

## 扇状地における旧河道の分布形態と 浅層地下水流動に果たす役割

名城大学理工学部 正 員 原田 守博  
名城大学理工学部 学生員 ○丸山 邦彦  
名城大学理工学部 学生員 小林 孝男

### 1. はじめに

濃尾平野に代表される沖積平野には、旧河道や自然堤防などの表層微地形や地下埋没谷が複雑に分布する。これら地層の不均質性は地下水の流れを規定すると共に“水みち”として機能すること知られている<sup>1)4)</sup>。とくに旧河道の“水みち効果”は、地下水による汚染物質の移流拡散現象の観測において汚染濃度の高い地点が旧河道に沿って分布することからも確認されている<sup>2)</sup>。しかしながら、従来からの広域地下水分析では、目的が水頭分布の管理と水収支の把握にあったこともあって、帯水層を地質区分ごとに空間的に均質場として取り扱うのが一般的で、平野全体から見れば微視的な水みち分布までは考慮されていない。しかし、地下水汚染に係わる溶質輸送の解析では、上述のように現象が流向流速によって支配されるために、流れ場の水みち構造を事前に評価しておく必要がある。そこで本研究では、扇状地を対象に旧河道の空間分布の実態を調査し、地下水流動に及ぼす影響を数値計算により検討するとともに、旧河道の統計的分布特性を解析した。

### 2. 旧河道の空間分布とその取り扱い

図-1は犬山扇状地の表層微地形図<sup>3)</sup>である。図から分かるように、扇状地面には木曽川のかつての流路である旧河道と、網流状に流れた際の旧中州とが絡み合って分布している。ここでは、この複雑な空間分布を定量的に取り扱うために、図-1に215mメッシュの格子網を重ね、メッシュ内の旧河道占有率Pを求めた。つぎに、扇状地の等高線は扇頂を中心とする同心円であるという一般的性質に基づいて、各等高線に極座標方眼紙の円弧を重ね合わせることで、扇頂点を求めた。

### 3. 地下水流れに及ぼす旧河道の影響

旧河道の存在が浅層地下水の流れにどの程度の影響を及ぼすかを知るために、単純化した扇状地帯水層モデルについて、平面二次元定常FEM解析を試みた。解析領域は図-1の扇形状の領域であり、図-2のように境界条件の設定と要素分割を行なった。

各要素の透水量係数 $T_e$ は、旧河道部の方が旧中州部よりも透水係数が2オーダー大きいと仮定して、要素の3節点が位置するメッシュのP値を平均した各要素の旧河道占有率 $P_e(\%)$ を用いて次式で算定した。

$$\log_{10} T_e = 2 P_e / 100 - 3 \quad (1)$$

解析によって得られた水頭分布を図-3に、流速分布を図-4に示す。図から分かるように、解析領域の中で旧河道の位置する部分では水頭分布に大きな変形が生じるとともに、非常に大きな流速ベクトルが様々な方向に現れ、地下水の流れが強く歪められている。とくに流速値は、旧河道の存在しないところに比べて数倍以上の値となっている。こうした流速場の不整は、溶質の輸送現象にも大きく影響することが考えられ、この帯水層を均質として解析した場合、大きな解析誤差が生じるものと予想される。

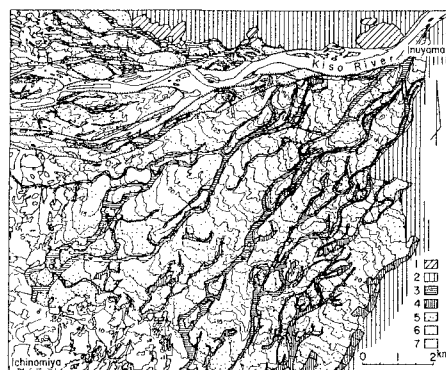


図-1 犬山扇状地の表層微地形<sup>3)</sup>

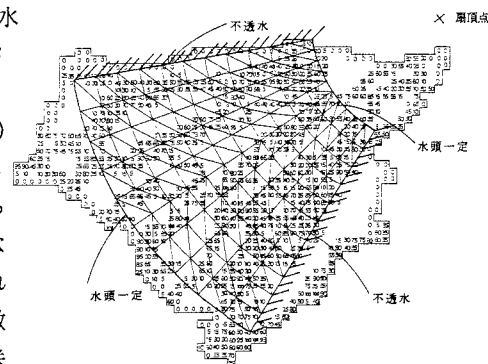


図-2 解析領域および境界条件  
(図中の数値は、旧河道占有率P)

#### 4. 旧河道分布の確率統計的特性

上述したように旧河道の存在は地下水流れに少なからず影響を与えるために、解析に当たって事前に対象地域の旧河道分布を把握しておくことが望ましい。しかしながら、一般的には大まかな地形地質区分がなされている程度で、図-1のような詳細な微地形図が整備されていることは稀である。したがって、微地形調査が行われている扇状地について、旧河道の分布特性を定量化しておくことは有意義であると言える。そこで、犬山扇状地および、同程度の空間規模をもつ黒部扇状地を対象に、旧河道分布の統計的空間特性（バリオグラム）を求めてみる。バリオグラム  $\gamma$  は確率場の性質を特徴づける統計関数で、次式で定義される。

$$2\gamma(dij) = \text{Var}[Z(x_i) - Z(x_j)] \quad (2)$$

ここに  $Z$  : 空間分布する確率変量,  $dij$  : 二地点  $x_i, x_j$  の間の距離。ここでは 確率変数  $Z$  として旧河道占有率  $P$  (%) をとる。旧河道の分布は、扇状地の堆積過程を考慮すれば、扇頂から扇端方向に連なる傾向にあることが予想される。そこで、メッシュごとに読み取った  $P$  値を、扇頂点を中心とした極座標方眼紙に書き写し、極座標系  $(r, \theta)$  で解析した。

犬山および黒部の両扇状地について求めた旧河道分布のバリオグラムを図-5, 6に示す。図-5は  $r$  (扇頂-扇端) 方向の、図-6は  $\theta$  (扇弧) 方向のバリオグラムである。図-5を見ると、 $\gamma$  のプロットが距離  $r$  に対して徐々に上昇し、2~3 km以降は一定化している。これは旧河道が  $r$  方向に2~3 kmの範囲で空間的相関をもつことを意味している。一方、図-6にはそうした傾向は認められず、プロットは水平に並んでいる。このことから、旧河道分布は扇弧方向には無相関であることが分かる。

#### 5. おわりに

本研究では、扇状地における旧河道の分布特性と地下水流れへの影響について考察した。旧河道のバリオグラムの精度は、解析に用いるベースマップ（微地形図）の正確さに大きく支配される。今後は、さらに各地の扇状地について調査情報を収集すると共に、得られたバリオグラムなどをもとに帯水層の不均質性を定量的に評価し、地下水解析に応用する手法を考える予定である。

#### 参考文献

- 1) 小前隆美ほか：第4回水資源シンポジウム, pp.447-452, 1992.
- 2) 杉江弘行：筑波大学大学院環境科学研究科修士論文, 1986.
- 3) 森山昭雄：地質学論集, 第7号, pp.197-211, 1972.
- 4) 飯田貞夫：「やさしい陸水学」, 文化書房博文社, 1993.
- 5) 山本莊毅・榎根 勇：「扇状地の水循環」, 古今書院, 1971.
- 6) Journel, A.G. and Ch. J. Huijbregts: "Mining Geostatistics" Academic Press, 1978.

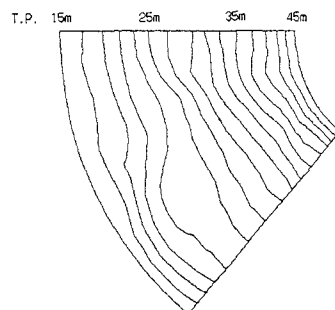


図-3 地下水頭の分布

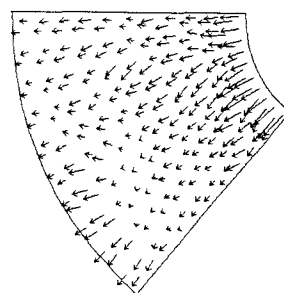


図-4 流速流向の分布

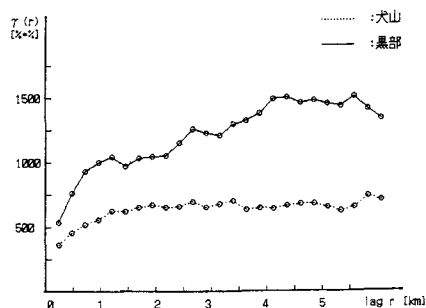


図-5 旧河道のバリオグラム  
(扇頂-扇端方向)

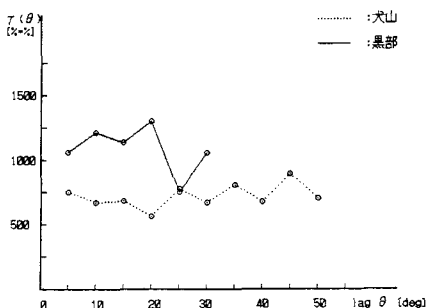


図-6 旧河道のバリオグラム  
(扇弧方向)