

氏名	Md. Abunasar Miah
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博甲第 8476 号
学位授与年月日	平成 30年 3月 23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	数理物質科学研究科
学位論文題目	Development of disposable microsensors for plant researches (植物研究のためのディスプレイザブルマイクロセンサの開発)
主査	筑波大学教授 博士(工学) 鈴木 博章
副査	筑波大学教授 理学博士 黒田 眞司
副査	筑波大学准教授 博士(農学) 辻村 清也
副査	筑波大学准教授 工学博士 小林 正美
副査	筑波大学准教授 博士(工学) 栗田 僚二 (連携大学院)

論 文 の 要 旨

この論文では、植物研究への応用を目指したマイクロセンシングデバイスについて述べている。

第1章では、この研究の背景について述べている。塩害の影響、イオン、酸素が植物生理に及ぼす影響について述べた後、これらを定量するための従来法について述べている。これらを受け、より簡便で直接的なセンシングの必要性について述べ、この点において電気化学的原理に基づくセンシングが有利であることを述べている。これらを受け、最後に研究目的について述べている。

第2章では、ナトリウム(Na^+)イオン濃度を測定するためのマイクロデバイスについて述べている。柔軟性のあるポリイミド基板の上に、フォトリソグラフィにより、電極パターンを形成している。ここで用いた薄膜状銀/塩化銀電極はこれを覆う絶縁層にピンホールを有し、ここから塩化銀を銀層内部に形成している。これにより、再現性および耐久性に優れた銀/塩化銀電極を実現している。また、銀/塩化銀電極周辺に形成した白金電極により、デバイス組み立て後も塩化銀を追加で形成して繰り返し測定が可能であることを述べている。作製したデバイスは、 Na^+ イオン濃度の変化に対し、Nernst の式に近い特性を示したことを述べている。次に、これを用いて小ネギ中のナトリウムイオン濃度を測定し、比較用に用いたガラスキャピラリーを用いたイオン電極による結果と良い一致を示したことを述べている。

第3章では、 Na^+ 、カリウム(K^+)イオン濃度を測定するための微小イオン選択性電極について述べている。一つの方法では、銀層をポリイミドシートの片面に形成し、細長い形状にダイシング後、銀/塩化銀を形成し、電解質を含む PVP 層を両面に被覆し、さらに PVC 層で PVP 層のパッド側端部を残して被覆し、

センシング部端を切断してそこにイオン選択性膜を形成している(タイプ I)。また、同様の構造で、先端部のイオン選択性膜を高分子の液絡で置き換えた参照電極も作製している。また、植物に直接刺してイオン濃度を測定するために、注射針の先端にイオン選択性膜を形成し、この中に銀層を形成したダイシング済みのポリイミドシートを銀/塩化銀形成後に挿入し、電解液を導入したタイプのもも作製している(タイプ II)。また、同様の構造で、先端部のイオン選択性膜を高分子の液絡で置き換えた参照電極も作製している。作製した Na^+ 、 K^+ イオン選択性電極はいずれも Nernst の式に近い特性を示したことを述べている。これらを用いて稲中のイオン濃度の測定を試みている。特に、タイプ II 型イオン選択性電極については、直接稲中に挿入し、 Na^+ 、 K^+ イオン濃度の測定を試み、場所による Na^+ 、 K^+ イオン濃度の変化を検出している。また、これらの結果を従来法の一つである ICP 法で得られた結果と比較し、相関性を確認している。

第4章では、微小酸素電極について述べている。一つの方法では、白金層と銀層をポリイミドシートの両面に形成し、細長い形状にダイシング後、電解質を含む PVP 層を両面に被覆し、さらに PVP 層のパッド側端部を残して PVC 層で被覆し、センシング部端を切断してそこに酸素透過膜を形成している(タイプ I)。また、植物に直接刺して酸素濃度を測定するために、注射針の先端に酸素透過膜を形成し、この中に白金層、銀層を形成したダイシング済みのポリイミドシートを挿入し、電解液を導入したタイプのもも作製している(タイプ II)。タイプ I 酸素電極を用いて微生物が増殖している液体あるいはゲル培地中の酸素濃度の測定を試みている。また、稲の根部付近の土に酸素電極を挿入し、酸素濃度の測定を試み、挿入する深さに依存する酸素濃度の変化を確認している。一方、タイプ II 酸素電極については、稲の茎中に直接挿入し、酸素濃度の測定を試み、場所による酸素濃度の変化を検出している。

第5章では、以上の内容を総括している。

審 査 の 要 旨

[批評]

この研究では、植物研究において有用なマイクロセンシングデバイスの開発を目的としている。この論文では、シンプルな構造および微細加工を用いた巧みな作製方法で大量生産を実現する可能性を示しており、また、実際に微量サンプル中に挿入したり、直接植物に挿入してイオン濃度や酸素濃度が測定できることを示している。実際に稲を用いた測定も行われ、イオン濃度の測定においては従来法(ICP 法)による測定値との比較において良好な相関関係が得られている他、酸素濃度の測定においても予想される結果が得られている。

本研究を開始するに際し、耐塩性植物を専門家としている名古屋大学生命農学研究科・近藤始彦教授に、この分野でのニーズについて助言を得ている。近藤教授によれば、イネ等の内部のイオン濃度の濃度の測定には、サンプル中からイオンを抽出して、ICP 法等の装置を用いてその濃度を測定する方法が通常用いられている。しかし、これらの方法の問題点は、装置自体が高価であること、手法自体が破壊的であること、サンプルの調整に手間と時間がかかることである。また、微小、微量サンプル中の変わりやすい酸素濃度の測定を行う有効な方法がないとのことであった。微小なイオン電極、酸素電極も市販されてはいるが、壊れやすく、非常に高価で、実験に用いることは現実的には難しい。本研究はこれらの問題を解決し、植物研究に新たな手法を提供するもので、画期的である。今後、本研究が植物分野での新規

な発見、品種改良につながることを期待している。

〔最終試験結果〕

平成30年2月9日、数理物質科学研究科学位論文審査委員会において審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって、合格と判定された。

〔結論〕

上記の論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。