

千葉工業大学 大学院 学生員 酒井 公
 千葉工業大学 工学部 正 員 武藤 速夫

1. はじめに

時計の仕組みを歴史的に大観すると、機械時計が開発された 13 世紀より以前に汎用されたのは、日時計と水時計である。後者は日射の有無にかかわらず時計の機能を維持することが可能であるなど、その中のあるものはきわめて合理的であったと思われるが、前者と異なり現存して機能しているものは見当たらない。

世界各地で用いられた水時計の中で、中国で開発されたものは、西欧諸国のそれと全く異なった方式である。これは階段上に置かれた水槽群からなり、最上段の水槽と最下段の指示棒付の浮きを浮かべた受水槽の間に複数の水槽を設けて、逐次流入流出を繰り返すことにより、受水槽への流入量を一定にし、指示棒の時刻目盛りを等間隔にすることを意図したものである。これを、MacNown に倣って多段式水時計と呼ぶことにした。この方式の特長は、単一の水槽からオリフィス（またはサイフォン）による流出が非線形であるにもかかわらず、これを次の水槽の供給量とし、同じ手法でさらに次の水槽に供給することを繰り返すことによって、実用的には線形流出の状態を示す水槽が存在することにある。原理的には、単純であるにしても、実際にこの原理を応用して水時計を設計製作するにはかなりの多くの問題がある。われわれはこの問題のなかで、水理学的問題点を提起し、そのいくつかについて解明しようとした。

2. 実験概要

(1) 実験装置

文献、あるいはわれわれの実験によっても、多段式水時計の水槽の数は、時計としての安定した機能を得るためには、受水槽を入れて5槽必要であることが分かっている。実験装置の概要を図-1に示す。水槽の容量は、第一水槽を使い切る時間を1サイクルとした場合、複数サイクルの実験を繰り返し行なうことを考慮して決めた。水槽からの流出は、開放型オリフィスとし、その仕様については種々検討して、図に示すものに統一した。この結果、1サイクルに要する時間は、ほぼ 20 分である。

(2) 流量係数

この水時計の水理特性を解析する際、流量係数が要素となることは自明のことではあるが、実際にはヘッドと流量係数の相関は、個々の水槽においてかなり個性的相違が認められる。このことはシミュレーションを行なう際の障害になるから、実測値を整理して、次式を得た。

$$C = 0.8 - 0.188 \times 0.948^H$$

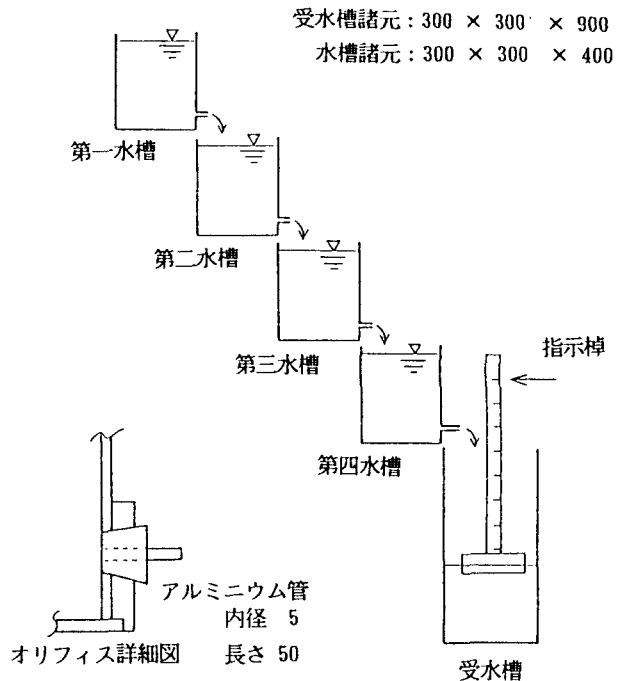
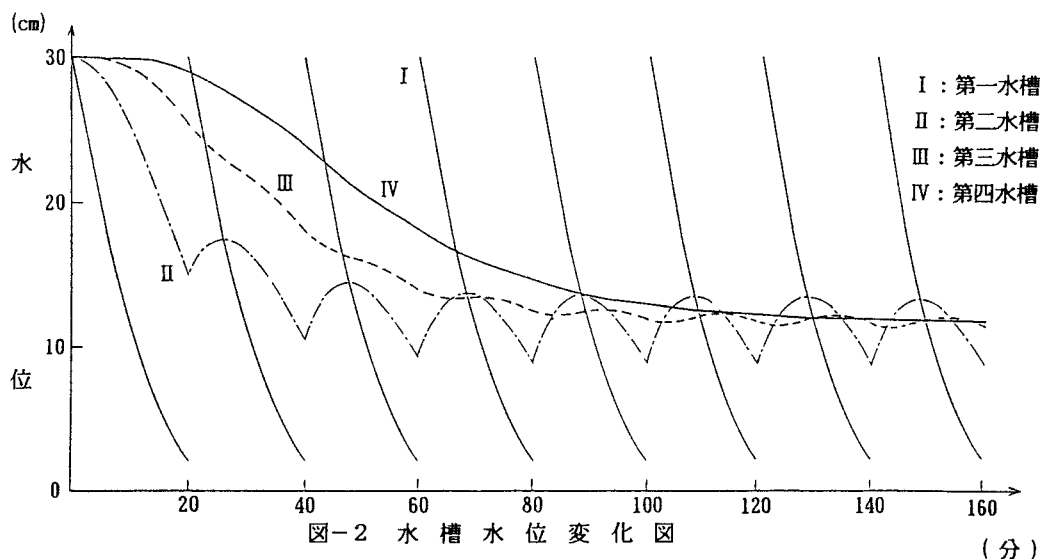


図-1 実験装置概要図 単位: mm



3. シミュレーション

第四水槽の水位が一定であることが、水時計の正常な機能を維持するための必要条件である。しかし、実験の結果から、第一水槽を満杯にして計測を開始するとき、他の水槽の初期水位が任意の値であれば、1サイクル後にこの条件を得ることは一般的に不可能であり、さらに数サイクル継続することによって第四水槽の水位の定常化が得られることも認められた。そこで、この定常化する過程を任意の初期条件のもとで把握するために、逐次計算法によるシミュレーションを行ない、あわせて水時計設計の基礎資料となることを期待した。図-2にその一例を示す。

4. 問題点

- 1) 最上段の水槽だけは、水の供給を常時受けないから、この水面積・ヘッド・(容積)および出口の管径などから、水時計の1サイクル時間が決まる。
- 2) ただし、第一水槽の貯水が実用範囲でゼロにならぬ前に、何らかの方法で水を供給する適切な方法があれば、この1サイクル時間は任意に決められることになる。
- 3) 継続して時計の機能を維持するためには、第一水槽の貯水を使い切った時点で、どのようにして給水し、かつ各水槽間の平衡状態を崩さないようにするか。
- 4) 受水槽が満杯になった時の排水手段。
- 5) 実験の過程において、槽内の水を長期に亘って循環使用すると、流量係数の値が変わってくることが認められ、この影響を評価して対応する手段。

5. あとがき

以上の結果から、解放型オリフィスの多段式水時計においては、水槽群の数を5個にすれば受水槽直前の水槽水位が定常化することが認められ、各水槽の初期水位のいかに拘らずこの定常値に落ち着くには、数サイクルの事前操作が必要であることが分かった。なお、往時用いられたサイフォン型の水時計は、上下の水槽間でヘッド差が補正される特長があり、その水理特性の解明が今後の課題として考えられる。

参考文献

- ニーダム: "中国の科学と文明, 第五巻", 思索社, pp.171 ~ 192, 1956.
MacNown: "When Time flows" pp.347 ~ 353, 1976.