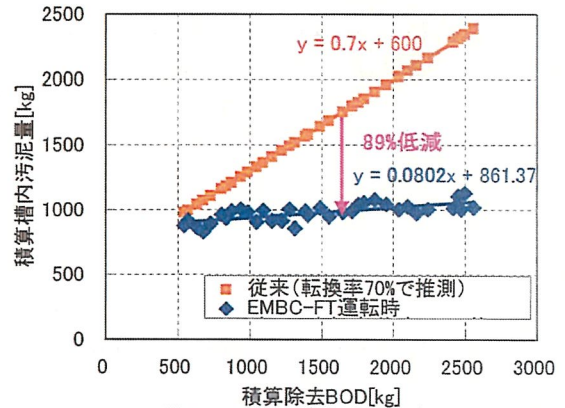


図4. BOD汚泥変換率の比較

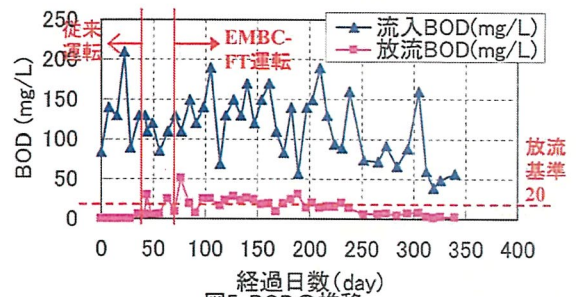


図5. BODの推移

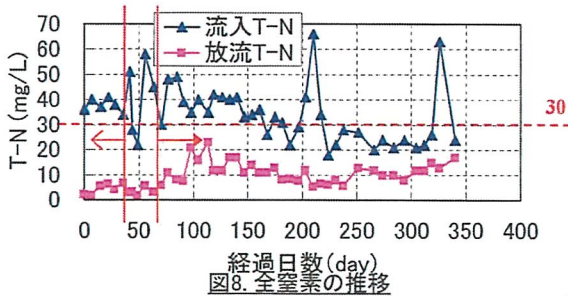


図8. 全窒素の推移

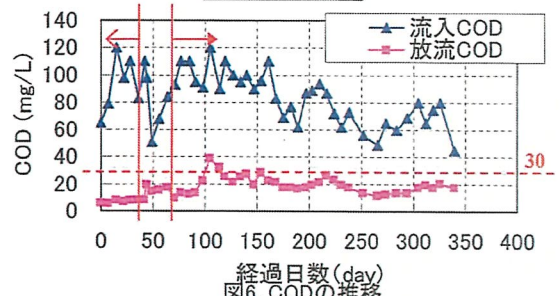


図6. CODの推移

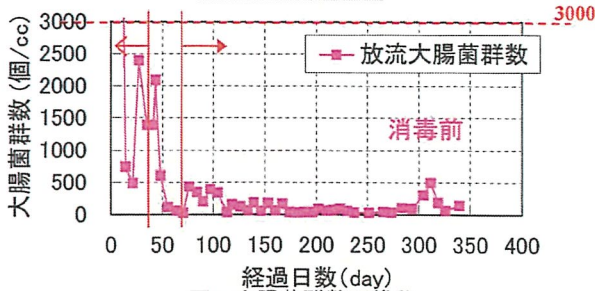


図9. 大腸菌群数の推移

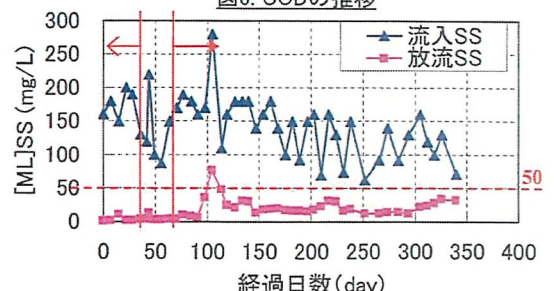


図7. SSの推移

本稿では、微生物生態系をコントロールして有効な循環作用を引き出し、産生された微生物酵素の働きにより自然の浄化作用を強化する方法である複合発酵法(EMBC-FT)を用いて、JARUS認定の既存農業集落排水処理施設において汚泥減量化実験を試みた。結果を要約すれば、以下の通りとなる。

(1) 複合発酵法による処理を行うことにより、従来方式(間欠ばっ気の一般活性汚泥法)に対して、汚泥発生量を約9割減少させることができた。

(2) 処理水質については、従来方式に対し若干増加することがあるものの、安定期に達すれば放流基準値を満たす状態が維持できた。大腸菌群数については複合発酵法による処理により、劇的に減少することが確認された。

また、複合発酵法による処理水を農業や園芸に再利用することで、農作物/植物の生長や抵抗力に顕著な改善があると報告されており、このメカニズム解明については今後の課題と考えている。

さらに複合発酵法には、単なる有機性排水の処理だけではなく、重金属を含む排水、PCBやダイオキシンなどの難分解性物質から低レベルの放射性物質に至るまでを処理できるポテンシャルを有することが、以前の実施例から期待されるため、これらについても順次検証していくつもりである。

参考文献

- (1) 高嶋：蘇生回帰の科学 エントロピーをエコロジーに、星雲社、(1998)
- (2) 通商産業省環境立地局監修：五訂・公害防止の技術と法規 水質編、(社)産業環境管理協会、(1995)
- (3) 甲斐ら：汚泥の減量化と発生防止技術、エヌティーエス、(2000)