

2021 年 1 月 8 日

電気・電子情報工学専攻	学籍番号	第 200201 号	指導教員	澤田 和明
氏名	村田 光明			高橋 一浩

論文内容の要旨 (博士)

博士学位論文名	小型センサアレイを用いたオンサイト土壌環境計測技術開発
---------	-----------------------------

(要旨 1,200 字程度)

現在、高品質、高効率を目指したスマート農業が盛んに研究されている。特に精密農業が、植物の生産効率を高める農法として利用されている。精密農業は、圃場の環境を測定し調整する必要がある。圃場環境の中でも土壌環境は、植物の養分や水分吸収に重要な環境である。これまでの土壌環境の測定は、測定斑を防ぐため位置精度が数 cm ある代表値を測定している。そのため、高効率だが生育障害になりやすい接触施肥法への応用などに課題がある。さらに位置精度の高い測定方法は、オンサイトで測定できないため、土壌を採取して環境を変化させる必要があり、連続的に同位置を測定できない課題があった。本研究では、水田および畑土壌の代表的な指標である酸化還元電位 (ORP) や電気伝導度 (EC) を測定できるミリメータスケールのセンサアレイを提案、製作する。製作したセンサアレイは、オンサイトで位置精度がミリメータスケールの土壌環境分布を連続測定できる装置である。

水田土壌で土壌の ORP は、水稻の生育障害判定などに利用されている。位置精度がミリメータスケールの ORP センサの継続測定は、土壌粒子によって困難であると言われている。本研究では、ミリメータスケールの ORP 分布を継続測定するため、0.7 mm の Pt 作用電極 25 個、銀-塩化銀参照電極、データロガーとプログラムリレーの組み合わせにより、電荷移動が少なく継続測定できるセンサアレイを提案した。製作したセンサは標準溶液、水田土壌で動作を確認できた。応用例として、ミリメータスケールの現象である水稻根、還元剤近傍の酸化還元過程を測定した。結果、還元剤近傍の特異な ORP 低下および水稻根近傍の特異な ORP 上昇を確認できた。したがって本センサアレイは、根近傍などの酸化還元状態把握に非常に有用であると確認できた。畑土壌で土壌の EC は、肥料濃度の指標として用いられる。本研究では、位置精度がミリメータスケールの EC 分布を継続測定するため、5 mm の EC 測定用チップを加工、アレイ化したセンサアレイを提案した。オンサイトで測定するため、一般的な土壌の物理モデルから校正式を導いた。製作したセンサは、土壌で動作確認および校正できた。応用例として、ミリメータスケールの現象である土壌中の肥料溶解に伴う肥料拡散の測定を行った。結果、肥料の溶解および拡散に伴う EC 分布の変化を採取土壌 EC と比較することで確認できた。さらに、ミリメータスケールの EC 分布時間変化から土壌肥料拡散係数の算出を行った。2 土壌で異なる拡散係数を算出できた。したがって本センサアレイは、肥料近傍などのミリメータスケールの肥料移動を測定するために有用であると確認できた。

以上の結果より今後の研究では、小型センサアレイを用いてミリメータスケールの土壌環境分布を測定することで、生育障害を発生させることなく、より高効率な接触施肥法などを利用した農法に応用することが期待できる。

Date of Submission (month day, year) : January 8th, 2021

Department of Electrical and Electronic Information Engineering	Student ID Number D200201	Supervisors Kazuaki Sawada Kazuhiro Takahashi
Applicant's name Hiroaki Murata		

Abstract (Doctor)

Title of Thesis	On Site Monitoring Technology for Soil Environments Using Small Sensor Arrays
-----------------	---

Approx. 800 words

Smart agriculture with high quality and high efficiency is being actively researched. In particular, the precision agriculture is used as a farming method to improve production efficiency. Precision agriculture needs to measure and adjust the field environment. The soil environment in the field is important for nutrient and water absorption of plants. Current soil environment measurements measure representative values with a position accuracy of several centimeters to prevent measurement spots. Therefore, there is a problem in applying it to a contact fertilization method that easily causes growth disorders. Soil environment measurement methods with high position accuracy cannot be measured on site. The soil environment measurement method with high position accuracy has problems that cannot be measured on site and that the same position cannot be continuously measured because the soil is collected. In this research, we proposed and fabricated a millimeter scale sensor array that could measure oxidation-reduction potential (ORP) and electrical conductivity (EC), which are typical indexes of paddy field and field soil environment. The sensor array is a device that can continuously measure the soil environment distribution with a position accuracy of millimeter scale on site.

The ORP of paddy soil is used for determining physiological disorders of paddy rice. Continuous measurement of millimeter scale ORP with sensors is difficult due to the influence of soil particles in paddy soil. In this study, we proposed the ORP sensor array for continuous measurement of millimeter scale ORP distribution on site in paddy soil. The ORP sensor array consists of twenty-five Pt working electrodes (0.7 mm), Ag-AgCl reference electrode, data logger and program relays. The ORP sensor array were employed reversible cell. Ion balance near the electrodes is changed by the soil particles and continuous measurements. Therefore, reversible cell creation timing is controlled by the program relay for ion balance. The ORP sensor array can continuously measure millimeter scale ORP for minimizing charge transfer. The operation of the ORP sensor array was confirmed in the standard solution and paddy soil. As an application, ORP sensor array measured the redox process near paddy roots and reducing agents, which is a millimeter scale phenomenon. As a result, a peculiar decrease in ORP near the reducing agent and a peculiar increase in ORP near the paddy root were confirmed. Therefore,

this ORP sensor array is very useful for grasping the redox state in the vicinity of roots. The EC of field soil is used as an index of fertilizer concentration. The fertilizer movement in the around root is diffusion when water is not supplied, and fertilizer is low solubility. The diffusion is estimated from the continuous fertilizer distribution of millimeter scale. In this study, we proposed the EC sensor array for continuous measurement of millimeter scale EC distribution on site in field soil. The EC sensor array is constructed by processing and arranging multiple 5 mm EC sensor chips. Soil EC measurements were employed 10 kHz sine wave input to the two Pt electrodes. The EC sensor output is also affected by the EC outside. The calibration formula of EC sensor array for measurement on site in the soil was derived from a general soil physical model. The operation and calibration of the EC sensor array was confirmed in the field soil. As an application, EC sensor array measured fertilizer diffusion associated with fertilizer dissolution in soil, which is a millimeter scale phenomenon. As a result, EC distribution changes due to dissolution and diffusion of fertilizer were confirmed by comparison with the collected soil EC. In addition, the soil fertilizer diffusion coefficient was calculated from the EC distribution change on the millimeter scale. The method of calculating the fertilizer diffusion coefficient is a comparison between the model calculated from Fick's first law and the measured EC distribution change. The EC sensor array was able to calculate different diffusion coefficients for the two types of soils. Therefore, this EC sensor array is very useful for measuring fertilizer movement on a millimeter scale, such as near fertilizer dissolution.

In the future research, measurement of millimeter scale soil environment distribution using a small sensor array can be applied to a farming method using a highly efficient contact fertilization method without physiological disorder.