

環境研三二百科

第113号

人工の生態系で物質循環を制御する

環境科学技術研究所にある閉鎖型生態系実験施設（ミニ地球）では、シバヤギとヒトと植物から構成された単純な系で、ある一定の量の物質（空気、水、食料と廃棄物など）を循環させて人工の生態系を維持するなかで、食料とする植物に吸収された特定の炭素（炭素 13）がどのように循環するか実験によって調べようとしています。空気の循環を例にあげれば、ヒトとヤギから出される二酸化炭素（CO₂）を植物が吸収し、植物が作り出した酸素（O₂）をヒトとヤギが消費しているので過不足が生じないように制御しています。そのような過程で、物質の循環を計測し、生態系における炭素 13 の挙動を調べることにしています。この実験の意義については、第 110 号の「人工生態系を作る」で紹介しています。

ミニ地球では、人工的な生態系を維持するために、自然の中で行われていることの一部を多くの設備（機械）を使って行っています。ミニ地球内部の温度、湿度、ガス濃度といった環境の調節、水の回収と浄化、栽培液の調合と供給、そして廃棄物の分解や窒素の固定などを、それぞれの設備で分担して処理しており、これらの運転は制御室で操作しています。これらの設備を遅滞なく運転するために、処理を行う設備の間には、液体や気体の受け渡しをするためのタンクを設け、運転の余裕を作るためのバッファ

（緩衝）タンクとしています。同時にこのタンクは、状態を計測する上でも均質な分析試料を得るという大切な働きをしています。

個々の設備の運転制御には、一般の工場などで採られている PLC（Programmable Logic Controller）という制御装置を用いています。これらの設備は、生命を維持するために物質の循環と環境を調節する設備と、植物に合わせてきめ細かな生産管理をする設備のふたつのグループに大別して、それぞれを DCS（Distributed Control System）という計測制御設備で総合的な運転を制御室から行うことが出来るようにしています（図 2）。ミニ地球の実験内容に応じて制御システムを変更することが必要になったときには、PLC や DCS のソフトウェア変更で比較的容易に対応できるよう考慮されています。

実験では、系内で生活するヒトや施設外で支援する人の生活に合わせて、1 日単位のスケジュールを 1 週間分積み重ねて 1 サイクルのスケジュールが作られています。運転チームはそのスケジュールに合わせて、この DCS を使って設備の監視と記録を行い、何をどのぐらい処理するかといった判断をしながら、24 時間体制で運転を続けています。運転操作の結果をある程度予測して制御ができるシステムにするとさらに質の高い運転ができるので、そのた



図 1 ミニ地球の制御室

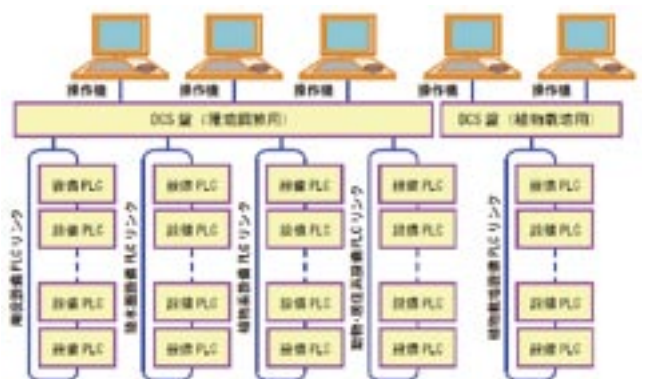


図 2 ミニ地球制御システムの概要

めの研究が進められています。

ミニ地球では生態系の循環量を把握することを目的としていますので、高い精度のデータを得ることが重要です。そのため、植物とヒトや動物が同じ空間に共存するのではなく、植物の栽培と動物飼育・居住の場所を分けて、それぞれの空気が混じらないようにし、植物側ではCO₂を供給しO₂を分離し、動物飼育・居住側ではCO₂を分離しO₂を供給することで、生態系で物質がどのように動いているかを計測しやすくしています。

たとえば、代謝箱という部屋の中にいるヒトや動物が呼吸で吐き出さずCO₂を測ろうという実験をした場合、外部から部屋に入る空気（給気）と外部に出て行く空気（排気）それぞれのCO₂の濃度を測れば、その差から吐き出されたCO₂の量がわかるはずですが、実際の計測では、換気で出入りした空気の風量（体積）をきちんと測らなければなりませんし、実験中のCO₂濃度の推移も積算し

なければなりません。また、計測器の誤差は数%あるのが普通ですから、微量の変化は誤差に埋もれて測りきれないことがあります。そこで、呼吸で消費するO₂だけを外部から供給し、吐き出された分のCO₂だけを分離して回収すれば、発生するCO₂がうまく測れるようになるはずですが、（図3）

ミニ地球は、この考え方を採り入れて、循環させてその量を測る、さらに補充した分と余剰の分を測ることで、生態系で物質がどのように出入りしているかを把握するようにしています。

（津賀 正一）

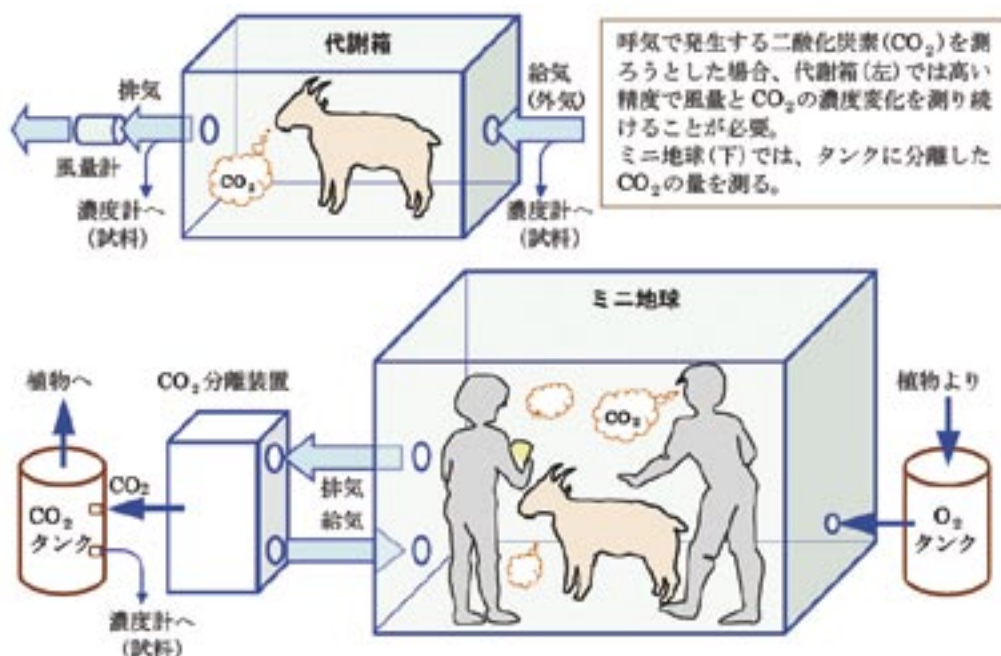


図3 代謝箱とミニ地球の計測フロー

環境研ミニ百科第113号

平成18年2月27日発行

財団法人 環境科学技術研究所 広報・研究情報室

〒039-3212 青森県上北郡六ヶ所村大字尾駱字家ノ前1-7 電話0175-71-1200 FAX0175-72-3690

（このミニ百科は、環境研が文部科学省の委託を受けて発行しているものです。）