

# 農業応用を指向した マルチモーダルセンシングシステムの開発

豊橋技術科学大学 エレクトロニクス先端融合研究所 (EIIRIS)  
野田 俊彦, 高山 弘太郎, 澤田 和明

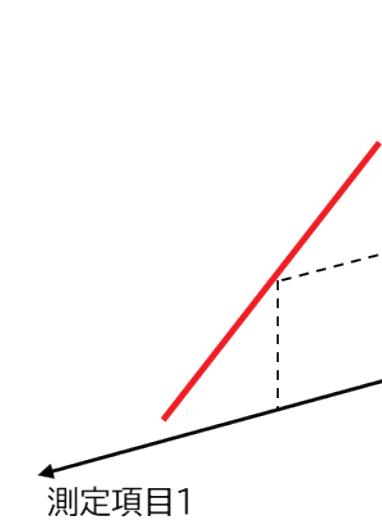
## マルチモーダルセンサとは

ひとつで複数種の情報が計測可能なセンサ

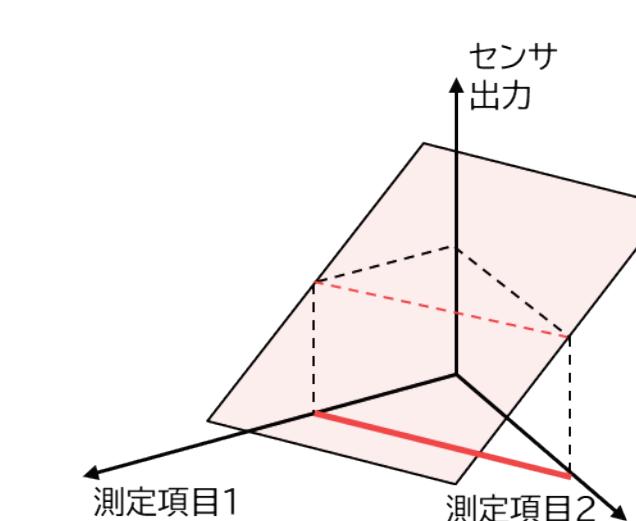
- 研究例**
- 1チップでイオンと光を計測するイメージセンサ
  - 水素イオン, カリウムイオン, ナトリウムイオンを同時計測するイメージセンサ

- 特徴**
- 多数の情報取得が可能
  - 高い選択比（他の項目に応答しない）のセンサが必要

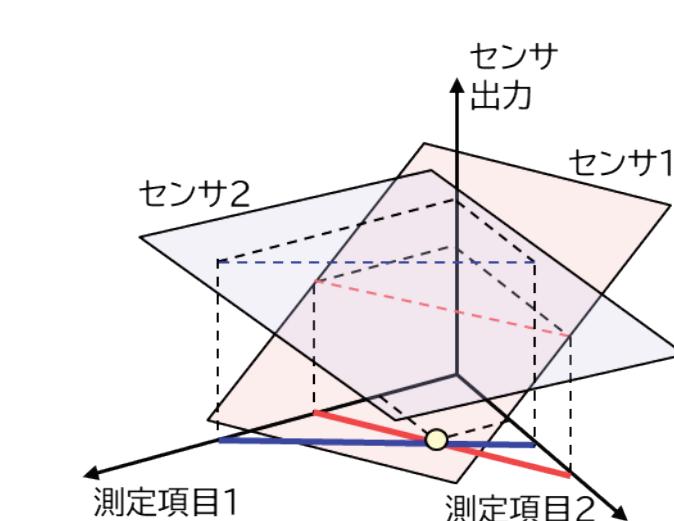
ケース1 センサが1つの測定項目のみに応答  
センサ出力から測定値が一義的に決定



ケース2 センサが2つの測定項目に応答  
測定値1と2の組み合わせしか分からない



ケース3 応答特性の異なる2つのセンサを使用  
測定値1と2が一義的に決定



- 測定項目数と同数以上のセンサの組み合わせにより、各測定値を一義的に求められる
- センサ数を増やすと測定精度が上がる

## 農業用マルチモーダルセンサ

植物工場に代表されるスマート農業で必要なセンサを開発

### スマート農業（植物工場）

成長に関係する項目を測定して最適制御  
土壤中イオン（養分）、水分量、pH、  
気温、地温、湿度、日射量 etc.

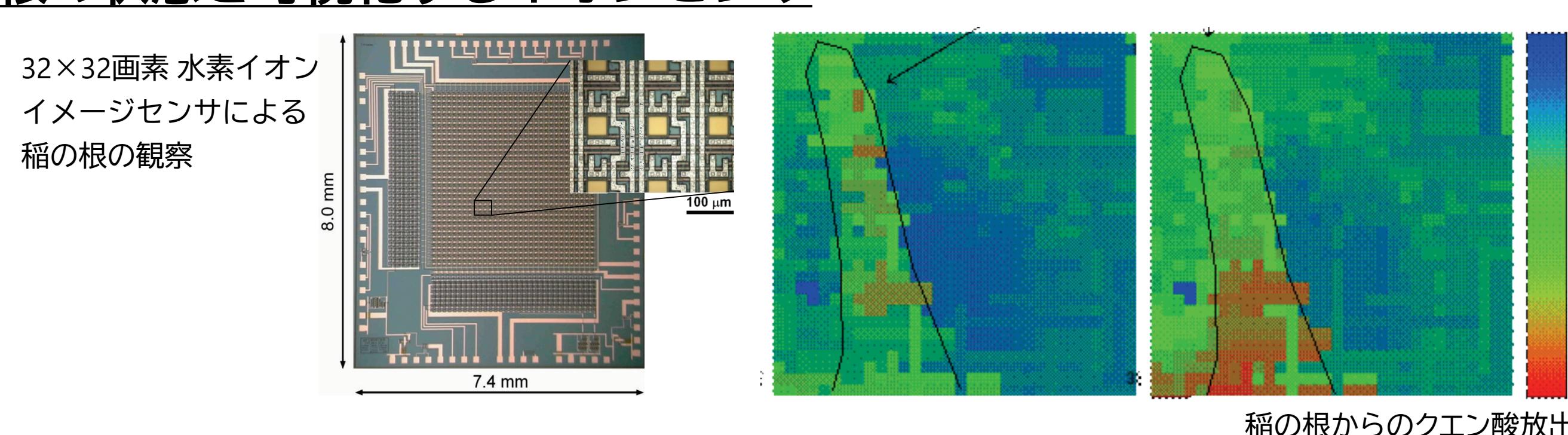


### センサ開発の技術的課題

- 電極や感応膜の機械的強度
- 水分、温度、イオンからセンサを守る保護膜、パッケージング技術
- 長期安定性、耐久性（数ヶ月～数年）
- 無線化

### 植物計測実証事例

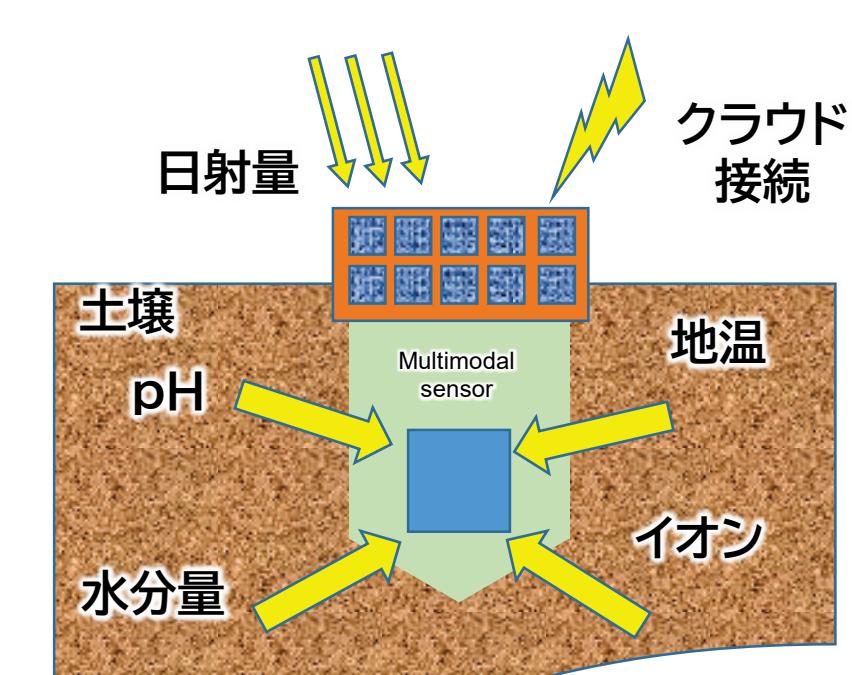
根の状態を可視化するイオンセンサ



## 開発ターゲット

### 土壤刺入型マルチモーダルセンサ

- 土壤pH、イオン、水分量、地温等を測定するセンサを1チップ集積化
- 集積化センサを植物工場内に多数設置
- 無線接続によるクラウドサーバーへの計測情報アップロード
- 植物工場内の土壤リアルタイムモニタリング



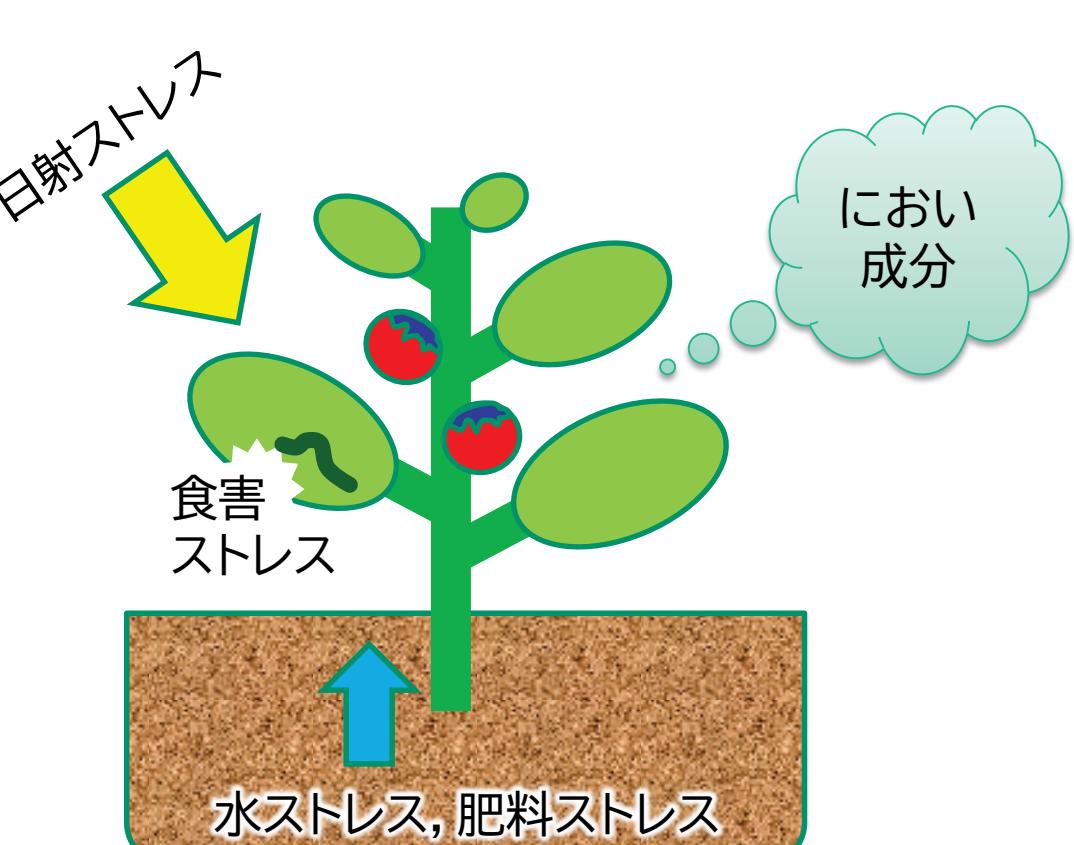
### 植物刺入型マルチモーダルセンサ

- 集積化センサを植物の茎や根に直接刺入
- サップフローセンサによる茎の中の水の流れ（樹液流量）計測
- イオンイメージセンサによる肥料の三要素（窒素、リン酸、カリウム）の計測
- 植物内でのイオンの動きを可視化し、転流メカニズムを解明

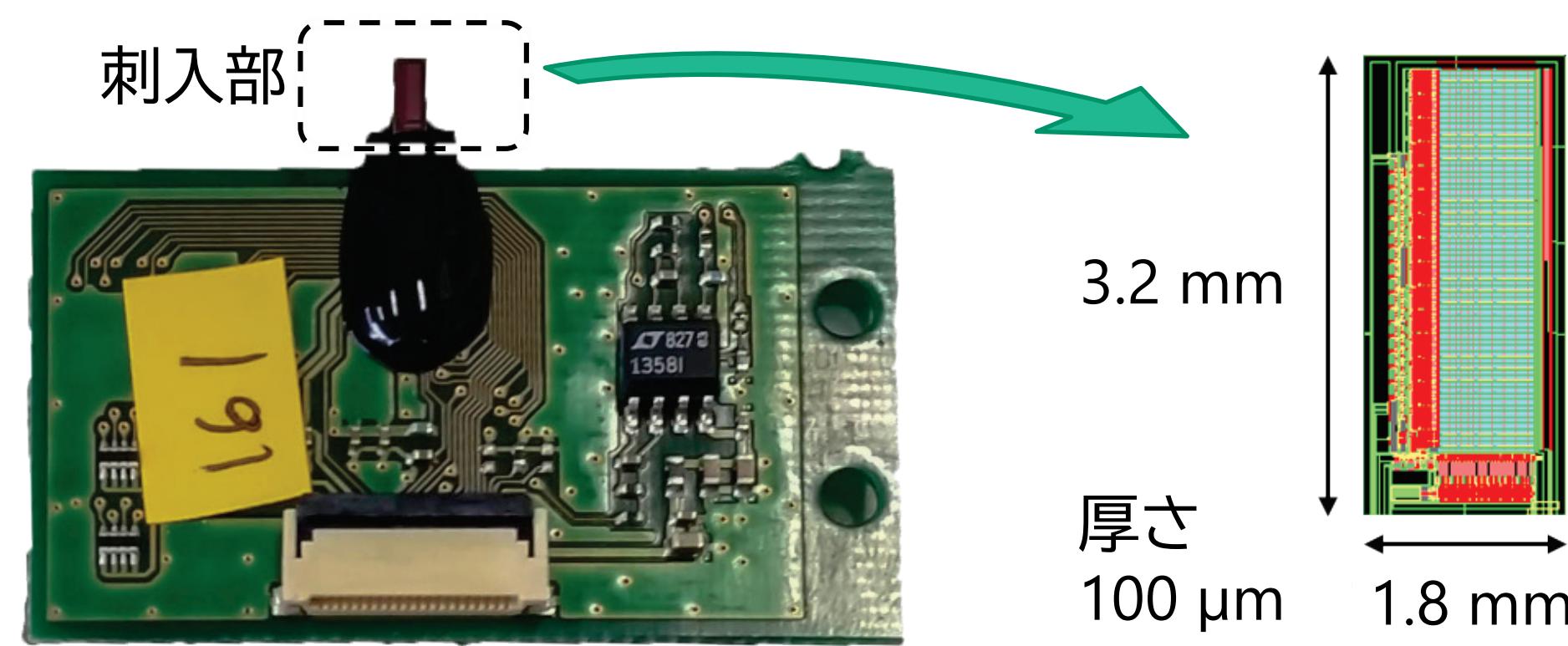


### 植物が放出するにおいセンシング

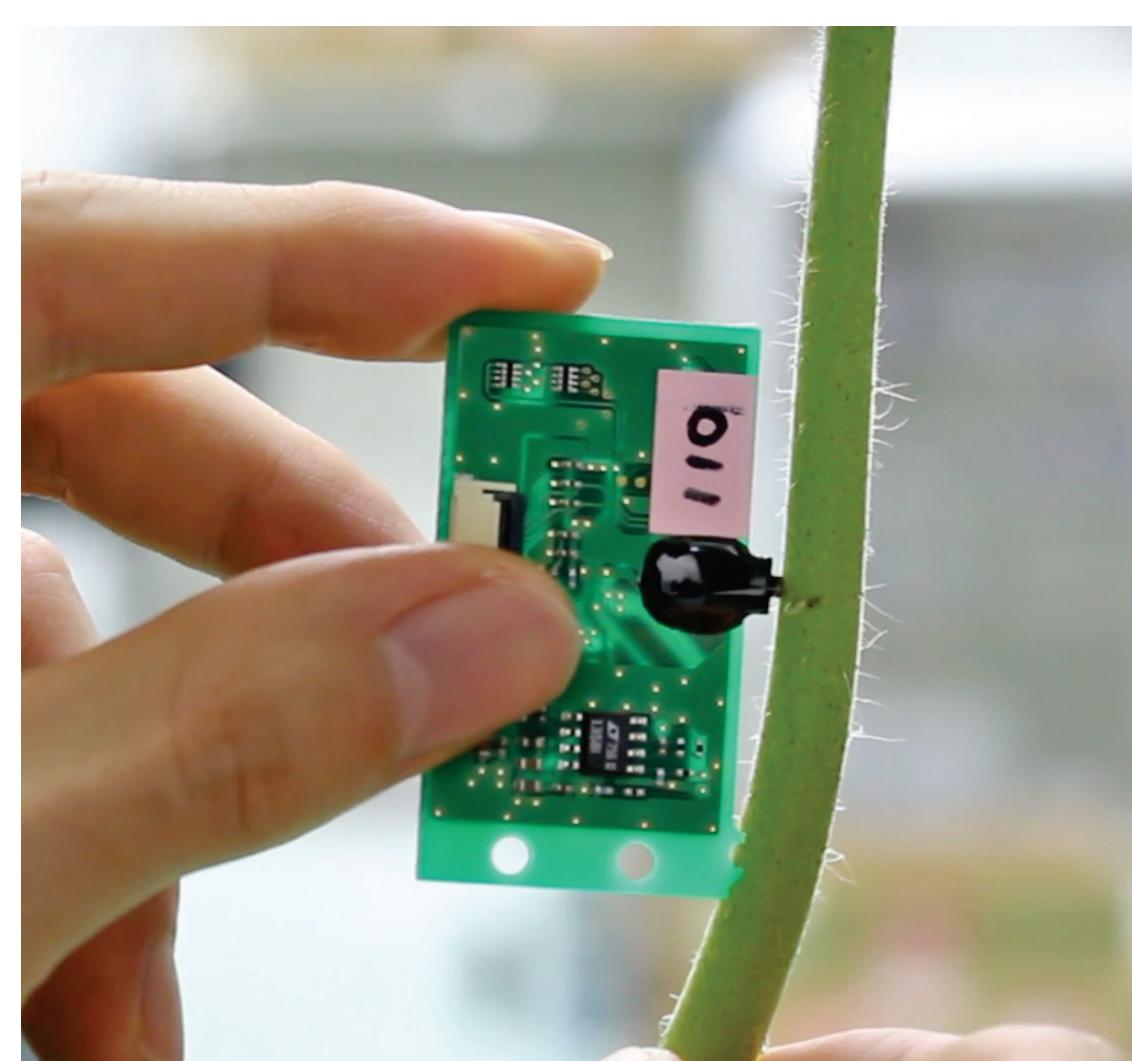
- 植物は生育状態（ストレス）により特有のにおいを放出
- においセンシングにより、植物の生育状態を早期非破壊検出



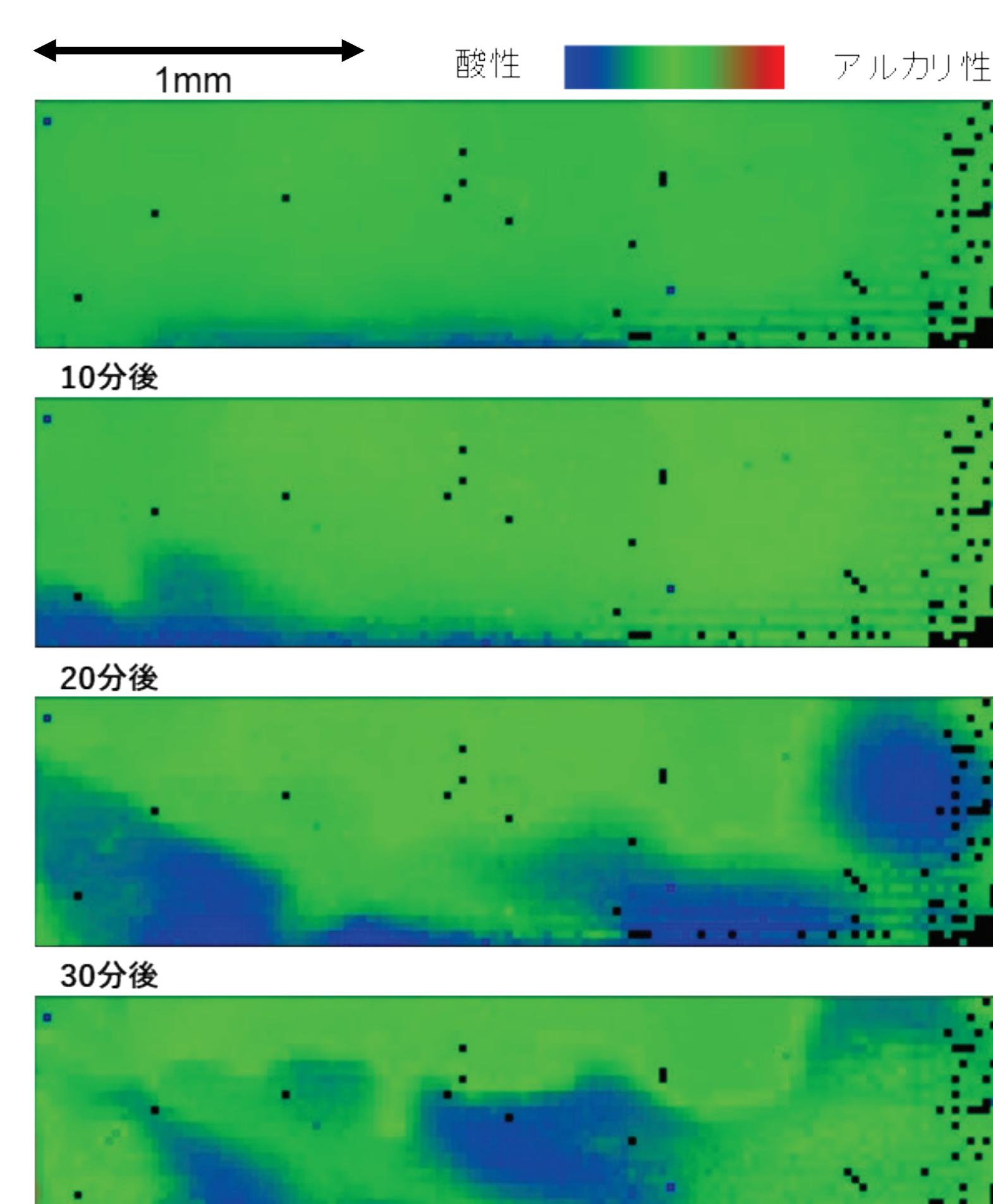
## トマト茎内イオンイメージングの実証



刺入型 水素イオン (pH) イメージセンサ



トマト茎への刺入試験



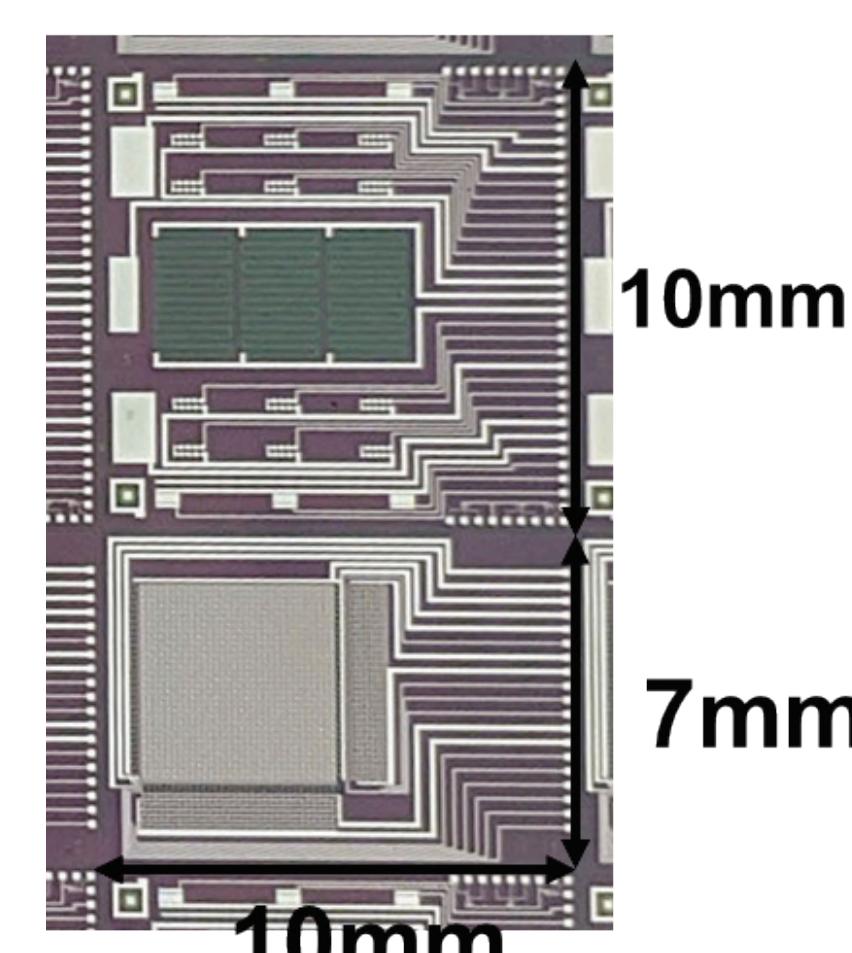
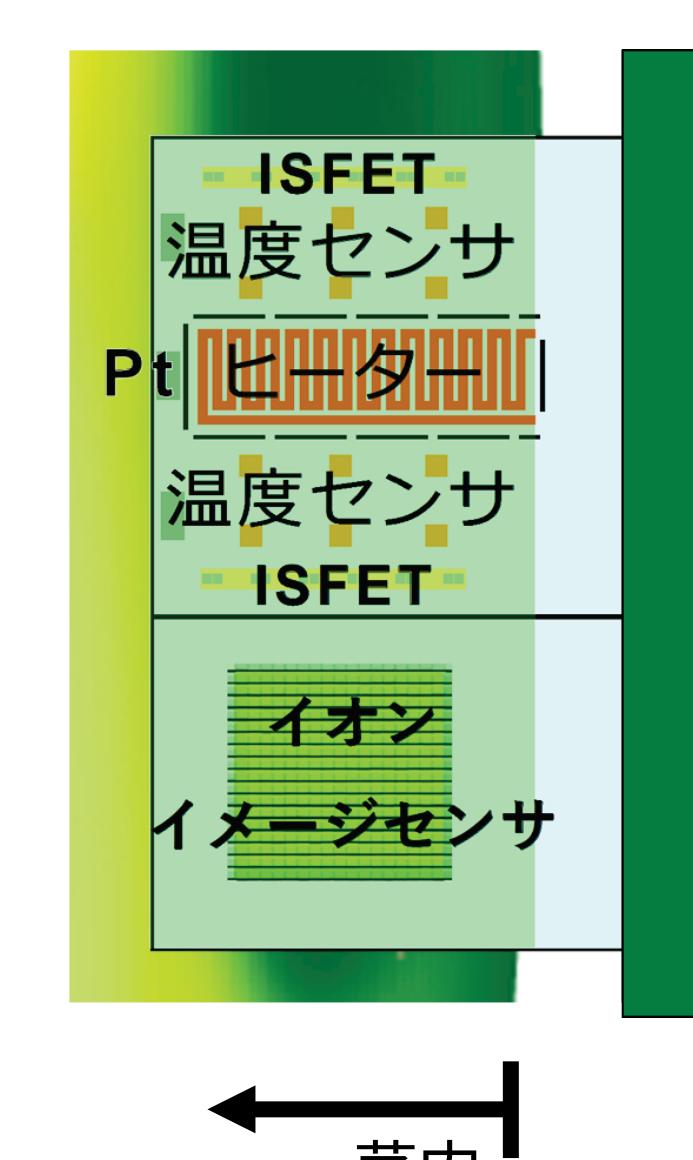
トマト茎内イオンイメージング結果

- 酸性溶液を吸水させ、茎内の水素イオン濃度 (pH) の変化をイメージング
- 時間経過に伴い、茎下部から上部に向けて酸性領域が拡大

## 植物刺入型マルチモーダルセンサの作製

複数センサを1チップ集積化

- サップフローセンサ（ヒーター&温度センサ）  
茎の中の水の流れ（樹液流量）計測
- ISFET  
茎内イオン（リン酸、カリウム、カルシウム等）の濃度計測
- イオンイメージセンサ  
茎内イオン濃度分布の計測
- ECセンサ（Pt電極）  
茎内電気伝導度の計測



試作センサチップ写真  
試作センサ概略図

豊橋技科大 個体機能デバイス研究施設  
5μm 1-poly 1-metal 標準CMOSプロセス  
にて作製