

学位論文の審査結果の要旨

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壌分析法は、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、収量を変動させる主な要因の一つであるが、その測定に係る時間と手間が大きいことから実際の土壌分析の項目として扱われることは少なかった。また、陽イオン交換容量（CEC）は土壌の養分保持力の指標であるが、これも分析に手間と時間がかかるので改善が求められてきた。こうした土壌分析の迅速化、省力化は、精密農業の普及の大きなカギと考えられる。

本論文「電磁波を用いた土壌地力関連形質の非破壊分析」では、これまで土壌分析で用いられてこなかった蛍光スペクトル分析と長波交流電磁波の解析により、土壌の作物生産力(地力)の指標である、可給態窒素、全炭素、全窒素、C/N比、CEC、Fe、Al、Si、Ca、K、Na、Mg、C、N、P、可給態リン酸（Av-P）、けいばん比（Si/Al）などについて推定の可能性を詳細に検討しており、下記の点が評価された。

1)潜在的な土壌の生産力を簡易に把握するため、レーザー励起蛍光（Laser Induced Fluorescence）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壌30点で、風乾したサンプルの土壌可給態窒素、全窒素、全炭素、C/N、可給態リン酸や陽イオン交換容量（CEC）を推定した。一次微分値をPLS回帰分析した結果、風乾土壌の粉碎サンプルから直接、可給態窒素、全窒素、全炭素、可給態リン酸、CECなどの地力にかかわる化学形質が推定できた。これらは土壌有機化合物からの蛍光に由来し、黒ボク土壌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、高い実用性が評価された。

2)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壌由来の蛍光スペクトルの解析して、可給態窒素、全炭素、全窒素、C/N比の推定を試みた。長野県内の畑作黒ボク土壌を供試し、風乾粉碎した土壌を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に、可給態窒素、全炭素、全窒素、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を用いた多重励起蛍光スペクトル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、その新規性が評価された。

3)長波長交流電磁センサーを用い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、可給態リン酸（Av-P）、可給態窒素（Av-N）、けいばん比（Si/Al）の同時迅速推定を試みた。サンプルは長野県の畑作黒ボク土壌30点を供試した。センサーを用いて10～200kHzの周波数範囲で5kHzごとに得た伝達関数を実部・虚部別に取得し、説明変数

として解析に用いた。回帰モデルの構築には 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。推定精度は決定係数と RMSE で評価した。CEC、C、N、Fe、Al、Si、Ca、K、Na、P、Av-N、Av-P、Si/Al について高い精度の回帰モデルが得られたことから、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、高い新規性が評価された。

これらのことから、この論文は、農学の進歩と新技術の社会実装の 2 面からみて、有意義であると考えられた。博士論文の基礎となる公表論文は全国専門誌 2 報であり、規準を満たしていた。以上から、この論文は博士(農学)の学位を授与するに値する内容を有していると判断された。

公表主要論文名

- 1) 織井孝治, 井上直人. 紫外 LED 励起蛍光分析による畑作土壌の可給態窒素、全炭素、全窒素、C/N 比の推定, 日本土壌肥科学雑誌, 第 90 巻 第 2 号 (2019 年 4 月発行に掲載予定)
- 2) 織井孝治, 井上直人, 桃崎英司, 三澤綱樹, 小松隆史. 長波長交流電磁センサーを用いた長野県内黒ボク土の CEC および主要元素含量の網羅的推定, 日本草地学会誌 第 65 巻 第 2 号 (2019 年 6 月 15 日発行に掲載予定)