

吉野川下流低平地における地下水の塩分濃度変化に関する考察

徳島大学工学部 正員 尾島 勝
 復建調査設計(株) 正員 ○ 小面 親
 徳島大学大学院 学生員 井上 芳孝

1. まえがき. 本研究は、地下水の塩水傾向が社会問題化し始めた徳島県吉野川下流低平地において、地下水塩分の現地調査を行い、その結果にもとづいて塩水化現象の実態を把握するとともに、当該地区における塩水化現象を説明するために塩水浸透理論および拡散理論の適用性について考察するものである。

2. 本研究対象域の概要と調査方法 図-1に示した吉野川下流低平地はいわゆる河川沖積平野であり、吉野川本川、右支川鮎喰川、左支川旧吉野川、今切川をはじめとする河道網が複雑に連動しつつ対象域を貫流している。また、本川河口より14.5kmの第十地点には潮止め堰があり、そこから河口までは感潮部であり、平常時には堰からの淡水流量はほとんどない。観測調査井戸は、北岸側18ヶ所、南岸側14ヶ所と、正室寺川樋門外とし、これらの井戸位置は図-1に示す番号のとおりである。調査方法は、毎月1回大潮の日に井戸の地下水位と、直読式投入型の電気伝導度計を用い、水深方向に表層から1mごとに底層まで、それぞれの電気伝導度および水温を測定した。これを塩素イオン濃度に換算した。

3. 塩分濃度変化の定性的把握. 図-2は、各井戸における断面平均濃度をもとに、5月における塩素イオン等濃度線を引いたものである。まず、吉野川本川の南岸不動地区における各井戸の平均濃度値は、いずれも水産水質基準値の200ppm以下であり塩水化はすすんでいない。また、季節的な変化もほとんどないようである。一方、北岸側北島・応神地区においては、今切川と旧吉野川に囲まれた北島地区と正室寺川旧樋門付近を中心とした地区に塩分侵入の現況がみられる。とくにNo.16の井戸における塩分濃度は明らかに海水が侵入していると判断できるほどの高塩分濃度である。図-3は、高塩分濃度を観測した北島・応神地区における各井戸の塩分濃度と降水量の関係を月変化で示したものである。この図より、概して塩分濃度変化は夏高冬低の様相を呈している。これは夏場には降水量が少なかったことと、地下水の汲み上げ増大により地下水位が低下し、塩分侵入を助長したものと推論される。

4. 塩分濃度変化に関する水理学的考察. 現在塩水化が最も進行していると思われる正室寺川樋門を中心とした地域について拡散・分散理論を適用する。解析対象域は均質等方であり、流れと直角方向には

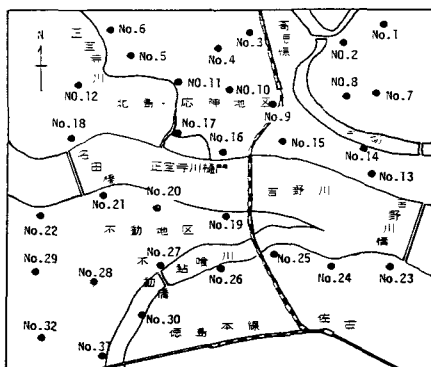


図-1 観測地点位置

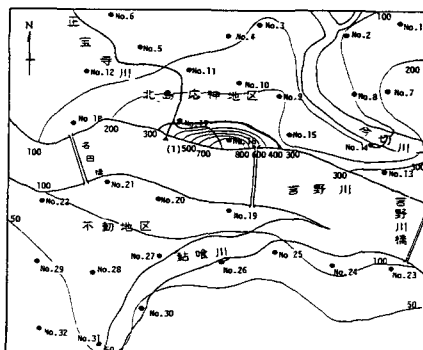


図-2 等塩分濃度線図(5月)(ppm)

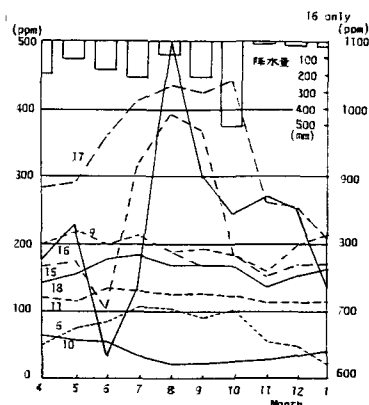


図-3 塩分濃度月変化図

拡散は生じず、流れ方向のみに拡散現象が生じているものと仮定すると、一次元拡散方程式は次式で与えられる。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} = D_L \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$$

式(1)をCrank-Nicolson型の差分式に変形すれば次式となる。

$$\frac{C_{i+1}^{(t+1)} - C_i^{(t)}}{\Delta t} - u \frac{C_i^{(t)} - C_{i-1}^{(t)}}{\Delta x} = D_L \frac{\{C_{i+1}^{(t+1)} - 2C_i^{(t+1)} + C_{i-1}^{(t+1)}\} + \{C_{i+1}^{(t)} - 2C_i^{(t)} + C_{i-1}^{(t)}\}}{2 \Delta x^2}$$

ここで、 C :塩分濃度、 Δt :観測時間隔、 u :流速、 Δx :井戸間距離
 考察対象域は図-1に示すNo.16井戸を中心として、No.16-15-

14, No.16-9-8, No.16-10-4, No.16-17-11の4方向に一次的にとり、各月間の拡散係数を算出した。ここで流速 u については本研究と併行して当該地区の地下水水収支の研究が行なわれたのでそれを参考とした。算出された各月間の拡散係数を表-1に示す。

表-1に示された値は拡散係数²⁾としてはオーダーが大きく、物理的な意味をあまりもたない。しかし、中心井戸No.16からの拡散方向を把握することは可能である。また、負の拡散係数がみられるがこれは反対方向へ拡散していると考えるよりもむしろその方向へ拡散した確率が少ないとみた方がよいと考える。

たとえば、図-4は5月から6月にかけての各方向の拡散係数を示したものであるが、これをみればNo.16井戸からみて吉野川下流方向よりも、上流側および北西方向へ拡散していると思われる。図-2の塩分等濃度線図をみれば300ppmの等値線が北西方向に広がっている事実を説明することができよう。また、図-5の11月から12月にかけてのそれを見れば、吉野川沿いに下流に向かって拡散していると思われる。これは、地下水の揚水量が減少し、内陸部へ塩分が侵入し、また降水量の低下に伴う今切川水系の地下水勢力が弱まったことが考えられる。

一年を通じてみれば、拡散の方向は一定でなく、揚水量・降水量によって変化していることがわかった。すなわち揚水量の多くなるかんがい期には全方向に、また非かんがい期には下流方向に拡散する傾向がみられた。そして降水量の増加によって地下水勢力が強まると下流方向への拡散が少なく、またその拡散能の大きさは5月から8月にかけてが大きいことがわかった。

5. あとがき 約1年にわたる月1回の現地観測調査により、吉野川下流低平地約40km²の対象域全体の地下水塩分濃度変化を定量的に把握することができた。本観測1期年度であったため、塩分濃度の経年変化については言及できず、これからも観測を継続していくつもりである。また、比較的高塩分濃度であった地区に一次元拡散理論の適用をはかったが、正確な拡散係数を求めることができなかった。今後は観測の時間間隔を短縮したり、適用地区における観測井戸数を増設してよりよいデータを集積して理論展開を深めたいと考える。

〈参考文献〉

- 1) G.D.スミス; 電算機による偏微分方程式解法 PP.6~20, 1971
- 2) 玉井信行; 土木学会編新体系土木工学 22 密度流の水理, 技報堂出版 PP.13~19, 1980.

表-1 拡散係数

Month	16・17・11	WELL No. - 16・10・4	D(cm ² /sec) 16・9・8	16・15・14
4-5	71.75	113.12	170.85	47.17
5-6	1019.97	53.05	-218.86	-529.92
6-7	3436.33	137.60	172.28	2264.80
7-8	419.60	-15.77	-179.56	843.73
8-9	-163.95	-46.47	30.17	-254.82
9-10	530.68	53.30	-71.62	-1500.28
10-11	-2092.58	-219.05	-231.52	-150.89
11-12	-33.07	-27.92	130.16	233.50
12-1	-347.55	-134.67	19.71	105.94

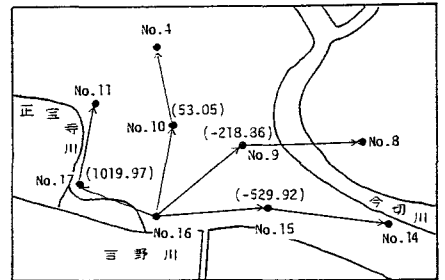


図-4 各方向の拡散係数
(5月-6月) cm²/sec

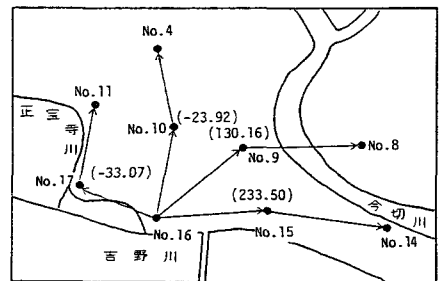


図-5 各方向の拡散係数
(11月-12月) cm²/sec