

嫌気・好気複合消化における希釈倍率と曝気強度の影響

信州大学大学院 ○小林 博昭
信州大学工学部 正 松本 明人

1.はじめに

下水汚泥の生物学的処理法には、嫌気性消化と好気性消化がある。嫌気性消化は、汚泥の減量化とともにメタンが回収でき、また処理に使用するエネルギーが少なく済むという省エネルギー型汚泥処理技術であるが、一方で、処理時間がかかり消化タンクが大型になる、処理水質が劣るといった欠点を有している。それに対して、好気性消化は、悪臭の発生が少ない、分離液の水質が良い、運転管理が比較的容易という長所を有しているが、運転時のエアレーションの為にエネルギーを大量に消費するというエネルギー消費型汚泥処理技術である。そこで当研究室では、嫌気性消化と好気性消化を組み合わせ両方の長所を引き出しかつ欠点を減らしながら、消化汚泥の減量化を図る処理法を開発すべく、下水処理場の嫌気性消化汚泥を基質として好気性消化実験を行っている。今回は、嫌気性消化汚泥の希釈倍率と曝気強度が処理効率にどのような影響を及ぼすかを発泡現象に留意しながら調べた。

2.実験方法

本実験の基質には、長野県C下水処理場の嫌気性消化汚泥(消化率 55.7%)を用いた。反応槽として、2Lのメスシリンダーを用い、希釈した汚泥を 1L投入後、栄養塩として $MnSO_4 \cdot 5H_2O$ を 2.2mg/L、 $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ を 41.8mg/L 添加した。実験は消化温度を 20°C とし恒温槽内で、汚泥の希釈率を 2 倍、3 倍、5 倍とし、曝気強度を 1.0、0.5、0.3、0.1L/L・min とし組み合わせを行った。以下に曝気強度と希釈率に関する各runの実験条件のマトリックスを示す。

表 1 実験条件のマトリックス

	5 倍希釈	3 倍希釈	2 倍希釈
1.0L/L・min	run1	×	—
0.5L/L・min	run2	run5	×
0.3L/L・min	run3	run6	run8
0.1L/L・min	run4	run7	run9

×：発泡により汚泥が消化槽からあふれ出た為に実験中止
—：実験を行っていない

3.分析項目

運転開始後 1、2、4、7、10 もしくは 11、14 もしくは 15、20 もしくは 21、28 もしくは 29 日後に反応槽内溶液をサンプリングし、pH(ガラス電極法)、DO(隔膜法および蛍光発光時間測定方式)、TOC(680°C 燃焼触媒酸化/NDIR 方式)、SS および VSS(遠心分離法：3000rpm、15 分間)の測定を行った。測定した TOC、SS、VSS は反応液の蒸発分を補正して解析データとした。TOC、SS、VSS 測定は下水道試験法に準じた。

4.実験結果および考察

図 1 に pH の経日変化を示す。全ての run で実験開始時は 7.2~7.5 であったものが、運転開始後 1 日目までに 8.5~9.2 の間まで急激に上昇した。運転開始後 1 日目から 7 日目まで高い値のまま推移し、7 日目以降は低下し始め、14 もしくは 15 日目には pH6 前後まで下がりその後は横ばいであった。初期の pH の上昇はアンモニアの生成・蓄積、その後の pH の低下はアンモニアの除去と硝酸の蓄積などが原因と考えられる。また、グラフは示さないが供給された DO 濃度も好気性消化に必要な DO 濃度は十分満たしていた。

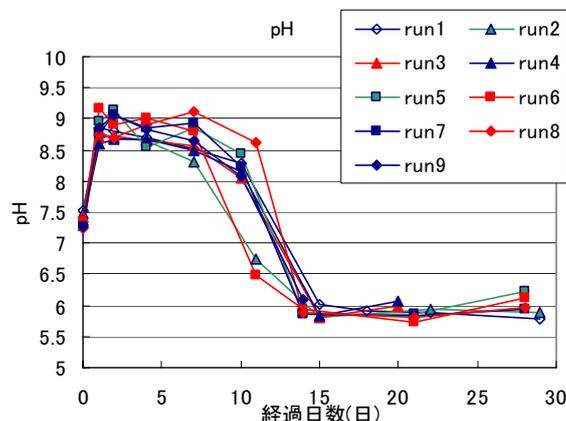


図 1 pH の経日変化

図2にVSS濃度の経日変化を示す。初期濃度が4000mg/L以下の3倍・5倍希釈(run1~7)では、運転開始から2日目までに急激に減少しその後はなだらかに減少していった。運転終了時の濃度は、5倍希釈では1000mg/L前後、3倍希釈ではrun5とrun7は1500mg/L前後だった。なお、3倍希釈のrun6だけは、運転終了時に1900mg/Lと他の3倍希釈と比べて高かった。これはrun6では初期VSS濃度がrun5・run7と比べると600mg/Lほど高かったためである。それに対して、初期濃度が5600~5800mg/Lの2倍希釈をみると、初期の急激な濃度低下がrun8では4日目まで、run9では7日目まで続き、run8では一旦濃度低下が横ばいになった後7日目から11日目に急激に再び低下した。そして、run8では11日目以降、run9では7日目以降なだらかな減少を示した。Run8では運転終了時に2620mg/Lで、run9では14日目に4050mg/Lであった。以上のように、希釈率を高くすると実験終了時のVSS濃度が低くなるのがわかる。

図3にVSS除去率の経日変化を示す。全てのrunで運転開始から除去率が上昇し、いずれも最高値は運転終了時にとった。5倍希釈では、run1とrun2では、2日目までに除去率は20~25%程度で、その後横ばいになり運転終了時にはrun1で63%、run2で58%をとった。run3では2日目までに、run4では4日目までに30~35%まで上昇し、その後横ばいもしくは若干の低下が見られたが10日目からさらに上昇し運転終了時の20日目にはrun3で55%、run4で59%をとった。3倍希釈では、run6とrun7は運転開始から2日目までに20%まで上昇し、一時横ばいになったが4日目からさらに上昇した。運転終了時には50%程度まで上昇した。対してrun5は、運転開始直後からの処理が良好で、2日目までに34%まで上昇したが、その後はなだらかな上昇となり、運転終了時には53%となった。2倍希釈では、run8は4日目までに19%に上昇し、その後7日目まで横ばいであったが、11日目までに43%まで急激に上昇した。11日目以降はなだらかに上昇を続け、運転終了時には53%だった。run9は、7日目までに22%に上昇し、その後なだらかに上昇し14日目には30%になった。まず、5倍希釈まで濃度を低くすると曝気強度の違いは出ない。これは、初期濃度が低いと分解される有機物の量が少ないために曝気強度を弱くしても分解に必要な酸素は十分得られたためである。一方、3倍希釈や2倍希釈では曝気強度が強い方が初期VSS濃度の低下が大きかった。これは、3倍希釈や2倍希釈では分解される有機物の量が多く分解に必要な酸素量が多いため、曝気強度が強いほど分解が進むと考えられる。ただし、運転時間を長くすれば、同一希釈率では最終到達VSS濃度や到達VSS分解率に大きな差はない。

5.終わりに

下水汚泥を嫌気性処理した後、好気性処理を行う嫌気・好気複合消化の、好気性消化段階において希釈率と曝気強度の影響について調べたところ、希釈率が3倍と5倍のときは2日目までに最終VSS分解率の4割弱から6割強のVSS分解が起こり、2倍のときは同様なVSS分解が4~7日目まで続くことがわかった。曝気強度の影響に関しては、5倍希釈では差はないが、3倍と2倍希釈のときは曝気強度が強いほど初期のVSS分解が進むことが分かった。なお、本研究を通じて消化汚泥を提供してくださった(財)長野県下水道公社千曲川下流河川管理事務所の皆様に感謝いたします。また、本研究は三機工業株式会社との共同研究であることを付記します。

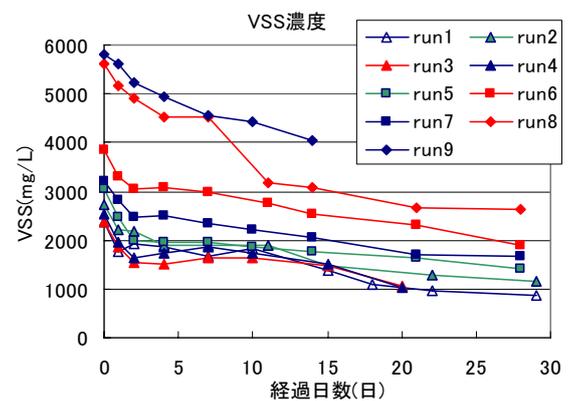


図2 VSS濃度の経日変化

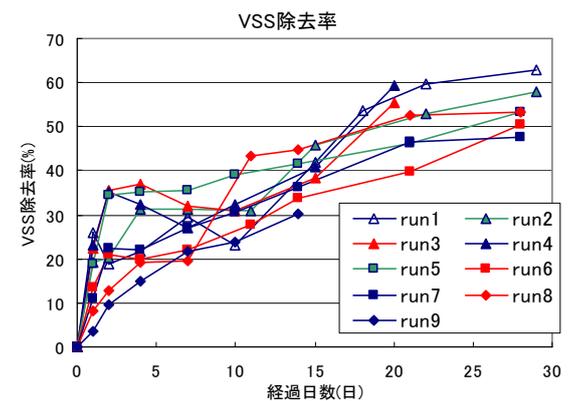


図3 VSS除去率の経日変化