

ガスオープントップチャンバーの開発変遷

○中坪俊一（装置開発室）、佐藤卓（研究支援推進員）

1. はじめに

土壌中では、根呼吸と微生物呼吸によって二酸化炭素が発生する。その結果、土壌中の二酸化炭素濃度が高くなり、地表面より放出される。土壌からの二酸化炭素の放出速度（土壌呼吸速度）を測定する方法として、ある一定面積ごとにサンプリングするチャンバー法がある。地表面にバケツをひっくり返したような形の容器（チャンバー）を置き、このチャンバー内の二酸化炭素濃度変化、あるいはチャンバーに流入する外気の二酸化炭素濃度変化から土壌呼吸速度を直接測定する。チャンバー法には、空気の循環方式によってオープンチャンバー法とクローズドチャンバー法がある。オープンチャンバー法は、決められた測定時間ごとに密閉されたチャンバーの蓋を開け閉めして通気をする。常に閉じた状態のクローズドチャンバー法と比べて二酸化炭素濃度上昇は小さく、同じ場所での連続測定が可能である。

技術部では、約 20 年前よりクローズドチャンバー法の機材を製作してきた。また、約 10 年前よりオープンチャンバー法の装置の設計・製作も手がけはじめた。開発当初の 2～3 年は長期測定によって生じるトラブルを解決しながら、試行錯誤を繰り返した。その後は定期的な部品の劣化による保守・交換は見られるものの概ね完成品として、所内はもとより共同研究者にも装置を製作し、これまでに大小 2 種類あわせて約 200 台近くを製作してきた。

今回は、これまでの開発経緯とオープンチャンバー法を使用するオープントップチャンバーの開発について報告する。さらに、改良点・これからの課題などをあげ、関係者からの意見を求めたい。

2. オープントップチャンバーの開発

オープンチャンバー法を使用するオープントップチャンバーは、約 10 年前に融雪科学部門（現水文気象グループ）の研究支援推進員でおられた田中夕美子さんからの依頼により開発をはじめた。モデルとなった田中さん自作のチャンバーは、直径 250 mm、高さ 300 mm の塩化ビニル製の筒の上部に蝶番付きの蓋をつけ、蝶番側ではない蓋の方にワイヤーをつけ、このワイヤーをモーターで引くことにより蓋を開け閉めする構造であった。イメージとしては、家庭用品でペダルを踏むことにより蓋を開け閉めするゴミ箱があるが、それと似たような物である。

3. オープントップチャンバーの構造と機構

我々が開発したチャンバー外観図を図1, 2に示す。チャンバー本体の主要な部分は安価な塩化ビニルの材料を用いており、軽さと安価さ、補修・加工等のしやすさなどの点から選定した。

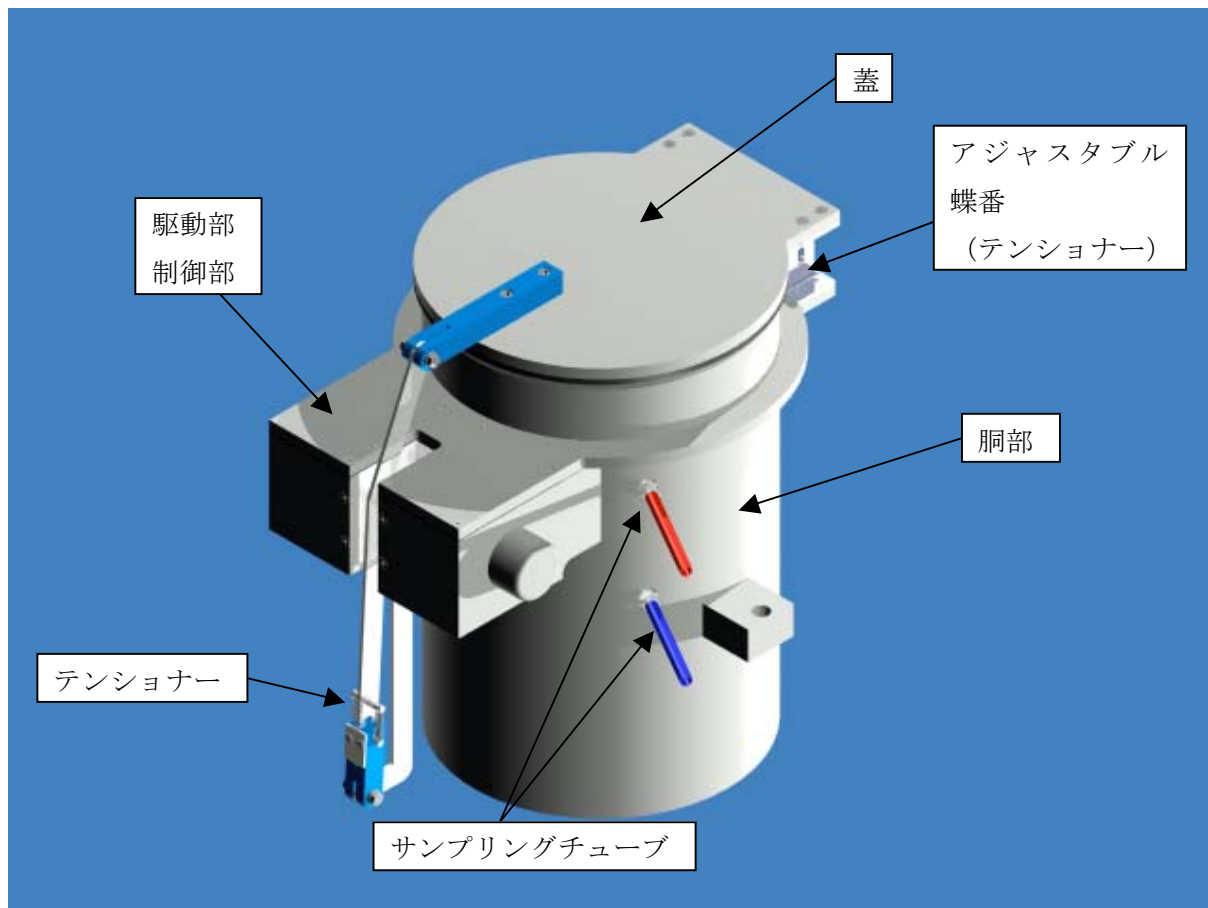


図1 オープントップチャンバー（閉じた状態）

チャンバーが閉じた状態の図1と開いた状態の図2を比較すると、駆動部に収納されているモーターがアームを押し上げることにより蓋を開け、アームが90度になると制御部のリミットスイッチが働き、モーターを止める。そして、ある一定の時間が経つと今度はアームを下げ、蓋を閉じる動作に入る。そして、アームが-90度になると、制御部のスイッチが働き、閉じた状態を保つという仕組みである。この一連の駆動の機構は、比較的シンプルで、製作も容易である。

製作1号機は、駆動部・制御部がアジャスタブル蝶番の辺りにあり、直接蓋を開け閉めしていたが、塩化ビニルの経年変化等により蓋が完全に閉まらなくなり、正確なデータが取れないおそれが出た。そこで、開口部前後にテンショナーをいれ、蓋が確実に閉まる構造とした。このような機構にすることにより、蓋に枝や笹などが挟まっても蓋の開閉機構を壊さずに連続測定が可能となった。

蓋に異物が挟まる問題については、開発当初より指摘があった。発泡スポンジをシールエッジ部分につけると、開口部に異物が引っかかり挟まりやすくなるため、蓋側にシールパッキン（発

砲スポンジ素材)をつけた。この工夫により、蓋に異物が挟まらず、かつ気密性を保つことが可能になった(図2)。また万一異物が挟まっても、テンショナー(図3、矢印部分)とアジャスタブル蝶番(図4、矢印部分)に数ミリの余裕を持たせているので、駆動部・制御部のダメージを最小限にとどめることができる。これ以外にも、駆動部とアームの間にマグネットを入れ蓋に負荷が掛かると双方を切り離す方法や、制御部にヒューズを入れ蓋に異物が挟まり負荷が掛かるとヒューズが切れ動作が止まる構造など、いくつかの対策を試みた。しかし、これらは長期間無人での測定にはあまり適さなかった。

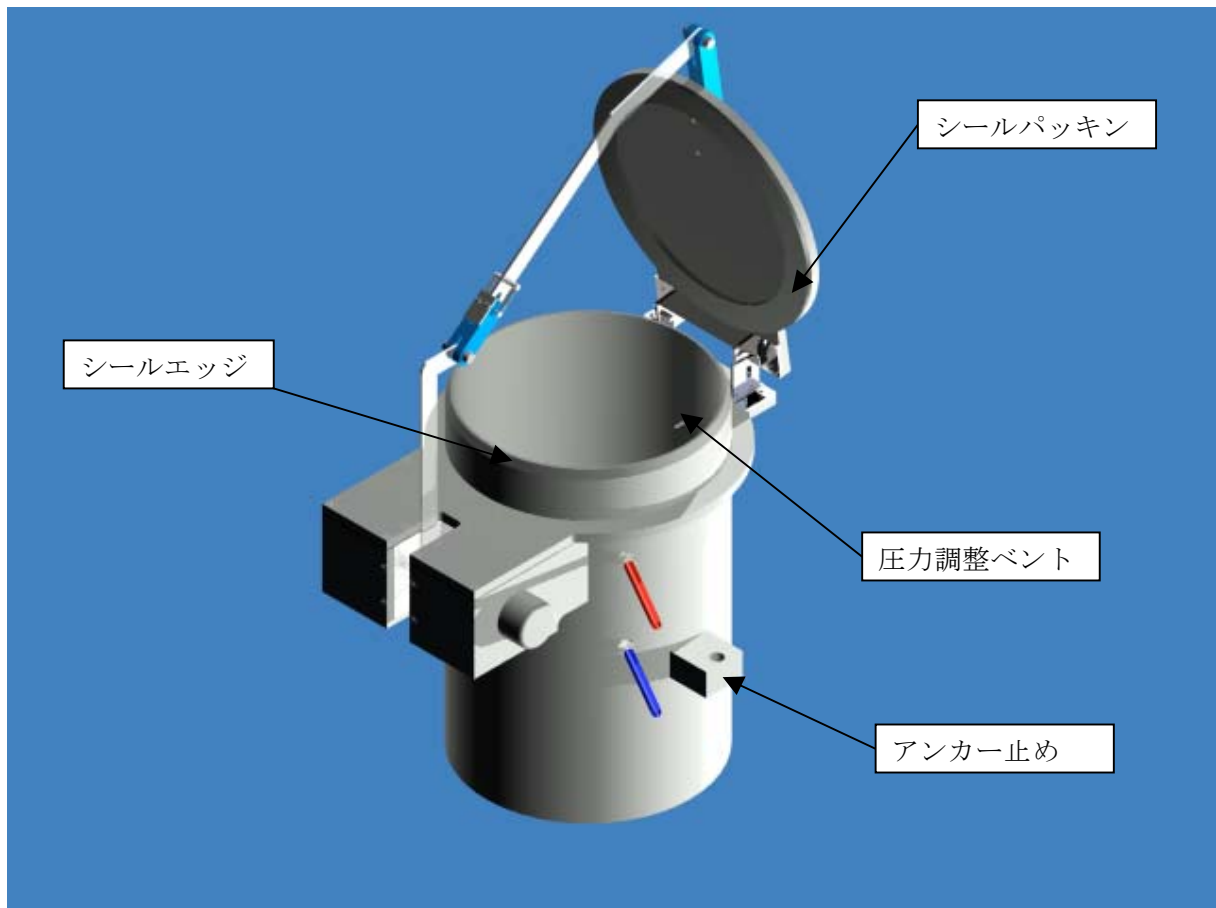


図2 オープントップチャンバー (開いた状態)

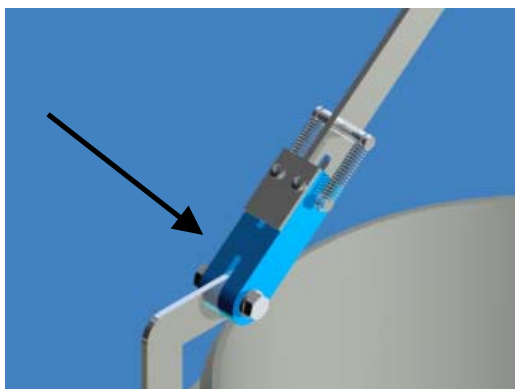


図3 テンショナー (前部)



図4 アジャスタブル蝶番 (後部)

4. オープントップチャンバーを用いた自動観測システムの構成

図5に自動測定システム構成を示す。このシステムは北海道大学大学院農学研究院の平野高司教授によって考案された。システムは先に紹介したチャンバーと電磁弁、エアポンプ、流量計、自動測定システム（IRGA）、外部出力およびデータロガーから構成される。

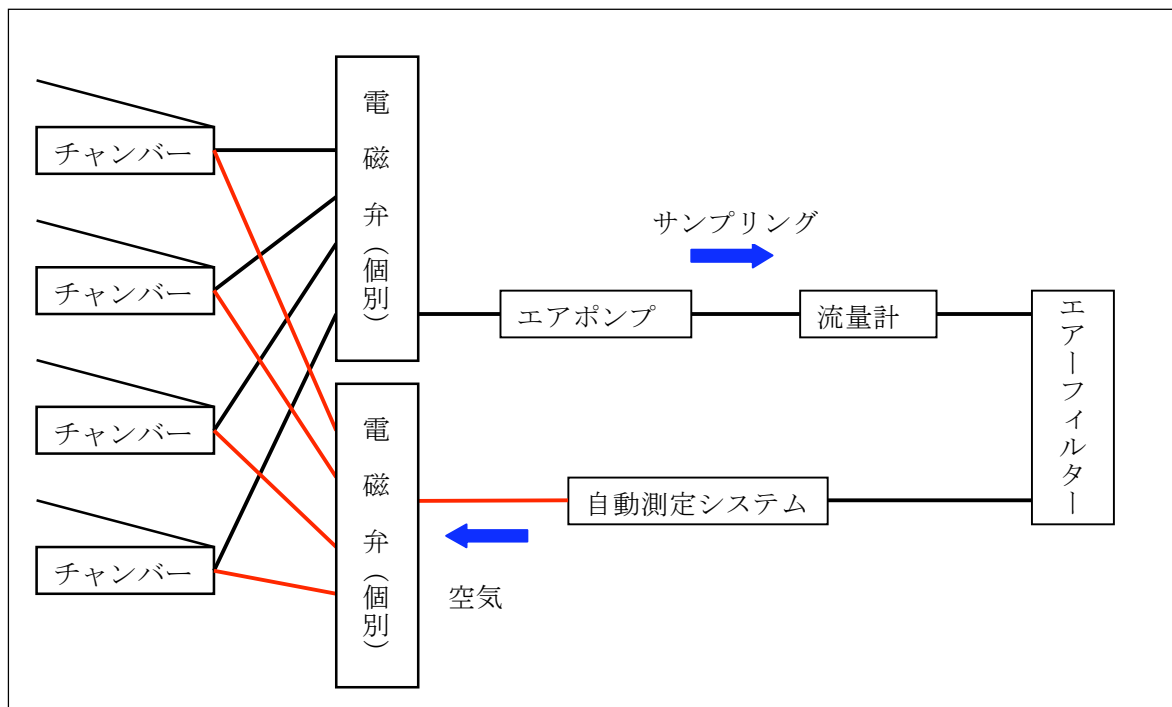


図5 自動観測システム

このシステムは、チャンバーを順番に閉鎖するとともに、電磁弁の開閉によって空気の循環経路を切り替えて、チャンバー内の二酸化炭素濃度を連続的に測定する。チャンバーおよび電磁弁の開閉はデータロガーによって自動制御されている。

5. 現状の課題と今後の展望

本装置を大小200台あまり製作してきたなかで、まだ課題として残っているのが小型チャンバーに用いているギヤドモーターである。このモーターは市販品であるが、1~2年程度で故障し交換が必要になる。チャンバーの動作が固定的であるために、決まったギヤの繰り返し使用された部分が磨耗し壊れるためである。現在は、改良されたトルクリミットモーターを使用し、特定のギヤのみに負担がかかることを解消したが、長期モニタリングの検証はこれから行う。

大型チャンバーに関しては、観測場所によっては現状で特に問題はない。しかし開発課題として、チャンバーを設置する周辺の光合成や雨など自然環境を妨げず、移動設置が簡便なチャンバーへの改良・開発も望まれている。今後はこの要求に応えるべく、開発を進めていきたい。

最後に、本装置を開発・製作するにあたり、本研究所水文気象グループの兒玉裕二先生、北海道大学大学院農学研究院の平野高司先生に貴重な御意見や御協力をいただいた。また、製作に協力していただいた技術部の皆様にも、心より謝意を表します。