

余剰汚泥の浮上濃縮に対する CO_2 の利用

九州工業大学大学院 学生員 ○永見真二

九州工業大学 正会員 藤崎一裕

1. はじめに

下水余剰汚泥の加圧浮上濃縮に関して実験的に検討した。従来の方法では、通常 $4 \sim 5 \text{ kgf/cm}^2$ の加圧状態で空気を水中に溶解させ、この溶解水と余剰汚泥とを混合させ大気圧に戻して浮上濃縮させていたが、本研究では CO_2 を直接汚泥に吹き込み、浮上させる方法について検討を行った。

この方法は、炭酸ガスが空気に比べて $20 \sim 30$ 倍も水によく溶けること、しかも炭酸ガスは地球温暖化防止の観点から、化石燃料の燃焼ガス等から回収される方向にあることを考慮して検討を進めているものである。

また浮上速度に関して、沈降濃縮に用いられている Roberts の関係式を利用したデータ解析も行った。

なお、実験に用いた試料はいずれも北九州市内 H 浄化センターで採取した余剰汚泥である。

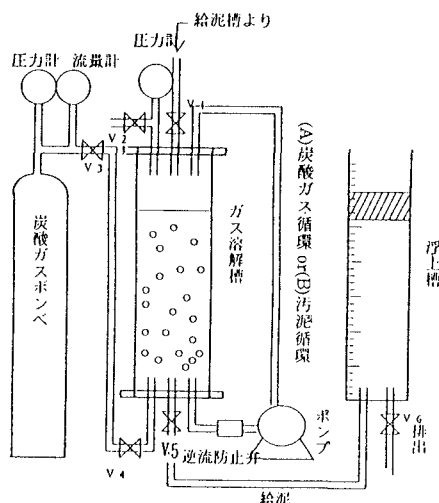


図1 炭酸ガスを用いた浮上濃縮実験装置

2. 実験装置及び方法

実験装置の概略図が図1に示されている。実験方法は、まず炭酸ガス溶解槽(内径 80mm、高さ 1000mm)内に汚泥を 4000cc 投入した後、上部の空間部の空気を排除してこの部分に炭酸ガスを圧入する(このとき圧力は 0.4 kgf/cm^2 とした)。

次に溶解槽内の炭酸ガスを余剰汚泥に十分溶解させるために、(A)炭酸ガス循環(バブリング)または(B)汚泥循環という二通りの方法を試みた。循環時間はいずれも3分で、汚泥の平均温度は約 20°C であった。最後にバルブ V5 をあけて余剰汚泥を浮上管に移し浮上させる。

浮上管への供給管の先には、長さ 150mm、先端直径 1mm、根本部直径 5mm のノズルを4本取り付け、ガス溶解槽から送られる余剰汚泥を、ノズル部分から高速で浮上槽内に噴出させる。このとき(加圧)溶解槽から(大気圧)浮上槽へ戻すときの減圧と、ノズル部分における加速による減圧とが、微細気泡の発生要因となっている。

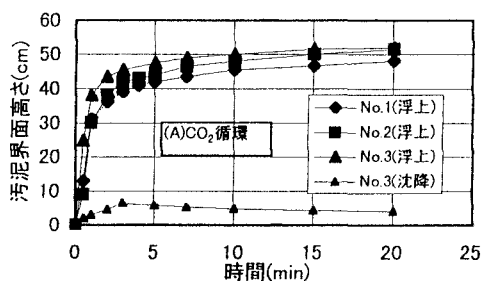
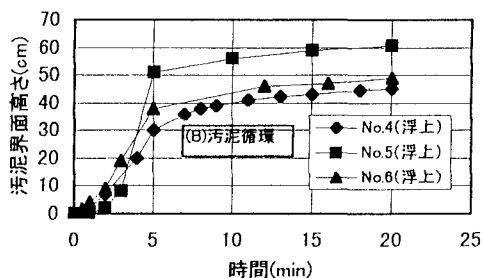
図2 浮上濃縮過程(CO₂循環)

図3 浮上濃縮過程(汚泥循環)

3. 実験結果と考察

実験結果の一例として(A)炭酸ガス、(B)汚泥をそれぞれ循環させたときの時間の経過に伴う界面の上昇過程を図 2,3 に示す。二つの浮上過程を比較すると、(A)の炭酸ガス循環の方が浮上するまでの時間は短い。汚泥が沈降する可能性が高く、(B)の汚泥循環の方は浮上するまでの時間は長い。汚泥が沈降する可能性が低い傾向にある。以後の実験には、(B)汚泥循環の方法を用いた。

初期高さ H_0 と最終高さ H_∞ の関係を図 4 に示す。図 4 によると、初期高さ 80cm 以下の範囲では高さの差による汚泥の圧密の差は表れなかった。

浮上速度と H_∞/H_0 の関係を図 5 に示す。図 5 によると、浮上速度が大きいほど汚泥が圧密される傾向が認められた。

炭酸ガスは前述のように非常によく水に溶けるため、浮上のための最適条件を見出すことは難しい。例えば、 0.4kgf/cm^2 の圧力で(B)汚泥を循環させる場合、バブリング時間 2 分が最適でこれ以上循環させると気泡が大きく発生しすぎてかえって浮上性が悪くなった。

以上の実験結果によると濃縮倍率 7 倍程度、浮上速度 $20\text{cm/min}=288\text{m/day}$ 程度であった。

また、小型水槽を用いた連続実験も行った。汚泥供給装置の能力不足のため、回分浮上実験から予想されたほどの処理能力は得られなかった。

4. 浮上濃縮過程の解析

沈降濃縮に対して用いられている Roberts の関係式 $^{(1)}$ (1) を用いて浮上濃縮過程をシミュレーションした。

実測値と以下の(1)との比較を図 6 に示す。図によると計算式は実測値をほぼ再現している。Roberts の式は沈降濃縮に対して用いられるものであるが、浮上濃縮に対してもこの式が利用できるようである。

$$H = H_\infty \cdot (1 - e^{-\alpha t})$$

$$\frac{dH}{dt} = \alpha \cdot H_\infty \cdot e^{-\alpha t} \quad \dots(1)$$

(1)式のパラメータ α は $t=0$ の dH/dt であるが、この α と浮上開始 3 分程度までの浮上速度との関係を図 7 に示す。図 7 によると、初期浮上速度 α と浮上 3 分後の浮上速度とは比例関係にあることが解る。

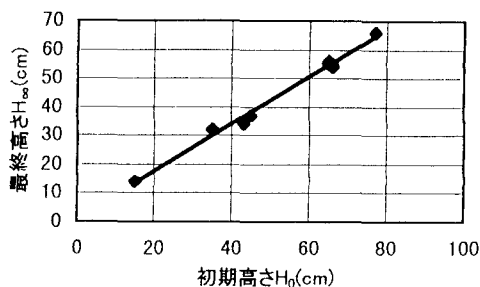


図4 初期高さと最終高さの関係(汚泥循環)

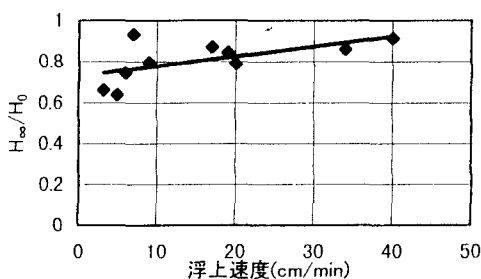


図5 浮上速度と H_∞/H_0 (汚泥循環)

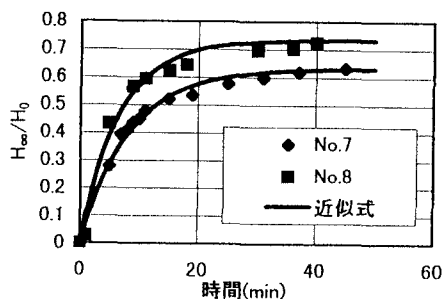


図6 実測値とRobertsの近似式との比較

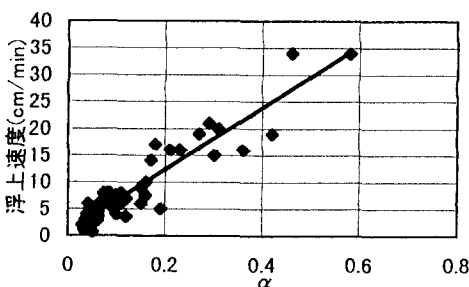


図7 α と浮上速度の関係(汚泥循環)