

海岸部低平地地下水の塩分挙動の解析

福山大学工学部 正員 尾島 勝
福山大学大学院 学生員 〇犬丸 潤

丸磯建設(株) 鎌田 信昭
日本建設コンサルタント(株) 山形 宙

1、はじめに 河口域の塩水化現象は、種々の影響要因が複雑に作用しているために、理論的・解析的に解明することはかなり難しい。したがって、実測データに基づく帯水層定数や分散特性の普遍化が重要となる。本研究では、岩国市の錦川河口域を対象として現地観測データにもとづき自由地下水帯の塩分挙動解析を行った。

2、対象域と現地観測データ 対象域は、図-1に示すとおりである。

観測地点は、既設井戸11ヶ所、新設ボーリング3ヶ所、河川5ヶ所である。

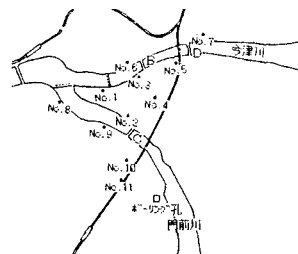


図-1 対象域

河川と既設井戸の観測データは、水位と塩分濃度の鉛直分布とその断面平均値として整理し、それらの経時的变化を解析する。ボーリング孔の観測データは、自記水位記録と、塩分については月1回の定期観測、大潮時(10月)・小潮時(5月)の連続観測データについて整理し、潮汐変動に伴う地下水塩分の挙動について解析する。

3、水位挙動に関する考察 河川の水位は、分流地点に設けられた堰により、上流側と下流側でその挙動は異なる。上流側では堰の効果により年間を通じてほぼ一定であるのに対し、下流側では潮汐変動と強い相関を示す。井戸については、降雨量と相関がみられるものもあるが潮汐との明確な相関を示すのは、河道に近いNo.3だけである。また、この井戸は日降雨量の大小との相関も強く、降雨量の多い5,6,7月は平均水位が高くなり降雨が少なくなれば水位は低下してくる。年間を通じて約50cmの水位の変動がみられる。

4、塩分挙動に関する考察 河道内での塩分挙動は、図-2に示すように錦川から分流される淡水流量の差によって堰下流部の塩分濃度形態も門前川と今津川では異なる。淡水流入量の少ない門前川については、海域への出口である河口で全層において16000ppmの値であり、河口と牛野谷井堰とのほぼ中間点位置にある測点Cでは、流入淡水の影響を受けて表層部濃度は8800ppm~15000ppmの間で変動しているが、平均的には14000ppmの高濃度であり、いわゆる強混合型の濃度分布を呈している。今津川については、海域への出口である河口では全層にわたって15600ppmと高濃度を示し、ここでも強混合型の濃度分布を呈していることがわかる。しかし、八幡井堰と河口部とのほぼ中間位置にあたる測点B、Dでは流入淡水の影響を強く受けて塩分濃度値は大きく変動する。とくに淡水流入量が多い場合には、干潮時に河道内塩水は、潮と共に下流へと移動し淡水による希釈効果ともあいまって全層にわたって極めて低濃度値になる。逆に満潮時には、入潮によって塩分の遡上が起こり淡水が表層部を流下することにより、いわゆる塩水楔の形態を保っていることがわかる。井戸については、図-3に示すように今津川周辺の井戸No.1,3,5,6,7においてわずかではあるが経時的に上昇傾向を示している。門前川右岸地区ではNo.8 No.9の井戸は、塩分濃度がいずれも40ppm以下であり変動も一定であり測定期間内での塩分の混入は認められない。No.10 No.11の井戸は6月~9月に上昇傾向が認められ80~120ppmの間で変動しているが、門

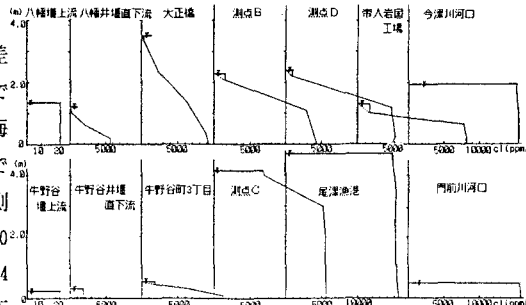


図-2

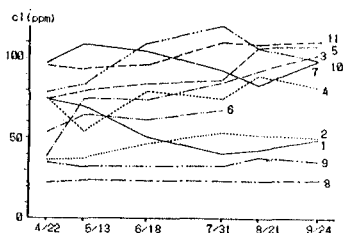


図-3

前川右岸地区ではNo.8 No.9の井戸は、塩分濃度がいずれも40ppm以下であり変動も一定であり測定期間内での塩分の混入は認められない。No.10 No.11の井戸は6月~9月に上昇傾向が認められ80~120ppmの間で変動しているが、門

前川から離れているので海水塩分の侵入は考えにくいことから生活排水やその他の要因によるものと推測する。次に尾津漁港より内陸側 30mの地点とそれより等間隔(10m)で新設した 〆-リング 孔 3ヶ所について大潮時・小潮時について考察すると図-4に示される大潮時満潮後すなわち海側の潮位が高く動水勾配が内陸側に向いている場合 No.1 No.2のかなり浅い深度まで海水濃度に近い塩水の侵入がみられる。また逆に小潮時干潮後すなわち動水勾配が海側に向いている場合は、-6.0m以浅はおおよそ700ppm以下となり、海水濃度に比べると非常に低濃度であると言える。このことから地下水位と潮位との相対関係による地下水流動に伴い塩分の入退が繰り返されていることがわかる。また濃度 フラックスに変換し表-1にまとめると、小潮時(5月)で尾津漁港の フラックス値を基準とした各 〆-リング 孔の総濃度 フラックス値の占める割合は、干潮前後で1~5%の差が生じておりNo.1で約20~35%, No.2で約18~30%, No.3で約 7~13%である。大潮時(10月)については、各 〆-リング 孔の総濃度 フラックスの占める割合は、No.1が約30~50%, No.2が約20~35%, No.3が約10~15%となっている。特に満潮後のNo.1では45%を越える値もあり尾津漁港の海水濃度の約半分の高濃度塩水が孔全体に侵入していることがわかる。

5、移流分散現象としての考察 〆-リング 孔の塩分移動を一次元移流分散現象として考察する。方程式は、 $(\partial c / \partial t) + u (\partial u / \partial x) = D_L (\partial^2 c / \partial x^2)$ (5.1)となる。(c:断面平均濃度、u:断面平均浸透流速、 D_L :分散係数) (5.1) 式より D_L を求めるため差分表示で近似化すると

$$(C_j - C_{j-1}) / \Delta t + u \{ (C_j - C_{j-1}) / \Delta x \} = -D_L \{ (C_{j+1} - 2C_j + C_{j-1}) / \Delta x^2 \} \quad (5.2) \text{となり、}$$

Δt : 観測時間間隔、 Δx : 観測井戸間距離として、最も塩分侵入が多いと思われる大潮時についてNo.1 → No.2 → No.3の一方方向に対して D_L を算出しその結果を表-2にまとめた。ここに示された D_L 値は、オーダー的にかかなり大きく正しい値とは言い難い。原因としては動水勾配からの浸透流速のとり方や距離が長いことにあると思われるが、経時的な塩分挙動の方向と大きさは、考察できる。この表より 10/22の値は正值でありNo.1からの塩分挙動が生じていることがわかり、逆に10/23~10/27の値は負値となりNo.1に向かって塩分挙動が起こっていることになる。特に 10/25の値が大きく、この事により内陸に向かっての塩分挙動は 10/22前後をピークに、それ以降は海側に向かって塩分移動が生じていると推察できる。

表-1

	尾津漁港	No.1 No.2 No.3		
		割合(%)		
小潮時(5-14-19)	干潮前			
	干潮後			
大潮時(10-22-27)	干潮前			
	干潮後			
5-14	干潮前	201811.0	32.6	18.5
	干潮後	1774040.3	22.7	18.7
5-15	干潮前	840031.0	21.8	18.7
	干潮後	931783.6	21.7	21.2
5-16	干潮前	588828.2	31.5	30.5
	干潮後	708606.1	29.1	26.2
5-17	干潮前	764149.4	34.3	36.2
	干潮後	740644.6	26.9	25.6
5-18	干潮前	821549.3	26.7	27.7
	干潮後	1116692.4	29.5	21.6
10-22	干潮前	1238203.2	45.7	36.9
	干潮後	1169332.9	39.4	29.7
10-23	干潮前	1266133.9	49.4	36.6
	干潮後	1222300.6	33.9	29.6
10-24	干潮前	1206080.4	49.7	36.7
	干潮後	1217600.7	36.2	24.8
10-25	干潮前	1327826.4	47.6	36.9
	干潮後	1148431.9	32.0	23.6
10-26	干潮前	1270220.9	44.8	36.6
	干潮後	1211008.5	28.8	28.7
10-27	干潮前	1284506.4	36.5	31.2
	干潮後			

表-2

day	Δu (cm/sec)	D_L (cm ² /sec)
10/22	0.00056	690
23	0.00064	-226
24	0.00064	-207
25	0.00064	-817
26	0.00064	-328
27	0.00048	-59.4

6、まとめ 本研究により、広域地下水の塩分挙動を大局的に把握することができた。また、尾津地区における実際の塩分挙動の特性を分散係数により定性的に評価することができた。しかし、定量的には到っていないので今後は、より多くの計測データと詳細な調査が必要であると思う。

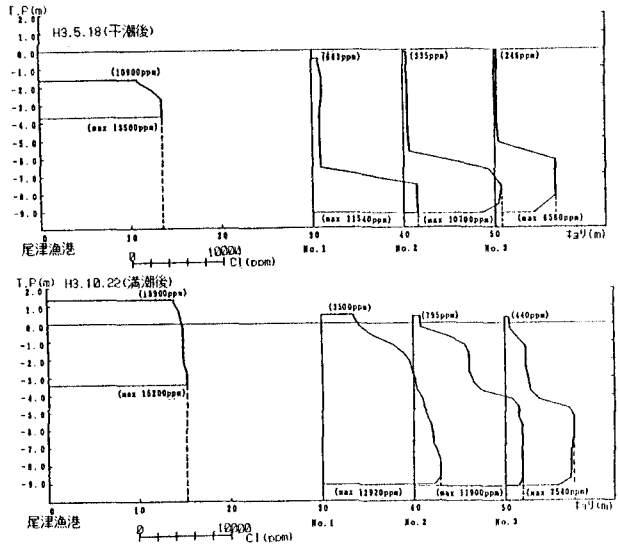


図-4