

B-14 消化ガスを用いた加温浮上濃縮法による固液分離技術

新日本製鐵株式会社 ○今宮盛雄 福永和久
北九州市アクア研究センター 神代和幸
九州工業大学 藤崎一裕

1 はじめに

一般に下水処理プロセスでは、下水汚泥の濃縮法として、図1に示すように初沈系を重力濃縮、余剰系を加圧浮上濃縮によって行っている。これら

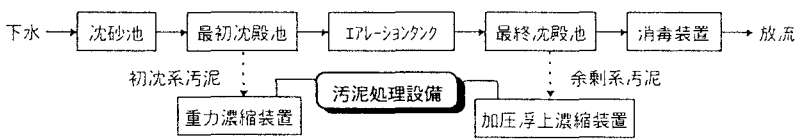


図1 下水処理フロー

濃縮施設は大型であり、有効スペースの利用に制約を受ける都市型下水処理施設の場合、処理効率を向上させ省面積化を図ることが重要な課題である。そこで、筆者らは加圧浮上濃縮に代わり、水への溶解性が高い炭酸ガスの特性を利用した加温浮上濃縮について検討し、今回炭酸ガス源として消化ガスを用いた浮上濃縮装置を技術開発することができた。本装置は汚泥の浮上性をアップさせ省面積化及び経済性の向上を図れるだけでなく、炭酸ガス低減による消化ガスの高エネルギー化、後工程である嫌気性処理の効率化等の特徴も有している。本論文では、実機化の際に重要となる表面積負荷・加温温度等の処理条件や浮上濃縮装置への消化ガス注入方法について検討した結果を報告する。

2. 実験方法

2.1 実験条件

北九州市日明下水浄化センターに表1に示す機器仕様で構成されるパイロットプラントを設置し、図2に示す処理フローで加温浮上濃縮法による固液分離技術の検討を行った。

(1) 処理フロー

- ① CDTタンク(炭酸ガス溶解槽)内にて消化ガス中の炭酸ガスを原水(余剰汚泥)に直接溶解させる。
- ② 炭酸ガスが溶解した原水をスチームミキサーで加温した後、円形加温浮上槽内で浮上分離させる。

表1 パイロットプラント機器仕様

No	名称	型式	仕様
1	CDTタンク	円形縦型	$V=0.24\text{m}^3$
2	円形加温浮上槽	円形地上型	$\phi 1230\text{mm}$
3	汚泥貯留槽	角型地上型	$V=1\text{m}^3$
4	消化ガス供給ポンプ(P_1)	エアポンプ	$34\ell/\text{min} \times 2\text{kg}/\text{cm}^2$
6	浮上槽揚送ポンプ(P_2)	一軸偏心ポンプ	$50\ell/\text{min} \times 10\text{m}$
7	余剰汚泥供給ポンプ(P_3)	自吸渦巻ポンプ	$50\ell/\text{min} \times 10\text{m}$

表2 実験条件

項目	仕様
実験期間	H10.10～H11.8
余剰汚泥濃度	$3000\sim 5000\text{mg}/\ell$
表面積負荷(OFR)	0.5、1.0、1.5、2.0 m/h
加温温度	40、45、50 $^{\circ}\text{C}$
消化ガス流量	50 ℓ/min
注入方式	管方式、ノズル方式

(2) 実験条件(供試汚泥)及び実験装置

本研究の浮上装置にはゼロペロシティー機構により浮上槽内の乱流が防止され、水深を大幅に浅くできる特徴を持つ写真-1の円形加温浮上装置を用い、実験は表2の実験条件を基に行った。ここに、ゼロペロシティー機構とは汚泥流入速度と流入口の逆方向へ移動する(逃げる)速度とが等しいため、汚泥があたかもその場所にそっと置かれたような状態になる原理を利用したものである。

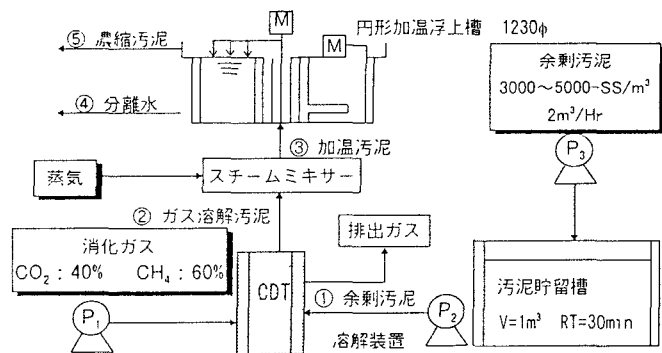


図2 処理フロー

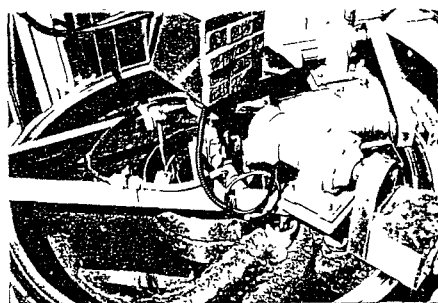


写真-1 円形加温浮上装置

2.2 測定項目(影響因子)及び方法

本プラント実機化の際に重要となる表2記載の表面積負荷、加温温度及び注入方式を変化させ、それぞれのケースにおける処理特性を汚泥濃縮率及びSS分離率に着目して検討を進めた。ここに、汚泥濃縮率及びSS分離率は下記で定義し、測定用試料のサンプリングは図2の①から⑤の箇所で行った。

$$\text{汚泥濃縮率(\%)} = \frac{\text{濃縮汚泥固形分(mg/l)}}{\text{余剰汚泥濃度(mg/l)}} \times 100 \quad (1) \quad \text{SS分離率(\%)} = \frac{\text{処理水SS濃度(mg/l)}}{\text{余剰汚泥濃度(mg/l)}} \times 100 \quad (2)$$

3 実験結果と考察

3.1 OFR 変化による濃縮・分離性の検討

図3及び4は、OFRを変化させた時の濃縮汚泥固形分、汚泥濃縮率及びSS分離率を比較したものである(実験条件 管方式、加温温度45℃)。汚泥濃縮率を見てみると、OFR-1.0m/hを境に処理性が低下しているのが分かる。これは、OFRの増加に伴い固形物負荷が増大し、水深400mmの本実験装置では固形物負荷(フロス層厚)を大きく設定できないことが要因となっている。しかしながら、加圧浮上濃縮で得られる固形物のOFR=1.4/2m/h=0.7m/hでの濃縮汚泥固形分平均3%を本実験装置では固形物OFR-1.5m/hの負荷まで満足することができた。

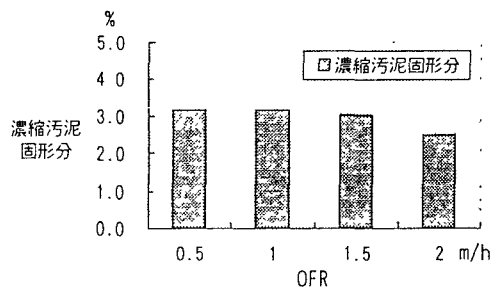


図3 OFRと濃縮汚泥固形分との関係

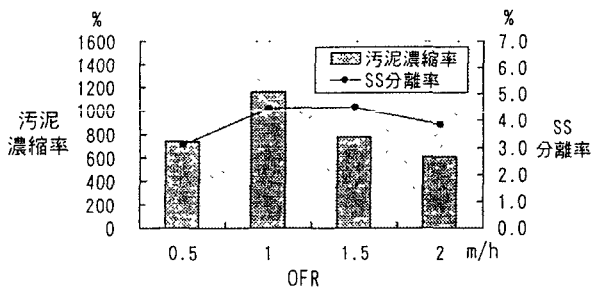


図4 OFRによる処理効率

3.2 加温温度による濃縮・分離性の検討

図5及び6は、加温温度を変化させた時の濃縮汚泥固形分、汚泥濃縮率及びSS分離率を比較したものである(実験条件: 管方式、OFR-0.5m/h)。濃縮汚泥固形分及び汚泥濃縮率においては、加温温度の上昇に伴い、処理性は45℃付近を境に低下した。またSS分離率においては、40℃時に比べ45℃及び50℃時の数値が高い値を示す傾向にあった。これは、温度上昇に伴う汚泥の処理水への可溶化が原因と考えられる。この汚泥の可溶化により50℃時の濃縮効果が低減することを考慮すると、最適温度は45度とすべきである。図7は同一撈取り条件における加温温度とフロス厚との関係を示したものである。図5及び7より、加温温度上昇により浮上速度は増大し、処理効率はアップするものの、汚泥の槽内での滞留時間に影響される濃縮性(圧密性)には加温温度は大きく影響しないこ

とが考えられる。さらに、図8は加温温度差による炭酸ガス発生量を示したものであるが、これより、温度差の上昇に伴い炭酸ガス発生量は増加傾向にあることが確認できた。

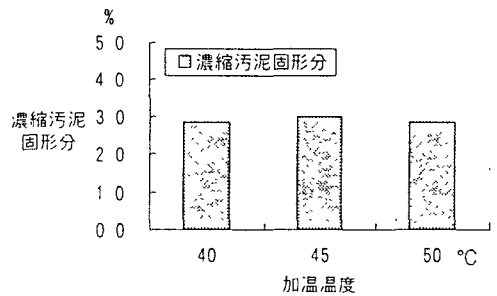


図5 加温温度と濃縮汚泥固形分との関係

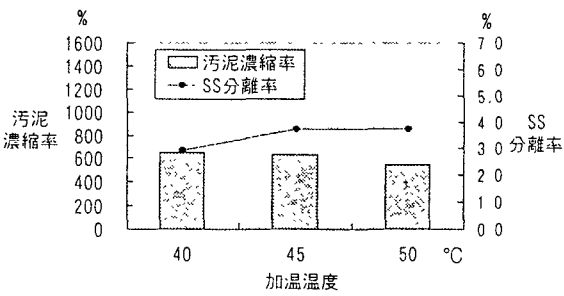


図6 加温温度による処理効率

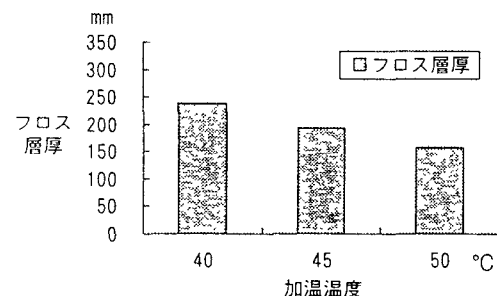


図7 加温温度とフロス層厚との関係

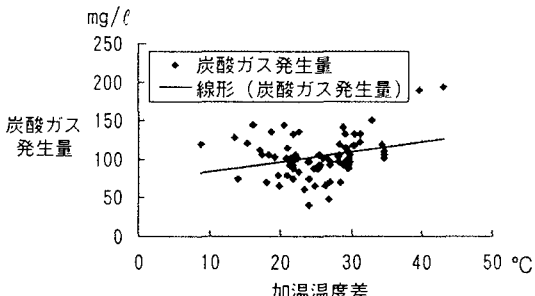


図8 加温温度差と炭酸ガス発生量との関係

3.3 汚泥注入方式による処理性の検討

管方式において処理性の検討を進めるに当たり、安定して高い汚泥濃縮率が得られないため、汚泥濃縮率の更なるアップを図ることを目的に、注入方式に着目して、図9に示す従来の管注入方式に替わるノズル注入方式を採用した。これは、注入点で周囲気体を巻込むエゼクタ機能かつノズル内の圧力低減により気泡発生をより促進させる効果を狙ったものである。図10は一定条件における両方式の汚泥濃縮率とSS分離率を比較したものであるが、ノズル方式は汚泥濃縮率において約1割の効果を上げることが可能であった。逆に、SS分離率はノズル方式の方が高い値を示しているが、これはノズル噴出に伴う攪乱が原因であると考えられる。

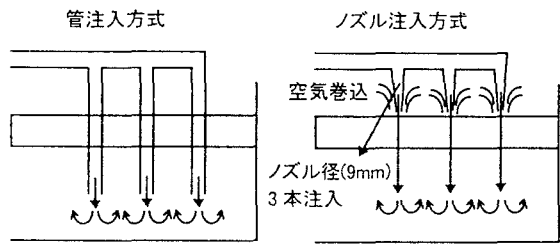


図9 汚泥注入方式の概略図

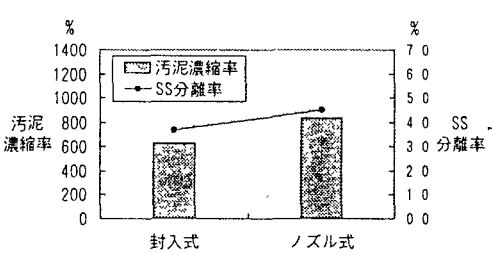


図10 汚泥注入方式による処理効率

4 まとめ(今後の課題)

本処理方式における固液分離技術の検討において、以下の知見が得られた。

- (1) 本装置は、OFR-1.5m/h までの表面積負荷に対応でき、加温温度は 45～50°C 付近が適切であった。さらに、高温にすると汚泥粘性低下による浮上速度の増大及び気泡発生量の増大で処理効率のアップが見込まれるものの、汚泥の可溶化が進行するため処理水状況が悪くなる。
- (2) 加温温度差を高くするに伴い、炭酸ガス発生量は増大傾向にある。
- (3) 注入方式をノズル方式に変更することにより、汚泥の圧密性を高めることができた。