

京都大学工学部

(正) 高松 武一郎

(学) 内藤 正明

(学) 井上 孝也

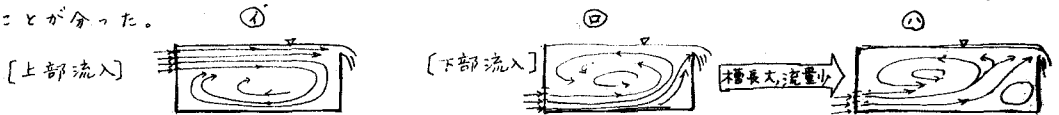
(学) 西野 昭男

要旨 緒言

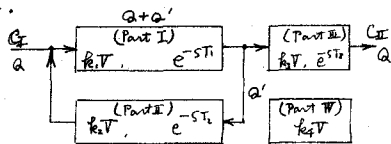
異常流れというのは特に衛生工学の分野で対象とする大規模且つ自然環境の影響下にある流れ系に不可避な現象であり、これが沈殿池除去効率に及ぼす影響の大きさはこれまでしばしば指摘されてきた。にも拘らず定量的な解析のほとんどみられないのは「流速を場所の関数として正確に解く」流体力学の立場からすると、流れが場所的に不均一である事に困難がある。そこで本研究は矩型沈降槽内で生ずる異常流を単純化したモデルで表示する方法をとった。これに基づいて近似的にはあるが全体が定量的、直感的に捉えられた。更にこのモデルによって計算した槽除去効率と沈降実験の結果を比較したところ十分な精度で一致する事を認めた。

2 矩型沈殿池内の循環流に関する理論と検討

上記のような流れの起因因子の重要なものは⁽¹⁾水域内外の密度差⁽²⁾水面の水吹流⁽³⁾流入出流れ、が考えられる。ここでは最も重要ではあるが複雑なものを除いて(1)と(3)について取扱った。まず異常流れの基本的なFlow Patternを各種条件に対して観察すると次のような三つの「循環流」とよべるものに限定することが分った。



これによって最少且つ必須の元素から形成した新たな表示として第1図に示す循環流モデルを考へた。



【第1図】循環流モデル

Part I, II, III はピストン流と見え、これを後の計算の都合上ラプラス変換 e^{-sT} で表示した。(T: 時定数), Part IV は dead space
 k_1, k_2, k_3, k_4 : それぞれ Part I, II, III, IV の Volume ratio
 T_1, T_2, T_3 : それぞれ Part I, II, III の 滞留時間
 V : Total Vessel Volume

トレーサーに関する伝達関数 $G(s)$ は
$$G(s) = \frac{C_2(s)}{C_1(s)} = \frac{(1-r)e^{-(T_1+T_2)S}}{1-r e^{-(T_1+T_2)S}} \quad (1)$$

滞留時間 $\bar{t}$ は
$$\bar{t} = (-1) \frac{dG(s)}{ds} \Big|_{s=0} = \frac{(T_1+T_2)(1-r) + r(T_1+T_2)}{1-r} \quad (2) \quad \therefore \quad r = \frac{\bar{t} - T_1 - T_2}{T_2 - T_1} = \frac{\bar{t} - T_1 - T_2}{T_2 - T_1} \quad \text{循環割合}$$

(1) の Pattern に対しては第1図モデルがそのまま、(b), (c) に対しては $T_3=0$ とおけばよい。このように決定したモデルに基づいて沈降除去率表示が次のように求められる。ただし、これは(1)に対するものである。

0 $\leq r < \frac{1}{2}$ のとき:
$$\eta = 1 - \int_0^{T_1+T_2} \frac{1 - \frac{v}{V_0}}{1 - \frac{v}{V_0} + (1-r)\left(\frac{v}{V_0}\right)^2} f_i(v) dv - \frac{1}{1-r} \int_{T_1+T_2}^{T_1+T_2+T_3} \left(1 - \frac{v}{V_0}\right) f_i(v) dv \quad (3)$$

$\frac{1}{2} \leq r < 1$ のとき:
$$\eta = 1 - \int_0^{T_1+T_2} \frac{1 - \frac{v}{V_0}}{1 - \frac{v}{V_0} + (1-r)\left(\frac{v}{V_0}\right)^2} f_i(v) dv \quad (4)$$

5 図、模型沈降槽内循環流の流動実験及び沈降実験

3-1. 流動実験

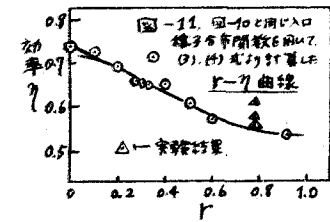
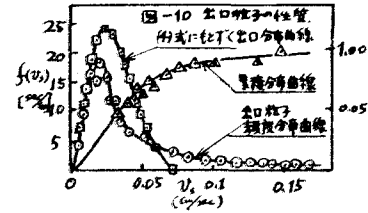
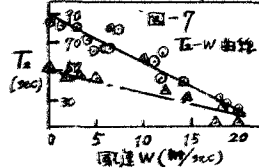
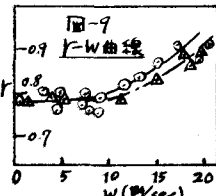
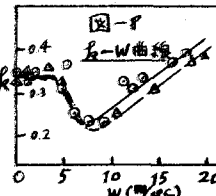
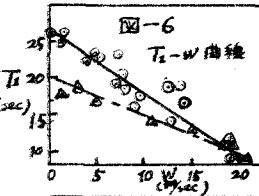
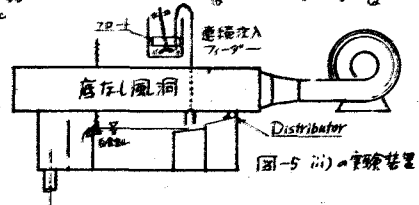
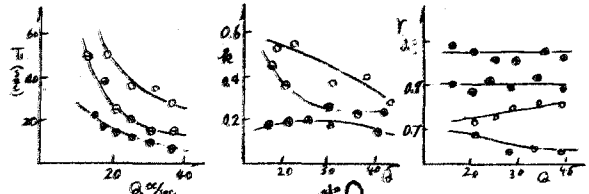
(1) 流入形式と循環流の関係-----流入量に対して各モデルパラメーターは第2, 3, 4 図に示すようになる。(流入多孔板の孔段数をパラメーターにとってある符号 0, 1, 2, 3, 4 は孔段数 4, 3, 2, 1 段を示す。)

(4) Dimensionと循環流の関係……槽長を延ばすことによって死水域部が生ずるが、その間の定量的な関係はまだ知り得るほどデータが乏しい。

(5) 表両風の吹送効果について

流量を一定にしておいて、図-5のような底なし風洞を用いて、風の循環流に及ぼす影響を調べた。その結果を図6, 7, 8, 9に示す。

これより、流量が20~30 m^3/sec では、大体同様の傾向が得られ、風速が増加に従って、流量の大きいもの程風の影響は小さいことが分った。風速が6 m/sec では、全水深の3割程度の幅と流入量Qの3.5倍の循環流が生じている。風速の増加につれて、循環流の規模も増加し、 $W=16 \text{ m/sec}$ では0.35の幅に6 m^3/sec ; $W=19 \text{ m/sec}$ では0.4の幅に11.5 m^3/sec の循環流が生じている。その図より、吹送効果は、風速が10 m/sec より大きくなってから顕著になると言える。



3-2) 沈降実験

循環流モデルを沈降ゾーンと考えて、Stokes沈降をする粒子の沈降効率(効率)を導いた。図5の装置に炭酸カルシウム懸濁液を連続注入し、入口、出口で連続サンプリングした沈降分析の結果の一例を図10に、曲式の計算値と並列示す。重に入口粒径分布関数を用い曲式より効率を求めて循環パラメータとの関係を図11に示す。これによると、 r が増すと、効率が減少する様子が分る。一方 $r=0.79$ の場合の効率実験値は58.6%であったが曲式で計算すると54.7%でよく一致しているといえる。もし理想沈降の仮定で計算すると74.4%となるから循環流モデルの有意性が認められよう。

4) 結論

本実験で得られた結果を要約すると

- ① 延型池の各種 factor (流量, 流入形式, Dimension) 変化に對して生ずる Flow Pattern は新たな循環流モデルにより表示出来、そのモデルパラメータにより定量的な把握が出来た。
- ② 池外からの排水の割合の一つである吹送流について、風速がある値以上で影響が現われ、その影響の強さは r によって予測出来る。
- ③ 提案した循環流モデルに基づき求めた沈降効率と、循環流を無視して求めた値よりほぼよく一致する。