

II-6 Wenner 電気探査法を用いた塩水侵入深の推定

愛媛大学大学院 学生員○安元 純 高知大学大学院 学生員 高橋伸緒
高知大学農学部 正 員 藤原 拓 高知大学農学部 正 員 大年邦雄

1. はじめに

海岸地域における地下水の塩水化問題に対処するには現地の状況の正確な把握が必要である。現地で塩水侵入深を直接測定するためには多数の観測井戸を掘削する必要があり、コスト面から困難である。地質調査法の一つである電気探査比抵抗法は、非破壊で低コストな調査法であり、比較的簡便な装置により広い地域を短時間のうちに探査することができる。この手法による塩水侵入深の推定が可能になれば塩水化の状況を広域的に把握することが容易となり、きわめて意義深いと考えられる。

著者らは、これまで海岸地下水における塩水侵入深の推定に対する Wenner 電気探査法の適用性に関する研究を行ってきた¹⁾。本報では、Wenner 電気探査法により推定される塩水侵入深が、どの程度の EC(電気伝導率)値に対応するのかに着目した。

2. 調査方法

電気探査比抵抗法の一つである Wenner 法は、図 1 に示すように地表面に引いた一直線に沿って、電流電極 C_1 、 C_2 、電位電極 P_1 、 P_2 を設置し C_1 と C_2 の間に電流 I を大地に送った時の、 P_1 と P_2 の間の電位差 V を測るというものである²⁾。

調査は、高知県春野町の沿岸部に位置する施設園芸地域において、Wenner 法を用いた電気探査と観測井戸における EC の鉛直分布の同時観測を行った。なお、大地の比抵抗 ρ_a は地質特性、地下水位、地下水水質(塩分濃度等)によって決定されることから²⁾、調査日は地下水位の変動が小さい小潮日を選定した。

種々の電極間隔で測定した見かけ比抵抗を、電極間隔と見かけ比抵抗の変化曲線(VES 曲線)に整理し、図 2 に示す 3 層モデルを用いて解析した。ここで、第 1 層から第 3 層までの比抵抗をそれぞれ ρ_{a1} 、 ρ_{a2} 、 ρ_{a3} 、第 1 層および第 2 層までの深さを d_1 、 d_2 とする。以下では、 d_2 が示す塩水侵入深が¹⁾どの程度の EC 値に対応するか検討した。

3. 結果および考察

2001 年から 2003 年の間に 10 回行った調査結果を用いて考察する。EC 鉛直分布の測定結果より、表 1 に示す EC 値に対応する特性深度 Z_i をそれぞれ求めた。そして、式(1)に示すように d_2 とこれらの値の差をとって偏差 D_i を求めた。

$$D_i = d_2 - Z_i \quad (1)$$

ここで、偏差が負の値のときは d_2 が Z_i よりも深いことを示し、正の値のときは d_2 が Z_i よりも浅いことを示す。図 3 に縦軸に偏差、横軸に特性深度をとった図を示す。ここでは、各特性深度を代表

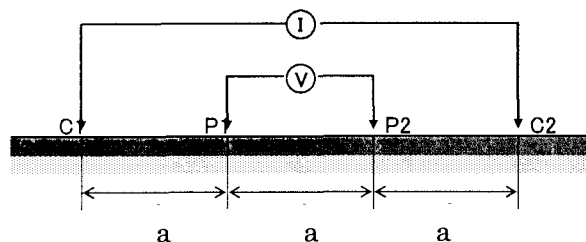


図1 Wenner法の電極系による比抵抗測定法

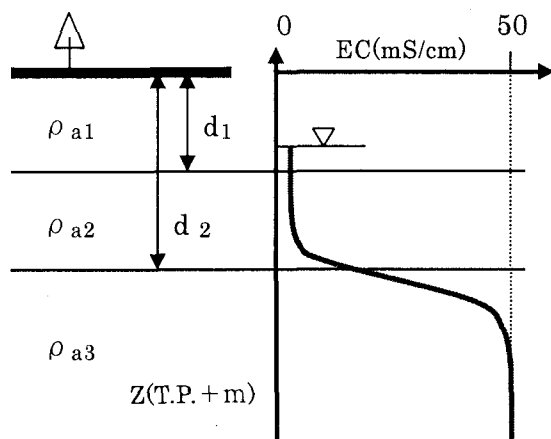


図2 3層モデルによる推定塩水侵入深とEC鉛直との対応の概念図

表1 EC値に対応する特性深度の表記

EC(mS/cm)	1	2	3	5	7	10
Z_i (T.P.+m)	Z_1	Z_2	Z_3	Z_5	Z_7	Z_{10}

して Z_3 の結果を示した。なお本研究では、電気探査の結果(VES 曲線)と標準曲線との重ね合わせによる解析結果を、再現性および信頼度に基づき 5 段階に評価しており、図には評価の低い①～③の結果を○、評価の高い④～⑤の結果を●で表示した。図を見ると、偏差 D_3 は比較的浅い位置では Z_3 とよく対応している。しかし、 Z_3 の深度増加に伴い偏差は正負に拡大している。この傾向は他の特性深度においても同様にみられる。この原因としては、深度の増大にともない電気探査による淡塩境界面の推定精度が悪くなることが考えられる。Wenner 法を用いた電気探査が最大感度を与える深度は電極間隔 a に対してかなり浅く $0.4a$ 程度である²⁾。本研究では電極間隔を最大で 40m まで展開しているが、さらに広い電極間隔を確保できるように測線の長さを延長することでこのばらつきを改善することができると考えられる。しかし、本調査地域で測線を現状以上に延長することは困難であり、淡塩境界面の深さが浅い地点では比較的精度良く推定できていることから、深い地点でばらつきが大きくてもまた地下水利用の観点上安全であると判断し、このばらつきの改善を現段階では行っていない。

次に、評価④～⑤のデータを用い、各特性深度における偏差の平均値およびその標準偏差を求めた結果を図 4 に示す。 d_2 と最も対応している特性深度を決定する際には、地下水利用の観点からも、偏差の平均値が小さく、データのばらつきも小さいことが望ましい。図を見ると、標準偏差は EC 値の増大により若干減少傾向にあるものの、さほど大きな変化はみられない。一方、平均値は EC 値の増加に伴い大きくなる傾向が見られ、標準偏差に比べ EC に伴う変化は大きい。これにより、データのばらつきは設定した EC 値による影響は小さく、 d_2 と特性深度の対応関係は平均値をもとに決定することが妥当であると考えられる。よって、平均値が 0m に最も近い 0.05m であった Z_3 が d_2 と対応していると考えられ、Wenner 法を用いた電気探査より推定される塩水侵入深は、EC 値が約 3(mS/cm)に相当する深さを推定するものと考えられる。つまり、3 層モデルの第 2 層と第 3 層の境界が淡塩境界面の混合領域の上端付近(約 3mS/cm)を推定しているといえる。

4. おわりに

本研究により、Wenner 法を用いた電気探査より推定される塩水侵入深は、EC 値が約 3(mS/cm)に相当する深さに対応していることが示された。今後は、電気探査を用いた地下水の利用指針の作成について検討したい。

参考文献

- 1) 唐ほか：海岸帯水層における淡塩境界面の変動と電気探査による境界面の推定に関する研究，地下水学会誌，42 (3)，pp.223-233，2000.
- 2) 島ほか：建設・防災・環境のための新しい電気探査比抵抗映像法，古今書院，pp.53-65，1995.

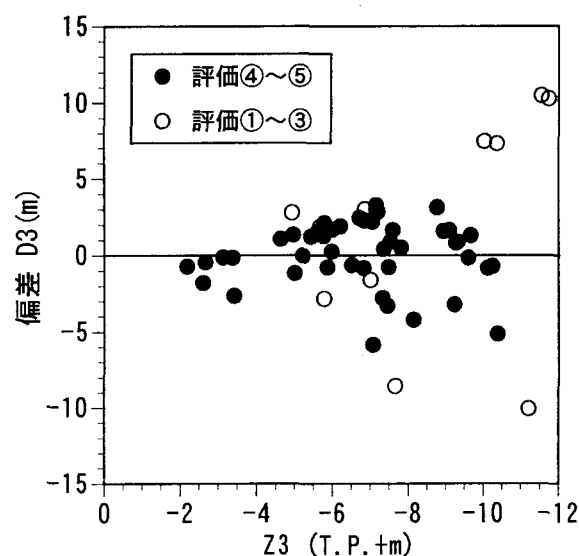


図 3 特性深度と偏差の関係

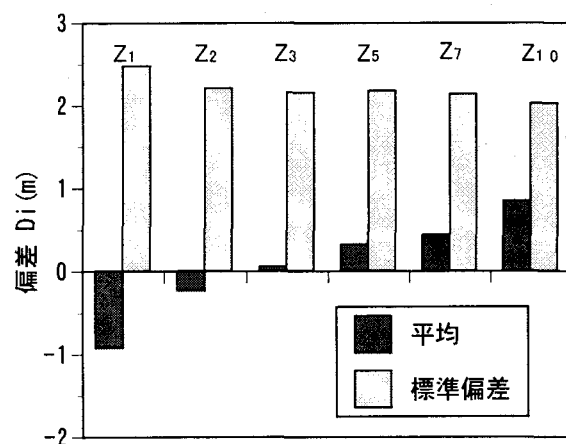


図 4 偏差の平均値とその標準偏差