

農業分野で必要な多項目センシングを実現する CMOSマルチイオン・マルチケミカルセンサの開発

野田 俊彦^{1, 2, 3, 4}, 高山 弘太郎^{1, 3, 5}, 澤田 和明^{1, 2, 3}

1: 次世代半導体・センサ科学研究所 2: 電気・電子情報工学系

3: 先端農業・バイオリサーチセンター 4: 人間中心アグリテック共創センター 5: 機械工学系

2 前線をゼロに

7 エネルギーをみんなにそしてクリーンに

9 産業と技術革新の基盤をつくろう

スマート農業用CMOSセンサ

植物工場に代表されるスマート農業に必要なセンサを開発

最終到達目標
革新的農業の実現
生産量、収穫タイミング、糖度、風味、食味etc.を自在にコントロール

転流が見える
・転流のセンシングと制御
・光合成産物の挙動を直接捉える
・栽培条件と転流のタイミング、程度、配分先の関係把握

水・物質移動が見える
・物質移動の把握
・植物体内イオン分布イメージングに成功 (世界初)

植物体内のイオンの挙動 (移動方向、移動速度、分布、濃度) を動画として見える化

K. Sembo // T. Noda, Transducers 2021, B3-3C3.

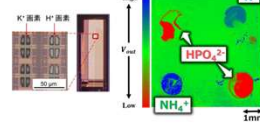
開発ターゲット

植物刺入型マルチイオン・マルチケミカルセンサ

- ・センサを植物の茎や根に直接刺入
- ・肥料の三要素 (窒素, リン酸, カリウム) の計測
- ・光合成産物 (糖) の計測
- ・リアルタイムイメージングによる茎の中の水の流れ (樹液流量) の可視化
- ・植物内でのイオン・糖の動態をとらえ、転流メカニズムを解明

生育には複数イオンが関係

→ マルチイオンセンサ



樹液流量や肥料濃度も重要

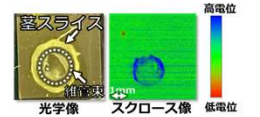
→ 樹液流量, 電気伝導度センサ

本学クリーンルームで作製

多項目計測を1チップで実現!

光合成の結果を直接計測

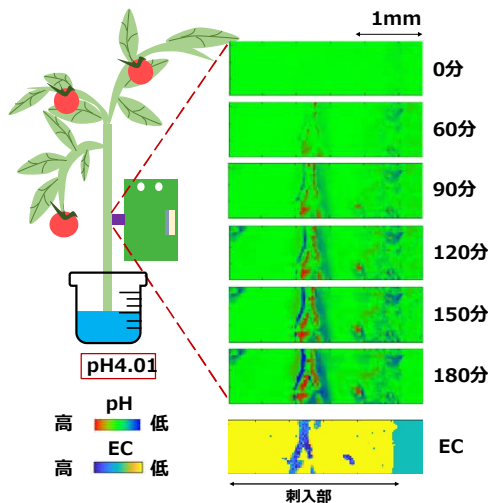
→ スクロースセンシング



刺入型マルチモーダルセンサによるトマト茎内イメージング

水素イオン(pH)・EC マルチモーダルイメージング

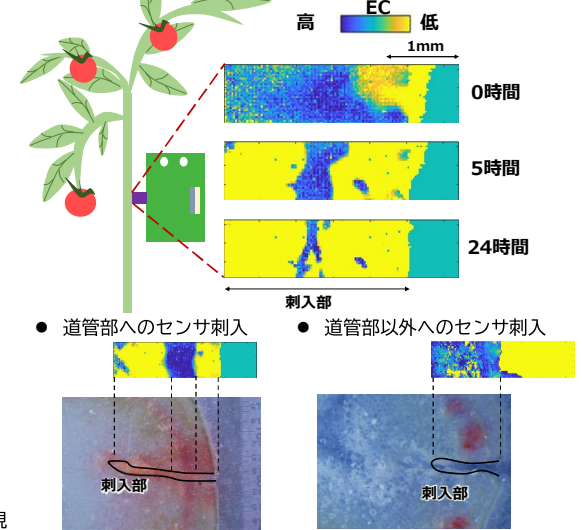
in vivo計測の実証試験



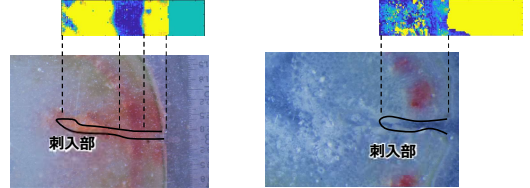
- ・酸性溶液を吸水させ水素イオン(pH)とECを同時イメージング
- ・水素イオン(pH)イメージング ⇒ 線状の酸性領域 (低pH, 青色) が出現
- ・ECイメージング ⇒ 帯状の高EC領域 (青色) が出現
- ・水素イオン(pH)とECの応答部位が一致 ⇒ 道管部での変化を取得している

面で情報を捉える意義 ~道管位置を特定した計測~

刺入後数時間で帯状の高EC領域が出現



- ・道管部へのセンサ刺入
- ・道管部以外へのセンサ刺入



- ・道管部にセンサを刺入した場合にのみ帯状の高EC領域が出現
- ・帯状の高EC領域は赤色染色した道管部位と一致

T. Yoshida, // T. Noda et al., Transducers 2023, Th3C.03.

光合成産物(糖)のイメージング技術開発

太陽光, CO₂, 水, 呼吸, 糖の転流, 水・肥料の移動, 根からの吸収, 無機質肥料

茎スライス, 維管束, 1mm

高濃度, 低濃度

光学像, スクロース像

茎静置 4s, 10s, 14s, 22s

維管束で輸送される糖イメージングに成功

Y. Matsushita // T. Noda, IEEE SENSORS 2023, 1210.

栽培環境での測定に対応したセンサ開発

- ・太陽光下での計測が必要 → 光外乱に強いイオンセンサ
- ・栽培期間が長くても安定計測 → 特性変動を補償するセンサ

9.2mm, デスト用素子, 32x32 センサアレイ, 選択回路, 50μm, 2mm, Tr.総数:6682

本学クリーンルームで作製

T. Noda et al., CMOS-Based Ion Image Sensor Enabling pH Measurement Under Light Irradiation, IEEE Sensors Journal, vol. 24, no. 24, pp. 40196-40203, 2024, doi: 10.1109/JSEN.2024.3396573