

環境自動制御装置の試作研究

森 邦 男・松 山 正 彦

Study of Trial Manufacture of The Enviromental Automatic Control Systems

Kunio MORI and Masahiko MATSUYAMA

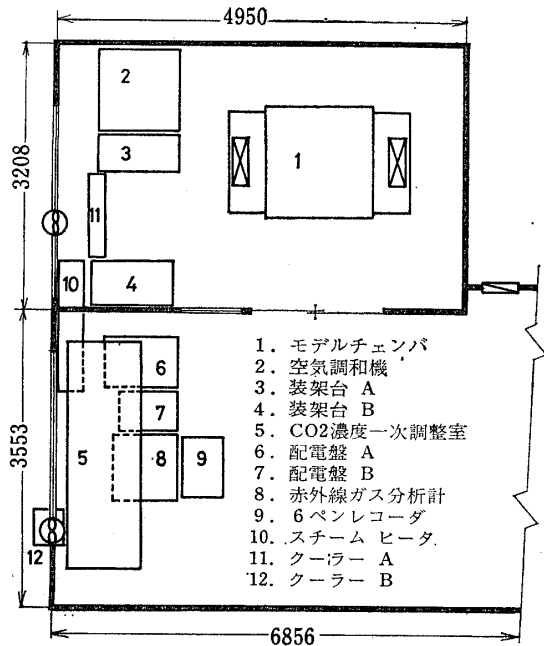
緒 言

人類は他の生物と共に過去何万年もの永い間、自然環境に対して挑戦し、環境の変化に順応する歴史をくり返してきた。今日、都市文明の発達は新たな環境汚染の問題を提起し、自然環境は大きく変わりつつある。生物は、その生活が営まれている場の環境の影響を強くうけ、たえず環境に反応しながら生活している。自然環境のように多くの環境要因が複合的に、かつ相互作用のもとに影響を及ぼす複雑な条件下においては、生物のそれをとりまく一つ一つの環境要因の間の厳密な因果関係を追求することは、きわめて困難なことであった。このためには、多くの環境要素を一定とし、一つの要素のみを可変として、生物の反応を調べる必要が生じ、多くの環境要素を制御できる装置、施設の開発が進められてきた。しかし、その調節環境の多くは、特異な非自然的環境であった。それぞれの環境要因について、個別にどの程度まで制御しうるかという問題、すなわち温度、湿度、光、風速およびガス成分などの基本的要因は、それぞれ互いに影響し合い、一つを変えると必らず他に影響を及ぼす。このような問題について物理的にはかなり解明されつつあるが、これをどこまで単独に制御し、分析しうるかという問題は今後工学的に解決されなければならない分野である。なお、人為的な環境調節に伴っておこる、自然界にはみられない新しい環境条件の生起の問題について、このような特異的な要因の解明はまだ不十分で、今後解決すべき大きな課題の一つである。最近の工業技術とくに電子技術の発達は目覚ましいが、重要な気象要因の一つである湿度を例にとってみても、その精密な計測、制御は困難でありまだ未解決である。このような環境計測技術および環境造成制御技術の開発のため、一つの環境制御装置を試作してみた。

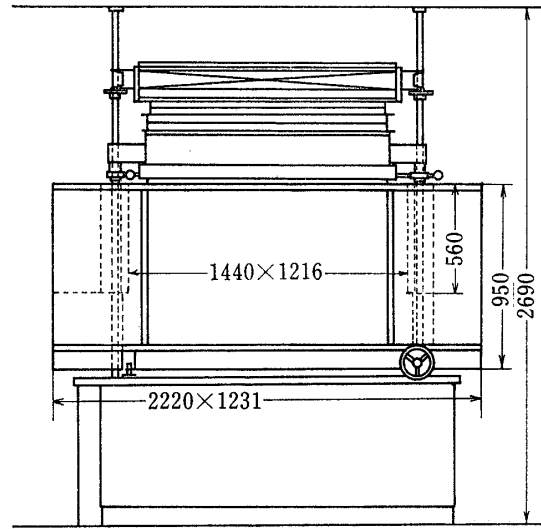
環境自動制御装置の概要

自動環境制御装置の主な設備を第1図に示す。この実験室は鉄筋コンクリートの本屋建物の中にあり、機械室 16m^2 、計測監視室 24m^2 、総計床面積 40m^2 である。モデルチェンバ（環境制御室）は機械室の中央に設置している。チェンバ内の温度、湿度、光、風速、 CO_2 濃度等の気象条件はすべて人工的に造成され設定される。各実験室はモデルチェンバとは別に独立して換気および空気調和される。チェンバ内の各種気象要因を監視し、かつ機器の集中操作が可能なように各種スイッチリレー、調節器、表示ランプ、メータ、記録計、コンピュータなどを計測監視室に集める集中管理方式をとっている。第2図にそれらの装置の外観を示す。

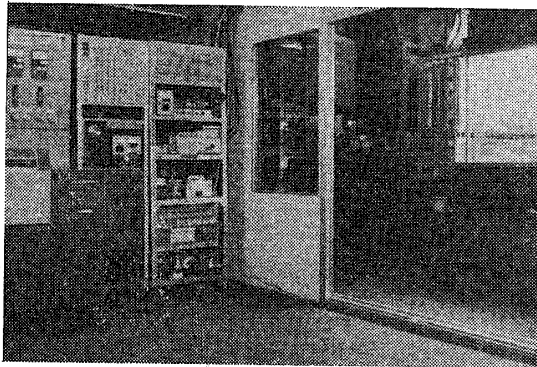
第3図にモデルチェンバおよび付属装置の立面図を示す。チェンバの大きさは $2.22\text{m} \times 1.34$



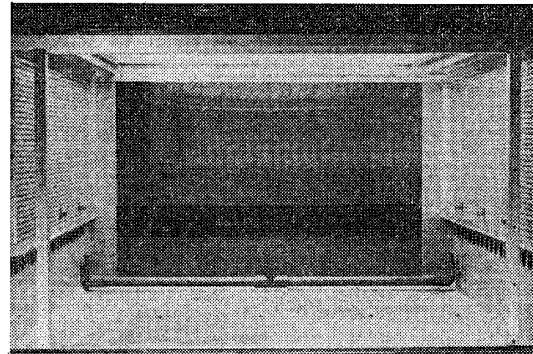
第1図 自動環境制御装置配置図



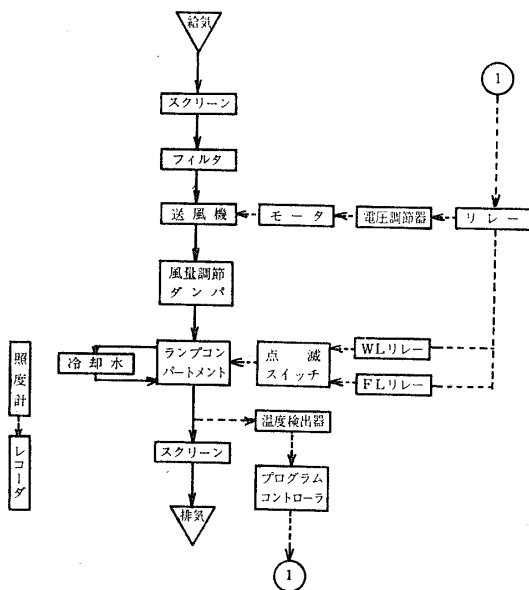
第3図 モデルチェンバおよび付属装置



第2図 環境自動制御装置全景



第4図 モデルチェンバ内の環境制御室



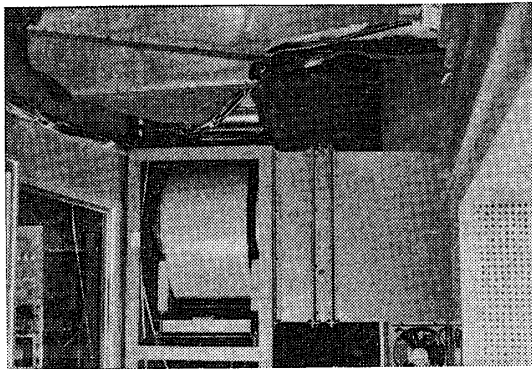
第5図 照度調節およびランプコンパートメント冷却装置

m×0.95mで、厚さ5mmの塩化ビニル板、アクリル板とアルミアングルで組み立てられ、チェンバ内の環境制御室の床面積は1.75m²、高さ0.80mである。また壁は第4図に示すように対向壁全面通風方式（必要に応じ、床面吹出しあるいは吸込み方式にすることができる構造になっている）を採用し、その壁面はチェンバ内の風速分布を均一にするため3枚ずつの整流フィルタからなっている。

1) 照度の調節

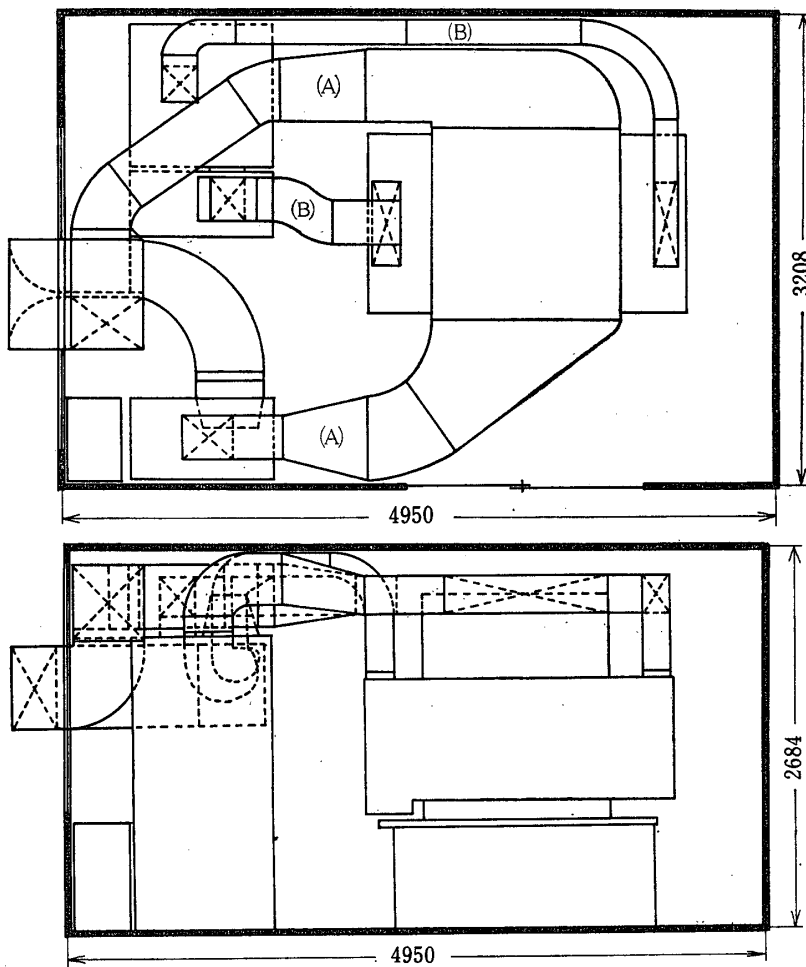
チェンバの上部にランプコンパートメントがとりつけられている。その冷却装置のシステムおよび照度調節装置を第5図に示す。ランプコンパートメントは1mm厚のステンレスとアルミニウム板および鉄アングルで作られた4つのケー

スの組合せと、それらの各ケースの高さを調節する装置からなりたっている。一番下のケースである冷却水通水槽の底には1219mm角、厚さ15mmの透明板ガラスがはめてあり、水槽の上に冷却水深調節用カバーケースが入るようになっている。このケースの底にも1219mm角、厚さ8mmの透明板ガラスがはめてあり、この2つのケースのガラス板の間隔を調節して、0～150mmの厚さまで冷却水を通すことができるよう設計してある。この2枚のガラスと水膜によって環境制御室とランプ収納ケース（2組）の間を仕切り、ランプから放出される熱と生物に有害な赤外線を遮断して制御室の温湿度制御と独立して照度制御を可能にした。



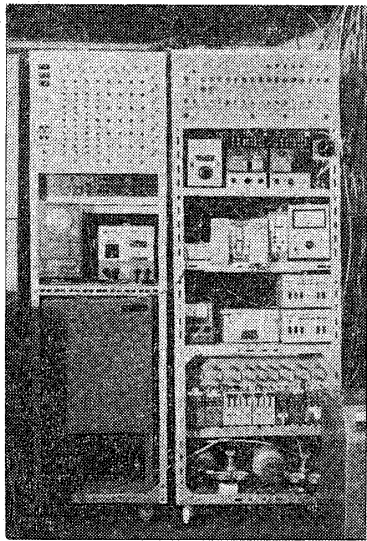
第6図 ランプコンパートメント冷却用送風機とダクト

光源として、現在昼光色蛍光灯と白熱電灯の組合せによって自然光に近い光を造成している。白熱灯からは多量の熱を放出し、また蛍光灯の効率は周囲温度に大きく影響するのでランプコンパートメント内の温度を調節する必要がある。第6図に示すダクトと送風機（No. 2½多翼送風機、モータ出力2.2KW）によって外気を導入し、送風機の回転数およびダンパにより、外気の温度に応じて風量を制御し、ランプコンパートメントの温度を一定に制御している。



第7図 ランプコンパートメント冷却用ダクト (A) と調和空気循環用ダクト (B)

る。排気はダクトを通して屋外に放出される。第7図はダクトの平面図と立面図を示す。ランプコンパートメントは保安上内部温度が40℃を越す時は全光源が一時遮断され再び点灯する時は警報ベルがなるように設計された。現在40Wの蛍光灯30個および200Wと100Wの白熱灯をそれぞれ24個ずつ使用し環境制御室内の照度4万ルクスを得ているが、ランプをつけかえるだけでほぼ真夏の太陽光に匹敵する程度の照度まで十分出せるよう設計してある。この照度調節は第8図の左側の遠隔操作盤上の54個のランプスイッチの点滅やランプコンパートメントの高さ調節により可能になってい



第8図 集中管理操作盤と制御装置

る。これはまたプログラムコントローラにより設定された時間に自動的に昼夜を作る。

第9図は平面回折光子型分光器と光度計および照度計でこれにより光源の光質と光量等を測定している。

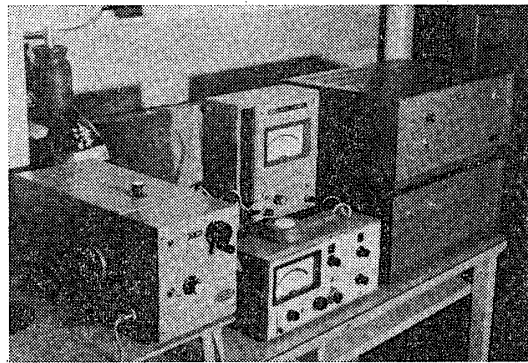
2) 温湿度および風速制御

モデルチェンバ内に通風する気流の温湿度および風速を制御するシステムを第10図に示す。

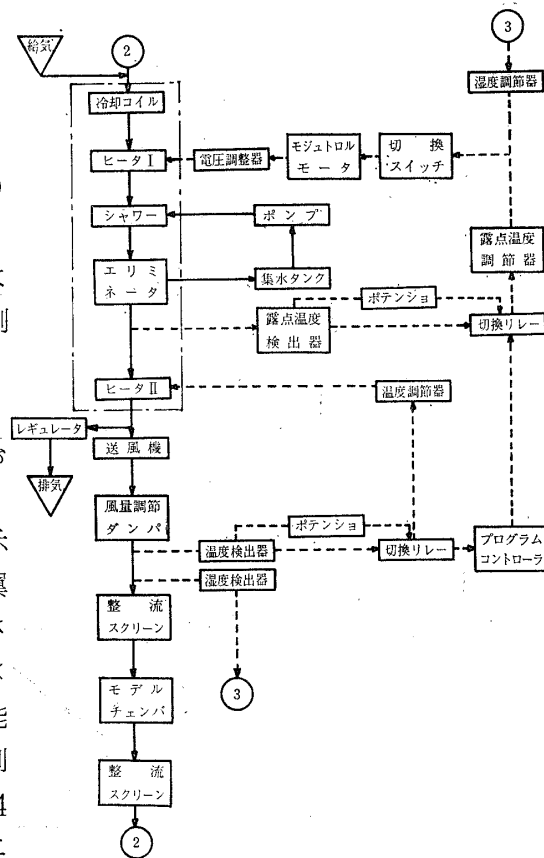
空気調和機とモデルチェンバは、第7図に示すダクトと第12図に示す送風機 (No. 1 1/2 多翼送風機, モータ出力0.75KW) によって連結されている。試作した空気調和機は容積が1×1×2m³の縦型構造で、直膨式冷却コイル (冷房能力1800 kcal/hr), ワッシャによる露点温度制御方式を採用し、ヒータ I, II はいずれも 2.4 KW の電気ヒータを用いている。湿度の調節には、露点温度を検出する方式と、モデルチェンバ内の相対湿度を直接検出する 2 通りの系列をもっている。昼夜の温湿度の変更は、プログラムコントローラによりランプの点滅と連動する切換りレールにより行なう。送風機の回転数, ダンパの調節により風量を制御し、モデルチェンバ内の風速を調節している。空気調和機の特性とチェンバ内の風速とに関係なく、それぞれの制御を良好にするために、チェンバ内にはバイパスを設けることができるように設計してある。これらの制御機器の操作はすべて第8図に示す右側の操作盤で集中的に行なわれる。

3) CO₂ 濃度制御

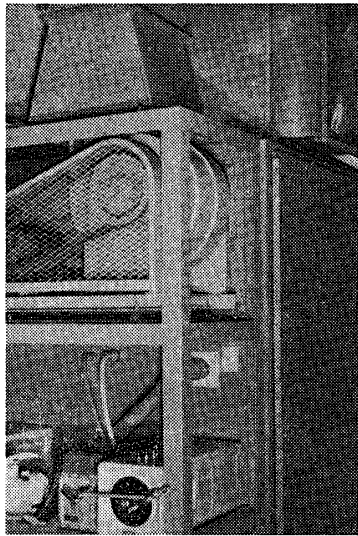
外気の CO₂ 濃度は 400PPM 前後であり、日中は濃度が下がり夜から明け方にかけて最高の濃度となる。また室内における CO₂ 許容濃度限界は 1000PPM であり 700PPM 以上では換気を必要とし、人の呼吸作用により排出される CO₂ 量は平均昼間 17.1ℓ/h 睡眠時で 8.4ℓ/h



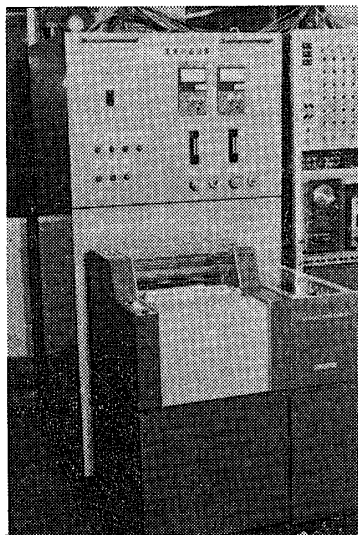
第9図 回析格子型分光計と照度計



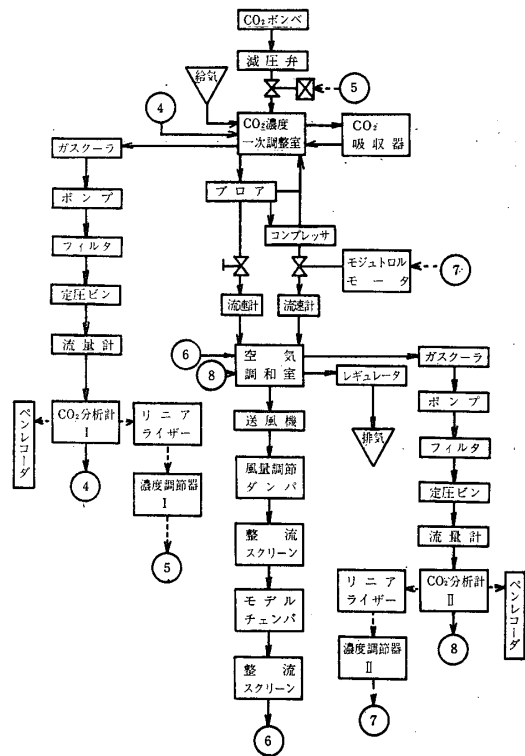
第10図 空気温湿度制御装置



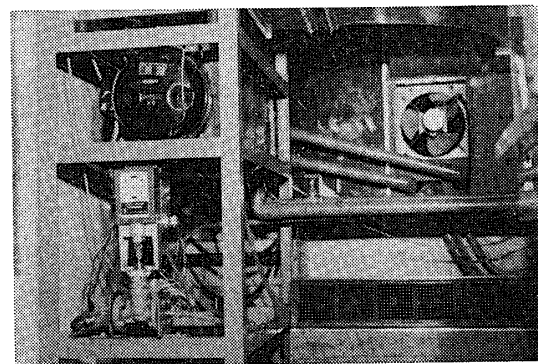
第12図 空気調和機とその送風機



第14図 CO₂赤外線分析計と
6ペン式長時間記録計



第13図 CO₂濃度制御及び計測装置



第15図 CO₂濃度調整空気流量制御
バルブとその送風パイプ

であるので、人の呼吸作用や家庭機械の使用により極度に CO₂ 濃度が高くなるので十分な環境制御が必要である。

制作した環境自動制御装置は第13図に示すシステムにより CO₂ 濃度を任意に調節でき、かつ CO₂ 発生量を時々刻々計量することができる。

第14図に示す CO₂ 赤外線分析計（島津URA-3B, 0~500PPMおよび0~100PPMの2基）で連続的に CO₂ 濃度を検出している。一次調整室（容積 1.4m³）の空気をたえず一定濃度に調整し、これを空気調和機内に送り、その CO₂ 濃度が所定の値に維持されるように通風量を第15図に示す制御バルブで調節する。したがって空気調和機とモデルチェンバとを循環している空気は、チェンバ内で CO₂ が発生されても CO₂ 濃度は変わらない。同時に一次調整室から空気調和機への通風量を計測することにより CO₂ 発生量を知ることができる。

結 言

環境自動制御装置の設計、製作を第一段階の目的としたので、ここではこの試作した装置の概要を紹介した。この装置は温度、湿度、光および風速などの広い範囲の気象条件を人工的に造成することが可能で、人間の住環境および空調機器の研究のほか、長期的な植物の栽培、動物や昆虫の飼育も可能であり、その生理的反応などの精密な研究のための一般の利用に提供できるものである。

今後この装置を利用して、環境量、生体反応量の計測技術の精度の向上、生物の生理情報を分析し環境を最適制御する技術の開発、閉鎖環境内における気象条件の再現を図るプログラム制御、シーケンス制御、複合環境制御法および生体との関連における制御技術の開発のための研究を行なって行く予定である。