

## 自由地下水の塩水化現象の変化に及ぼす揚水井・護岸矢板の影響

徳島大学工学部 正員 尾島 勝, 徳島県庁 正員。鎌田 義人  
建設技術研究所(株) 正員 破東 敏雄, 大豊建設 正員 次田 輝幸

### 1. 考え方

本研究は、沿岸部地下水の塩水化に対処するにために塩水化防止策を見出することを目的としている。筆者らは、これまでに不圧滞水層における塩水化現象について報告して<sup>(1)(2)</sup>いるが、今回は、滞水層開口部に護岸矢板を挿入した場合の塩分浸透に及ぼす効果について、実験砂層内の塩分濃度測定結果に基づいて考察する。

### 2. 実験方法

実験タイプとして、図-1に示すように、塩水化現象に及ぼす揚水条件の違いによる影響を知るために、揚水地点を2か所、揚水口深さを2か所、揚水量を2種類変えて実験し、さらに矢板の根入れ深さを3種類変えた計29タイプとする。実験判定は、実験水槽前面に現われる塩水楔の形状スケッチ、揚水量とその電気伝導度および各観測井戸に付ける電気伝導度(水槽底面より3.75, 11.25, 18.75, 26.25cmの4点)の3項目である。<sup>(1)</sup>なお、実験装置については一昨年度<sup>(1)</sup>と同様であるので説明は割愛する。

### 3. 塩分濃度変化に関する考察

これまでの研究報告でも述べたように、無揚水時の塩水楔理論は、非定常・非線形性が強いと考えられる侵入初期においては、適合性は十分であると言えはいか、定常時に近づけばその適合性は良いと認められている。しかし、揚水等の人為的条件下の理論的展開はまだ確立されていない。したがって、揚水条件および矢板の根入れ深さの違いによる不圧滞水層内への塩分浸入現象を明らかにするために、実験結果に基づき、砂層内地點濃度の経時変化、塩分侵入速度および平均濃度フラックス(図-2)等の諸量に着目し考察する。ここに、塩分侵入速度とは、感知最大濃度 $C_0$ の1%の等濃度線の侵入速度をいう。平均濃度フラックスとは、 $\% = 0.25, 0.5, 0.75$ の3本の等濃度線で塩水楔を3層に分割し、それらの面積とそれを $\%$ との積を加え合わせたもので、砂層中に侵入した総塩分量を意味する。

#### ① 矢板を挿入しない場合の揚水条件の違いによる塩分濃度変化に関する考察

① 何ら人為的操作を加えない自然条件下(無揚水・無矢板)における塩分侵入現象と比較して、塩分侵入現象の変化に影響度が大きいのは、揚水量の違いであり、ついで揚水位置の違い、揚水高さの違いの順である。② 塩水化を助長する効果が大きいのは、過剰揚水の場合である。揚水位置、揚水高さのいかんにかかわ

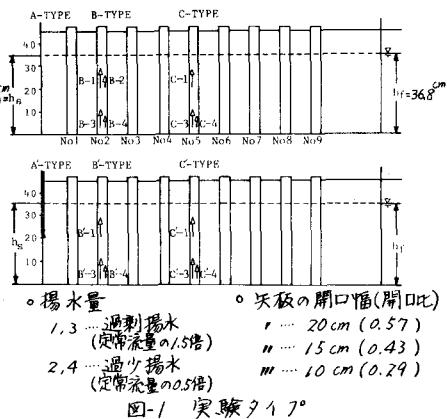


図-1 実験タイプ

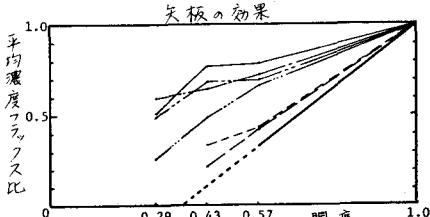
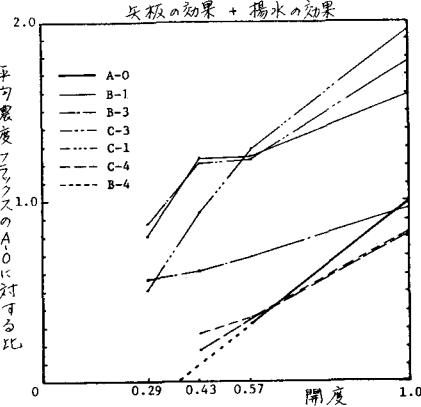


図-2 塩分侵入阻止効果の評価図

らず塩分はその揚水位置まで侵入し、平均濃度フラックスも増加する。しかし、自然条件下における塩水化域に相当する塩水槽近くの位置において上部過剝揚水を行なう場合には、自然条件下に比して侵入速度は速くない、平均濃度フラックスも増大し、塩水槽から揚水位置までの砂層上層部は高濃度化するが、揚水位置より内部砂層への高濃度塩分の侵入は阻止される。したがって、内陸部の水質保全にはアラスの効果となる。<sup>⑩</sup>過少揚水の場合には、揚水位置、揚水高さのいかんにかかわらず、平均濃度フラックスは自然条件下的8~9割程度の値となり、多少小さくはるが、侵入速度は相対的に当然速くはるから、塩水化の阻止効果を認めるとしても、それほど大きくなないと判断できる。

## 2) 矢板を挿入した場合の揚水条件の違いによる塩分濃度変化に関する考察

<sup>⑪</sup>図-2に示したように、矢板による塩分侵入阻止効果を平均濃度フラックスを指標として揚水条件と合わせて評価し、その効果を大きい順に示せば、塩水槽遠くでの上部過少揚水(C'C'C=4), 塩水槽近くでの下部過少揚水(B'B'B=4), 塩水槽遠くでの上部過剝揚水(C'C'C=1), 塩水槽遠くでの下部過剝揚水(C'C'C=3), 塩水槽近くでの下部過剝揚水(B'B'B=3), 塩水槽近くでの上部過剝揚水(B'B'B=1)となるが、最も阻止効果の小さいとされる開口比0.57のB'=1の場合でも矢板を挿入しない場合の平均濃度フラックスに対しても0.78倍となり、かなりの塩分侵入阻止効果を發揮していると判断できる。<sup>⑫</sup>塩水化助長効果が大である塩水槽遠くでの上部過剝揚水の場合には開口比が0.45以下、下部過剝揚水ならびに塩水槽近くでの上部過剝揚水の場合には開口比が0.29以下れば、自然条件下よりも濃度的に低くなり、矢板の挿入による塩分侵入阻止効果が顕著に発揮されることわかる。<sup>⑬</sup>矢板を挿入した場合でも過剝揚水であれば、最終的にはその揚水位置まで塩分は侵入していくことに注意する必要がある。しかし、その到達時間は矢板の開口幅が小さくはるほど長くなり、いわゆる過渡効果は期待できる。<sup>⑭</sup>砂層中の塩分濃度分布より明らかとなるが、塩分は砂層下部を侵入し、上部の濃度上昇はみられない。したがって、砂層上部の淡水域の維持をはかることが求められるので、その意味では阻止効果が発揮されたと評価できる。

## 3) 一次元拡散方程式に基づく考察

砂層内の塩分濃度変化を拡散方程式から求められる分散係数で評価する。図-3に各タイプの平均分散係数と平均流速を示す。図より、矢板の有無にかかわらず塩水槽遠くでの過剝揚水の場合、平均分散係数はほぼ一様であるが、平均流速ははるかに大きいこと、塩水槽近くでの過剝揚水の場合、逆に平均流速はほぼ一様であるが、平均分散係数ははるかに小さいことが知れる。しかし、図に示された分散係数からは揚水や矢板の影響の明確化は評価できない。また、自然条件下のA-Oの $D_L$ ,  $\bar{V}$ を用いて計算した塩分濃度変化を実験から得たそれを図-4に示す。計算値は測定NO.1-1の%のようなく記述はならぬが、NO.1-2, NO.1-3のよう位相変化とは異なっている。したがって、分散係数および流速の時間的あるいは場所的変化をも考慮してうえで濃度変化を捉えるべきであることを示唆している。

## 5. あとがき

揚水および矢板による塩分浸透に及ぼす影響について定性的に把握できた。今後、過少揚水の場合の詳細な研究を進めた。

## 参考文献

- 尾島・垂水：海岸部不圧層内における塩水化現象の変化に関する研究、第30回中四、pp.101~102、1978.5
- 尾島・鎌田・羽羽：不圧層水層中にみる塩分濃度変化に関する考察、第31回中四、pp.60~61、1979.5

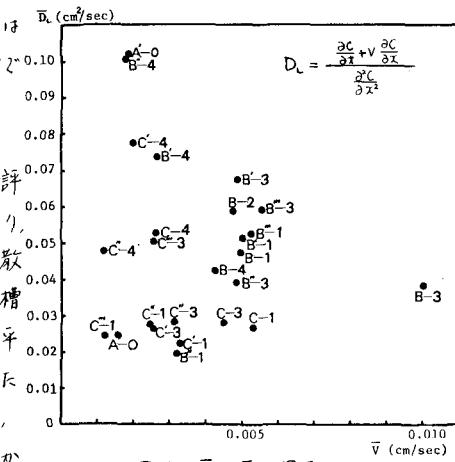


図-3  $D_L$  と  $V$  の関係図

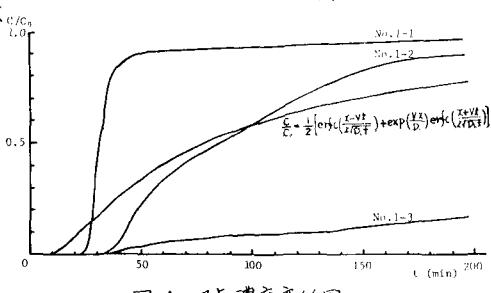


図-4 地点濃度変化図