

降雨に対する混合を考慮した塩水くさびの変動シミュレーション

九州大学工学部
九州大学工学部
沖縄総合事務局

学生員 ○中川 啓
正会員 神野 健二
長田 実也

九州産業大学工学部
九州大学工学部
九州大学工学部

正会員 細川土佐男
学生員 茹 瑛
正会員 田尻 要

1.はじめに：海岸域の地下水は、塩水くさびの侵入が起こっており、水資源として利用するには、その塩水くさびの変動を予測し十分に検討しておく必要がある。本報では、将来地下ダムの建設が予定されているI島のデータをもとに、地表面の境界条件として降雨を与えた場合の塩水くさびの変動について検討した。

2.解析領域の概要：地下水の流下方向に沿った地質断面の概要と解析領域を図-1に示す。下から砂質シルト、石灰岩、粘土・シルト、砂・砂礫が堆積している。最上層の砂・砂礫層中には、貝殻片や枝サンゴ礫が多く確認されており、そのためこの層の透水性はかなり大きいものと考えられる。粘土・シルト層は層厚も薄く、完全な粘土ではなく、その分布もまばらである。石灰岩層はシルト質砂礫状であり一般の石灰岩よりも透水性は高く、この地域の主要な帯水層であることがわかってい

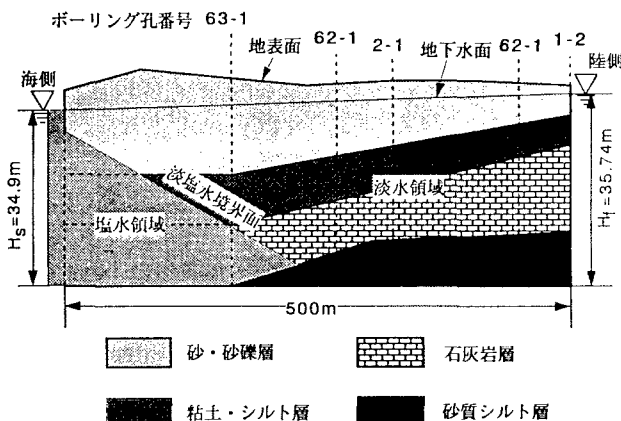


図-1 地質断面および解析領域

る。また上層の粘土・シルト層により、幾分披圧状態であることがわかってい

る。なお、図を作成するのに用いたデータは平成3年までに報告されたものである。前回、解析をおこなった結果、最下層の砂質シルト層では地下水の流動がほとんどなかったことや、透水係数も小さかったことから、今回は解析領域の深度を石灰岩層までとし、奥行きも海岸から500mまでを解析領域とした。解析を対象としたI島では、地下水位の降雨に対する鋭敏な反応が確認されており、また、海岸に近い観測孔では、深度10m程度の電気伝導度もその影響を受けていることから、解析領域の上面の境界条件として降雨強度の時系列をフラックスで与えた。そのため、解析領域の上方は、格子幅を次第に小さくする異方格子を組んだ。

3.解析の概要：数値解析については、地下水流動に関する方程式と塩分濃度に関する2次元移流分散方程式を連立して解析する方法を用い、地下水流動に関する方程式には陰形式の差分法を用い、移流分散方程式の数値解析には粒子移動法を適用した。計算条件は前回と同様に、透水係数は現場透水試験の実測データによるものとし、砂・砂礫層には0.058cm/s、粘土・シルト層には0.000175cm/s、石灰岩層には0.0023cm/sを代表的な値として与えた。自由水面から上の不飽和領域における不飽和特性は、現地にて採取した土の粒度試験から、Van Genuchtenが提案した不飽和特性の理論式などをもとに、 $\alpha=0.0603321$ 、 $n=1.78976$ 、 $m=0.441267$ 、 $\theta_s=0.416$ 、 $\theta_r=0.284$ を与えた。縦方向分散定数は、測定されていないのでボーリングによる柱状図を参考に平均粒径程度の値を与え、横方向分散定数は縦方向分散定数の1/10とした。空隙率は砂・砂礫層には先に求めた不飽和特性値である θ_s を与え、その他の層には地下水ハンドブックを参考に与えた。

4.結果と考察：図-2には降雨を与える前の流速ベクトル分布、図-3にはその時の塩分濃度分布を示す。第3層では、陸側からの流速が、塩水くさびの侵入を妨げようとしているが、流速がおそいためになかなか押し戻すことができずにいると考えられる。第1層では、下層よりも淡塩混合域がひろがっており、これは、塩分濃度をもった粒子が流速によって移動するという粒子移動法からもわかるように、流速が速いために塩分の輸送も大きいためであると考えられる。また、海側から供給された塩分の一部が、陸側からの流速によって再び海側へ戻される様子もうかがえる。図-4には降雨を与え始めてから17時間後の流速ベクトル分布、図-5にはその時の塩分濃度分布を示している。雨水は、地下水面に地下水の流れによって海側へ流出している。また、陸側近くに地下水位の最高点が出現し、その出現位置から陸側では、陸側へ向かって流出している。これ以降も雨水の補給が進めば、この最

高点の出現位置は海側へと移動し、塩水くさびは海側へ押し戻されると考えられる。ガイベン・ヘルツベルグの法則から、水面が上昇することにより海側へ塩水くさびが押し出され、淡水領域が広がると予想したが、降雨を与える前と塩分濃度分布はほとんど変化が見られなかった。与えたような小さな降雨程度では、塩水くさびの形状にはほとんど影響を与えず、塩水くさびの変動が季節単位の長周期にわたるためと考えられる。また、地下水面の最高点の出現位置よりも塩水くさびは海側であるので、これ以上侵入してくることはなく、降雨が補給され続ければ、塩水遮断効果が期待できる。しかし、地下水位の下降するような現象、すなわち蒸発散やサトウキビの根による吸水、井戸からの揚水などがあれば、塩水くさびは侵入してくると思われる。本計算で地下水面の上昇を再現できなかったことに関しては、不飽和のパラメータなどの諸データが適切でなかったことや、実際にはそれらのパラメータが不均質に分布していることが原因であったと考えられる。

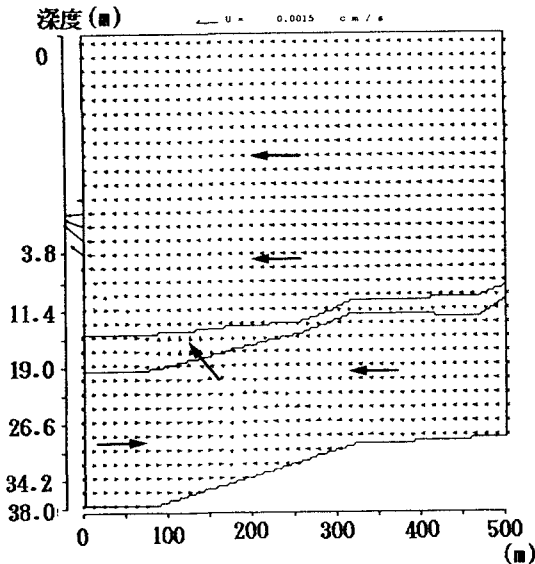


図-2 降雨前の流速ベクトル分布

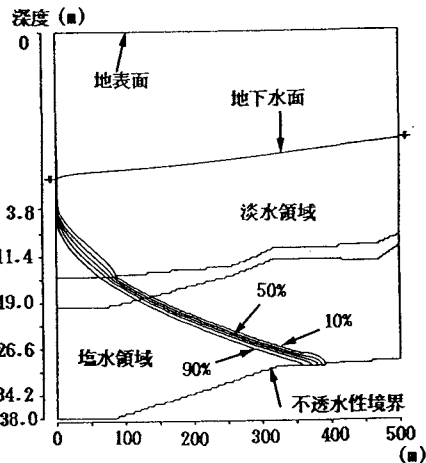


図-3 降雨前の塩分濃度分布

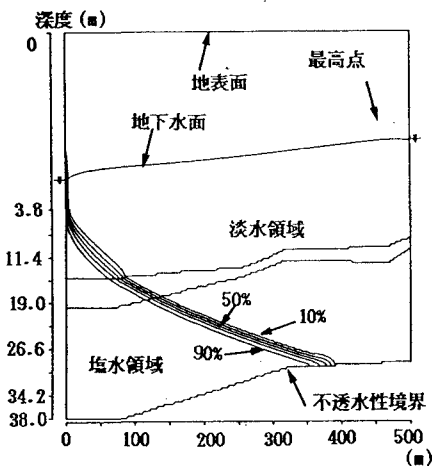


図-5 降雨開始17時間後の塩分濃度分布

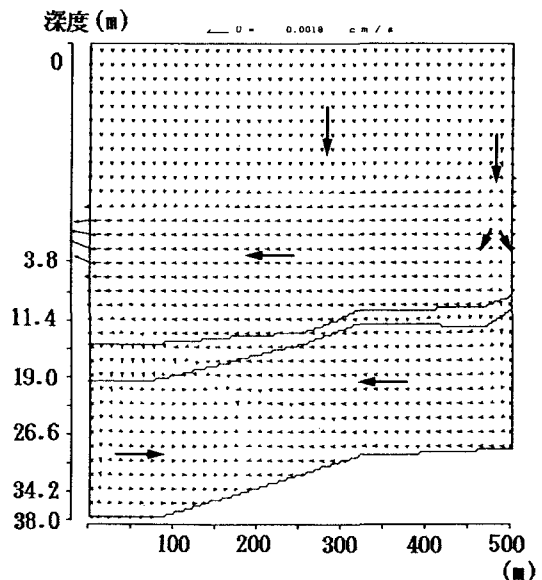


図-4 降雨開始17時間後の流速ベクトル分布

5. おわりに：本計算は短期間でのものであり、塩水くさびが大きく変動することはなかったが、年レベルの期間で見た場合は、これまでの観測結果から、変動することがわかっているのので、今後地下水位の低下するような場合などの問題も含めて年レベルでの変動を再現しようと考えている。

(謝辞)：本研究にあたり貴重な資料や助言を頂いた関係諸機関に御礼申し上げます。