

徳島大学工学部 正員 尾島 勝
 徳島大学大学院 学生員 ○ 鐘ヶ江敏樹

1. まえがき 今回は、昭和58年4月以来、地下水調査対象域としている吉野川下流域¹⁾²⁾のうち、とくに灌がい期における地下水流動と塩分挙動の解明が必要と思われる面積約3Km²の小流域に限定した。水位および塩分濃度の観測データに基づき、塩分挙動の実態把握を行うとともに、2層流理論および拡散・分散理論の適用性について考察する。

2. 対象域の概要と調査方法 対象域は河口から約8Km上流の吉野川北岸沿いの低平地で、農業用水としての自由地下水の揚水も盛んであり、図中の内水排除河川の近傍は局所的に比較的高い塩分濃度値を示している。図-1に示した13個の井戸およびA~Hの河道部8測点において、昭和60年8月1日から16日まで毎日、投入型直読式計測機器を用いてほぼ定時の水位ならびに水深方向に表層から0.5mごとの電気伝導度と水温を測定して、これを塩素イオン濃度に換算した。なお観測期間中8月5日以降は、12日の150mmを最高とする12日間の連続降雨期間であった。

3. 地下水塩分挙動 図-2の等濃度線図は各井戸の深度を10mとした断面平濃度値を基に描いたものである。No.3, No.7は相対的に高塩分濃度値を示しており、両井戸を中心とする同心円的な山がみられる。また、No.7井戸の各水深点における塩分濃度値の日変動を図-3に示した。これによると、深度0.5mにおける濃度値の変動が大きく、他の深度のそれとは異なっていることがわかる。12日は大降雨日であり、降雨浸透に伴い深度1m, 1.5mの濃度も低下している。

11日までの水位変動幅が小さいことから、深度1m以浅の濃度変化は濃度界面の存在を示しているといえる。すなわち500ppmを境界とする濃度界面であり、その変化の様相を図-4に示す。濃度界面の変動は水位変動に比べ大きく、明らかに他領域からの地下水流入ならびに塩分移動によるものと推察される。

4. 塩分挙動の理論的考察 2層流理論： 上で述べたようにNo.7で顕著な濃度界面がみられることから、No.7からNo.6, No.5を結ぶ仮想断面に対し、2層流の流れ場

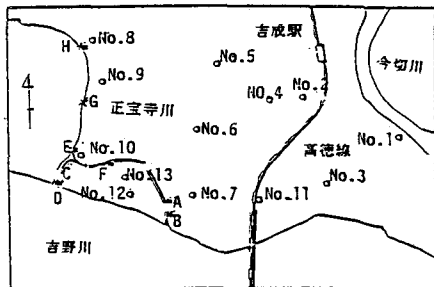


図-1 調査対象域と観測点

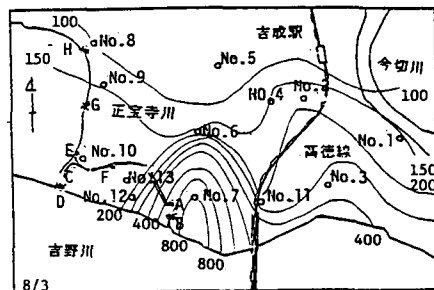


図-2 等塩分濃度線図

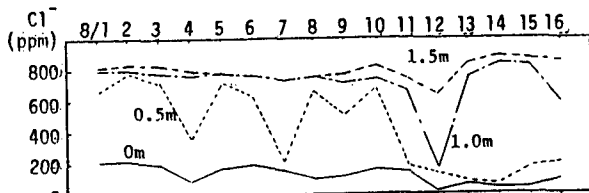


図-3 各水深濃度経時変化図(No.7)

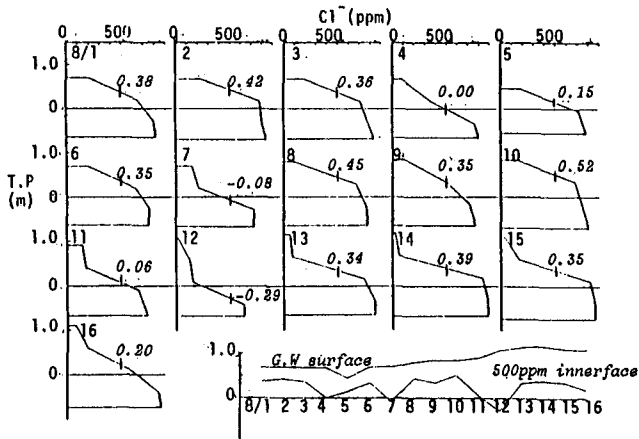


図-4 鉛直分布の日変動(No.7)

を想定し、嶋・玉井による定常淡塩界面式の適用を試みた。結果としては、対象域においては不適当な値となっており、この理論の適用は不可能であった。原因としては、絶対的にみた場合、上層と下層の濃度差が小さく、すなわち密度差が小さいこと、濃度界面の日変動が大きいことなどが考えられる。したがって当該地区の塩分移動は、移流分散現象として取り扱った方がよさう。

拡散・分散理論： No.7およびNo.3からの塩分移動を拡散分散としてとらえるため、図-5に示すように対象域をTyson-Weberの領域分割を行い、No.7、No.3とその隣接領域との間の物質収支式を質量保存則から導き、当該地区における拡散係数の算出を試みた。すなわち、中心領域であるo領域からn個の隣接するi領域にδt時間に流出する濃度フラックスと、o領域における物質減少量(塩分濃度低下量)との間には次式が成り立つ。

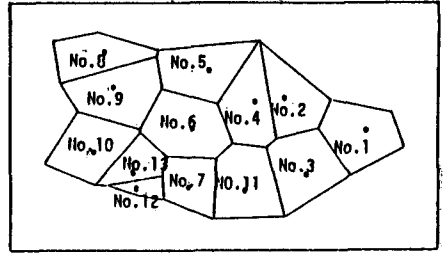


図-5 対象域の領域分割図

$$-\left(\frac{\partial c_o}{\partial t}\right) \cdot A_o \cdot \delta z_o \cdot \lambda \cdot \delta t = \sum_{i=1}^n (c_o \cdot k \cdot \frac{h_o - h_i}{\Delta x} + DLi \cdot \frac{c_o - c_i}{\Delta x}) \cdot J_{io} \cdot \delta z_i \cdot \delta t \quad (1)$$

これを差分近似化し、最終的に次式を得る。

$$-\left(\frac{c_o^{(t+1)} + c_o^{(t)}}{\Delta x}\right) \cdot A_o \cdot \lambda \cdot \delta t - \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{J_{io}}{2L_{io}} \cdot c_o^{(t)} \cdot k \cdot (h_o - h_i)^{(t+1)} + (h_o - h_i)^{(t)} \right\} DLi \quad (2)$$

ここに、c:各井戸断面平均濃度、h:各井戸観測水位、A_o:o領域の面積、L:井戸間距離、J:Lの midpoint に直交する多角形の一辺の長さ、である。したがって観測データおよび既往の資料より透水係数kと空隙率λを与

表-1 拡散係数表

Day	No. 7 DL(m ² /sec)	No. 3 DL(m ² /sec)
8/1	-3.9E-3	6.3E-3
2	4.9E-4	-2.3E-3
3	5.7E-3	3.7E-3
4	-1.7E-3	-1.2E-2
5	2.1E-3	-1.6E-2
6	6.8E-3	2.5E-2
7	-7.3E-3	-1.8E-2
8	-1.0E-3	2.3E-2
9	-7.1E-3	-4.3E-3
10	1.4E-2	-5.3E-3
11	2.0E-2	1.1E-2
12	-3.3E-2	-9.0E-2
13	-5.0E-3	1.0E-1
14	2.8E-4	-1.3E-2
15	-8.3E-4	-2.3E-3

ることにより、拡散係数を導くことができる。得られた結果を表-1に示す。なお表中の負値は、拡散の方向を中心領域から外向きを正としたため、塩分移動の経時変化によりその方向が逆向きになっていることを意味する。したがって、定性的にとらえることには成功しているといえる。拡散係数については種々の実験が試みられており玉井の提案式によれば、DL=5.1U²d (U:断面平均空隙流速、d:平均流径)で示されている。これによると当該地区の拡散係数は10⁻³~10⁻⁵ cm²/secのオーダーにならねばならず、今回得た値は極めて大きなオーダーとなっている。その原因については次のようなことが考えられる。ひとつには、低濃度の分散現象であるため、中心領域の濃度経時変化の割合が大きすぎる

5. あとがき 本研究では、本分では割愛した部分もあるが、以下に示すような結果を得ている。
- 1) 地下水位変動は、降雨との関係、平面的な地下水流向など相関解析などにより把握することができた。
 - 2) 降雨が地下水としてかん養されるには1~2日程度要する。
 - 3) 地下水流動に伴う塩分移動が行われていることが明かにされ、相関解析により高塩水化地からの塩分移動が確認された。
 - 4) 河道部では、内水排除河川河道内に明瞭な塩水くさびが形成されており、その移動は河川流量に支配されていると推定された。
 - 5) 理論的考察としては、当該地区の塩分移動を、2層流理論よりも分散現象としてとらえた方が適していると考えられるものの、拡散係数値はなお検討を要する。

1) 尾島：徳大工学部研究報告，第30，1985.3 2) 尾島：徳大工学部研究報告，第31，1986.3