

植物の生体電位反応を指標とした環境モニタリングシステムの開発

プロジェクト代表者：長谷川 有貴（理工学研究科・助教）

1 研究の目的

植物は、周囲環境からの様々な情報を収集し、その情報に応じて光合成速度や蒸散量を調節するなど、環境を認識し、適応しながら生命活動を行っている。また、このような活動を行う中で、空気や土壌中の汚染物質を浄化する能力を有していることも知られている。そこで申請者らはこれまでに、浄化プロセスの解明のために植物体内での活動状態を観測する方法として生体電位測定を行い、汚染物の有無によって生体電位の反応が異なる様子を観測した(長谷川 他、日本設備管理学会誌14(2)、2002)。さらに、詳細に生体電位を解析するために、生体電位の交流応答特性を観測し、そのスペクトル特性および非線形性を解析した結果、浄化過程に応じて生体電位の応答特性が変化する様子を捉え、汚染物に対する植物体内での現象を生体電位によって評価できることを示唆し、植物の浄化メカニズムや浄化プロセス評価に生体電位が有効であることを示した(Yuki Hasegawa, IEICE Transactions on Electronics E87-C(12), 2004)。しかし、実際に植物の浄化プロセスやメカニズムを解明または評価するためには、植物の生理現象と生体電位反応との関連性に関する検討が不可欠であり、その部分の検討が未だ不十分であることが大きな課題となっていた。

そこで本研究では、生理現象と生体電位応答との関連性を明らかにするための基礎データの収集を目的として、植物に与える影響が最も大きい環境要因の一つである光環境の変化に対する生体電子応答を観測するとともに、二酸化炭素ガスセンサおよびガス検知管を用いて光合成量を測定することによって、植物の生理活動状態と生体電位応答との関連性について検討を行った。これらの関連性を明らかにすることで、植物の環境モニタリングシステムへの応用に際する重要な情報になるとともに、植物の生理現象解明にも寄与することのできる情報を得られる可能性が期待できる。

2 研究の進め方

本研究は、本研究科に所属する博士前期課程の学生らとともに実施した。生体電位応答を取得するための電極には、細胞レベルの測定が可能なガラス微小電極と、葉面などの植物本体に容易に取り付けることができる脳波用電極を用い、ミクロな部分の電位とマクロな部分の電位を測定することで、植物の応答をより詳細に明らかにすることとし、また、測定部分の違いによる生体電位応答の違いについても検討を行った。光環境を変化させるため、測定は暗室内で行い、光源として、光の波長や照射周期を変更可能な、赤色、青色、緑色、近赤色を含む LED パネルを用いた。本研究では、4 色すべてを点灯し、可視的に白色に近い光を植物の生体電位応答の観測に用いた。また、植物の光合成活動が、高周期の点滅光によって促進されることが報告されていることから、照射周期を変化させ、その際の生体電位応答を測定した。測定対象植物には、一般的な観葉植物であるポトスを用いた。

なお、光照射による植物の活動状態について検討をおこなうため、測定環境中に二酸化炭素センサを配置し、その濃度変化によって、見かけ上の光合成量の評価を行った。

3 本研究の成果

まず、光の点灯、消灯に対する植物生体電位の基本的な応答を確認するため、1時間連続照射した(明期)後、1時間消灯した(暗期)際の細胞電位応答を図1に示す。明期開始直後に急激な電位差の減少→増加→減少を経て、明期開始前の電位差に収束する、いわゆる光電反応が見られた。また、暗期開始直後には急激な電位差の増加→減少→増加を経て、暗期開始前の電位に収束する反応が見られた。また、光量子束密度を減少した光を照射した場合、光電反応の概形、収束に要する時間は同じであるが、振幅が減少する傾向が見られた。次に、点滅周期20秒(明期10秒/暗期10秒)に対する細胞電位応答を図2に示す。この図から、明期、暗期に対する光電反応が見られるとともに、図1で示した連続光照射に対する光電反応と非常に類似した、点滅光照射開始時から電位差の変動が減少→増加→減少→収束となる包絡線が観測された。

このように、連続光と点滅の明期に対する光電反応と類似した傾向を示したことから、生体電位応答の包絡線と光合成速度の関係について検討を行った。光電反応または包絡線変動の電位差の最大値と最小値の差を変動幅と定義し(図3)、濃度変化量との相関を求めた。その結果、相関係数 R は約0.54とやや弱いものの、正の相関が得られた(図4)。なお、植物の葉面で測定を行った表面電位でも、細胞電位反応とほとんど変わらない包絡線が観測され、細胞電位よりも生体電位を容易に捕捉可能な表面電位でも、植物の生理活動をモニタリングすることが可能であることを確認している。以上の結果から、植物の生体電位応答の測定によって、植物の生理活動状態をモニタリングすることが可能であることから、植物の持つ環境認識能力や汚染物浄化能力を生体電位によって評価し、環境モニタリングシステムとして応用できる可能性を示唆した。今後も、サンプルデータ数をさらに増やし、実験手法を改良するなどして、生体電位応答の特性について検討を進めていく。

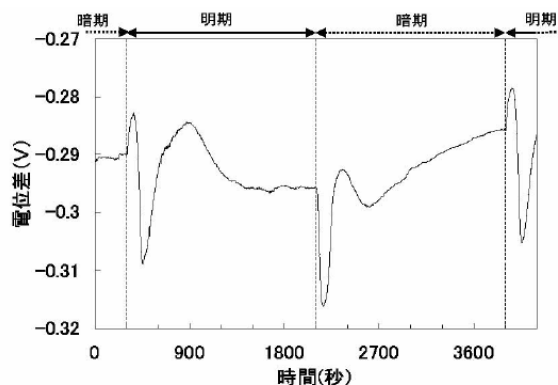


図1 連続光照射に対する応答特性

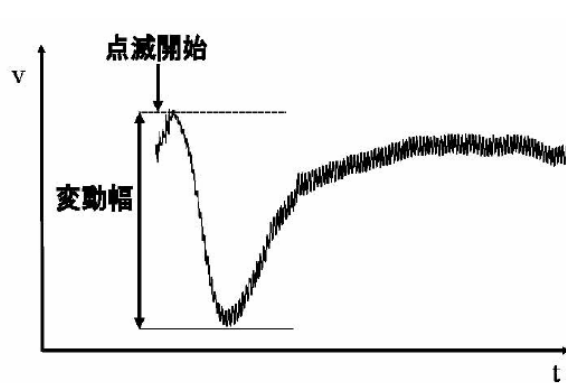


図3 包絡線の変動幅の定義

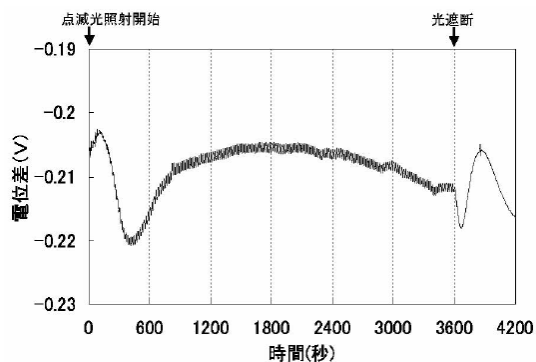


図2 周期20秒の点滅光に対する応答特性

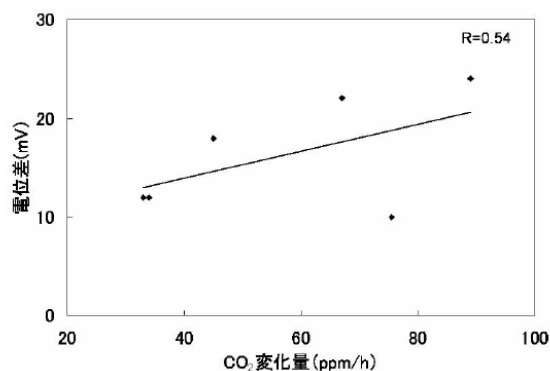


図4 細胞電位変動と光合成速度の相関