

地下水塩水化機構の水文学的考察

九州大学工学部 学生員 ○中 川 啓
 九州大学工学部 正 員 田 尻 要
 九州大学工学部 正 員 茹 瑛
 九州産業大学工学部 正 員 細川土佐男
 九州大学工学部 正 員 神野 健二

1. はじめに 近年、地下ダムを建設することにより海岸付近における地下水の塩水化防止や、地下水を水源として確保・強化しようとする試みが各地でみられる。このような地下ダムの計画および地下ダム建設後の運転維持管理において、塩水侵入のメカニズムを十分に検討し、塩水化現象の予測を行う必要があると考えられる。よって本研究では、将来地下ダムの建設が予定されているA島を例に水文資料の整理と検討を行い、分散・混合を考慮した地下密度流に関する数値解析を実施した。

2. 地下ダム建設予定地の概要 地下ダム建設予定地の地下水の流下方向に沿った地質断面の概要を図-1に示す。

不透水性境界である基盤は砂岩・頁岩の互層からなり、その上部に沖積層(砂・砂礫・粘土・シルト)と洪積層(石灰岩礫・砂質シルト)が不整合に堆積している。次に、建設予定地のボーリング調査孔における1988～1993年の降雨、気温、地下水位の経年変化(図-1中ボーリング孔番号63-1)と、電気伝導度の経年変化(図-1中ボーリング孔番号63-1および62-1)を図-2に示す。地下水位は降雨に反応しており、変動幅は年間を通して1 m程度である。また、地下水中の塩分濃度を表す電気伝導度と降雨量に着目すると、塩水が侵入していない62-1孔では電気伝導度の深度方向の値は変化しないが、塩水の侵入が予想される63-1孔では、深度が小さい地点ほど電気伝導度は大きな値を示している。これは、降雨による影響と考えられ、年間を通してみても降雨量が少なく雨水の地下浸透量が小さい時期には、地下水中の塩分濃度が高くなる傾向を示している。

3. 解析の概要 数値計算については、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、移流分散方程式の数値解析には移流項の離散化誤差の発生がなく、精度が良いことが確認されている粒子移動法を適用した²⁾。解析領域および境界条件は図-1に示すように、CDは不透水性境界、BCは塩水圧境界、EDは淡水圧境界、AB・EFは不透水性境界とした。計算に用いた諸定数を表-1に示す。飽和透水係数は現場透水試験の実測データによるものとし、不

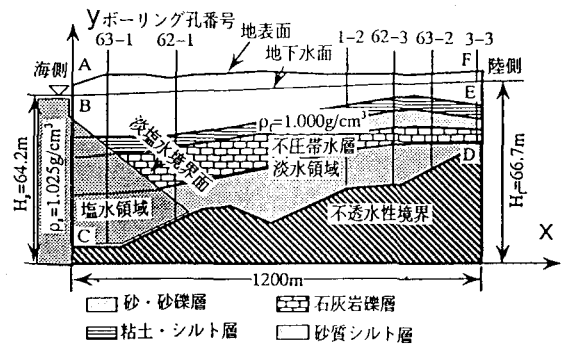


図-1 地質概略および解析領域

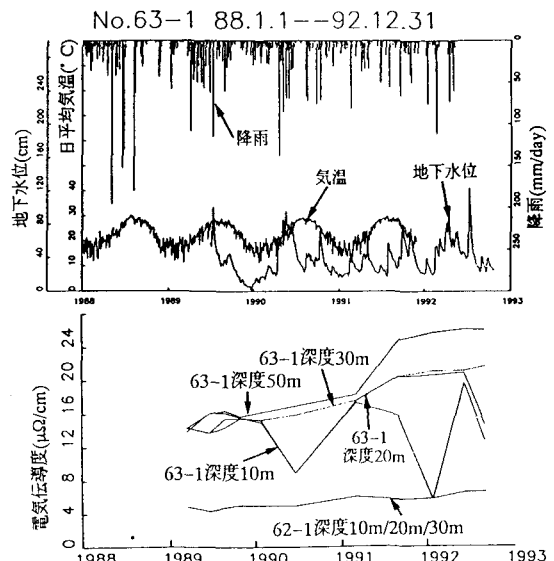


図-2 降雨・気温・地下水位と電気伝導度の経年変化

圧帯水層における不飽和特性は、Van Genuchtenが提案した不飽和特性の理論式などを基に与えた。縦方向分散定数はボーリングによる柱状図を参考に、一般的にいわれている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。空隙率は地下水ハンドブック³⁾を参考に与えた。

4. 解析結果と考察 数値解析より得られた流速ベクトル分布を図-3に、等濃度分布を図-4に示している。砂・砂礫層および粘土・シルト層では、石灰岩礫層や砂質シルト層に比べ塩水の陸側への侵入が遅くなっているが、これは砂・砂礫層については、透水係数が最も大きく、海側へ向かう流速が卓越しているためと考えられ、粘土・シルト層については、透水係数、横方向・縦方向分散定数が小さく地下水流れや物質輸送がおこりにくくなっているためと考えられる。また、淡塩水混合域は横方向・縦方向分散定数の最も大きな石灰岩礫層において最も広がっており、濃度勾配がゆるやかになっている。一方、砂・砂礫層の横方向・縦方向分散定数には比較的大きな値を与えたが、陸側から海側へ向かう流速の影響を受けているため淡水と塩水の混合が抑えられているものと思われる。

表-1 計算に用いた諸定数

飽和透水係数 $k_m(\text{cm/sec})$	
砂・砂礫層	5.80E-2
粘土・シルト層	1.75E-4
石灰岩礫層	2.00E-3
砂質シルト層	2.30E-4
縦方向分散定数 $\alpha_z(\text{cm})$	
砂・砂礫層	3.6
粘土・シルト層	0.06
石灰岩礫層	50.0
砂質シルト層	0.6
分子拡散係数 $D_m(\text{cm}^2/\text{sec})$	
空隙率 (%)	
砂・砂礫層	40.0
粘土・シルト層	27.0
石灰岩礫層	50.0
砂質シルト層	34.2
X方向差分格子間隔 (cm)	600
Y方向差分格子間隔 (cm)	80

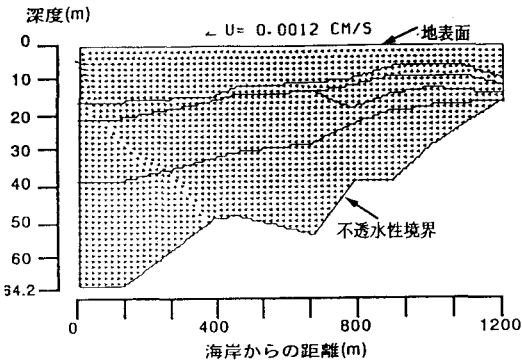


図-3 流速ベクトル分布

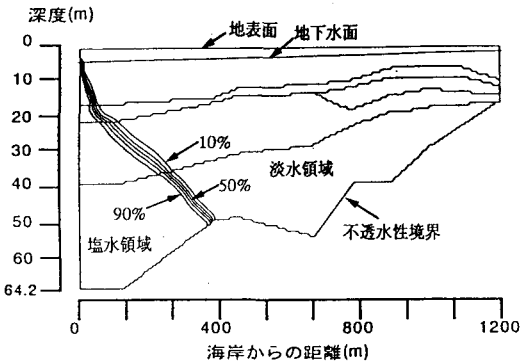


図-4 塩分濃度分布(等濃度線は20%間隔)

5. おわりに 今回の数値解析では透水係数、横方向・縦方向分散定数の異なる多層地盤での地下水流れの概略をつかむことができたが、今後は、降雨・蒸発散や地下水位などの水文状況を考慮した非定常計算を行ない、より現実的な塩水侵入の解析を行いたい。

謝辞 本研究に当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。

参考文献

1)黒田登美雄:平成3年度地下ダム開発地質解析業務報告書,1992
2)細川土佐男:地下密度流の流動および分散現象の解析と淡水の有効取水に関する基礎的研究,九州大学博士学位論文,1992
3)建設産業調査会:地下水ハンドブック,p.75,1979