

電気探査および弾性波探査によるため池堤体の塩水分布の推定 Estimation of the distribution of salt water in the embankment of irrigation tank using electric and elastic wave exploration

○山本清仁*, 小林 晃**

Kiyohito YAMAMOTO and Akira KOBAYASHI

1. はじめに

東北地方の水利施設は、東日本大震災により大きな外力を経験し、津波による外力と海水の浸漬により太平洋沿岸地域の多くの施設は機能不全に陥った。また、土壌中の塩分は作物の生育に悪影響を与える場合があるが、海水の浸漬を受けた圃場やため池堤体においては土中の塩分濃度が上昇している状態である。ここでは、津波の影響を受けたため池堤体を対象に、電気探査および弾性波探査を行い、結果を比較検討し、堤体内部の残留海水の分布状況を推定する。

2. 電気探査および弾性波探査

津波が越流したとされる岩手県陸前高田市広田町のため池堤体において、2011年10月29日と11月29日の計2回、簡易的な電気探査と弾性波探査を行った。堤頂長は88mであり、法尻から法肩までの高さは、右岸より10mの付近で2.9m、同40m付近で4.1m、同70m付近で3.9mである。図-1はため池堤体の写真であるが、右岸を0mとして左岸までの長さ88mの天端上の測線において計測を行った。電気探査は、電極を0.75m間隔で48箇所設置し、ウェンナー法により計測し、見かけ比抵抗の分布図を得た。

弾性波探査では、地面を打撃することにより弾性波を共振し、その近傍に固有周波数28Hzのジオフォンを設置し、測線に沿って3m間隔に受振波形を記録した。10月29日の計測においては原動機付きランマーを共振器とし、11月29日においてはタコ（質量10kg程度の木製の締固め工具）を共振器とした。記録した波形をフーリエ変換し、式(1)を用いて周波数 f を弾性波の反射面までの距離 L に換算した。また、各周波数に対応するパワースペクトル P を全周波数において最大のパワースペクトルで正規化した値を式(2)により求め、これを相対パワー R とし、各測点の結果を統合し相対パワーの分布図を得た。

$$L = \frac{v}{2f} \quad (1) \quad R = \frac{P}{P_{\max}} \quad (2)$$

ここで弾性波速度 v は、堤体の右岸側と左岸側の2つの測定結果の平均値333m/sとした。弾性波速度の測定は、まず、図-2のように共通反射点を適当に定め、2つのジオフォンの中間点が共通反射点の直上になるようにジオフォンを設置する。次に、一方のジオフォン（図-2の T_1 ）の近傍でタコにより共振し、2つのジオフォン（図-2の T_1 と R_1 ）の受振波形を記録する。そして、ジオフォンの位置を T_2 と R_2 に移動し、前述と同様に波形を記録する。この作業を15回繰り返し、2つのジオフォンの弾性波到達時間差の反射時間 t を読み取り、 t とジオフォン間隔 x を x^2-t^2 平面にプロットする。 t と x と共



図-1 計測場所の写真
Fig.1 The picture of the observation site

*岩手大学農学部, Faculty of Agriculture, Iwate University, **関西大学環境都市工学部, Faculty of Environmental and Urban Engineering, Kansai University
キーワード: ため池, 比抵抗, 弾性波

通反射面の深さ d において式 (3) の関係が成り立ち、直線近似式の傾き $1/v^2$ より v が求められる。

$$t^2 = \frac{x^2}{v^2} + \left(\frac{2d}{v}\right)^2 \quad (3)$$

3. 結果および考察

図-3 に電気探査結果を示す。ここで、図のコンターは見かけ比抵抗を表す。比抵抗の値が小さい領域が、塩分濃度が高い領域に相当すると考えられるが、図-3 (a) においては、測線 38~73m と 79m 付近の深さ 0~3.75m に比抵抗が小さい領域が確認された。一方、図-3 (b) においては、測線 42~67m と 74m 付近の深さ 1.5~3m に比抵抗が小さい領域が確認された。また、10月29日と11月29日の結果を見比べると、比抵抗が小さい領域が減少しているため、時間の経過により堤体内の塩分濃度が減少していると推察される。

図-4 に弾性波探査の結果を示す。コンターは反射の強度を示す相対パワーである。弾性波の発振方法の違いから反射強度分布の傾向が異なるが、10月29日と11月29日の両結果において、深さ 0~2m 付近に相対パワー0.5以上の明瞭な反射箇所は認められない。反射箇所は地下水面と対応すると考え、前述の図-3の考察を考慮すると、堤体内の塩分濃度が高い領域は、地下水面より上あるいは地下水面近傍に存在していると推定される。

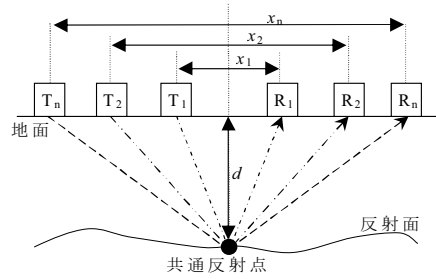


図-2 弾性波速度測定の概要図
Fig.2 The schematic view of measurement of elastic wave velocity

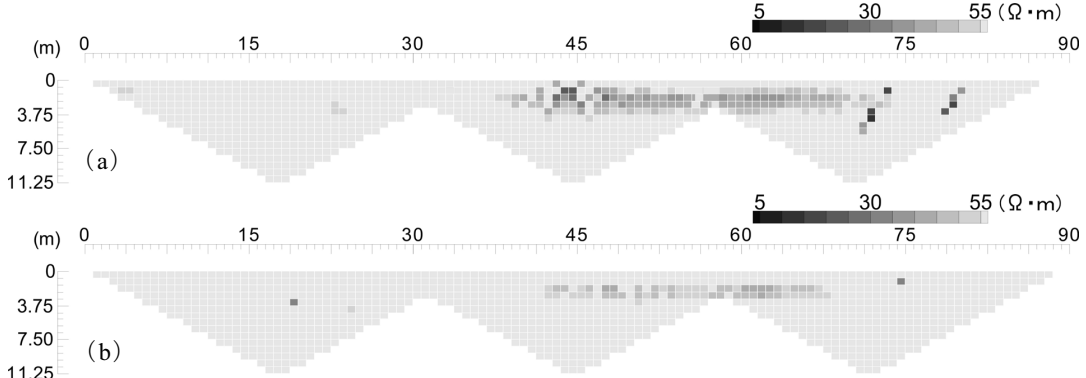


図-3 電気探査結果 (上段 (a) : 10月29日計測, 下段 (b) : 11月29日計測)
Fig.3 The results of electric exploration

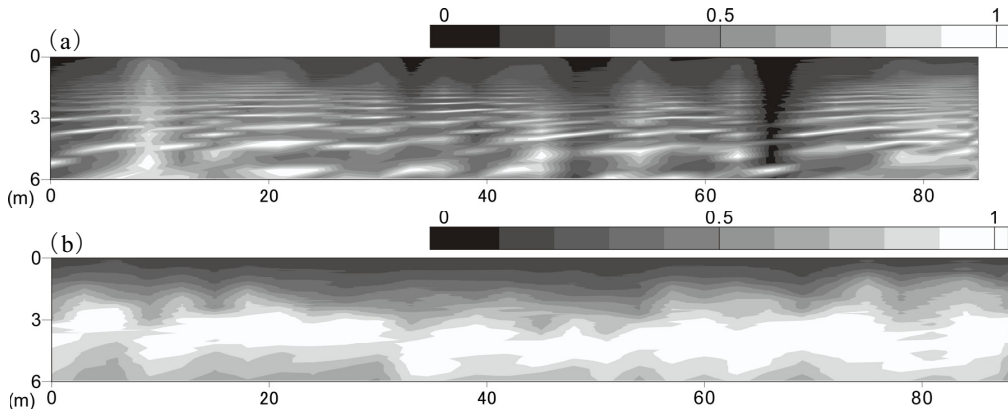


図-4 弾性波探査結果 (上段 (a) : 10月29日計測, 下段 (b) : 11月29日計測)
Fig.4 The results of elastic wave exploration