

早稲田大学理工学部 正会員 遠藤 郁夫
 “ 学生員 ○中田 穂積

1. まえがき

最近、大都市或はその周辺都市では、隣接河川に汚泥を放流することが、既に禁止されている場合が多い。このことが契機となり、浄水場の汚泥処理施設の建設、或は、処分方法の検討などの機運が高まっている。このような場合に、いずれにしても、浄水場から発生する汚泥量を的確に把握することが最も要である。浄水場沈殿池の乾燥汚泥重量は、原水から除去された濁質と凝集剤、或は、その水酸化物であるから、原水濁度と浄水場で添加された凝集剤量をもとに計算することができる。本研究は、特に低濁度範囲、すなわち、通常の浄水場原水濁度に重点をおき(濁度20ppm以下)、基礎的諸項目について実験的解析を行なったものである。

2. 実験方法

A浄水場における原水(利根川水系)の濁度、浮遊物などを測定し、その原水を使い、ジャーテストを行なった。凝集剤添加量(再生バンド)は、原水採取日の浄水場における添加量を用い、ジャーテストを行ない、上澄水濁度、乾燥汚泥重量などを測定した。

こうしたジャーテストとは別に、凝集剤量を任意に変化させた場合の汚泥の発生量、除去濁度等について測定を行なった。

3. 実験結果と考察

A浄水場における原水濁度と浮遊物との関係も、最小自乗法によって解析すると次の様に表わすことができる。すなわち、

$$\text{回帰直線 } y = 1.20 + 1.80x \quad \text{----- (1)}$$

$$\text{相関係数 } 0.71 \quad \text{標準偏差 } 5.14$$

但し、 x : 原水濁度(ppm), y : 浮遊物(ppm)

低濁度(20ppm以下)の原水に対しては、濁度と浮遊物との相関性はあまり期待できない。(1)式を変形すると、

$$y = \frac{y}{x}x = 1.20/x + 1.80 \quad \text{----- (2)}$$

但し、 y/x : 濁質換算係数と定義する。

となり、濁質換算係数 y/x と原水濁度 x は、(2)式のように、 $y/x = 1.80$ を漸近線とする双曲線となる。ここで $y/x = \text{const.}$ となる x の条件を考えると(2)式の右辺第二項が0.05以下でなければならぬ。すなわち、 $1.20/x < 0.05 \quad \therefore x > 24(\text{ppm}) \quad \text{----- (3)}$

となり、原水濁度20ppm以下では、濁質換算係数 y/x は定数とはならない。従って、原水濁度20ppm以下では“濁質換算係数”という定義は極めて困難であることが認められた。

図-1は、除去濁度と乾燥汚泥重量の関係を示したもので、その回帰直線、相関係数、標準偏差は次の様に表わすことができる。すなわち、

$$\text{回帰直線 } W = 8.46 + 1.35x \quad \text{----- (4)}$$

$$\text{相関係数 } 0.80 \quad \text{標準偏差 } 2.85$$

但し、 W : 乾燥汚泥重量(mg/l), x : 除去濁度(ppm)

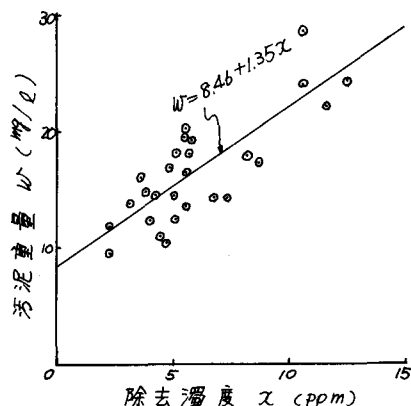


図-1 除去濁度と汚泥重量との関係

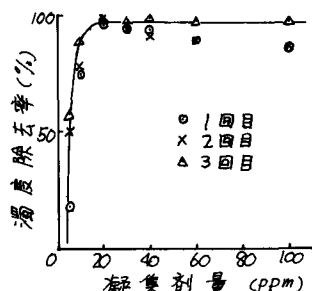


図-2 凝集剤量と濁度除去率との関係

また、汚泥発生量に、添加凝集剤量 (y : ppm) の影響を考慮した回帰平面、相関係数、標準偏差は次の様に表わされる。おなわち、

$$\text{回帰平面 } W = -3.19 + 1.06x + 0.58y \quad \text{---(5)}$$

相関係数 0.84 標準偏差 2.65

(4)式と(5)式を比較すると、添加凝集剤の影響を考慮した回帰平面の方が相関が高くなることがわかる。しかも回帰平面においては、除去濁度の係数の方が凝集剤添加量の係数よりも大きいこともわかる。このことより従来から考えられていた様に、除去濁度が汚泥発生量に直接大きな影響力を持つことが理解できる。

図-2は、凝集剤量を任意に変化させた実験において、凝集剤添加量の適正値を知るために、凝集剤添加量と濁度除去率との関係を示したものである。この図より、除去濁度95%以上の場合について、凝集剤(再生バンド)は15ppm以上と考えることができる。

また、この実験より得られた回帰平面、相関係数、標準偏差は次の様に表わされる。おなわち、

$$\text{回帰平面 } W = -1.02 + 0.69x + 0.45y \quad \text{---(6)}$$

相関係数 0.97 標準偏差 1.80

但し、 W : 乾燥汚泥重量 (mg/ℓ)、 x : 除去濁度 (ppm)、 y : 添加凝集剤量 (ppm)

ここで、(5)式で示される回帰平面を調査回帰平面、(6)式で示される回帰平面を実験回帰平面と呼ぶことにする。今、回帰平面を $W = a + bx + cy$ --- (7) と表わし、また、濁質分がすべて汚泥になるものと考え、しかも図-2の最小凝集剤添加量15ppmを考え合せると、(8)式の条件が成り立つものと考えられる。

$$a + bx + cy > x, \quad y \geq 15 \text{ ppm} \quad \text{---(8)}$$

(8)式の条件を満足する様に、調査回帰平面、実験回帰平面を考えると、次の様になる。おなわち、

$$0.06x + 0.58y > 3.19 \text{ (調査)}, \quad 0.31x - 0.45y > -1.02 \text{ (実験)}, \quad y \geq 15 \quad \text{---(9)}$$

(9)式を図に示したものが、図-3である。5)式ないし(6)式の運用に当っては、図-3の斜線部分を満足する値に対しては、相関係数0.84~0.97という高い相関を示し、回帰平面から推算された汚泥発生量は、非常に信頼性の高い値であると考えられる。

以上の諸式を使用して、A浄水場の凝集剤添加量および汚泥発生量の推算を行ない、実際の堆積量とを比較検討してみると次の様になる。例えば、原水濁度10ppm、流量 $170 \text{ }^{\text{5}}\text{ton/day}$ とした場合、汚泥発生量を求めてみる。

(i). 凝集剤添加量

$$(9)\text{式の調査式より } y > 4.47 \text{ ppm} \quad \text{---(a)}$$

$$(9)\text{式の実験式より } y > 9.16 \text{ ppm} \quad \text{---(b)}$$

$$\text{また } y \geq 15 \text{ ppm} \quad \text{---(c)}$$

(a), (b), (c)を満足する様に y を選べば、それが再生バンドの適正使用量である。従って、再生バンド使用量は、 $y = 15 \text{ ppm}$ となる。その位置を図-3に○印にて示した。

(ii). 汚泥発生量(乾燥重量)

$$(5)\text{式より } W = 13.5 \sim 18.8 \text{ }^{\text{mg}}/\ell \text{ (平均 } 16.1 \text{ }^{\text{mg}}/\ell)$$

4. 結論

原水濁度から凝集剤添加量を求め、汚泥発生量を合理的に推算することができた。

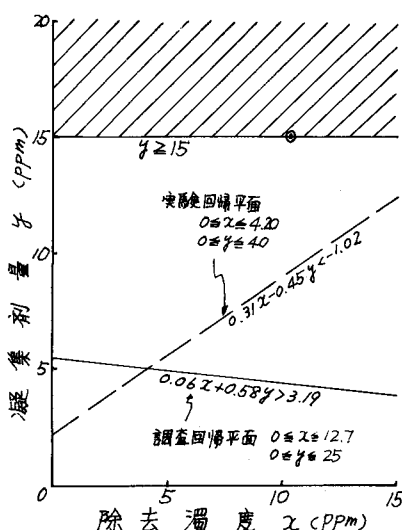


図-3. 実験・調査回帰平面と最小凝集剤添加量との関係

(6)式より $W = 10.8 \sim 14.4 \text{ }^{\text{mg}}/\ell$ (平均 $12.6 \text{ }^{\text{mg}}/\ell$)
汚泥発生量は、

$$W_0 = \{(13.5 \sim 18.8) + (10.8 \sim 14.4)\} / 2 \\ = 12.2 \sim 16.6 \text{ }^{\text{mg}}/\ell = 0.0122 \sim 0.0166 \text{ }^{\text{kg}}/\text{m}^3$$

従って流量 $170 \text{ }^{\text{5}}\text{ton/day}$ では、

$$W = 0.0122 \sim 0.0166 \text{ }^{\text{kg}}/\text{m}^3 \times 1,700,000 \text{ }^{\text{m}^3}/\text{day} \\ = 20.74 \sim 28.22 \text{ }^{\text{ton}}/\text{day} \text{ (平均 } 24.5 \text{ }^{\text{ton}}/\text{day})$$

となる。実際の調査では約 $30 \text{ }^{\text{ton}}/\text{day}$ であり、上限値が実際の値にかなり近いことが認められた。