

不圧滞水層における塩分濃度変化に関する考察

徳島大学工学部

四国建設コンサルタント

徳島大学大学院

正員 尾島 勝

正員 天羽 誠二

学生員 鎌田 義人

1. まえがき

本研究は、地下水揚水が塩分侵入機構に及ぼす影響と塩分侵入の防止策を見い出す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^{1,2,3)}してきたが、今回は、滞水層開口部境界に矢板を挿入した場合の塩分浸透に及ぼす影響ならびに抑止効果について、実験砂層内の塩分濃度測定結果に基づき考察する。

2. 実験方法

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3か所、揚水口深さを2か所、揚水量を2種類変えて実験し、さらにクリスタル樹脂製の矢板を挿入し、同じ条件で計19タイプの実験を行う。実験測定は、各観測井戸における電気伝導度、実験水槽前面に現われる塩水楔の形状のスラッシュおよび揚水量とその電気伝導度の3項目とする。なお、実験装置については前年度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、浸塩界面形状や塩水楔長を大略的に把握するには、塩水楔理論を使用することは可能であるが、塩分の分散機構をも考慮しなければならぬ浸透現象を精密に記述するためには、塩水楔理論では不十分であるといえる。

1) 揚水を行わない場合：砂層内の塩分濃度変化を図-1および図-2に示す。図は、縦軸に濃度(ppm)、横軸に時刻 t (min)をとり、鉛直断面内で6点($Z=2.5, 7.5, 12.5, 17.5, 22.5, 27.5$ cm)の塩分濃度変化を上から順に示してある。図-1のA-1は無揚水で、A'-1は無揚水かつ矢板を挿入した実験タイプである。また図-2のB-1は揚水井戸No.2の上部で過剰揚水、B'-1はB-1に矢板を挿入した実験タイプである。

まず図-1について考察すると、上層部の塩分濃度は下層部のように、急激な立ち上がりはみられず、塩分濃度も下層部よりはるかに低い。いま、塩水の侵入が密度効果のみで起こるならば、観測井戸No.1とNo.2における塩分濃度変化曲線の変化の様相は同じでなければならぬが、濃度の時間的勾配は、No.2におけるものの方がNo.1より緩やかとなっている。このことは、塩分の侵入が密度効果のみではなく、分散効果がそれに加わって塩分を浸透させていると考えられる。塩分の浸透における密度効果および分散効果のいずれも時間的勾配および場所的濃度勾配に支配されているので、密度効果および分散効果のいずれも時間的にあるいは場所的に大きく判断することはむづかしい。しかし、図-1より明らかに、無揚水の場合において矢板を挿入すると、矢板のない場合A-1よりも、定常到達時刻は遅れ、塩分濃度も低くなる。すなわち、無揚水の場合に矢板を挿入することによって、塩分の浸透を阻止する効果がある。

2) 揚水を行う場合：塩分の浸透に影響を及ぼす要因として、矢板の有無、

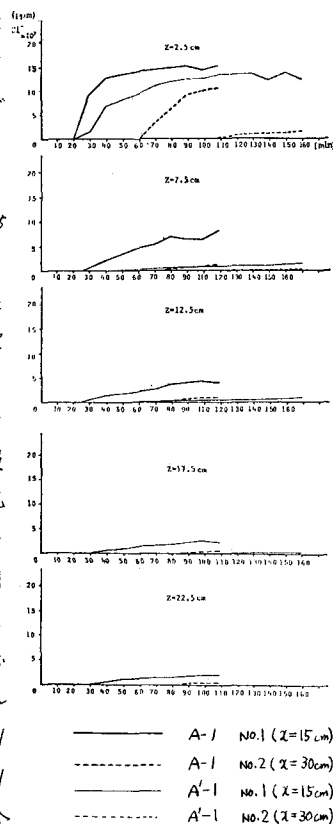


図-1 塩分濃度変化図

揚水位置、揚水量および揚水高さを考えたが、矢板のない場合には、揚水量が多いほど、揚水高さが高いほど、また揚水位置が塩水槽に近いほど滞水層内の塩分の高濃度化を助長している。矢板を挿入した場合について、揚水条件の違いによる影響をみると、i) 揚水位置の違いによる影響は、過剰揚水、過少揚水のいずれの場合も塩水槽の近くで揚水する方が塩分濃度変化は著しい。塩水槽の近くで上部過剰揚水を行えば、その影響は大きく、矢板のない場合と同様に塩水は揚水地点を過ぎて侵入する。また、塩水槽より遠くで過少揚水を行うと、その定常状態における濃度分布は、無揚水A-1のそれとほとんど変わらない。ii) 揚水量の違いによる影響は、過剰揚水を行えば、その影響は大きく、矢板による塩分の侵入に対する濃度的な阻止を期待することはできない。しかし、過少揚水ならば、矢板による塩水の侵入および分散は阻止され、矢板による抑止効果が現われる。iii) 揚水高さの違いによる影響は、矢板を挿入した場合に、あまり顕著に現われなかった。以上のことより、揚水条件のなかでも最も影響力の大きいものは、揚水量であって、過少揚水の場合には、矢板を挿入することによって揚水位置が塩水槽より遠いほど塩水の侵入は阻止され、無揚水時の塩分濃度分布に近づく。一方、過剰揚水を行えば、矢板を挿入しない場合に比べ、塩分の侵入は大きく、揚水地点を過ぎて侵入する。しかも、滞水層内の塩分濃度は高くなる。

3) 分散係数について：滞水層内の塩分濃度変化を数値的に捉えるために、2次元場における拡散方程式から得られる分散係数について考察する。分散係数は、 $D = \partial^2 C / \partial t (\partial^2 C / \partial x^2 + \partial^2 C / \partial z^2)$ ここで、D：分散係数 (cm^2/sec)、C：塩分濃度 (ppm)、t：時間 (sec)、x：水平方向の距離 (cm)、z：鉛直方向の距離 (cm)、より計算した。すなわち、塩分濃度結果から各時刻における分散係数を求めた。表-1、表-2および表-3は分散係数の平均値の一部を示した。これらより、分散係数は場所的にも時間的にも異なっており、揚水条件の違いおよび矢板の有無による顕著な特性は認められなかった。しかし、無揚水における矢板の有無による分散係数には差異がみられ(表-1参照)、矢板を挿入することによって分散係数が小さくなり、分散能が小さくなっていることを示している。このことは、滞水層内の塩分濃度変化より考察した結果と同様のことがいえる。すなわち、無揚水時においては、塩水の侵入を阻止する効果があることを示している。

4. あとがき

本研究での反省点は、透水性係数が大きくすぎたこと、塩分濃度の測定方法に若干の改良の余地があること、分散係数の算定方法の検討が必要であり、さらに詳細な研究を進めてゆきたい。

参考文献

- 1) 尾島・重水：沿岸部自由地下水における塩水楔の移動に関する実験、第21回年講、II-126、1976.10.
- 2) 尾島：揚水による塩水化現象の変化に関する解析、第24回海講、115、1977.11.
- 3) 尾島・重水：海岸部不圧滞内における揚水による塩水化現象の変化に関する研究、第30回中四、pp101~102、1978.5.

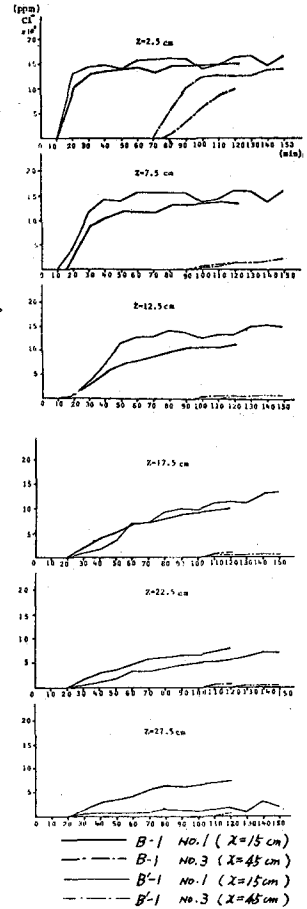


図-2 塩分濃度変化図

表-1 分散係数の平均値 ($\times 10^{-2}$)

TYPE WELL Z (cm)	A-1		A-1	
	No.1	No.2	No.1	No.2
7.5	0.791	0.229	0.042	0.402
12.5	0.893	1.799	0.256	0.853
17.5	0.966	2.824	0.162	2.248
22.5	—	—	0.092	4.140

表-2 分散係数の平均値 ($\times 10^{-2}$)

	Z (cm)	No.1	No.2	No.3
C-1	7.5	5.180	2.937	1.538
	12.5	2.170	1.297	0.905
	17.5	2.986	4.973	4.660
	22.5	3.678	6.827	4.022

表-3 分散係数の平均値 ($\times 10^{-2}$)

	Z (cm)	No.1	No.2	No.3
C<1	7.5	1.981	0.759	0.710
	12.5	1.973	0.688	2.722
	17.5	1.225	4.483	2.427
	22.5	0.916	2.007	6.189