

## Ⅱ-15 潮汐に起因する塩水侵入の時空間変動特性

高知大学大学院 学生員○安元 純、芝 洋輔  
高知大学農学部 正 員 藤原 拓、大年 邦雄

1. はじめに：調査地域内に配置した観測井戸において地下水位と電気伝導率(EC)の鉛直分布の測定、および調査地域内を流れる感潮河川の水位測定を半潮汐周期以上にわたって連続的に行った。これらの観測結果より、潮汐に起因する塩水侵入の時空間変動特性について検討した。

2. 調査概要：調査対象とした高知県春野町は沿岸部に立地する施設園芸地域である。図1に示すように地域内には感潮河川が存在するため、本地域の地下水は潮汐および感潮河川の影響を強く受けていることがわかっている<sup>1)</sup>。調査は、2001年の5月から12月までの期間で計5回行った。調査日は、中潮および大潮であった。EC鉛直分布の測定時間間隔は各井戸とも1～2時間である。

3. 調査結果および考察：調査結果より EC 鉛直分布は潮汐に連動して時間的に変動していること、また、淡塩境界は混合領域を形成しており、帯水層を淡水領域、混合領域、海水領域の3領域に区分できることがわかった。そこで、EC鉛直分布は正規分布の積算分布関数で近似できる<sup>2)</sup>ことから、図2に示すように、ECの中間値( $EC_m$ )を示す深さを  $Z_m$  と定義し、 $Z_m + 1.5\sigma$  の EC 値を示す深さを  $Z_s$ 、 $Z_m - 1.5\sigma$  に対応する深さを  $Z_f$  と定義した。これら  $Z_f$ 、 $Z_m$ 、 $Z_s$  に着目して淡塩境界の時間変動特性について検討を行った。その結果、各特性深さ  $Z_f$ 、 $Z_m$ 、 $Z_s$  の変動と河川水位および地下水位との変動の位相関係は、各観測井戸で異なっており、同位相の地点、逆位相の地点、不明確な地点の3ケースに分類できることがわかった<sup>3)</sup>。地下水位と淡塩境界の位相関係が逆位相となるのはガイベン・ヘルツベルグ則(G・H則)から類推される結果と一致する。しかし、同位相で変動する現象はG・H則では説明できない。これは現場がG・H則の適用条件である平衡状態ではなく淡塩境界が潮汐により変動していること、海水面が地下水面より高くなることがあること、および各観測井戸で地質構造が異なることなどが要因となっていると推測できる。そこで、同位相および逆位相の地点で潮汐にともなう淡塩境界の変動特性にどのような違いがあるのかを検討する目的で次のような解析を行った。解析



図1 調査地域概要

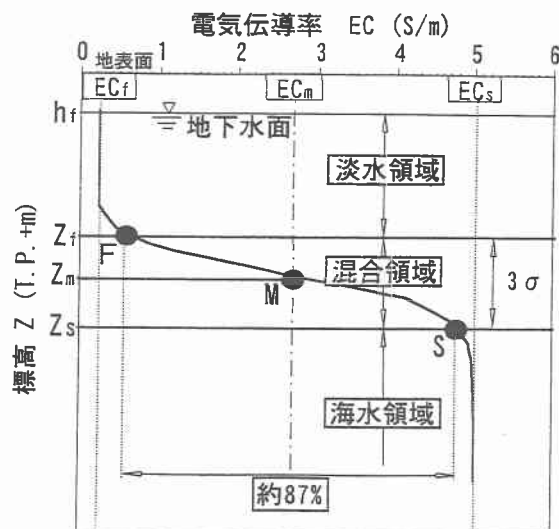


図2 混合領域の定義図

方法は、地下水位が一番低くなった観測時の EC 値を基準に他の観測時における EC 値との差を  $\Delta EC$  (mS/cm) と定義し、 $\Delta EC$  の鉛直分布の時間変動特性を検討した。逆位相/同位相の代表地点をそれぞれ B.P.12-15/B.P.12-14 とした解析結果を図3および図4に示した。図には地質柱状図も併示した。なお、解析には2001年9月16日の調査結果を用いた。まず図3を見ると、 $\Delta EC$  は基準となった13時30分から満潮に向かう19時30分の観測時にかけて負の方向に大きく変動していることが示されている。その変動は、標高 T.P. - 13m付近で徐々に大きくなり、時間の経過とともに変動域が下方に拡大しているのが見て取れる。このことは、上げ潮時に河川水位および地下水位が上昇したため、圧力が下方に伝播し淡塩境界を押し下げ、その圧力伝播により淡塩境界が徐々に下方に移動していった

ことを示唆している。また、変動の始まっている標高 T.P. -13m付近を柱状図で見ると、火山灰混じり砂となっており、地質境界に当たっていないことから、この変動特性が地質の影響を強く受けているわけではないことがわかる。

次に図4を見ると、基準となった13時30分の観測時から $\Delta EC$ の鉛直形状は正の方向に変動していることが示されている。これは、上げ潮時に淡塩境界が下方からのなんらかの物理的要因によって押し上げられていることを示唆している。また、変動の始まっている標高 T.P. -8m付近の地質を柱状図で見ると地質境界には対応してないことから、この変動特性が地質の影響を強く受けているわけではないことがわかる。次に、淡塩境界の空間構造を検討し、それが時期の違いによりどのように変化するか検討した。解析方法は、調査日毎に汀線に垂直な測線 A-A'断面上の調査井戸それぞれについて平均的な EC 鉛直分布形状を求め、上述した解析法により淡塩境界内の各特性深さ  $Z_f$ 、 $Z_m$ 、 $Z_s$  を算出した。 $Z_f$ 、 $Z_m$  のいずれにおいても海岸からの距離が遠いほど深くなっていること、すなわち塩水がくさび状に侵入していることが示されている。また、海岸からの距離にともない混合領域の幅が厚くなっていることが示されている。これは、移流長の増大にともなう分散の影響が一因であると推定される。海岸付近の BP.13-2 においても  $Z_f$  と  $Z_m$  の幅は厚くなっている。この原因として、BP.13-2 は図1に示されているとおり感潮河川の河口に非常に近く、塩水侵入が起こっている出口

付近では地下水の流速が速くなり鉛直方向の流れも生じることから分散が拡大しているものと推定される。また、淡塩境界は全体的に見ると時期による大きな変動はないが、局所的には大きく変動していることがわかった。

**4. まとめ：**地下水位と淡塩境界の位相関係が逆位相の地点では上げ潮時には淡塩境界は周辺水位の上昇にともなう圧力の伝播により下方に押し下げられることが明らかとなった。逆に、同位相の地点では上げ潮

時に何らかの原因で淡塩境界が押し上げられることが明らかとなった。また、淡塩境界は全体的に見ると時期による大きな変動はないが、局所的には大きく変動していることが明らかとなった。しかし、これらの解析結果を調査結果のみでは現象を引き起こすこれらの物理的要因を説明することはできず、今後、数値計算により検証していく予定である。

**参考文献：**1) 大年ほか：京都大学防災研究所共同研究 11-7 報告書(代表神野健二)，pp.21-43，2000.3  
2) Todd,D.K.：Groundwater Hydrology, 2nd edition,Chapter 14, John Wiley & Sons, pp.494-521, 1980.  
3)加納ほか：土木学会四国支部第7回研究発表会講演概要集, pp130-131, 2001.5.13

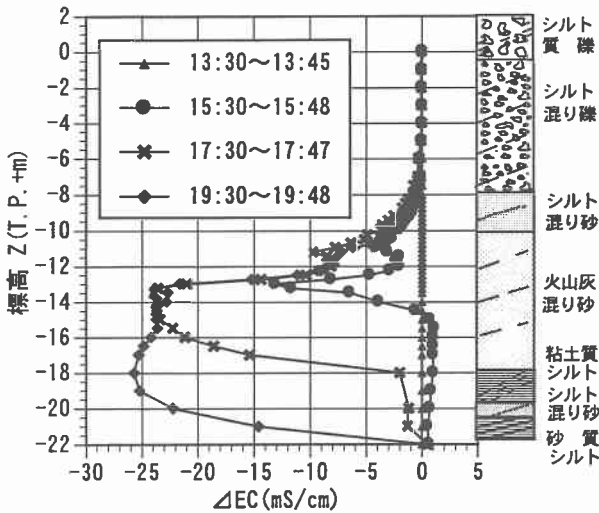


図3  $\Delta EC$ の鉛直分布(BP12-15)

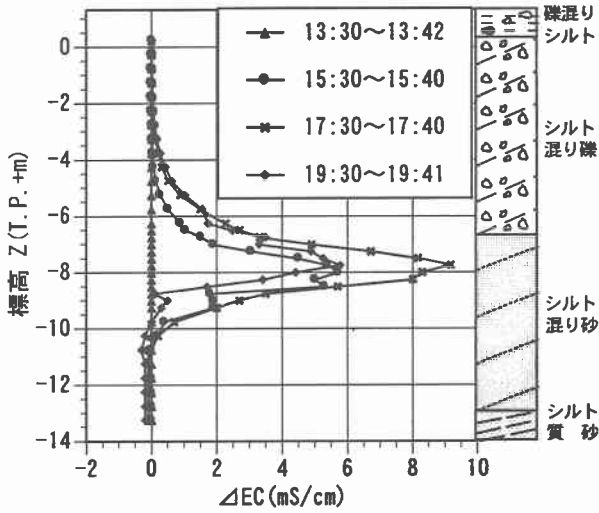


図4  $\Delta EC$ の鉛直分布(BP12-14)

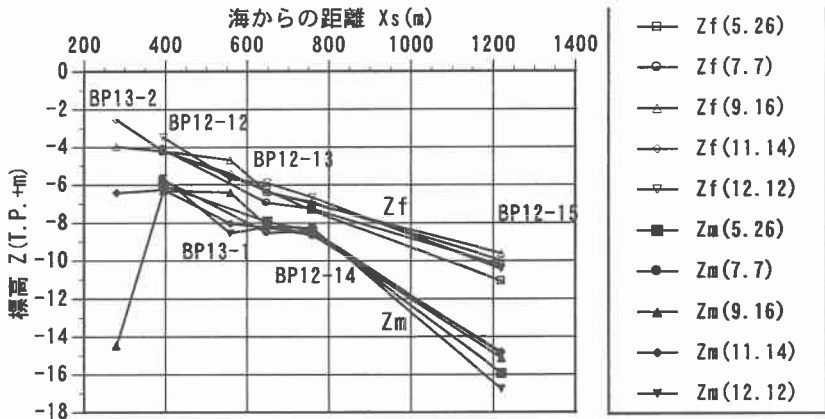


図5 A-A'断面における淡塩境界の空間構造の季節変化