

1. 業務委託名： 植物の光合成量測定装置の製品化

2. 委託事業者名： 委託団体:大王電機株式会社

連携団体:八幡物産株式会社・遠藤科学株式会社

連携大学:富士常葉大学環境防災学部

環境防災学科 村上教授・山本講師

3. 研究成果概要:

・はじめに

地球の温暖化問題は、最も身近な地球環境問題として一般に理解されており、関心も極めて高くなっている。地球温暖化に関しては、大気中の温暖化ガス濃度の増加が地球平均気温の上昇原因の一つとされている。温暖化防止のため、京都議定書によって温暖化ガスの排出量を 1990 年排出量の 6%減まで削減することが、日本の国際公約になっており、官民をあげて温暖化ガスの排出量軽減に取り組んでいる。特に、二酸化炭素は代表的な温暖化ガスであり、大気中での濃度も高いため、二酸化炭素の排出量削減は焦眉の急務になっている。

二酸化炭素は、人間の種々の産業活動などに伴って発生し、また、植物の光合成や海洋への溶解など種々の自然現象によって固定されている。このため、地球環境中における二酸化炭素の循環等に関する研究が不可欠となるが、不明な点も多く存在する。

植物は光合成により、二酸化炭素を原料として全ての生物の生存基盤である有機物を生産することによって二酸化炭素を固定している。しかし、「植物体」の光合成量を直接測定できる装置が存在しなかったため、植物による二酸化炭素固定量の推定には間接的な測定法に依存せざるを得ない状態である。

・産学共同研究事業の概要

本産学共同研究事業申請者のうち、大王電機株式会社、八幡物産(株)、富士常葉大学 環境防災学部は、平成 19 年度に(財)しずおか産業創造機構より研究開発助成金の交付を受け、各種植物体の光合成量を直接測定できる装置の開発を行ない、植物体の光合成量、二酸化炭素固定量が測定できることを確認した。

本産学共同研究事業では、上記の新装置に改良を加え、より使用しやすくまた安価な装置とし、より実用性の高い製品とする。同時に、各種の植物体の光合成量を測定し、また各種データを蓄積することによって現在の環境科学が渴望している植物の二酸化炭素固定量などの詳細データを提供することを目的とする。

・研究結果および成果

研究は中心団体を中心にほぼ 2 週間に 1 回、八幡物産(株)を会場として研究会を開催した。ここでは、研究の進捗状況と問題点の報告が行われ、問題点の解決方法を検討した。また、

新たなアイデアの提出、情報交換を行った。

1) 装置の実用化について

現在の装置の問題点、要改良点を検討、リストアップして実行していくこととした。現在の装置の測定方法の基本構造には問題はないものと判断されたが、以下の問題点と要改良点が指摘された。

- ① 現在の装置では価格が高く、普及に問題がある
- ② 測定制御部の小型化
- ③ ガラス部分のプラスチック化
- ④ 配管材の直径の不一致
- ⑤ 測定制御装置のデジタル化

上記の問題を解決するための基本方針として、価格低減のために市販品の使用を基本とした。また、破損しやすいガラス製品を避け、軽量で破損しにくいプラスチック製品を使用する。制御部等は極力小型化するものとし、可能な限りデジタル化することとした。以下にこの基本方針に沿って行った、改良等の結果を示す。

(1) 価格の低減

価格の低減に関しては、以下のように対応することとした。すなわち、システム価格として考えた場合、人工環境装置(グロースチャンバー; 専門メーカーから購入)の占める割合が高いため、これを除いた二酸化炭素固定測定部、測定制御部の価格低減化を図る。二酸化炭素固定測定部に関しては、取り扱いの容易性(破損の回避)のため、ガラス製容器をプラスチック化することとした。測定制御部はアナログ式積算流量計をデジタル式積算流量計に置換し、小型化、デジタル化、価格の低減化を検討した。また、通気ポンプについても価格の低減化を検討した。その結果、

- ① ガラス製二酸化炭素固定測定部をアクリル製パイプとポリアセタール (POM) の切削加工によって置換できることを確認した。これによって、破損の回避、軽量化が可能であったが、加工方法の問題により、現在の生産数では価格の低減効果は小さい。生産量が増大し、ポリエチレンのインジェクション加工が可能になれば、一挙に破損の回避、軽量化、価格の低減が可能になるものと予想される。また、アクリル製パイプと POM の切削加工部品の接続・密閉化による吸収塔部品の作成に関しては、密閉性、試薬交換の利便性などの観点から分解可能な構造とし、パッキンを挟み込む方式を採用することとした。
- ② 測定制御部の小型化、デジタル化、価格低減のため、アナログ式積算流量計をデジタル式積算流量計に置換することを検討した。富士常葉大学の検討結果から、積算流量計の精度は極めて重要であり、ml オーダーの測定精度が必要なことが判明している。入手可能なすべてのデジタル積算流量計を遠藤科学㈱が調査したが、要求される制度を満足するデジタル積算流量計は高価であり、小型化、デジタル化は可能であっても価格は高騰することが判明した。このため、デジタル化は断念し、従来のアナログ式積算流量計を継続採用することにした。

③ 通気用のポンプは、通気抵抗などの観点から、ダイヤフラムポンプであることが要求される。本研究のシステムでは入力と出力の2口を備えたポンプ(2口ポンプと略す)は研究用に限られており、生産台数が少ないため高価である。また、動力源としてモーターと偏芯機構を使用しているため、震動が避けられず結果として騒音を発生する。一方、市販のダイヤフラムポンプ(金魚ポンプと略す)は金魚・熱帯魚の水槽への送気用のものがほとんどであり、その機能的な要求から吸気口を備えたものは存在しない。しかし、価格は安価であり、動力として磁気振動子を使用しているため構造的に振動が少なく静音である。金魚ポンプも吸気口を全く持たないのではなく、吸気口としての機能を果たしてないだけであるので、本研究では金魚ポンプに最小限の加工を行い、静音かつ安価なポンプ機構を案出し、試作した。生産台数の関係から当面は本加工に頼らざるを得ない状況であるが、生産台数が増加すれば金魚ポンプそのものに同一の加工を行うことを考えている。

(2) 測定制御部の小型化

測定制御部に関しては、積算流量計をデジタル化することにより小型化する予定であったが、上述したように本測定器が要求する仕様のデジタル積算計が高価すぎるため、アナログ式積算流量計をデジタル積算計へ置換することは不可能となった。しかし、測定器部品の配置を検討することによって、可能な限り小型化を行った。

(3) ガラス製品をプラスチック製へ置換、

本検討についてはすでに述べたとおりである。現在の製造数、製造予定数ではプラスチック化することによる大きなメリットは望めない。しかし、破損を回避することが可能であり、これによる取り扱いの簡便さが大きいものと言える。また、将来的には出荷された全てのMODAの二酸化炭素固定部をプラスチック化、規格化することによって、測定試薬を充填した状態での部品販売、使用済み試薬の回収(有料)によって、不法投棄等の防止、下水等への混入を防ぎ、環境汚染の防止、環境保全に貢献することを検討している。これらを実現するための、法的問題、必要とされる資格等について調査中である。

(4) 配管材の直径の不一致

測定制御部内に設置されている種々の部品は、メーカー、使用目的、使用環境などが異なる部品を収集して組み立てている。このため、各部品の機械的接続部分、すなわち気体通過部分のサイズ、方式、部材などが異なっている。このため、配管パイプの直径、配管パイプの取り付け方法が異なり、統一した、配管材料での配管が行えず、工業製品としては問題があった。本研究でこれを統一し、工業製品として満足できる製品とすべく検討を重ねたが、一朝一夕に問題解決することは不可能であった(技術的には可能であるが、製品価格を大きく押し上げる)。しかし、本問題は極めて重要な問題であるので、今後はサイズの決定を行い、最も安価に統一できる方法を検討していく。

(5) 最終製品価格の見積

上記のような各種改善・改良と、によって開発当初の人工環境装置(グロスチャンバー)を除く光合成量測定装置一式の価格は下表のようになり、20%削減することができた。

装置の改良・改善後による価格低減効果

	改良改善前	改良改善後	差額
価格	2,000,000	1,600,000	400,000

2) 本装置を用いた二酸化炭素固定量の測定

本装置を用いて実際の植物の光合成量を測定する実験は、平成 19 年度の末から継続して測定を行ってきた。この結果、幼植物であっても本装置によって光合成量を測定できることが確認できた。しかし、測定装置として最も重要な精度の評価が行われておらず、データの再現性や誤差の程度などを把握することができていない。

本年度は、前年度の試験研究結果を踏まえ、本装置の精度に関する検討を十分行い、測定・分析装置としての性能評価を行った。

性能評価は種々の条件下で行った。この結果、幼植物の二酸化炭素固定量(光合成量)を正確に評価するには、安易な測定では不可能なことが判明してきた。すなわち、① 大気中の二酸化炭素量と比較すると、土壌から発生する二酸化炭素量が多く、非常に大きな誤差要因になっている。② 大気中の二酸化炭素濃度が約 370v/v ppm と低濃度であり、大気を二酸化炭素吸収固定試薬に通じた場合、試薬表面が乾燥し、経過時間とともに反応性が悪くなる。③ この現象は試験空気採取量(通気速度)とも関連しており、主催な検討が必要となった。現在鋭意検討中である。

・大学が本研究で果たした役割

富士常葉大学は本研究において、本装置の測定精度評価を行った。繰り返し測定の精度評価など実験計画を立案しての検討が必要であり、大学でしか実行できないものとする。この他、装置の豊富な使用経験からしかわからない装置の改善点、その方法の提案などを行った。

・期待できる地域への波及効果

静岡県の荒茶生産量は約 41,000t/y に達し、二酸化炭素固定量に換算すると約 80,000 t/y である。本装置は二酸化炭素固定量を直接測定でき、これからの二酸化炭素取引、二酸化炭素オフセットにも大きく貢献できる。