

吉野川下流域における自由地下水の流況変化と塩分挙動に関する準三次元的解析

鹿島建設㈱ 正員 ○ 鐘ヶ江敏樹

フジタ工業㈱

山根 正巳

福山大学工学部 正員 尾島 勝

1. まえがき 広域地下水の挙動解析にあたっては、対象とする帯水層の場の定数を決定することと、水位・水質変動に対する影響要因（揚水量、降雨量など）の解析が重要となる。本研究では、場の定数（透水係数、貯留係数）のみならず揚水量、降雨浸透量を含む鉛直方向移動量をも同定すべき未知量とした解析モデルを作成し、FEM手法により現況を再現することを試みた。さらには、この流況解析によって得られた浸透流速を用いた対象域内の塩分挙動のFEM解析により、移流分散係数値の評価と現況把握を行った。

2. 解析対象域の概要 今回の解析対象域は、従来の解析対象域より若干広い約50km²の吉野川下流域である。収集したデータは、対象域内に選定した31個の井戸における昭和58年10月から昭和61年3月までの毎月1回観測の水位ならびに塩素イオン濃度の断面平均値である。なお、対象域内の自由地下水の塩水化は、旧吉野川が2派に分流する地点よりも海岸寄りの地区と内水排除河川である正宝寺川の本川合流部付近で問題となっている。しかし、その塩素イオン濃度値は平均200～300ppm（最高値900ppm）であり、吉野川本川河道内塩水ならびに海水の濃度値（14000～17000ppm）に比べるとまだかなり低い。また、経年的にみても顕著な上昇傾向は認められず、現状では地獄的にも濃度的にも塩水化の進行はないと判断できる。

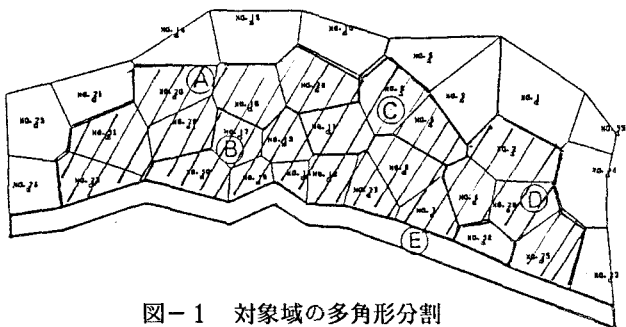


図-1 対象域の多角形分割

表-1 透水係数と有効空隙率の初期設定値

	Aブロック		Bブロック		Cブロック		Dブロック		Eブロック	
	K	λ	K	λ	K	λ	K	λ	K	λ
砂質シルト	0.0005	0.15	0.0005	0.15	0.0005	0.15	0.0005	0.15	0.0005	0.15
砂	0.5	0.30	0.02	0.30	0.0035	0.30	0.002	0.30	0.002	0.30
砂	0.0035	0.15	0.0035	0.15	0.0035	0.15	0.0035	0.15	0.0035	0.15

(K: 透水係数cm/sec, λ: 有効空隙率)

3. 帯水層定数・鉛直方向移動量の推定 対象域を多角形多層モデルに分割し、Tyson-Weberの水収支式

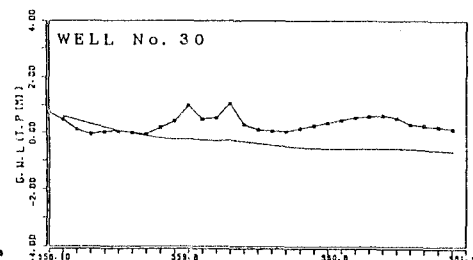
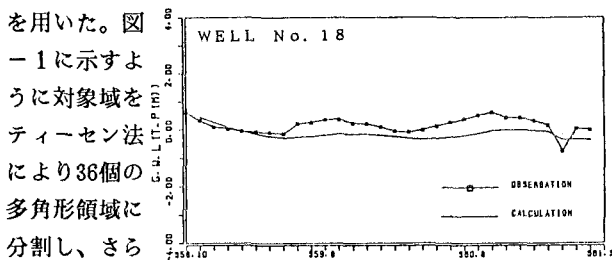


図-2 地下水位変化

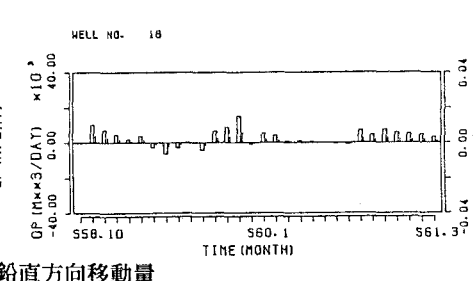
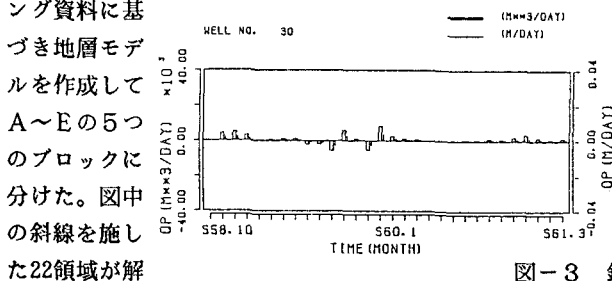


図-3 鉛直方向移動量

析対象中心領域であり、残る14領域は境界領域である。透水係数と有効空隙率の初期設定を表-1に示す。多層帯水層モデルとして同定された透水係数値の対象域全体に対する平均値は $4.6 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$ であり、そのときの水位変化の算出結果の一部を図-2に示した。また、各領域ごとの鉛直方向移動量も算出されるが、結果の一部を図-3に示した。図-3に示したNo16では揚水量が大きく、またその季節変動が明確に現れており、本川近傍のNo30では鉛直移動量は小さい。これらの値は既往の報告書に示された値とよい一致を示している。

4. 地下水流況解析

$$\frac{\partial}{\partial x} (T \frac{\partial h}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (T \frac{\partial h}{\partial y}) = \lambda \frac{\partial h}{\partial t} + q$$

(ここに、

h ; 地下水位、 q ; 鉛直方向移動量、 T ; 透水量係数、 λ ; 有効空隙率)の基礎式をFEMで定式化し、対象域を368節点、651要素に分割して計算を行った。すなわち、全節点に3. の解析で得られた T 、 λ を、鉛直方向移動量 q は、各領域に対する単位面積当りの量とし、時間間隔は1ヶ月とした。図-4に観測値より描いた水位等高線と計算結果から得たものを比較して示した。まず最初に鉛直方向移動量を無視した場合の定常解析を行ったが、予想通り現況の十分な再現はできず、鉛直方向移動量の精度の向上がキーポイントとなることがわかった。すなわち、揚水量の推定がむづかしい夏季の方が、揚水量が小さく水位が安定している冬季よりも再現性が悪い。また、この計算水位に基づき節点流速ベクトルを求めれば図-5

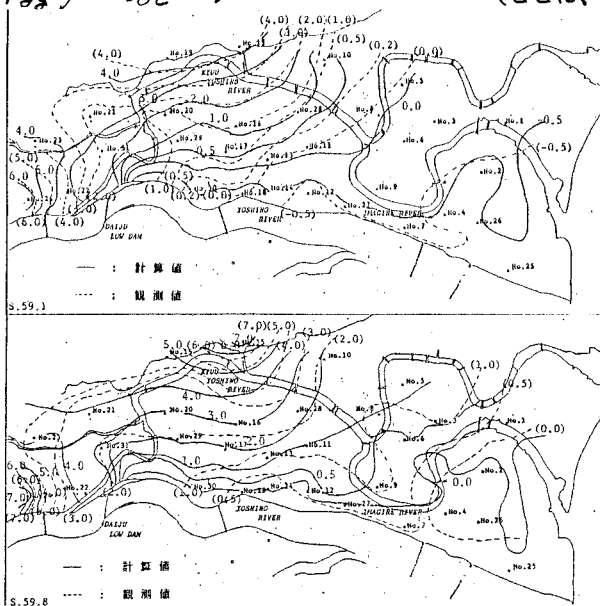


図-4 地下水位等高線

5. 塩分挙動解析

$$\frac{DC}{Dt} = \frac{\partial}{\partial x} (D_x \frac{\partial c}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (D_y \frac{\partial c}{\partial y})$$

(ここに、 D_x 、 D_y ; 分散係数、 c ; 塩分濃度)の基礎式をFEMで定式化し、地下水流況解析と同じ要素分割で塩分挙動の現象解析を行った。分散係数値と境界条件を組かえ、図-5に示した節点流速を用いて8通りの再現計算を行った。その結果分散係数値は全領域平均値として $2.89 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{sec}$ のときが最も再現性が良く、そのときの塩分等濃度線を比較したものが図-6である。複雑な等濃度線を比較的良く表しているといえよう。

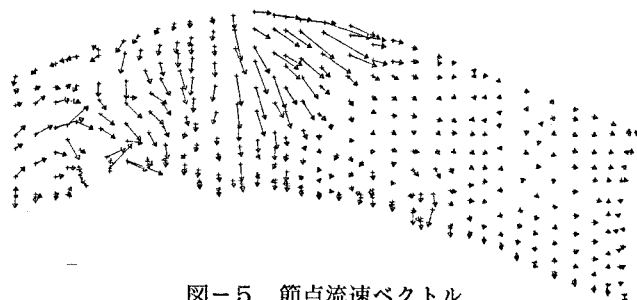


図-5 節点流速ベクトル

6. あとがき 本解析のモデルは広域地下水の挙動解析の手法として十分有効であることが検証できた。

<参考文献> 尾島・鐘ヶ江：吉野川下流部自由地下水帯における塩分挙動の調査・解析、第31回水講、1987。

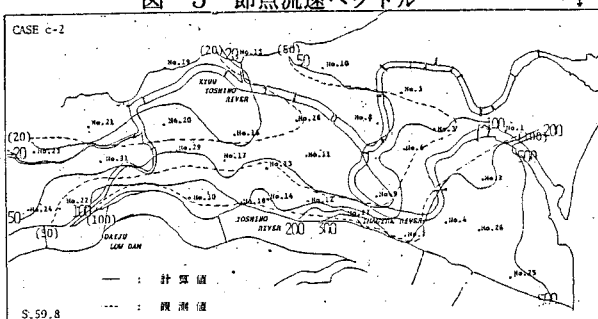


図-6 等塩分濃度線図