

汀線下部の地下水の取水による淡塩水の挙動について

九州大学工学部 学生員 ○大串 昌宏 九州産業大学工学部 正会員 岩満 公正
九州大学工学部 正会員 神野 健二 九州大学工学部 学生員 中川 啓

1. はじめに

汀線下部の帯水層から地下水の取水を行うことによる淡水や塩水の挙動に関して検討を行うておくことは、今後、種々の目的を持って海岸地下水を取水する際に貴重な知見となることと考えられる。よって本報では、海岸付近に淡水レンズが形成されている帯水層において汀線下部に設置した暗渠から地下水の取水を行った場合について上記のような点を室内実験により検討を行った。

2. 実験装置と実験方法

実験装置の概略を図-1 に示す。

実験水槽は長さ 200cm、幅 12.5cm、高さ 70cm の大きさで、水槽の左側と右側に水位調節が可能な排水装置と左右両側板からそれぞれ 10cm の位置に実験試料の粒径を考慮した金網を設置している。これらの金網で囲まれた長さ 180cm、幅 12.5cm、高さ 70cm の領域に標準砂を充填し、図-1 に示すように帯水層および海浜と陸地の地表面を作成した。帯水層の左側から 28cm の位置から

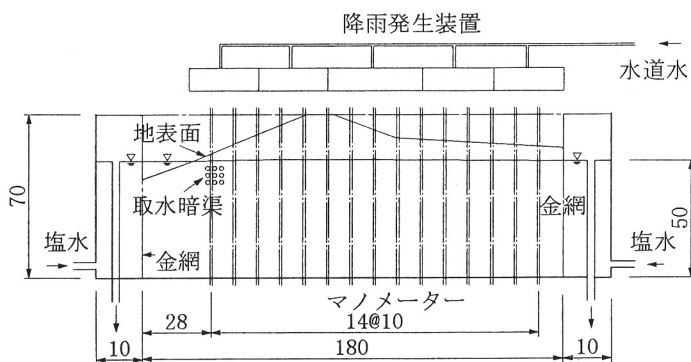


図-1 実験装置の概略(単位:cm)

10cm 間隔で 15 本のマンノメーターを埋め、地下水面の挙動を観測できるようにした。実験に用いた標準砂の透水係数は $2.7 \times 10^{-3} \text{ (cm/s)}$ で、粒径範囲は $0.105 \sim 0.4 \text{ (mm)}$ である。取水暗渠には、外径 10mm のアルミ製の多孔管に試料の粒径に対応した金網を巻いたものを用い、図-1 に示す位置に設置し、自然流下により取水を行っている。実験水槽の上部に、降雨量が調節可能な降雨発生装置を設けている。実験は以下の手順により行っている。まず、水道水を給水している左右のヘッドタンクの水深を 50cm に設定し、地表面から約 10 (mm/hr) の降雨を涵養させて一昼夜おき、その後、左右のヘッドタンクの水道水を塩水侵入域の目視が可能なように食用色素赤色 102 号で赤紫色に着色した密度が $1.025 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ の塩水と一気に置換する。塩水が帯水層の下部に侵入し上部に淡水レンズが形成された後、目視による淡水と塩水との境界面が変化しなくなった状態を初期状態とした。次に、この初期状態から暗渠により取水したときの塩水の非定常侵入過程の実験を行い、地下水面と淡塩水境界面の挙動を観測した。実験は、取水する暗渠の位置や数及び暗渠内の水位を組み合わせた 24 ケースについて行った。なお、淡塩水境界面の挙動はビデオとカメラ、デジタルカメラにより一定時間ごとに観測し、地下水位の挙動は 8mm ビデオにより観測した。また、暗渠により取水した淡塩水混合液は、一定時間ごとに取水量と密度を測定した。

3. 実験結果と考察

写真-1 から 4 に、実験結果の一例として暗渠の水位を海水位から 4cm 下げた位置に設定し、図-2 の GHI の暗渠 3 本から取水を行った場合の塩水侵入域の変化を示している。

写真-1 は取水開始前の初期状態を示している。両側のヘッドタンクから侵入した塩水の上に淡水レンズが形成されている。淡水と塩水の境界面は、下に凸の形状ではっきりと目視で観測できる。取水開始後 8 分の写真-2 は、塩水が汀線及び外浜から暗渠の上部に向かって帯水

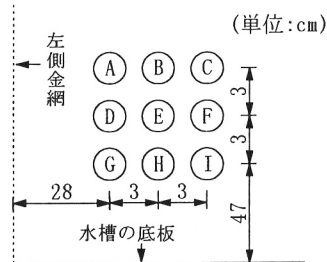


図-2 取水暗渠の配置図

層に侵入している様子がうかがえる。また、赤紫色の淡塩水境界面は鮮明にはっきりしている。取水開始後 20 分の写真-3 は、写真-2 の暗渠上部に向かう塩水侵入に加え、淡水レンズ下部の塩水が暗渠下部に向かって侵入している様子がうかがえる。暗渠上部の淡塩水境界面は、鮮明にはっきりしているが、暗渠下部のそれは薄くぼやけている。取水開始後 42 分の写真-4 は、塩水と淡水のポテンシャルが釣り合い、淡塩水境界面が変化しなくなった模様を示している。塩水は、暗渠 B と C 及び E と F のほぼ中間の位置までと I の左下まで侵入している。従って、暗渠 G、H には塩水のみが侵入し、暗渠 I には塩水と淡水が侵入していると考えられる。この状態における淡塩水境界面は、なめらかに下に凸の形状を示し、鮮明にはっきりしている。

図-3 に棒グラフで示した暗渠 GHI からの全取水量の経時変化は、取水開始後からさほどの変化がなく、全取水量は平均すると約 150(ml/min)になる。また、同図には時間の経過とともに塩水のみを取水している暗渠 G と H からの取水液を混合した液の密度の経時変化を—▲—印で示し、淡水と塩水を取水している暗渠 I のそれを—■—で示している。暗渠 G と H からの取水液を混合した液の密度は、取水開始後 4 分位から 14 分までほぼ一定の値を示した後、再び上昇して約 42 分から一定の高い値を示している。写真-4 に示すように、暗渠 G、H は、赤紫色の塩水域の中に入っているが、取水液の密度の値は、原塩水の密度よりも若干低い値となっている。暗渠 I からの取水液の密度は淡水と塩水を混合して取水しているため緩やかに変化し、低い値に達している。図-4 に、マノメーターにより観測した地下水面の経時変化を示している。地下水面は、場所的に暗渠に近いほど大きく低下し、汀線から約 146cm の位置まで低下している。時間的には、取水開始後 10 秒までにほとんど低下し、120 秒以降は一定の高さを保っている。

終わりに、本研究では、汀線下部における地下水取水による淡塩水の挙動について室内実験により検討を行った。今後は、数値シミュレーションを行い、帯水層中の淡水、塩水の流れを明らかにするとともに不飽和層の形成について検討する予定である。

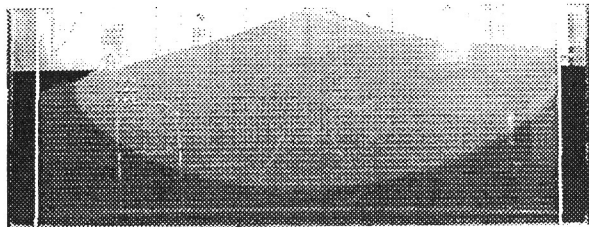


写真-1 初期状態

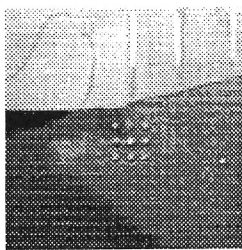


写真-2

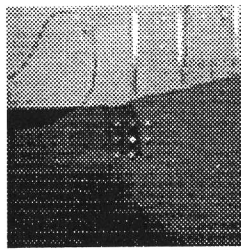


写真-3

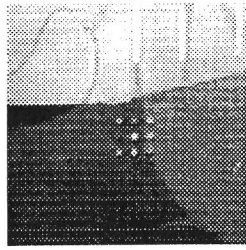


写真-4

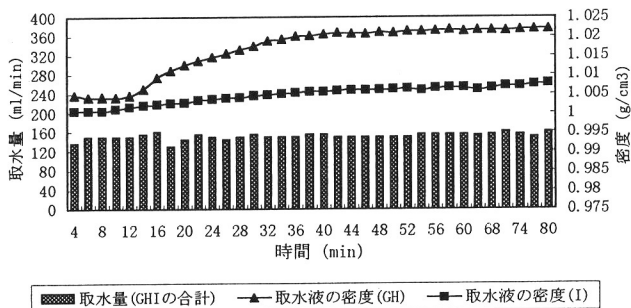


図-3 取水液の密度と取水量の経時変化

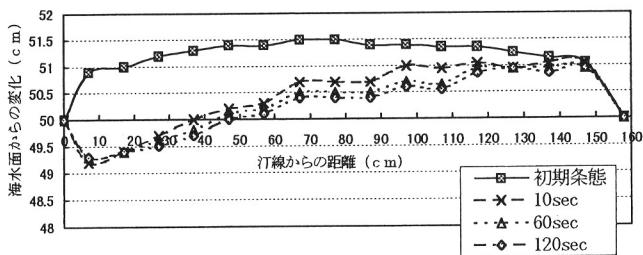


図-4 地下水面の経時変化