

感潮域自由地下水帯における塩分挙動のFEM解析

福山大学工学部 正員 尾島 勝 近畿地建 正員 ○犬丸 潤

1、はじめに 地下水の塩水化現象は種々の影響要因が作用するため信頼性の高いモデルを構築することは難しい。よって、モデルパラメータについてのモデル自体の特性把握が重要となる。本研究は、岩国市錦川河口域を対象とし、この地区特有の塩水化現象を現地観測データに基づき数値シミュレーションにより解明し分散係数値の違いによるモデルの応答について考察した。

2、対象域と現地観測データ 対象域は図-1に示すとおりである。観測地点として既設井戸11ヶ所、新設ボーリング孔3ヶ所、河川5ヶ所とした。河川と既設井戸の観測データは、水位と塩分濃度の鉛直分布とその断面平均値として整理し、境界条件のデータとした。

3、地下水・河川水位および塩分挙動特性 まず河川では、堰により上流側と下流側とで異なった挙動を示す。堰上流では堰の効果により年中を通して安定した水位が保つが、堰下流部では潮汐の変動にともなう河川水位も変動する。次にデルタ地区における地下水位変動は河川に近いNo.3の観測井のみが河川水位との相関を示し、他の井戸では降雨との相関が多少見られる程度である。また塩分挙動についても堰上流では海水の影響もなく塩分の遡上はない。しかし堰下流では海域の潮汐変動にともなう塩分の侵入がある。

4、FEMによる地下水流況解析 地下水の流況を把握するためにデルタ地区を対象にFEMを用いて定常解析を行った。モデルパラメータに用いた透水係数は、 $k=0.5\text{cm/sec}$ とし、境界条件は、満潮時における1日で最も高い水位とする。内陸については観測井のNo.4, No.5の地下水位を参考にして与えた。

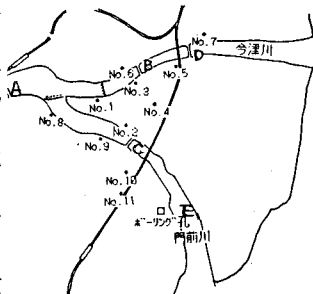


図-1 解析対象域

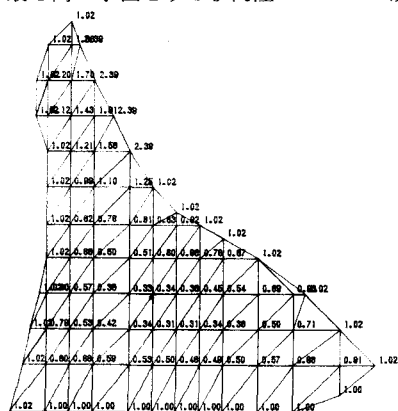


図-2(a) 節点水頭 (1日経過)

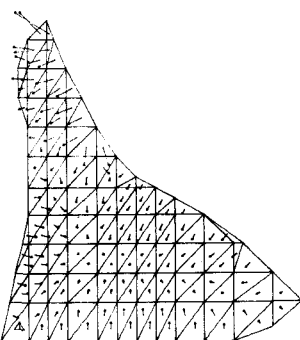


図-2(b) 流速ベクトル (1日経過)

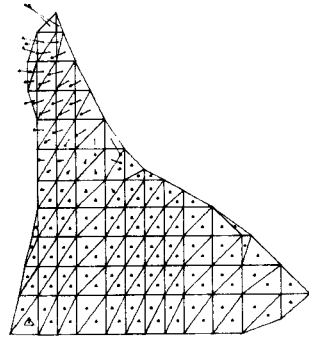
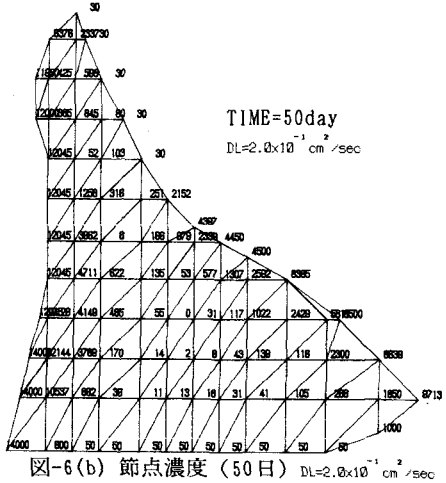
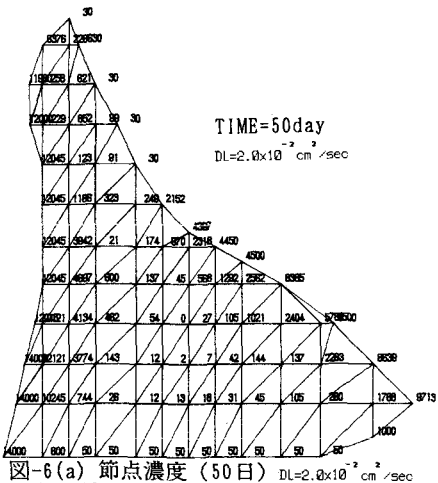
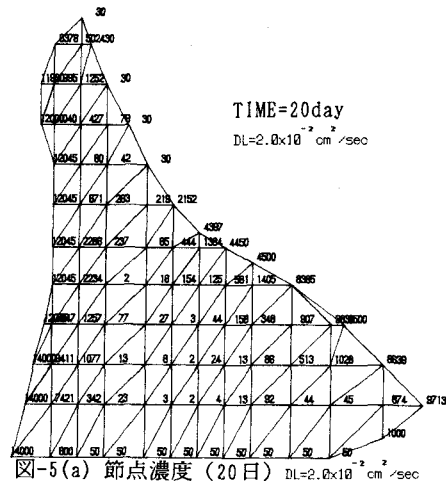
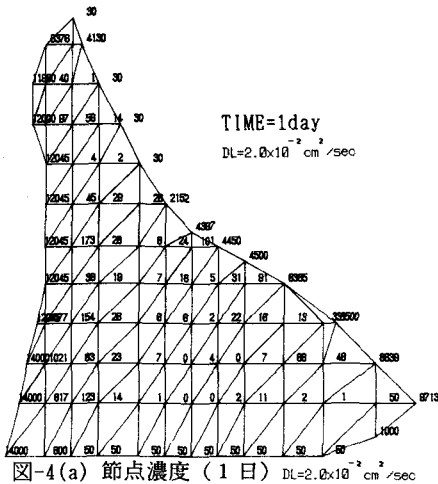


図-3 流速ベクトル (50日経過)

解析結果 図-2(a)(b)は初期値から、1日経過した時の節点水頭及び流速ベクトル図より内陸部での節点水頭は、全体に境界に近いほど高く内側になるほど低くなっている。しかし、八幡井堰を境としたデルタの頂部周辺と、それ以下では水位の挙動は異なる。上部では、この地点で1.02mを越える比較的高い水頭が現れる。しかし、下部内陸では、0.8m以下であり、低い値となっている。次に流速ベクトルを見ると堰上部にあるデルタの頂部周辺では、今津川から門前川に向かっての流れが速く、下部内陸では、周辺境界から内陸に流向が現れている。しかし、流速は、頂部周辺の流速に比べはるかに遅くなっている。次に、図-3の50日経過した時の流速ベクトル図と比較すると1日経過した図では、下部内陸部でもベクトルが現れていたが、50日経過した図では、下部内陸部でのベクトルは、ほとんどなくなっている。しかし、デルタ頂部では、1日目とあまり変化は見られず今津川から門前川および今津川から内陸に向かっての流向が現れている。これらを合わせて判断すれば、この地区の地下水のかん養は八幡井堰の上流の安定した水量により大きく支配されているといえる。

5、移流分散現象としてのFEMによる塩分挙動解析 デルタ地区で生じる塩分挙動を定性的に再現し、またパラメータの中でも最も重要な分散係数を変化させ、塩分挙動にどれだけ影響するかをシミュレーションにより比較考察した。境界条件は、境界水位に対応した塩分濃度を与え初期条件として入力し、分散係数を本研究室で求めた(a) $2.0 \times 10^{-2} \text{cm}^2/\text{sec}$ を基として、それより10倍のオーダーである(b) $2.0 \times 10^{-1} \text{cm}^2/\text{sec}$ の2ケースにより解析した。



解析結果 図-4(a) は初期から1日経過した塩分侵入状態である。これを見ると全体に塩分の侵入が起こっており、詳細にみればデルタの左辺側のほうが右辺側よりも塩分の侵入が大きくなっている。次に図-5(a) は初期から20日経過した塩分侵入状態である。これを見ると高濃度域(200ppm以上)と低濃度域(200ppm以下)とに分けることができる。まず低濃度域は、デルタ頂部右辺側と下部内陸中心部に存在し、デルタ頂部では、先に述べたように八幡井堰より上流の今津川からの淡水流入が支配的となるため低濃度域(200ppm以下)が存在すると思われる下部内陸中心部の低濃度域は、バクトル図からわかるようにこの辺では、ほとんど流速がないため移流よりも分散のみで塩分の移動が行われていると考えられる。図-6(a) は初期から50日経過した塩分侵入状態を示したものである。先に示した図-5(a) と比べるとほとんどの節点で濃度が上昇していることが解る。しかし先に述べた低濃度域では、他の領域よりも濃度の上昇は極めて小さい。また、この低濃度域にはNo.1およびNo.4の観測井があり実測においても100ppm以下となっていることから塩分の侵入および停滞がしにくい場と考えられる。次に分散係数値の違いによる塩分侵入状況を図-6の各(a)(b)から考察すると内陸では、ほとんど同じ濃度となっているが境界周辺では(a)よりも(b)が著しく高い値となっている。これらのことから分散係数値の違いは、低濃度域では、ほとんど影響を及ぼさないが高濃度域では強く影響するものと思われる時間依存することから、定常解析での時間スケールによっても影響が違ってくると思われる。

6. おわりに 以上のように本研究は広域地下水を解析する際の一つの手法として対象域をメッシュ化し、バクトルにより解析した結果を示した。実際に限られた実測データから解析するには限界があり経済的にも問題がある。従って今後は、より単純な仮定、境界条件の下に、より現況の再現性のある解析メッシュの確立が必要である。