

平井優也\*, 森 也寸志\*  
Yuuya Hirai, Yasushi Mori

### 1.はじめに

近年、社会の環境問題への意識の高まりとともに、土壌環境汚染問題が顕在化してきている。土壌環境汚染の調査域は、私有地や国立公園などのため破壊的調査が限定され、非破壊検査が望まれる場合が多い。非破壊の物理探査法として電磁波を用いた電磁探査法があるが、日本では土壌の物理性、地質、地下水調査が主流で、土壌の表層、環境評価調査としての適用例はあまりない。そこで、農地や森林等の環境評価・管理のための非破壊土壌環境モニタリング技術として、多バンド電磁探査法の適用を探ることを目的とした研究を行った。

### 2.多バンド電磁探査法の基本

本研究で利用した測定システムは米国 Geophex 社の GEM- 2 broadband EMI sensor である。この測定システムは、一般的にループ・ループ電磁探査法と呼ばれている電磁探査法を基礎に用いている。小さな送信コイルと受信コイルを用いて、土壌中の電気伝導度や帯磁率分布を推定する手法である。送信ループから変動磁界を発生させると、土壌中にレンツの法則により起電力が発生し、土壌の比抵抗に応じて誘導電流（渦電流）が発生する。その誘導電流によって新たに生じる二次磁場と一次磁場を受信ループにて地表で観測し、その値から地下の電気伝導度や帯磁率の値を推定する(Fig.1)。電磁探査法の探査深度は、使用する電磁波の周波数  $f$  と大地の透磁率  $\mu$ 、導電率  $\sigma$  に依存する。高周波数ではよ

り浅層の情報が、低周波数ではより地下深部の情報が得られる。導電媒質中の電磁波は  $e^{-\alpha}$  ( $\alpha$ :減衰定数  $z$ : $z$  軸方向距離)で減少する。この値が  $e^{-1} = 0.368$  になる  $z$  の値（電磁場の強さが地表面の  $1/e$ （約 37%）になる深度）を  $\delta$  と表し、表皮深度（skin depth）と呼ぶ。表皮深度（skin depth） $\delta$  は、

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu\sigma}} \quad \omega = 2\pi f$$

で求められる。ここで、 $\delta$ :表皮深度(m),  $\omega$ :角周波数(rad/s),  $\mu$ :透磁率(H/m),  $\sigma$ :誘電率(S/m),  $f$ :周波数(Hz)。従来の電気探査法では、測定深度を変更するには電極間距離を変更する作業が必要であったが、多バンド電磁探査機では、異なる周波数を使用することで多深度を同時に測定することができ、大きな特徴となっている。

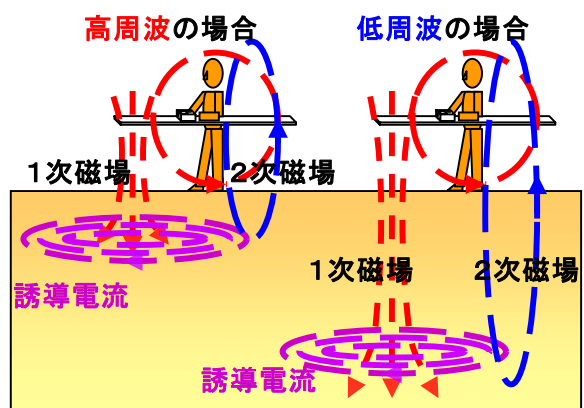


Fig. 1 多バンド電磁探査法の測定原理  
A measurement principle of Many Bands Electromagnetic Inquiry Method

\*島根大学, Shimane University, キーワード: 多バンド電磁探査法, 非破壊探査, 電気伝導度, 帯磁率

### 3.調査概要

農地や森林等の環境評価・管理のための非破壊土壤環境モニタリング技術として、多バンド電磁探査法の適用を探るため、様々な土壤環境がどのようにモニタリングされるのかを検証することを目的として、様々なフィールド調査を行った。島根県松江市宍道町の間伐管理と粗放管理を行っている隣接する人工林にて降雨前後の森林土壤環境モニタリング調査を行った。また、島根県安来市宇賀荘町の渡り鳥飛来水田にて、湛水前と湛水後、渡り鳥飛来後の3つの状態の水田土壤調査を行った。さらに、島根県松江市本庄町の果樹園でも同様の調査を行い、土地利用の違いが土壤環境に与える影響を調査した。

### 4.調査結果と考察

調査結果については、多大なデータ量のため一例のみを表示する(Fig.2)。森林土壤では、隣接する森林であっても土壤の硬さに違いがあり、それが帯磁率にて観察された。降雨前後の土壤環境の変化は、電気伝導度の上昇という結果に現れた。また、水田土壤では、一様に整えられた土壤環境がモニタリングされ、圃場整備の結果が観察された。一方、水田湛水後は電気伝導度の値が上昇するというモニタリング結果となった。また、渡り鳥飛来2ヶ月後では、同じ湛水状態であったにもかかわらず、電気伝導度の値がさらに上昇するという結果が観察された。なお、森林、水田、果樹園では電気伝導度に違いが見られ、施肥の影響がモニタリングされていると判断した。

### 5.多バンド電磁探査法の活用法の提案

森林調査での降雨前と降雨後、水田調査での湛水前と湛水後といった環境の変化は電気伝導度で、土壤の硬さなど固有の情報は帯磁率でモニタリングでき、土壤データから水文循環を裏付けることができた。また、森林、水田、果樹園等の土壤環境をモニタリングすることができ、管理形態の違いが土壤環境に

与える影響を調べることが可能であると思われる。森林、水田、果樹園の土壤環境のモニタリング結果を受け、施肥による土壤環境への影響をモニタリングすることが可能であると考え。そこで、畑地にて、施肥による違いが土壤環境に与える影響をモニタリングすることができるか検証を行い、多バンド電磁探査法の土壤の管理・環境評価としての適用について検討し、多バンド電磁探査法の活用範囲の広がりにつなげていきたい。

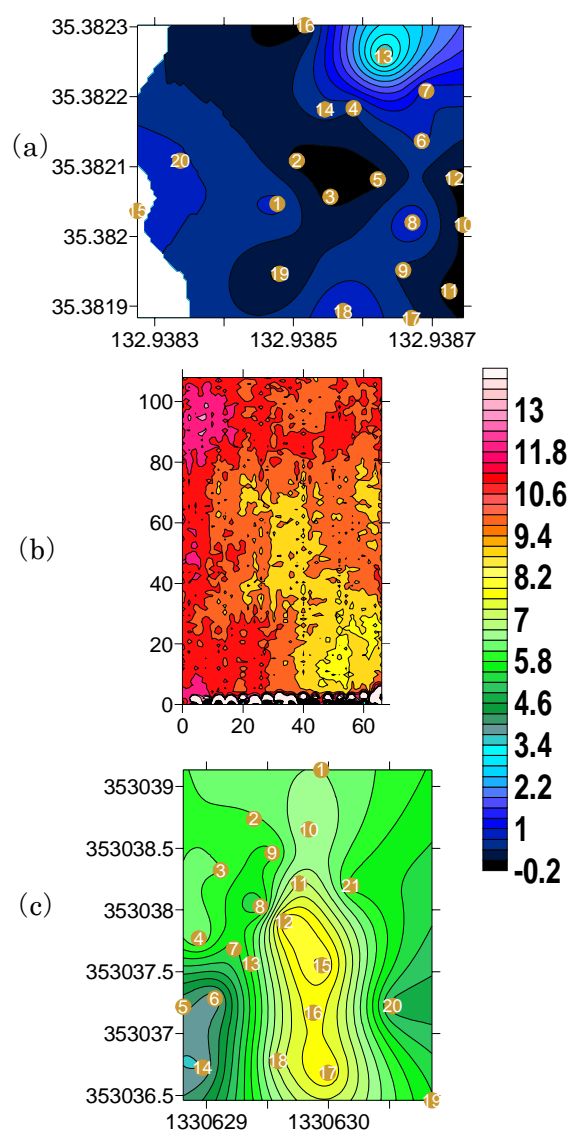


Fig. 2 多バンド電磁探査機 GEM-2 による電気伝導度測定結果例  
An electric conductivity measurement result example by many bands electromagnetic space probe GEM - 2 (24510Hz)  
(a) 森林 (b) 水田 (c) 果樹園