

# TDR を用いた農地基盤内の養水分環境モニタリング Monitoring soil water and nitrate concentrations in fields using TDR

宮本輝仁\*    深見公一郎\*\*    亀山幸司\*    凌 祥之\*

MIYAMOTO Teruhito\*    FUKAMI Koichiro\*\*    KAMEYAMA Koji\*    SHINOGI Yoshiyuki\*

## 1. はじめに

Time Domain Reflectometry (TDR)は電磁波の伝播速度を利用して土壤の誘電率から土壤水分量を、電磁波の減衰から土壤の電気伝導度( EC )を同時に測定可能である。また、TDR で用いるプローブは目的に応じて様々な形状のものが利用でき汎用性が高い。ここでは、土壤硬度計の測定孔を利用できる形状の TDR プローブの試作や TDR による土壤水分量と土壤 EC の同時計測をもとにした養水分環境モニタリングについて紹介する。

## 2. 小規模圃場を対象とした土壤硬度計の測定孔を利用した土壤水分分布計測

土壤水分と土壤硬度は作物生産性や機械作業性など農地基盤の管理において重要な土壤物理指標となる。そのため、圃場内において土壤水分と土壤硬度が同位置で同時に計測できることは大変有益な情報となる。これまで、トラクター等に GPS と土壤水分センサーや土壤硬度センサーを取り付けて大規模圃場で空間分布計測を行う技術が海外では多く報告されている。しかし、わが国のように小規模圃場が多い場合、コーンペネトロメーターと併用することにより土壤硬度と土壤水分の3次元分布情報を得る手法が有効である(図1)。

九州沖縄農業研究センター内の試験圃場で行った土壤水分分布計測例を図2に示す。計測の5日前に0.4~0.45mの深さまでサブソイラによる全面施工がされた。土壤水分および土壤硬度は4m間隔で測定し、測定地点数は90であった。土壤水分は0.05m間隔で0.6mの深さまで測定した。その結果、サブソイラで耕起された層と下層で水分分布が大きく異なることが分かった。また、土壤水分と土壤硬度の関係は、耕起の影響のあった層と下層で正の相関から負の相関へと変化していることも捉えられた。

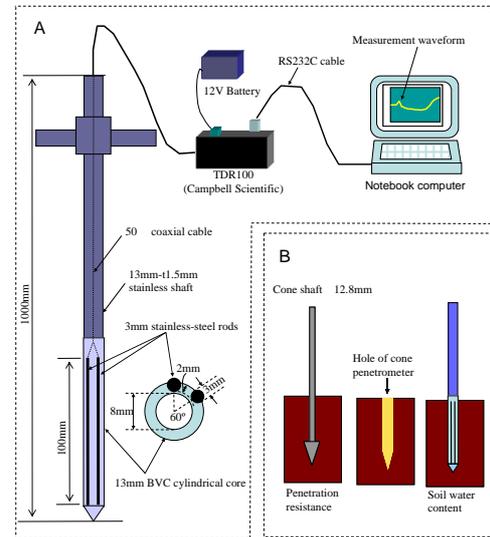


図1 挿入式 TDR プローブと測定システム  
Design schematic for the shaft-mounted TDR probe and measurement system

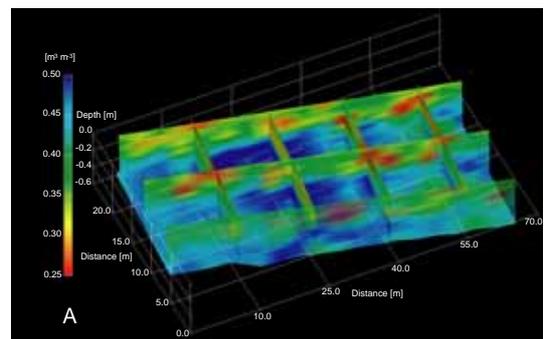


図2 土壤水分分布の計測結果  
Spatial distribution of soil water content

\* (独)農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所 National Institute for Rural Engineering, National Agriculture and Food Research Organization(NARO). \*\* (独)農業・食品産業技術総合研究機構九州沖縄農業研究センター National Agricultural Research Center for Kyushu Okinawa Region, NARO.  
農地基盤 土壤水分 TDR

### 3 . TDR による養水分環境のモニタリング

土壌の EC は土壌水分量と土壌溶液の EC の関数として表わされる(例えば ,Rhoades et al., 1976; Hilhorst, 2000) . TDR で土壌水分量と土壌電気伝導度を同時計測し , 土壌 EC - 土壌水分量 - 土壌溶液 EC の関係を利用することにより , 土壌溶液 EC を推定することが行われている ( 廣野と野中, 2008 ) . また , 土壌溶液 EC と特定のイオン濃度 ( 例えば , 硝酸態窒素濃度 ) の関係式を用いることにより , 圃場条件下での養水分環境のモニタリングが可能であると考えられる . その検証実験を農村工学研究所内の試験圃場で実施した . 10×10 m の試験圃場内に 3 箇所の観測孔を掘削し TDR プローブ ( ロッド径 3mm , ロッド間隔 15mm , 長さ 10cm の 3 線式プローブ ) を深さ 0.2 , 0.4 , 0.6m に埋設した . また , 中央の観測孔には熱電対を各深さに埋設した . 2007 年 12 月 25 日に施肥し , その後 2008 年 1 月 ~ 3 月までは月に 2 ~ 3 回の灌漑 (1 回 20mm) を行い , 4 月からは自然降雨条件下で TDR による連続計測を行なった . 地表面は手除草により裸地状態で管理した . また , 観測孔と観測孔の間に土壌溶液サンプラーを埋設し , 月に 1 ~ 3 回のペースで採水を行なった .

深さ 0.2 , 0.4 , 0.6m における TDR による測定値から推定した硝酸態窒素濃度と土壌溶液採取法による硝酸態窒素濃度の経時変化を図 3 に示した . 深さ 0.2m では 12 月下旬に行なった施肥の影響が 1 月から 2 月にかけて表れ始め , 4 月から 5 月にピークとなり , その後減少していることが TDR でも溶液採取法によっても捉えられた . しかし , ピークを示す時期が TDR のほうが溶液採取法に比べて早くなっている . 0.4m の深さでも , TDR と溶液採取法による硝酸態窒素濃度の経時変化は一致しており , 4 月に硝酸態窒素濃度が急激に上昇した様子も良く捉えられた . 0.6m の深さでは , 4 月から 5 月にかけて徐々に硝酸態窒素濃度が上昇し始める様子が捉えられている .

### 4 . おわりに

近年 , 電磁波を利用した計測技術が急速に発達し , TDR と同様に土壌水分と土壌 EC が同時計測できる廉価なセンサーも普及してきている . このような電磁波計測技術の活用により , 農地基盤内の現場情報のリアルタイム収集が容易に行えるようになるであろう .

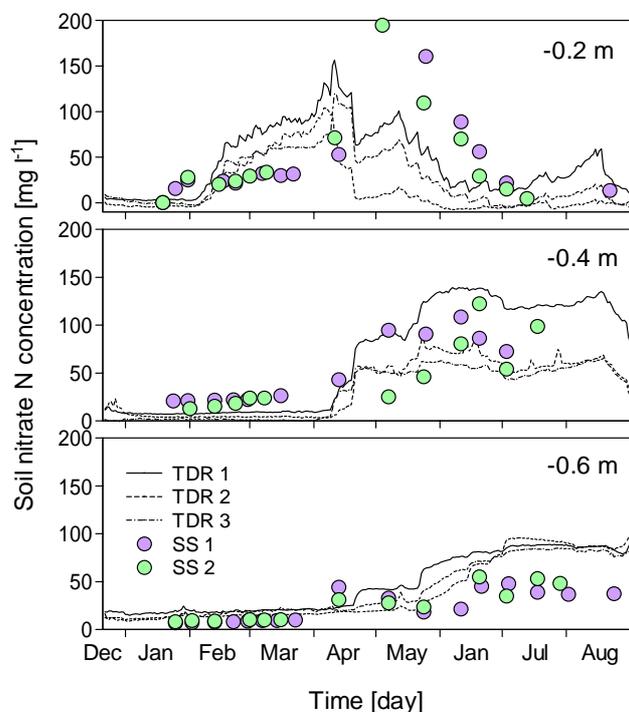


図 3 硝酸態窒素濃度の経時変化  
Nitrate concentrations obtained by  
TDR and solution samplers

### 参考文献

- Hilhorst, M. A. (2000) A pore water conductivity sensor. Soil Sci. Soc. AM. J., 64, 1922-1925.  
廣野, 野中 (2008) TDR法を用いた茶園土壌中の養水分動態のモニタリング. 水土の知, 76, 805-808.  
Rhoades, J. D., P. A. C. Raats, and R. J. Prather (1976) Effects of liquid-phase electrical conductivity, water content, and surface conductivity on bulk soil electrical conductivity. Soil Sci. Soc. AM. J., 40, 651-655.