

名古屋大学 学生員 林 保志

名古屋大学 正 員 中村 俊六

東亜建設工業 正 員 川村 敏

1. 緒言 貯水池内の諸機構の解明や濁度軽減化対策の確立はもちろん重要であるが、池内の諸機構を集約化して流出水質を予測する簡便な方式を開発することもまた緊急かつ重要な課題と考えられる。

本報告は、こうした観点から従来生物化学処理反応槽の解析モデルとして用いられてきたセルモデルをとりあげ、その貯水池内部における濁度現象解析への適用性を検討したものである。

2. セルモデル セルモデルは、池内を等容積の n 個の完全混合槽から成ると考えるが、この場合池内の水質の混合の程度が n に集約されている。すなわち、 n を大とすれば押し出し流れに近づき、 $n=1$ で完全混合となる。この混合状態を知るために、物質収支から得られる基礎式についてラプラス変換(初期条件は 0 とする)を使って伝達関数を読み、それから各応答を求める。

(1) 流量 q および池内の流動容積 V が時間的に一定の場合 池内を n 個のセルに分割して、それぞれのセルの濃度を C_i ($i=0, 1, 2, \dots, n$; C_0 は流入濃度) とすれば常微分連立方程式

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{V}{n} C_i \right) = q C_{i-1} - q C_i \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

が得られ、これを上述の方法で解く。その結果、 n 番目のセルの流出濃度は次式で与えられる。

$$C_n(t) = \int_0^t E(\alpha) C_0(t-\alpha) d\alpha = \int_0^t E(t-\alpha) C_0(\alpha) d\alpha \quad (2)$$

ここに、 $E(t)$ は $\theta = V/q$ とし、 $E(t) = (n/\theta)(nt/\theta)^{n-1} \exp(-nt/\theta)/(n-1)!$ である。

(2) 流量 q および流動容積 V が時間的に変化する場合 流量 q が、 $q = q_0 \exp(-\lambda t)$ ($q_0 = q|_{t=0}$ で λ は定数) で減少するときを対象とすれば、1つのセルの容積 V/n も流量の減少に伴って変化すると考えられる。すなわち、流量が大きい場合は完全混合容積 V/n は大きく、逆に流量が小さい場合は小さいと考えられるから、

$$\frac{V}{n} = \left(\frac{V}{n_0} \right) \exp(-\lambda t) \quad \text{ただし、} \left(\frac{V}{n} \right)_0 = \left(\frac{V}{n} \right) \Big|_{t=0} \quad (3)$$

と仮定しよう。この仮定により、式(2)を導いたと同様にして次式を得る。

$$C_n(t) = \int_0^t E'(\alpha) C_0(t-\alpha) d\alpha = \int_0^t E'(t-\alpha) C_0(\alpha) d\alpha \quad (4)$$

ここに、 $E'(t)$ は n が時間的に一定で $V = V_0 \exp(-\lambda t)$ ($V_0 = V|_{t=0}$) であることを期待すれば、 $\theta_0 = V_0/q_0$ として、 $E'(t) = (n/\theta_0)(nt/\theta_0)^{n-1}$ 。

$\exp\{(\lambda - n/\theta_0)t\}/(n-1)!$ である。

表-1 実験条件

3. 実験結果および考察 実験は、長さ 10.2^m (河道部 4.5^m、貯水池部 5.7^m)、幅 30.5^{cm}、河道部水深約 15^{cm}、貯水池部水深約 45^{cm} の二次元水路を用い、表-1 の各条件について行なった。表中、 Q_p は実験水槽を横断する貯水池の圧模型として、内部フルード数による相似則から換算した対

Case	Q_m (l/sec)	Q_p (m^3/sec)	T_0 ($^{\circ}C$)	T_1 ($^{\circ}C$)	$\Delta p/p$	δ_1 (cm)	δ_2 (cm)	Re
A-1	0.12	60	13.5	6.3	5.7	9.4	6.8	400
2	0.43	215	14.0	8.0	6.1	---	14.3	1400
3	0.49	245	15.0	7.2	8.0	12.5	11.2	1600
4	0.94	470	15.0	6.4	8.4	17.0	17.7	3100
A'-1	1.62	810	9.0		0	18.0	39.0	5400
C-1	4-3	---	4-3		6.6	---	---	---

応流量である。また、 Q_m :実験流量、 T_u :上層水温、 T_l :下層水温、 $\Delta\rho/\rho$:上層と下層の密度差と下層の密度との比、 δ_1 :河道部流動層厚、 δ_2 :貯水池部流動層厚、 Re :レイノルズ数である。

図1・2は、流量が時間的に一定の場合の実験結果の例(Case A-1, A'-1)として、流入濁度に対する河道部終点濁度および流出濁度の、実測値と計算値を示したものである。計算は、いくつかの異なる n に対して河道部と貯水池部で別々に行ない、そのうち実測値と最も良好に一致をみる n についての結果を示した。図-1(Case A'-1)は、池内が非成層状態で流れが乱流状態の場合であり、適当な n (この場合は、河道部、貯水池部ともに $n=8$)を選択することにより良好な結果を得ることがわかる。

なお、図は略したが、池内が成層状態で流れが乱流状態の場合(Case A-2, 3, 4)も同様な結果を得た。一方、図-2(Case A-1)は、池内が成層状態で流れが層流状態の場合であり、図からわかるように必ずしも良好な結果ではない。このことは、流水が層流状態の場合にはセルモデルの基本的想定である完全混合に難点があるためと考えられる。

図-3は、流量が時間的に変化する場合の実験(Case C-1)の結果を図1・2と同様に示したものである。この場合は、さらに河道部と貯水池部を一体としての計算結果および流量、流入水温、流出水温の時間的変化を付記した。計算

結果は、いずれも流出濁度の低減部において実測値よりやや低い値を示しているが、全体としては流量が一定の場合と同様に実測値とよく一致している。

4. 結言 以上、セルモデルの貯水池濁度現象解析への適用性について実験的に検討した。現実貯水池での流入流量等の変動が必ずしも本実験のように単純ではなく、セルモデルの現実貯水池への適用性はなお検討すべき問題もある。しかし、対象とする貯水池での成層状態に対応した固有の n の値があらかじめ既知の資料から推定されておれば、以上述べたセルモデルの概念の現実貯水池への適用性は十分期待できると思う。

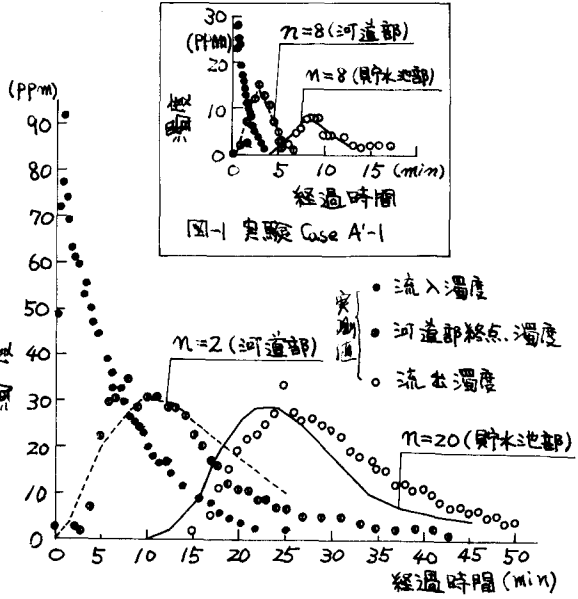


図-2 実験Case A-1

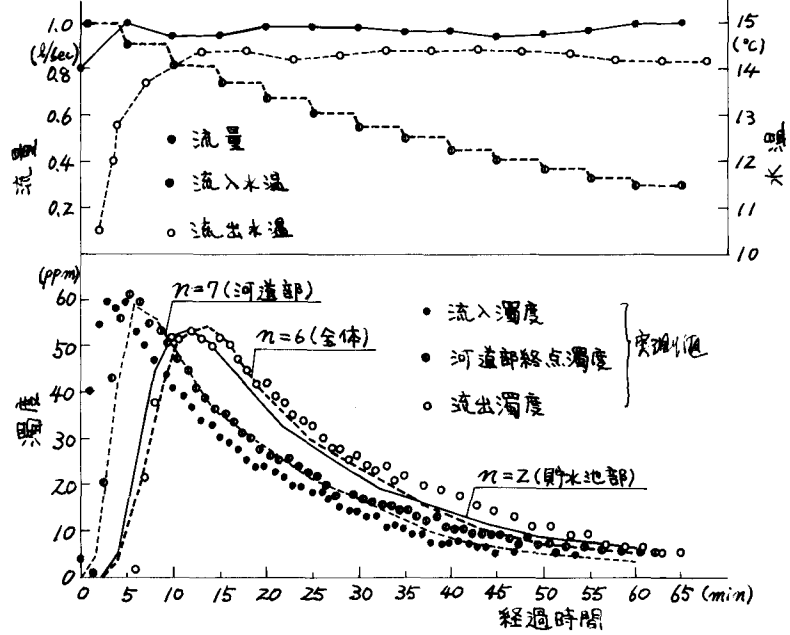


図-3 実験Case C-1