

# mm スケール EC センサアレイシステムを用いた肥料拡散係数の算出 Millimeter Scale Electrical Conductivity Sensor Array System for Measuring the Diffusion Coefficient of Soil

村田光明<sup>1</sup>・二川雅登<sup>2</sup>・熊崎忠<sup>3</sup>・三枝 正彦<sup>3</sup>・石田 誠<sup>1</sup>・澤田和明<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 豊橋技術科学大学電子情報工学専攻

<sup>2</sup> 豊橋技術科学大学テラーメイド・バトンゾーン教育推進本部

<sup>3</sup> 豊橋技術科学大学先端農業バイオリサーチセンター

## Abstract

土壌の養分拡散は作物の養分吸収を知るためにとっても重要である。拡散の大きさを示す指標として拡散係数がある。拡散係数の算出は 2 cm 以下の養分分布変化を測定する必要がある。しかし、土壌を採取する方法が主流のため、非破壊、連続測定が困難である。本研究では、mm スケールの電気伝導度 (EC) センサを複数利用した EC センサアレイシステム (ECSAS) を作製した。ECSAS を用いて土壌溶液 EC 分布を連続測定した結果と、フィックの法則から算出した EC 分布を比較し、2 種類の土壌の拡散係数を求めた。

キーワード：拡散係数，電気伝導度，センサアレイ，連続測定

**Key words:** Diffusion coefficient, Electrical conductivity, Sensor array, Continuous measurement

## 1. はじめに

土壌から作物根への養分移動の形態の一つに拡散がある。特にリンやカリウムなどの肥料の吸収を知るためには重要な要素とされている<sup>1)</sup>。土壌および肥料の拡散しやすさを示す指標として拡散係数がある。土壌の拡散係数は土壌粒子や溶質濃度、含水率などにより異なり、土壌ごとに直接算出する必要がある。拡散係数の算出には、2cm 以下の土壌中の溶質分布の時間経過による変化を測定する必要がある<sup>1)</sup>。現状の土壌を分割し採取する算出方法では、非破壊的に連続して溶質の測定ができないため、短時間での算出や時間による拡散係数変化の確認ができない。

本研究では、2cm 以下の土壌中の溶質分布を直接定量的、連続的に測定するために、mm スケールの電気伝導度 (EC) センサ<sup>2)</sup>を複数利用した EC センサアレイシステム (ECSAS) を作製した。土壌の EC は土壌粒子や含水率、温度に影響されるが、事前にキャリブレーション

を行うことで土壌溶液の EC を測定することができる<sup>3,4)</sup>。そのため、ECSAS を用いて土壌中の溶質拡散による EC 分布を連続的に測定した。得られた土壌の EC 分布の時間経過による変化とフィックの法則による肥料拡散のシミュレーションの比較を行い、2 種類の異なる土壌の拡散係数を算出した。

## 2. 材料

図 1 に作製した ECSAS の測定ユニットを示す。このユニットは、5 × 5 mm の EC センサチップ<sup>2)</sup>を 6 個組み合わせたものである。この EC センサチップは土壌に挿入するために、長さ 5.6 cm、幅 0.8 cm、高さ 1.3 mm の PCB 基盤上に装着し、電極部以外を窒化珪素、接着剤で保護し防水した。作成した PCB 基板上の EC センサチップを階段状に配置した。それぞれのセンサチップ間隔を均一にするため、チップ中心から隣のチップ中心までを 6.0 mm にした。

試供土壌として、粘土分を取り除いた砂質土壌と粘土を含む砂質土壌の 2 種類の土壌を利用した。粒子径が 2mm 以下になるように篩った後、蒸留水で土壌粒子を洗浄し、塩化ナトリウム溶液を含水率一定になるように混合させ試供土壌とした。測定に際して土壌および測定ユニットをポリプロピレン容器に挿入した。測定期間中はポリ塩化ビニリデンフィルムなどで容器を覆い、含水率などの環境が変化しないようにした。

### 3. 実験方法

センサの校正を行った後、土壌中の溶質拡散による EC 分布変化を連続測定するために、2 種類の塩化ナトリウム濃度 (100, 300mS/m の土壌溶液) を持つ砂質土壌および粘土を含む砂質土壌の EC 分布を 10 分に 1 度連続的に 4 日間測定した (図 2)。

### 4. 結果および考察

測定して得られた EC 値分布を元に拡散係数 D を求めた結果、粘土分を取り除いた砂質土壌の拡散係数が粘土を含む砂質土壌の拡散係数より大きかった。この傾向は過去に得られた知見と近似の値を示していることが分かり、ECSAS を用いて土壌 EC 分布の連続測定をすることで、土壌の拡散係数を算出することができたと考えられる。

### 5. 謝辞

本研究の一部は文部科学省 科学研究費助成事業若手研究 (B) (課題番号 24760277)、愛知県 農工連携研究促進事業「施設園芸分野におけるインテリジェントハウスの開発と実証」、中部経済産業局・地域イノベーション創出研究開発事業「マルチモーダルセンサによる施設園芸生産安定支援システムの開発」、豊橋市イノベーション創出等支援事業「培地多点計測用小型センサプローブ開発」の支援を受けて行われました。

### 参考文献

- 1) 三枝俊哉ら(1996) : 日本土壌肥科学会誌, 67, 7-16.
- 2) Masato Futagawa et al. (2009) : Japanese Journal of Applied Physics, 48, 04C184-1-4.
- 3) Tadaomi Saito et al. (2008) : American Journal of Environmental Sciences, 4, 683-692.
- 4) Elia Scudiero et al. (2012) : sensors, 12, 17588-17607.

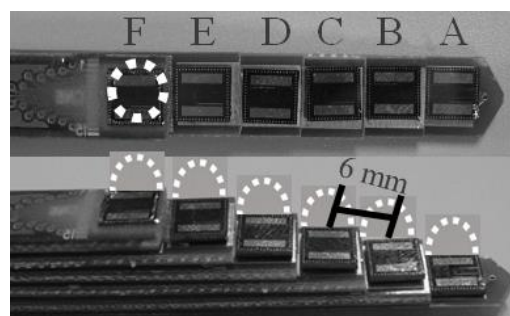


図 1. 電気伝導度センサレイシステム測定ユニット(破線:測定部, A-F:各センサ番号)

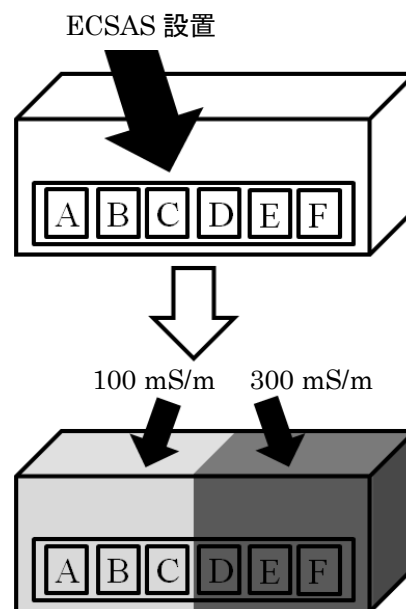


図 2. 肥料の拡散によって変化する土壌溶液 EC 分布の連続測定イメージ