

那賀川河口域における地下水帯への塩分侵入の実態把握

徳島大学 工学部 尾島 勝
 四国建設コンサルタント ○天羽誠二
 佐藤組 荒巻昇一

① まえがき 本研究は、地下水の塩水化の実態を解析することを目的とし、対象域の道度、既往資料の集約ならびに観測調査に関して徳島県土木部港湾課の多大の協力と御理解をいただいたものである。本研究で得られた成果は、自然条件、人為的条件の多様さから安直に結論づけることは早計であろうが、このような実証資料の集積と解析結果は塩分侵入機構の新たな理論的表現の開発ならびに検証のために必ず役立つであろう。ここでは、約1年にわたる2行なった観測調査の資料に基づいて検討した結果を簡潔に報告する。

② 観測調査の概要 図-1には、今回の観測調査のために新設された深井戸(1~5)と浅井戸(6~12)および河道内塩分濃度測定点10ヶ所ならびに対象域内外の塩分濃度測定値を有する既設井戸の位置を示している。新設井戸は、ボーリング調査結果に基づき、ストレーナを浅井戸では深度3~13m、深井戸では深度27~42mの各滞水層の層厚全層にわたって切り、塩分濃度の鉛直分布および平面的分布、塩分侵入速度などの解析が可能であるべく設置されている。

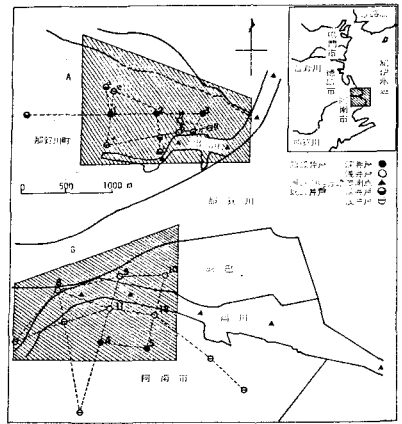


図-1 地下水調査対象域

対象域の地形・地質、産業構造、気象特性等の詳細については省略するが、対象域の不在地下水帯および被圧地下水帯の含水係数および貯留係数は、過去の調査資料ならびに今回の簡易抽水試験結果と統合して、それぞれ($k=0.20\text{ cm/sec}$, $S=0.1$), ($k=1.4\text{ cm/sec}$, $S=4.8 \times 10^{-2}$)程度であると推定した。

観測調査は、大潮時、小潮時の月2回の定観測と夏季大潮時における一潮汐間の連続観測1回で行われ、計測諸量は、各測点における水位(水深)、水温、塩分濃度(電気伝導度)であり、表層から深度1mごとに底まで測定し、原則として各測点同時観測である。気象条件その他により計測時刻に多少のずれが生じたが、定観測では満潮時と干潮時の2回、連続観測では満潮→干潮→満潮間の3時間間隔の5回のデータを得た。

③ 河道内塩分挙動 図-2は、河道内各測点の塩分濃度の分布形態は大略的に把握する目的で作成した濃度マップである。すなわち、河道内各測点における水深方向の各測定深度を表層(0.1m)、中層(2.5m)、下層(4m以深)の3メッシュに分割してそれぞれの平均塩分濃度を算出し、これを5000ppmを基の4ランクで評価したものである。このことから、出島川と周川の河口密度流形態には明らかな相違があることがわかる。

すなわち、周川では中・下層部濃度はほとんどの観測日において5000ppm以上の高濃度を示しており、表層部濃度の変化にほとんど影響を受けていない。この表層部濃度の変化は河川流量の増減や河川降雨量の大小によるものと考えられるから、周川では弱混合の成層型密度流が生じ易いといえる。一方、出島川では水深方向の濃度差が低い観測日もほとんど

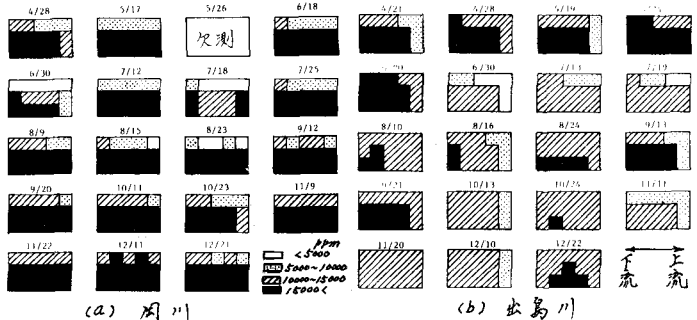


図-2 河道内塩分濃度分布

であり、いわゆる強混合型濃度流になる。しかし、濃度的には河口部最下流測点の下層部において1ランフ下の10000~15000 ppmに値することが多い。このことは、海水の濃度条件等は河川に対して同じであると考えられるから、相対的に河川流量が少ないうことを示していることになる。と同時に、降雨による淡水流量の増加が対象河道域の濃度変化に及ぼす影響度が大きいことをも示している。すなわち、河川の流路長、流速、縦横断形状などの相違による塩分挙動の特性を大略的に把握できたといえよう。

4 地下水帯における塩分挙動

i) 存在地下水帯における塩分挙動 図-3には、昭和54年8月23日に実施された富岡地区(図-1のB)の連続観測結果の各浅井戸における塩分濃度の鉛直分布ならびに井水位の変化を示している。この図より短時間スケールの変動特性を考察すれば以下のようになる。

i) 潮汐変動と井水位変動の相関性はNo.8の浅井戸(相関係数0.8)を除けば非常に強く、河道とその他の浅井戸が地下水位の異なる存在地下水帯との間には、矢張り護岸工などの人工構造物があることがわかる。

ii) No.9~No.12の塩分濃度はNo.8のそれに比べて極めて低いことから、矢張りによる塩分侵入の阻止効果が十分に発揮されていると判断できる。

iii) No.8の浅井戸周辺の地下水帯では潮汐変動に伴う地下水流動が生じ、それら起因する塩分の移動・混合が行なわれることになる。このことは深度5~7mの塩分濃度値の変化に如実に顕われている。しかし、鉛直分布形状には大きな変化はみられず、ごく限られた水深の範囲(淡塩界面)で塩分の混合が行なわれて、大略的には海水と地下水の密度がそれぞれ一定不変であるとする塩水楔理論を用いて挙動解析ができることを示唆するものといえる。

なお、長時間スケールの変動特性については講演時に述べる。

2) 存在地下水帯における塩分挙動 図-4は、中島地区(図-1のA)の深井戸における定期観測結果を示したものである。この経時変化図より長時間スケールの変動特性を考察すれば以下のようになる。

i) 塩分濃度の鉛直分布形状の相違はその地点における塩水化の程度の差異を明確に示すものであり、塩水化の程度は海岸線に近いほど大きく、滞水層内の平均濃度はすべて海水の塩分濃度にほぼ等しいほどの高い状態にある。

ii) 各井戸における分布形状、平均濃度は経時的には顕著な変化はなへが、詳細に検討すればこの一年間は塩分の内陸侵入は平衡状態あるはむしろ減退の傾向にあることが認められる。

iii) No.1の井戸では深度30~31mにおいて塩分濃度の明確な段差があり、滞水層内に淡塩界面が存在するを示している。また、No.2における被圧層より浅い深度の塩分挙動はNo.1、No.3に比べて特異であるが、本来この部分の濃度変化は、淡水と塩水の混合の度合いの変化を表わすものであるから、揚水量の変化あるいは存在地下水帯からの漏れ等によるものと推定されるがその詳細については不明である。

5 あとがき 紙面の関係で解析結果のごく一部しか記述し得ないが、別の機会を得て解析結果の詳細を報告したい。なお、最後に、発表の機会を与えられた徳島県土木部の関係諸氏に心から感謝する次第である。

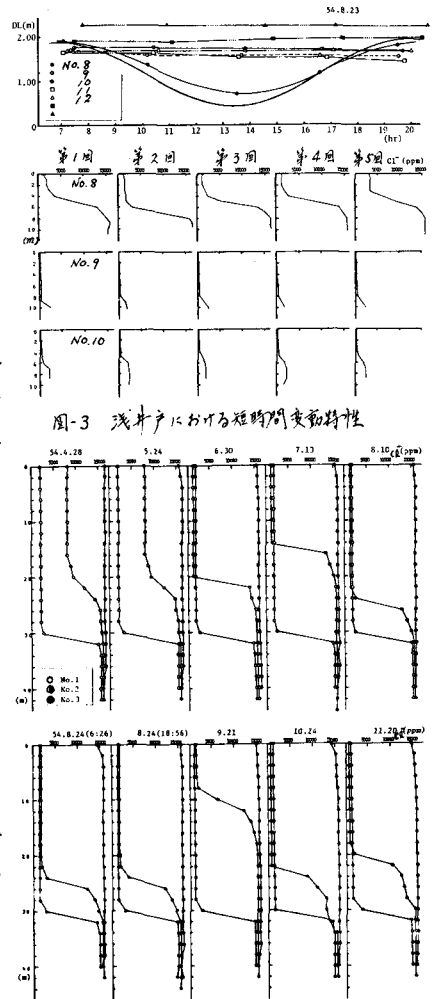


図-3 浅井戸における短時間変動特性

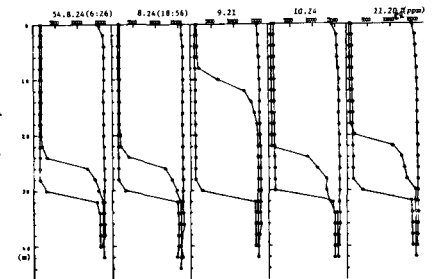


図-4 深井戸における長時間変動特性