

京都大学工学部 正会員 末石 富太郎, 住友 恒
大日本土木 鈴木 俊郎

1. はじめに

山間部から流出する水質物質は鉄、マンガンなど、その水質自体が重要な汚染問題を生ずることは比較的少ない。しかし、水質物質が水流によりいかに掃流作用をうけ、河川に流出していくかという意味ではきわめて重要な調査対象である。こゝでは、水質物質の掃流に関する研究の一環として、山間部からカルシウム物質がいかに流出するかについて研究を行なっている。

2. 解析理論の考察

河川水の流出は表面流出、中間流出および地下水流出があり、地下水流出としては被圧地下水帯からの流出と不被圧地下水帯からの流出に分類される。これらのうち、不被圧地下水帯からの流出以外は比較的短期間に低減することが知られている。したがって、降雨停止後ある程度日数がたつと、河川水は大部分不被圧地下水流によるものと考えうる¹⁾。そこで、標題に関する問題を簡単にするため、まず不被圧地下水流による水質物質の流出に限定して以下考察をすすめる。

いま、一つの流域を図-1に示すようにモデル表示するとき、近似的にスオ²⁾の水流の運動の式、および連続の式を次式で表わしうる。

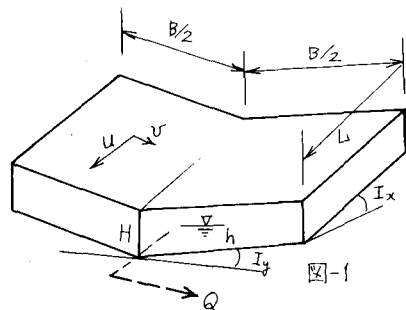
$$u = \frac{\partial}{\partial x}(k(h+z)) \quad \text{--- (1);} \quad \frac{\partial}{\partial t}(ph) = -\frac{\partial}{\partial x}(hu) + g_{in} - g_{out} \quad \text{--- (2)}$$

こゝで、 u はス方向流速、 h は地下水深、 p は空隙率、 g_{in} 、 g_{out} は系への流入流出水量を指す。 x 、 t は距離、時間、 z は基準面からの不透水層の高さ。

一方、水質物質の流出については現時点で確立された理論はないが、別報²⁾の実験結果からひとまずつぎのように表わす。

$$M = M_0 \cdot \tau_0 \cdot A \quad \text{--- (3)}$$

こゝで、 M は水質物質の流出量、 A は流域面積、 τ_0 は空隙流による総せん断応力、 M_0 は「ディメンション」を持つ比例定数。さて、降雨停止後時間が経過し、 h の変化は緩慢な段階では近似的に x 、 y 方向に均等の流れを仮定する。



$$\left. \begin{aligned} u &\cong k \cdot I_x, \text{ or } v \cong k \cdot I_y \\ Q &\cong u \cdot B \cdot h, \text{ or } Q \cong v \cdot L \cdot h \times 2 \\ M &\cong M_0 \cdot p \cdot g \cdot h \cdot I_x \cdot A, \text{ or } M \cong M_0 \cdot p \cdot g \cdot h \cdot I_y \cdot A \end{aligned} \right\} \quad \text{--- (4)}$$

実際の地下水流は上式のように u 、 v いずれか一方というよりは両者の共存が考えられる。こゝでは式(4)に示す u 、 v の2式を平均化して、つぎの近似式を採用する。

$$Q = kh\sqrt{2A} \cdot \bar{I} \quad , \quad M = m_0 \frac{pgQ\sqrt{A/2}}{K} = cQ \quad \text{--- (5)}$$

ただし、 c は水質濃度、 $m_0 = \sqrt{M_0 \cdot M'_0}$ 、 $\bar{I} = \sqrt{I_x \cdot I_y}$ 、 $A = B \cdot L$

したがって、 Q, M を実測すれば、水質物質の流出に重要な m_0 値を上式によって求める。

一方、 h の時間的な変化も考慮する場合、式(4)の Q に関する式の代りに次式を用いる。

$$PBL \frac{dh}{dt} = -Q \quad \text{すなわち、} \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{h}{H} \right) = -a \left(\frac{h}{H} \right), \quad a = \frac{K\bar{I}}{P\sqrt{A/2}} \quad \text{--- (6)}$$

したがって、 Q, M の時間的な変化はつぎのように表わされる。

$$Q = K\sqrt{2A} \bar{I} \cdot e^{-at} \quad , \quad M = m_0 pgH \bar{I} A \cdot e^{-at} \quad \text{--- (7)}$$

解析手順としては実測流量の低減量を対数プロットし、その勾配から式(6)の a 値を決定し、ここから $\bar{I}$ を求めることができる。なお、表面流出が停止した時刻を $t=0$ とし、 $h=H$ とする。

3. 木津川流域におけるカルシウム物質の流出実測とその結果

図-2に示す木津川上流4流域について、表面流出の無視しうる昭和46年9月2日～3日および47年1月25日～27日に連続実測を試みた。流量は広井式流速計で流速を実測し、流水断面積を求めて算出し、カルシウム濃度は原子吸光分析で求めた。

結果のまとめは、図-3に

示すように a 値と $\bar{I}$ の関係

を得るとともに、一例として

図-4に示すような m_0 値

を求めることができた。

流域が小さい場合の m_0 につ

いては、結果がバラツキ、

2. に示した近似に限界も

あるようで、今後さらに研究を要する。また、図-4の結果は

あくまで木津川上流部での値で、他の流域についてはまだ別途

に定量化してゆく必要があるものと考ええる。

4. おわりに

以上、決定論的にはこれまでにあまり研究されていない山間

部からの水質物質の流出について、一つの解析法および結

果の一例を示した。別報²⁾の応用研究例として一応の結果

を示したものと考へたい。なお、本研究に当り近畿地建、

藤原敏朗氏より多大の協力と助言をえた。謝意を表わす。

参考文献

1) 高木不折，低水流出の低減特性に関する研究，水学会論文集，128号，昭和41年，4月

2) 末石，住友，弘元，大久保，水質物質の掃流現象に関する実験研究，本講演集，別報，昭和47年

