

北九州市環境科学研究所 ○神代和幸、江藤孝義

同上

奥村裕司、篠原亮太

九州工業大学

藤崎一裕

北九州市下水道局

一田謙一

1 はじめに

現在の下水処理において、多くの問題を有しているのが汚泥の処理である。北九州市では、下水汚泥の海洋投棄処分中止を決定したことにより、今後汚泥の減量化が重要な課題となる。また、処理汚泥量の増加に伴う汚泥処理工程の効率化や各処理工程からの返流水の水処理系に与える影響など種々の問題の発生が予想される。これらの解決策として、下水汚泥の固液分離技術すなわち濃縮、消化および脱水工程の改善とともに効率性の向上を図る必要がある。

本研究所は、九州工業大学との共同で下水汚泥の加温浮上濃縮法¹⁾の研究を行ってきたが、これまでに、加温浮上には汚泥中の水に溶解している CO_2 が大きく関与していることが明らかになった。そこで、人為的に CO_2 を十分に供給することにより浮上濃縮効率を上げることが可能であるとの考えから、今回下水処理工程で CO_2 を豊富に含んでいる消化ガス(CO_2 約40%を含む)に着目し、この CO_2 利用による加温浮上濃縮について検討したので報告する。

なお、 CO_2 利用については、消化ガスの湿式脱硫工程の洗浄水(二次処理水)に消化ガス中の CO_2 の約10%が溶解することが実施の測定結果から判明していることから、この工程の洗浄排水の利用を想定している。

2 実験方法

2.1 CO_2 の溶解実験

消化ガス中の CO_2 が二次処理水に溶解する最適条件を求めるために図-1の実験装置を用いて検討を行った。

消化ガスは北九州市日明浄化センター脱硫塔前からテドラバッグに捕集した。この捕集した消化ガスを二次処理水を満たした溶解槽(T)に吹き込み、溶解槽前後のガス中の CO_2 濃度をガス検知管で測定した。

2.2 加温浮上実験

試料は、日明浄化センターの返送汚泥(RSSS 3,000~4,200mg/l)を用いた。この汚泥と二次処理水に消化ガスを吹き込んだもの(以下、溶解水)とを混合し、加温浮上実験を行った。

その基本フローを図-2に示している。この実験では、加温浮上に発生する気体(CO_2)を汚泥に均等に付着させることを目的で、溶解水と混合する前に汚泥を加温した(以下、加温汚泥)。この加温汚泥と溶解水とを比率を変えて全量1Lとなるように混合し、40から60℃までの加温浮上実験を行った。

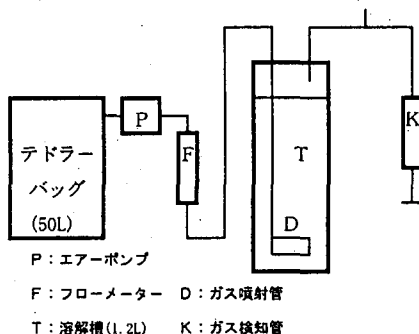


図-1 CO_2 溶解実験装置

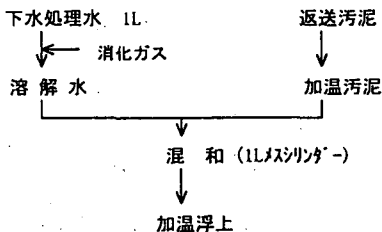


図-2 加温浮上実験の基本フロー

加温浮上実験については、九州工業大学藤崎らの方法²⁾に準じて行った。

加温方式は間接加温方式として、恒温槽内に1 Lメスシリンダーを入れ、汚泥の浮上濃縮過程を目視により浮上および下降汚泥量を測定した。加温時間は現在の加圧浮上濃縮の滞留時間などから考慮して4時間とした。

2.3 分離液の水質分析

加温浮上工程で生じる分離液は再び水処理系へ戻るため、その水質是水処理系への影響を考慮する必要がある。そこで、2.2の実験での1時間ごとの分離液の水質について分析を行った。そのときの加温浮上の条件は、加温汚泥と溶解水との混合比率1:1とし、加温浮上温度を40, 50 および60℃とした。

3 結果および考察

3.1 CO₂の溶解実験結果

溶解槽に消化ガスを0.5および1.0L/minの流量で通気し、その時の溶解槽出口でのCO₂の減少を図-3に示している。図から明らかなように、二次処理水1Lに対して通気ガス量2.5~3.0LでCO₂の溶解は平衡状態に達している。そこで、CO₂溶解量(C_T)は各経過時間毎のCO₂減少量の総和で表されるので、通気ガス量2Lまでについて求ると次のようになる。

$$\begin{aligned} C_T &= C_{0.5-0} + C_{1.0-0.5} + C_{1.5-1.0} + C_{2.0-1.5} \\ &= 144\text{ml} + 69\text{ml} + 33\text{ml} + 21\text{ml} \\ &= 276\text{ ml} \end{aligned}$$

通気した消化ガス中のCO₂濃度(C_{in})は38%であったが、上式で示した276mlはその約36%となり、湿式脱硫塔での実測値より3.6倍とかなり高い傾向を示した。これは湿式脱硫塔の洗浄方式がスクラバー方式であり、今回の実験装置がディフューザー方式であることの差によるものである。

3.2 加温浮上実験結果

本実験の予備実験として、返送汚泥をそのまま溶解水と混和し、40 から60℃までの加温浮上実験を行ったところ、この方法では汚泥の一部しか浮上せず、効率が悪いことが判明した。

そこで、基本フロー(図-2)に示すように、汚泥への気体の付着効率を上げる目的で加温浮上させる前に汚泥を加温し、加温浮上実験を行った。この方法による40℃における実験結果を図-4に示している。恒温槽での加温の開始から10分後に汚泥は浮上し始め、約30分後には完全に浮上した。また、50, 60℃と加温温度を変化させた結果では、温度上昇につれて浮上終了時間が短くなる傾向を示した。

しかし、実施設での適用を考慮した場合、この程度の浮上効率の差はわずかであり、加温浮上のためのエネルギー消費など総合的に考え併せると更に検討を加える必要がある。

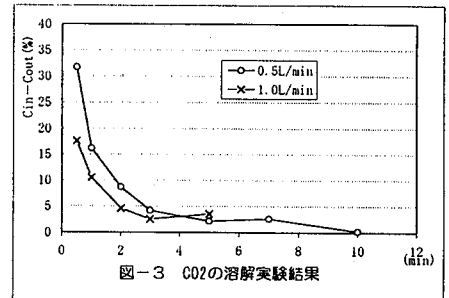


図-3 CO₂の溶解実験結果

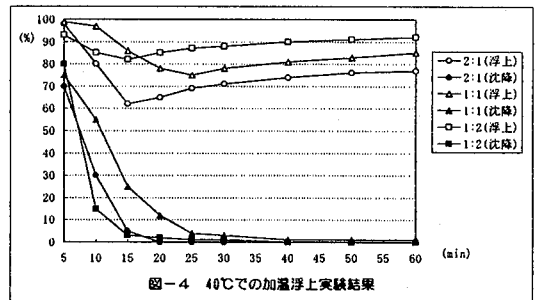


図-4 40℃での加温浮上実験結果

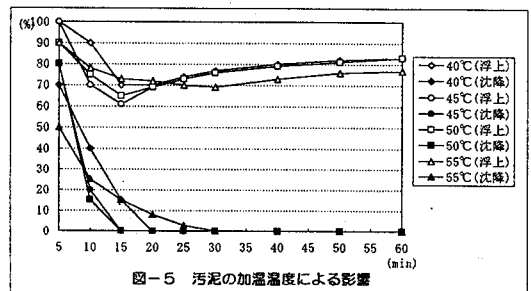


図-5 汚泥の加温温度による影響

また、加温汚泥の温度を 40, 45, 50 および 55℃と変化させて、40℃加温浮上での検討を加えた。その結果を図-5 に示したが、汚泥と溶解水との混和時に温度が低いと汚泥の付着気体量が少なく、また、混和時に加温浮上温度に近いと浮上工程での発生気体量が少ないために浮上効率が悪くなる傾向を示した。以上のことから、汚泥への気泡付着状況や浮上効率を考慮して、混和後の温度が浮上濃縮温度より 5～7℃低くなるように設定すると浮上効率（特に、浮上終了時間）がよいことがわかった。

3.3 分離液の水質の分析結果

2.3 に述べた条件での得られた分離液の水質分析結果を表-1 に示した。分離液の水質は温度の上昇および時間の経過とともに悪化する傾向を示したが、これが返流水として水処理系へ戻っても影響を与える濃度ではないと考えられる。

しかし、実際の場合の連続浮上濃縮工程では 30 時間以上の汚泥の滞留時間を設けなければならないため、この点今後さらに検討を加える必要があろう。

表-1 分離液の水質分析結果

測定項目	返送汚泥	分離液
SS (mg/l)	3,000～4,200	17～34
U-BOD (mg/l)	3.8～7.6	28～90
U-PO ₄ -P (mg/l)	0.7～1.5	3.8～15
有機酸 (mg/l)	ND～8	10～120

*有機酸は酢酸として算出している。

4 まとめ

前回に報告したように²⁾、最初沈殿池からの引き抜き汚泥（生汚泥）については、単に汚泥を二次処理水で希釈し加温することで浮上濃縮が可能であったが、最終沈殿池からの余剰汚泥については浮上しなかった。そして、この原因が生汚泥と余剰汚泥の加温浮上時に発生するCO₂量の差が大きく影響していること指摘した。

しかし、本実験ではCO₂濃度の高い水で希釈することで余剰汚泥についても可能となった。また、今回の実験では、40℃加温浮上で固形分 3.9%まで濃縮できており、連続実験による適正な気固比の設定のもとでの運転³⁾ではさらに濃縮効率も向上するものと期待される。

今後、実際の湿式脱硫塔からの洗浄排水を用いての連続実験によって、この方法の確認を行うとともに、実用化に向けて検討を行う予定である。

<参考文献>

- 1) 藤崎、原田、寺師、神代、篠原：余剰汚泥の加温浮上濃縮，第31回環境工学研究フォーラム講演集，(1994)，p p. 43-45
- 2) 藤崎、シャールル、寺師：加温浮上による下水汚泥の濃縮，第30回下水道研究発表会講演集，(1993)，p p. 584-586
- 3) 下水道施設設計指針と解説、建設省都市局下水道部監修 (1984版)