潮汐周期を与えることができる飼育装置の一例

吉 岡 英 二

(京都大学理学部付属瀬戸臨海実験所)

An example of the device for keeping animals
under artificial tidal regimen.

Eiji YOSHIOKA

Seto Marine Biological Laboratory, Kyoto University.

はじめに

潮間帯の生物は、潮汐運動により、水没と干出の周期的な環境の変化にさらされている。そのために、潮間帯の生物には潮汐周期に応じた周期的な活動を示すものが多い。そのような活動の生理的な機構を解析するためには、潮汐による周期的な環

境の変化を室内で再現できる装置があれば、得るところが多い。しかし、市販品ではこのような水槽は見られず、自作する以外にない。

私は、ヒザラガイの産卵期間や産卵時刻を支配する要因を調べる目的で、水槽内の水没・干出と明・暗を任意に制御できる装置を自作した。以下に、装置の概要と、製作と操作における

図1 水槽と水路の概念図。飼育槽2～4は省略した。

問題点について述べ、今後同じような装置の製作にあたっての参考に供したい。

水槽と水路

この装置は、京都大学理学部付属瀬戸臨海実験所の小飼育室で使用した。飼育室には、およそ 1 kg/cm^2 の水圧の海水が配管されており、一つの蛇口からおよそ 13 L/分 の給水が可能である。海水が蛇口から4つの水槽に分配され、排水されるまでの水路の概略を図1に示す。水槽への給水の制御は1ヶ所でおこなっているため、4つの水槽に対して別々の条件で給水することはできない。一方、排水は、水槽ごとに制御できるようになっている。水槽から排出される海水は、プランクトンネット地 NXX 13i によって濾され、水槽内に放出された浮游卵を水槽ごとに集めることができる。明暗の条件は4つの水槽に別々に与えることができる。

水槽と照明灯の部分は、主として 3 mm 厚の硬質塩化ビニール板で作った。蛍光灯と水槽の間は、とくに漏電に注意しなければならぬので、塩ビ用接着剤とシリコンコーキング剤によって水もれを防いでいる。

各飼育水槽は $3,300 \text{ cm}^3$ の飼育容積を持つ。給水をはじめて約2分で満水になり、排水をはじめて約1分で水が抜ける。照明

には各水槽に 15 W の蛍光灯2灯を使った。照明しないときには水槽内の明るさは 0.1 lx 以下だった。水を抜いて照明すると、水槽底面でおおよそ $5,500 \text{ lx}$ の照度となり、水槽内の温度は、室温よりもおよそ 6°C 高くなり安定する。

給排水の制御

水槽への給排水の制御は市販の電磁バルブを使っても可能だが、高価で大がかりになるので、図2のような装置（自作“電磁弁”）を作った。この装置の中心にはソレノイド（国際電業（株）製 SA-2502）を使っている。ソレノイドは電気エネルギーを直線運動の機械的エネルギーに変換する。この装置が動作しない状態では水路が開放されており、動作した状態ではソレノイドの吸引力によってシリコンチューブがはさまみつけられ、水路が断たれて水が止まる。ピンチコックによってゴムチューブを閉じるのと同じ原理である。水路を断っている間は常に 36 W の電力を消費し、相当の発熱があるので、ソレノイドの周辺の空気が流通しやすいように部品の形と設置場所を配慮した。

この装置が海水に接するのはシリコンチューブの内面だけなので、シリコンチューブが破れない限り水もれが起こる可能性はない。シリコンチューブは、海水に対して十分な耐食性があり、装置が動作する時に生じる剪断力にも耐える。しかし、ゴ

図2 給水側“電磁弁”。排水側のものは、シリコンチューブの径が異なる（本文参照）。

ムチューブや軟質塩化ビニールホースでは、耐食性や剪断力に対する耐久性が充分でなく、シリコンチューブの代わりに使うことはできない。

シリコンチューブは二種類の太さのものを用意した。水圧の低い排水側の制御には太いシリコンチューブ（内径15mm、外径20mm）を用いて、早く排水できるようにした。水圧のある給水側の制御には細いシリコンチューブ（内径10mm、外径12mm）を用いて、ソレノイドの定格内の力で海水が完全に止まるように配慮した。今回製作した装置では、水圧が高くなるほど、あるいはシリコンチューブが太くなるほど、水路を止めるために大きな力が必要になる。給水側の装置が制御する水路の水圧はおおよそ1kg/cm²であるが、太いシリコンチューブの“電磁弁”では完全に止めることはできない。また、細いシリコンチューブの“電磁弁”を用いて、より水圧の高い水道水などを完全に止めることはむずかしいと思われる。

コンピューターのタイマーとしての利用

市販されているタイマーは、ふつう24時間周期で動作する。しかし、潮汐周期は約13時間周期であるので、潮汐周期を再現するのに市販のタイマーは利用しにくい。私は飼育装置全体を制御するために、パーソナル・コンピューター、シャープMZ-80Kを用いた。MZ-80Kは内部に時計を持っており、タイ

マーのように予定した時刻に特定の動作をおこなわせることができる。プログラムによって、給排水を制御し潮汐周期に応じた動作を容易におこなわせることができる。

給排水を制御するソレノイドと照明用の蛍光灯は交流100Vの通常電源で作動するが、コンピューター自体は100V電源を開閉する装置を持たない。そのために、コンピューターの指令によって100V電源を開閉するためのインターフェイスを作った。その構造や、製作にあたっての注意点などは、パソコンインターフェイスについて書かれたアマチュア向けの解説書に詳しいので、ここではその概略について図3に示すにとどめる。

運転の実際と問題点

潮汐条件はおおよそ6時間30分ごとに水没と干出をくり返すことによって再現した。また、水没→干出、干出→水没へ移る30分間は、1分間の排水と2分間の給水をくり返すことによって疑似的なAwashの状態を作った（図4）。それらの操作プログラム用の言語はBASICを用いたが、動作速度やメモリー空間などに特に問題は起こらなかった。

この装置を使うことによって、潮汐周期のある飼育環境を比較的長期にわたって実現しなければならない実験計画も容易に立てられるようになった。実際に90日間実験に使用したが、その間にリレーの制御部にハンダ付け不良による断線が数回生じ

図3 コンピューターによって、電灯線を開閉する装置の概略。

図4 “水没→干出”の動作と水位の実際。

ただけであった。

今後解決しなければならない問題点について以下に述べる。

その1つは、干出した状態で照明すると槽内の気温が高くなることである。室温が 30°C を越える夏の日中ならば、槽内の気温が 40°C 近くまで上がることがある。あるていど密閉した槽内を照明する場合は、発熱の少ない照明灯を使っても、槽内の温度の上昇は避けられない。この問題を解決するために、今後は槽内の換気を考えて、改良しようと思う。

2番目の問題点は、停電に対する不安である。ここで使ったコンピューターは、瞬間的な停電によっても動作を停止し、メモリーの内容を失なう。そのために、停電後電源が復帰しても装置は完全に停止してしまう。この点に対して、現有の装置類では効果的な対策を立てることができない。現在のところ、電源の保守担当者と密接な連絡を取りながらこまめに運転状況を確認する以外、方法はない。

3番目の問題点は、コンピューターの使用環境である。コンピューターを塩分や湿度の高い環境に置くのは避けた方がよい。飼育室はその点に関してまったく好ましくない環境である。試運転中に極端に湿度が高い時に、湿度が原因と思われる異常が起きた。その対策として、コンピューターとインターフェイス

を含むデジタル回路は、なるべく海水流しから離れたところに置き、室内を除湿することによって、少しでも良い環境で使えるように配慮した。それ以後、高湿度が原因と思われる異常は起こっていない。

おわりに

この装置は、潮間帯で起こっていることの一部分について再現できるにすぎない。たとえば、波浪や水位の変化は、この装置では再現できない。潮汐周期に応じた周期的な活動が、波浪や水位の変化に支配されているならば、この装置によってその活動の生理的な機構を解析することはできない。だが、ヒザラガイの産卵に関しては、この装置で操作できる範囲で解析できるだろうと考えている。今後、この装置の問題点に対しては改良を加えながら実験を進めていこうと思う。

稿をおさめるにあたって、以下の方々に謝意を表す。水槽をはじめとする塩ビ工作について、京都大学理学部付属瀬戸臨海実験所の技官の方々に技術的な指導を頂いた。電子装置の部分の設計と製作には、同実験所の院生・阿部直哉氏の多大な協力を得た。また、同実験所の助手・和田恵次先生、荒賀忠一先生および阿部直哉氏にはこの原稿の校閲をお願いした。