

氏名	織井孝治
学位の種類	博士（農学）
学位記番号	甲第82号
学位授与の日付	2019年3月20日
学位授与の要件	信州大学学位規程第5条第1項該当
学位論文題目	電磁波を用いた土壤地力関連形質の非破壊分析
論文審査委員	主査 教授 井上 直人 教授 萩原 素之 教授 春日 重光 准教授 渡邊 修 教授 倉内 伸幸（日本大学・生物資源科学部）

論文内容の要旨

近年、我が国のみならず世界各地で「地力」の減少が報告されている。この問題に対応するために、世界各地で精密農業が推進されている。特に施肥管理のための土壤分析法は、分析にかかる時間と手間が膨大で、改善が求められてきた。可給態窒素は収量を変動させる要因の一つであるが、その測定に係る時間と手間から土壤分析の項目として扱われることは少ない。また、陽イオン交換容量（CEC）は土壤の養分保持力の指標であるが、分析に手間がかかり改善が求められている。こうした土壤分析の迅速化、省力化が適正な栽培管理に繋がり、精密農業の普及へと繋がると考えた。そこで本論文では近年発展が目覚ましい蛍光を用いた分析と、電磁波を用いた分析によって土壤中の地力に関係する成分である、可給態窒素、全炭素（C）、全窒素（N）、C/N比、CEC、Fe、Al、Si、Ca、K、Na、Mg、P、可給態リン酸（Av-P）、けいばん比（Si/Al）の推定が可能かどうかを検討し、その課題と展望についてまとめた。

第2章では、潜在的な土壤の生産力を簡易に把握するため、レーザー励起蛍光を解析する装置を構築した。励起波長は紫領域（405nm）で475～900nmの分光を行って非接触で分析して推定した。サンプルは長野県内の畑作地域における黒ボク土壤30点で、風乾したサンプルの土壤可給態窒素、C、N、C/N、Av-PやCECを推定した。一次微分値をPLS回帰分析した結果、風乾土壤の粉碎サンプルから直接、可給態窒素、C、N、Av-P、CECなどの地力にかかわる化学形質が推定できた。これらは土壤有機化合物からの蛍光に由来し、黒ボク土壤の畑作における地力の実態を迅速に把握するのに有効で、実用的と考えられた。一方で分析装置の低コスト化および、CEC、Av-P等の推定精度の向上が課題であると考えられた。

第3章では、蛍光分析装置の低コスト化のために、LEDを励起光源とした蛍光分析装置を構築し、これを用いて取得した風乾土壤由来の蛍光スペクトルの解析により、可給態窒素、C、N、C/N比の推定を試みた。長野県内の畑作黒ボク土壤46点を供試し、風乾粉碎した土壤を375nm、392nmのLEDで励起することで取得した蛍光スペクトルの10nm間隔の強度の一次微分値を説明変数とし、PLS回帰分析によって各推定項目の推定モデルを構築した。375nmで励起した際に得られる蛍光スペクトルの一次微分値、及び392nmで励起した際に得られる蛍光スペクトルの一次微分値の両方を説明変数として用いた時、可給態窒素、C、N、C/N比において精度の高い推定モデルが得られたことから、LEDを用いた蛍光分光分析によってそれらの同時推定が迅速かつ容易に可能であることが示された。

第4章では、黒ボク土46点、黄色土46点、灰色低地土14点をサンプルとして供試し、構築した蛍光分析装置を用いて取得した蛍光スペクトルの一次微分値をPLS回帰分析することで、土壤群毎に可給態窒素量の推定モデルを構築した。構築したモデルは、灰色

低地土，黒ボク土，黄色土の順で精度が高かった．供試した 3 種の土壤群において蛍光分光分析によって可給態窒素量の迅速かつ容易な推定が可能であることが示唆された．

第 5 章では，長波長交流電磁センサーを用いて土壤から得られた周波数伝達関数の解析により，CEC，Fe，Al，Si，Ca，K，Na，Mg，C，N，P，Av-P，可給態窒素，けいばん比（Si/Al）の同時推定を試みた．サンプルは長野県の畑作黒ボク土壤 30 点を供試した．ACE センサーを用いて 10～200kHz の周波数範囲で 5kHz ごとに伝達関数として実部・虚部データを取得し，説明変数として解析に用いた．推定モデルの構築には PLS 回帰分析を用い，推定項目それぞれについてモデルを構築した．CEC，C，N，Fe，Al，Si，Ca，K，Na，P，可給態窒素，Av-P，Si/Al について高い精度の推定モデルが得られたことから，ACE センサーを用いた長波長電磁波伝搬特性スペクトルの応用数学的解析により，これらの同時推定が迅速かつ容易に可能であることが示された．

第 6 章では本論文で用いた土壤分析手法の展望について記述した．近年，世界中で IoT 技術や AI 技術が発展してきている．本論文で用いた手法は IoT 技術と併用することが可能であり，圃場の土壤化学性のマッピングやリアルタイムセンシングへの活用が期待できる．そのためには黒ボク土壤以外の土壤分類への適応，土壤水分含量の影響等について検討する必要があると考えられた．