

京都大学工学部 正会員 末石富太郎, 佐友恒, 山田豊実
鹿島建設 “ ○伊藤憲男

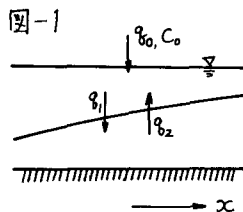
1. はじめに

昨年度発表の(そのⅠ)¹⁾(そのⅡ)²⁾にも記したように、強混合型、弱混合型そのいずれかに分類した感潮河川の汚濁解析法は数少なくない。ここでは副題にも示すように、混合型が干潮期を通じて複雑に変化する場合の汚濁解析法の実用化を主たる目的としてさらに検討を加える。既発表解析法の理論的位置づけを明確にするとともに、新たに鉛直方向の水量水質混合を考慮して、解析法のより普遍化をはかる。

2. 理論的考察

原則として、次式に示すような弱混合型の水量水質収支条件から考察をはじめ、

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial h_i}{\partial t} + \frac{\partial Q_i}{\partial x} &= (-1)^i (q'_1 - q'_2) + (2-i)q'_0 \\ \frac{\partial (h_i C_i)}{\partial t} + \frac{\partial (Q_i C_i)}{\partial x} &= (-1)^i (q'_1 C_1 - q'_2 C_2) + (2-i)q'_0 C_0 \end{aligned} \right\} \dots\dots(1) \quad (i=1,2)$$



ここで、 h は水深、 Q は流量、各 q は図-1 に示すようにサフイックス 1, 2 で表わされる上層、下層の交換水量および放水量、 C_0 は q_0 の水質である。(各 q は x の関数)

式(1)を差分表示すれば、たとえば $i=1$ (上層) については次式のようにも表わしうる。

$$\left. \begin{aligned} f_1(x, t) &= f_1(x - \Delta x, t) + (q_2 - q_1 + q_0) - [V_1(x, t + \Delta t) - V_1(x, t)] \\ V_1(x, t + \Delta t) \cdot C_1(x, t + \Delta t) &= V_1(x, t) \cdot C_1(x, t) + [q_2 \cdot C_2(x, t + \Delta t) - q_1 \cdot C_1(x, t + \Delta t) + q_0 \cdot C_0] \\ &\quad - [f_1(x, t) \cdot C_1(x, t) - f_1(x - \Delta x, t) \cdot C_1(x - \Delta x, t)] \end{aligned} \right\} \dots\dots(2) \quad (i=2 \text{ についても同様})$$

なお、ここで、 $f = \Delta t \cdot Q$ 、 $V = \Delta x \cdot h$ 、 $q = q' \Delta x \Delta t$ で、下層についても同様の式をえる。

さて、式(2)第1式より次式をえる。

$$\left. \begin{aligned} f_1(x, t) &= f_0 + \sum_{x=\Delta x}^{x=n\Delta x} (q_2(x) - q_1(x) + q_0(x)) - \sum_{x=\Delta x}^{x=n\Delta x} \Delta V_1(x) \\ f_1(x - \Delta x, t) &= f_0 + \sum_{x=\Delta x}^{x=(n-1)\Delta x} (q_2(x) - q_1(x) + q_0(x)) - \sum_{x=\Delta x}^{x=(n-1)\Delta x} \Delta V_1(x) \end{aligned} \right\} \dots\dots(3) \quad (i=2 \text{ についても同様})$$

ただし、 $\Delta V_1 = V_1(x, t + \Delta t) - V_1(x, t)$ 、 $f_0 = \Delta x \cdot Q_0$ 、 Q_0 は $x=0$ における流量

解法としては、各 $V_i(x)$ 、各 $q(x)$ 、 Q_0 および初期・境界条件を与え、式(2)で数値計算すればよい。しかし、有機汚濁などを対象とする場合、 $q_i(x)$ 、 $C_0(x)$ 値の精度は一般に低い。その精度を考慮して、式(3)が近似的に式(2)第2式と共存しうる限りでは、これら両式で解く方が解法はきわめて容易となり実用的となる。なお、上記のごとく表示し、河川を $i=1$ のみで表わし、 $q_1 = q_2 = 0$ とする場合、これは Ketchum の Segment 法に相当する。つぎに $i=1$ 、および $i=2$ で表わし、 $q_1 = q_2 = 0$ とする場合、前報(そのⅠ)に相当する。この場合、くさびの消長にくさび発生率 r として与えるのが特徴であった。

ところで、式(2)における V 値に対し、式(3)の λ 値、特に $\Sigma \Delta V$ 値が大きい場合、式(3)を式(2)第2式に直接代入することには無理が生じ、両式は同時に成立しない。いかえれば、両式が同時に成立するためには当然 Δt に制約がある。このような場合、前報(そのI)の Δt とく、 Δt として干潮から満潮に達する期間をとり、 $\Delta t \approx 6$ 時間とすることはできない。したがって Δt としてさらに小さい値を取る必要が生ずる。この場合、各時間単位ごとに λ を決定することが容易でなくなり、新たな問題となる。特に、弱混合型が強混合型に変化する場合など、理論的に λ を決定することは不可能となる。

3. 実用化のための一つの試み

上記問題点に対し、一つの試みとして、各時間単位の λ 値が干潮時の λ 値と満潮時の λ 値とから時間に直線的に比例して変化するものとみなしてみた。かつ、 $q_1 = q_2 = 0$ を考慮することによってくさびの消長を表示しうる点に注目し、新たに λ 値を採用することにした。すなわち、 λ 値として大きい値をとれば、上層と下層の水質値に差がなくなり、実質的にくさびの存在がなくなり、強混合型への変化をも表現しうる。ただ、この λ 値をいかに決定するかについては、今後さらに検討を要する。一例として、大阪府下大川におけるBOD値の時間変化を上記方法で解析した結果、図-2を得た。Input dataの詳細については省略するが、前報(そのI)の解析結果に対比して、時間的な変化がより詳しく得られているのが特徴といえよう。

4. くさび発生率 λ の時間変化に関する検討

上記方法では、 λ が時間に比例して直線的に変化するものとみなしている。この近似取扱いの妥当性を検討するために、前報(そのII)に示した弱混合型の基礎式①、②を用いて、 h_1 、 h_2 値の時間的な変化を算定してみた。上層、下層における流速、水深の変化をそれぞれ特性曲線法にて算出し、ある地点での h_1 、 h_2 の時間的な変化(図-3)から λ の時間的な変化を求めた一例が図-4である。今後さらに種々の条件下での検討を必要とするが、ここではひとまず定性的にはあるが上記の近似がほぼ妥当なものであることを認めた。

5. おわりに

以上、簡単に記したので、特に3、4など、読者にとって不明確な点を多く残してはいるが、要は、BODなど有機汚染の解析に当っては、流入汚水量、同質の精度などから式(3)の活用が比較的有効であること、および、3.に示した取り扱いが実用上有効であることを示した。なお、図-2の算出にあたっては、式(2)の $C(x, t)$ に対し自浄変化率 e^{-Kx} を考慮したこと、および λ については h_2 に比例する値として取り扱ったことを付言しておく。

参考文献

- 1) 住友ほか、"緩混合型の感潮河川における汚濁の解析(そのI)"、本講演会、第26回、第2部、昭和46年
- 2) 末石、住友、伊藤、"同上(そのII)"、同上

