

# 10. 海岸帯水層の潮汐に伴う水位・淡塩境界面の変化

(株)エイトコンサルタント ○東 正昭・丹下 英雄  
 高知県伊野土木事務所 廣末 清久  
 高知大学農学部 大年 邦雄

## 1. はじめに

高知県中央部の太平洋に面した本地域では、温暖な気候を利用してキュウリ・ナス・メロン等の施設園芸が盛んに行われているが、近年における揚水量の増大と長期的な汀線の後退傾向が複合し慢性的な地下水塩水化が進行している。また、海岸に近く低平な地形・河道の流下能力が低いことなどにより、台風・秋雨前線等の豪雨によりたびたび浸水被害を受けてきた。

図-1 に示すとおり、平成10年9月の豪雨では、河川より背後地への越水により家屋浸水701戸・田畑浸水700haと一般総額170億円の被害を被ったことから、河川災害復旧助成事業として河川改修事業が開始されている。図-2のごとく、河道拡幅・堤防嵩上げを基本に流下能力の向上を目指しているが、改修後の河川水位の低下に伴い、河川への塩水遡上や周辺地下水（井戸）における水位低下・塩水化等の影響が考えられ、改修工事に伴う地下水調査を実施中であるが、この観測過程において、塩水くさび等淡塩境界面の時間的変化は潮汐以外の要因により複雑に変化する場合もあることが判明したので、これらの調査事例について報告する。

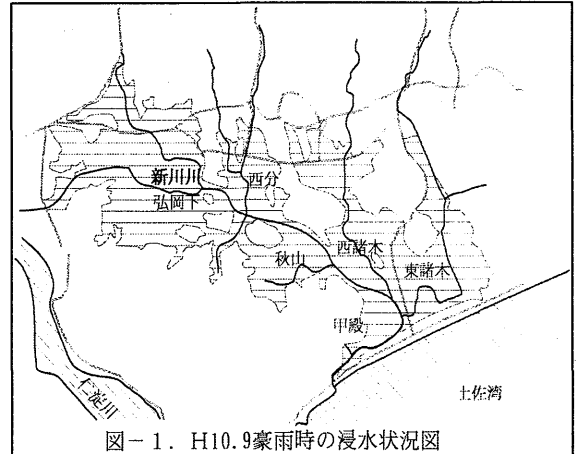


図-1. H10.9豪雨時の浸水状況図

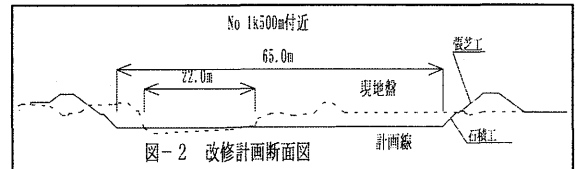


図-2 改修計画断面図

## 2. 地下水調査計画

本調査地域の地理特性と作農形態等に基づいて、地下水系に係わる水文循環の概念図を図-3に示す。

海洋系は土佐湾、河川系には今回改修対象となる新川川およびその支川が該当するが、これらの河川下流域は感潮区間に含まれ干満に応じ水位変化が起きること、吾南用水の一部供給を受けていることがわかっている。

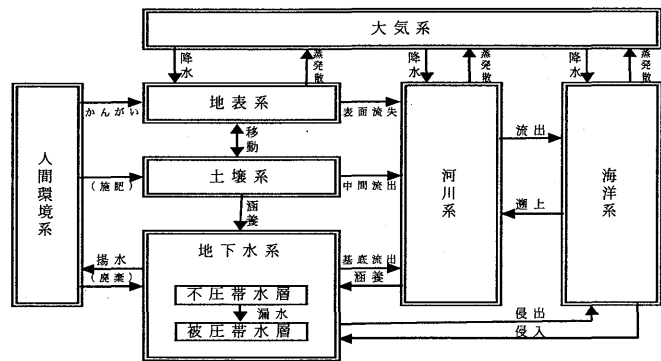


図-3 地下水系に係わる水文循環の概念図※1

人間活動は施設園芸等により、揚水とかんがいおよび施肥を通じて地下水の量および質に係わっている。当地域の平均年間雨量は2,500mm程度であるが、大気系からの降水が本地域における重要な地下水涵養源となっている。

したがって、各井戸の水位・水質等は大気系・海洋系・河川系・人間系からの複合的な影響を受けて短期・長期的な変動を示しており、これらの諸条件を整理しながらの観測手法の確立が必要となる。ここで、河川工事に起因した周辺地下水への影響は下記のように推定される。

- ① 河道拡幅に伴う河川水位の低下
- ② 河川水位の低下に伴う河川への塩水遡上領域の拡大（上流域まで遡上）
- ③ 築堤工事に伴う濁水および塩水遡上の地下帯水層への直接的侵入
- ④ 河川水位に連動した周辺地下水位の低下

- ⑤ 陸部全体の地下水位低下に伴う塩水クサビの侵入および上昇
- ⑥ 河川・周辺地下水位の相対的低下および河川工事に起因する潮汐・河川水位に連動した周辺地下水位の変動特性（振幅・位相のずれ）変化

すなわち、前述の地下水位低下・塩水化により周辺井戸での枯渇・揚水不能あるいは作物への塩水化障害が予想され、地下水位・水質等が河川工事によりどのように変化するかを把握することが重要である。ここでは、潮汐変動の時間スケールをカバーする時間長内で大気系・河川系・人間系（＝具体的には豊水期・渇水期・吾南用水停止時・ハウス揚水停止時等）の異なる諸条件下における観測を適宜実施するものとして、観測計画を下記の通り立案した。（図-4 参照）

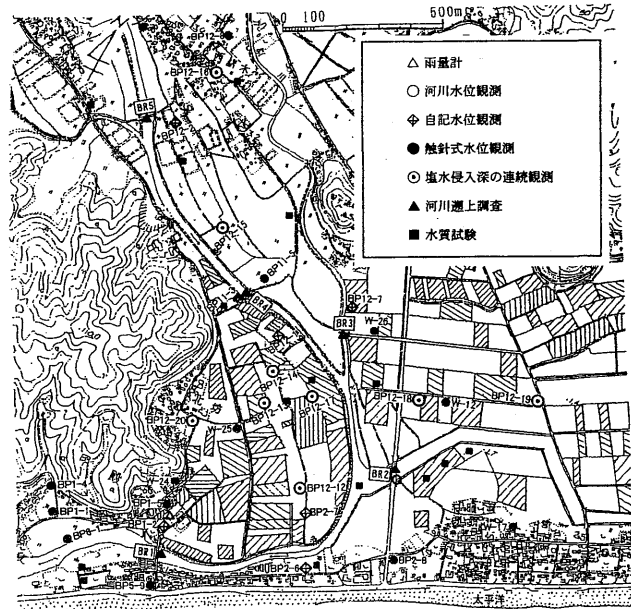


図-4 地下水調査計画平面図

- ① 気象資料収集  
降水量(役場・高知大)および潮位(気象台桂浜検潮所)資料収集
- ② 観測孔設置  
ボーリングによる水位・水質観測孔の新設<23孔 L=340m>
- ③ 河川水位観測  
上下流 2 箇所自記水位計を設置し河川水位の観測(1 箇所は高知県のテレメーター)
- ④ 自記水位観測  
自記水位計による地下水位の長期的な観測<11箇所>
- ⑤ 塩水侵入深の連続観測  
電気伝導度（以下ECと称す）を指標として、各井戸での鉛直分布を代表時期に連続観測<8箇所\*10時間\*6ケース>
- ⑥ 河川塩水遡上調査  
橋梁地点でのECの時間的変化を測定<12箇所\*3時間>
- ⑦ 水質試験  
飲料水(飲料適否 13 項目 7 検体\*2 回)・ハウス用水(一般 8 項目 27 検体\*2 回)および河川水(水質汚濁 30 項目 3 箇所\*2 回)の測定

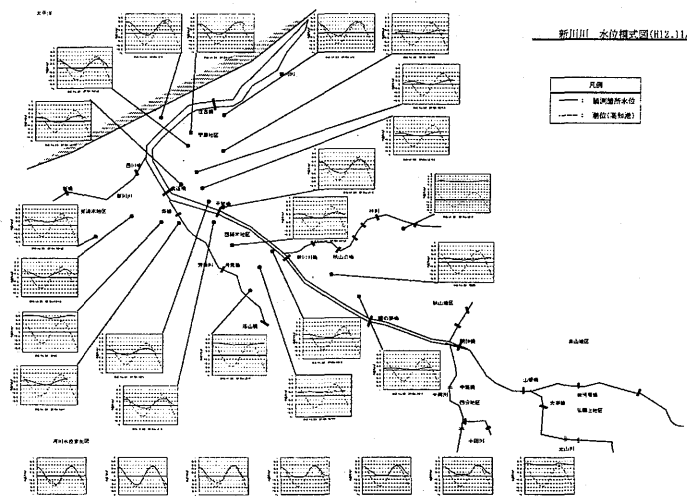


図-5 潮汐・地下水位の時間変化図

### 3. 観測結果

ある観測日における各地点の地下水位の時間変化を図-5 に示すとともに、海岸及び河川を基準とした地下水位の振幅比・位相のずれの相関図を図-6 に示す。図-6 より当地周辺の地下水位変化は海岸からの距離のみならず河川からの距離との相関性が認められ、地下水位が潮汐・感潮河川の双方の影響を受けて変化していることが判明した。

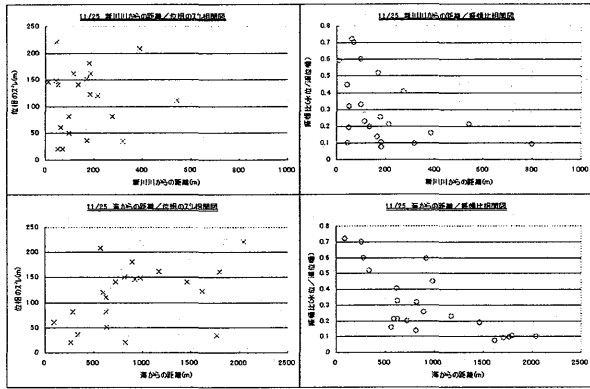


図-6 地下水位の振幅比・位相差と海岸河川との距離  
 相関図

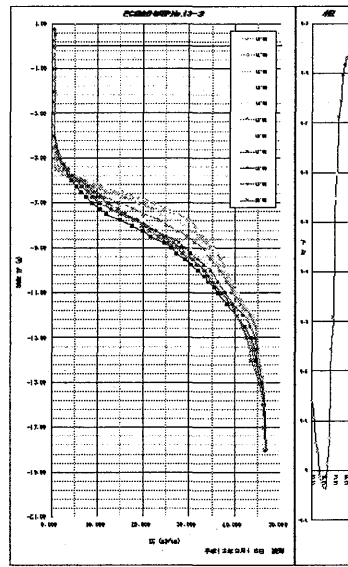


図-7 EC鉛直分布模式図

図-7 に代表地点におけるEC鉛直分布を示す。図よりTP-5m 付近までは、 $EC < 1\text{mS/cm}$  程度の淡水域とTP-15m 以深での  $EC > 45\text{mS/cm}$  の塩水域はほぼ一定であるが、中間領域（便宜上混合領域と略す）は観測時間・地下水位・潮汐等の影響を受けて変化していることがわかる。ここで、淡水域のEC値は地下水の水質・電解物質等により観測地点・観測日等により変化しているものの、海水のEC値は不変であり、EC値の深度変化図が正規分布の積算分布形状に近似していることから、ECの中間値( $EC_m$ )を示す深さを $Z_m$ と定義し、 $EC_m \pm 2\sigma$ に相当する深さをそれぞれ $Z_s$ 、 $Z_f$ として淡塩境界面の変動特性に着目した。

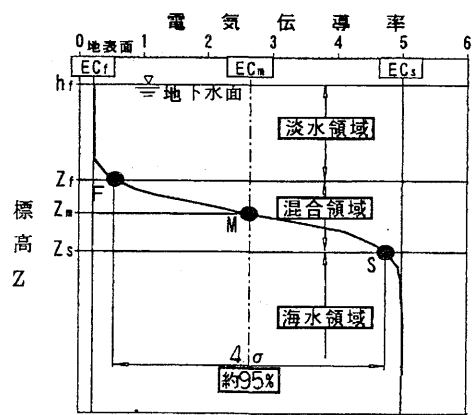


図-8 混合領域の定義図

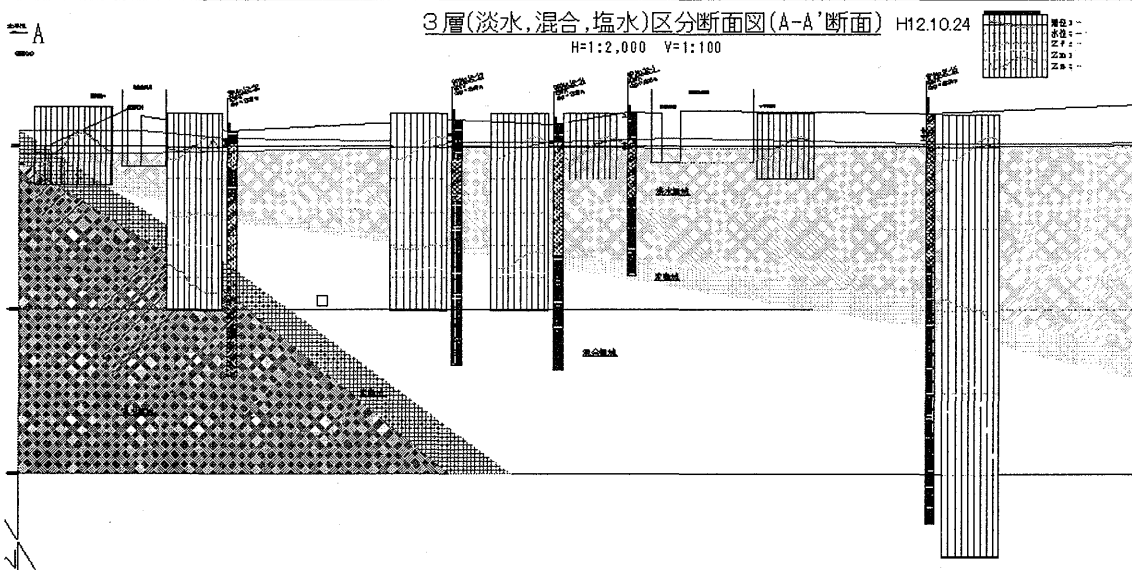


図-9 河川縦断方向の淡塩境界模式断面図

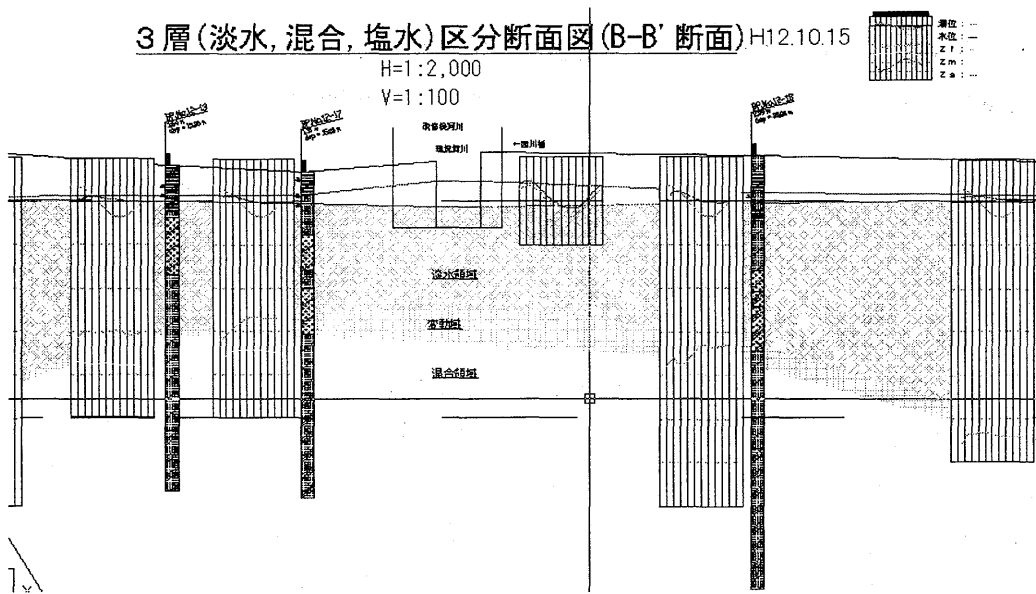


図-10 河川横断方向の淡塩境界模式断面図

図-9,10 に河川縦横断方向の淡塩境界模式断面図を示した。図-9 より海岸に近い観測孔では塩水の進入傾向が観測され陸部へ向かって境界面が深くなる傾向と境界面の時間的な変動幅も陸部ほど広がる傾向が認められる。図-10 より海岸からの距離がほぼ一定な観測孔であっても河川に近い観測孔ほど淡水領域が薄くなる傾向が認められ、当地の地下水が潮汐・河川双方の影響を受けていることと符号している。

図-11 に2観測地点における異なる観測日の淡塩境界面の時間変動図を示す。図より境界面は地下水位・潮汐等に応じて変動するもののその変動特性は一樣ではなく、観測日によって地下水位の変化と同調する場合や逆転する場合があることが判明した。ここで地下水位は海岸・河川からの距離もあるため位相のずれが生じておりある一定時間に着目すると地下水位が海水面より低くなる時間帯も存在し、ガイベン・ヘルツベルグの法則が適用できない場の条件下になっていることが1つの原因と考察される。

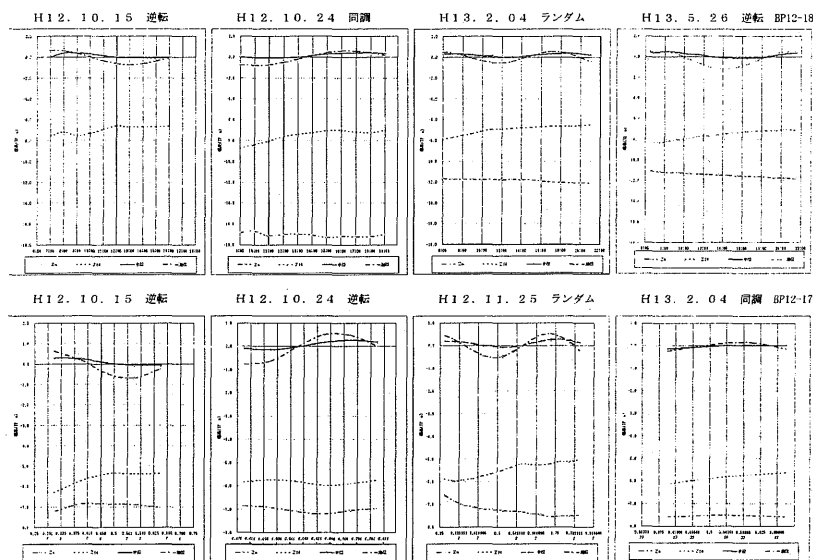


図-11 代表2地点の淡塩境界面の時間変化図

また、基盤・帯水層の分布形状についてもこのEC変動特性に大きく係わっている可能性があり追加調査を進めながら原因究明・現況再現についてさらに研究してゆきたい。

#### 参考文献

- 1) 大年邦雄・松田誠祐・岡太郎・石井将幸：高知県春野町における地下水塩水化の実態調査，京都大学防災研究所共同研究 10-G5 報告書，pp1-19, 1999
- 2) 藤原拓・大年邦雄・松田誠祐・岡太郎・石井将幸・唐心強・久谷兼一：高知県春野町における海岸地下水の水質実態調査，京都大学防災研究所共同研究 11-G7 報告書，pp21-43, 2000
- 3) 大年邦雄・藤原拓・松田誠祐・岡太郎・石井将幸・唐心強：海岸帯水層における塩水侵入の時空間特性に関する調査研究，京都大学防災研究所共同研究 12-G10 報告書，pp21-38, 2001