

蒸発散量の決定

I 拡大自動記録ライシメータ

上原 勝樹・松田 松二

I は し が き

蒸散作用は植物が行なう最も基本的な生理現象の一つであって、これを定性的に、あるいは定量的に把握しようとする試みは古くから行なわれており、その方法も Water balance method, Standard devices, Empirical equations, Vapor-flow methods, Surface energy balance method 等と極めて複雑多岐にわたっている。しかしながらわが国において要水量または用水量の明らかにされている作物は水稻を初めとするわずか数種類に過ぎない。にもかかわらず、畑地かんがいによる増収効果の顕著さは一般に認識されつつあり、適正なかんがい水量の合理的決定に対し、1つの根拠を与える必要に迫られている。さらに、諸技術の発達に伴う傾斜地利用の急増は合理的かんがい施設の完備を前提とさえしている。

以上の諸状況からしても、作物用水量の適確なる決定は目下の急務である。

現在わが国で栽培されている作物の種類はおよそ 400 種類と推定されている。この1つ1つについて用水量を適確に決定してゆくことは不可能ではないけれども、時間的制約と、それに要する労作からして極めて困難である。しかし、合理的利水計画の樹立のためにも、これら用水量の決定は急がなければならない。とすればいきおい省力測定、すなわち自動記録ライシメータの開発が期待されるわけである。従来この目的にかなったライシメータとしては Large weighing lysimeter や Floating lysimeter があり、その威力を発揮してきた。しかし、これらを完備するためにはかなりの経費を要し、時下これらを完備することのできる機関はとなると極めて限られてくる。

そこでわれわれは“簡易さ”をも考慮した拡大自動記録ライシメータの開発を試みた。これによる二三の用水量測定もすでに行なっており、さらに今後とも 400 種類にのぼる作物の用水量を1つ1つ気長に決定してゆく予定である。今回は、そのよりどころとなる試作ライシメータの構造およびその性能等について報告する。

II ライシメータの構造

このライシメータは原理的には地下給水法を採用している。地下給水法は一般に土層深を限界毛管上昇高以上にとると不正確になり、また毛管上昇による給水に相当の時間を要するので、測定された消費水量に時間的な遅れが現われる等の欠点がある。しかし、この方法では土湿は常にほぼ圃場容水量付近の水分状態であって、蒸発散位の決定には好都合である。またこの方法はかん水の必要もなく、労力を要せず簡便であり、かつ安定性を有する。さらに地上部において加わる力(風、蛙の昼寝)には無関係である等の利点も有する。

試作ライシメータの構造は Fig. 1 に示す通りである。

数字は今回の試作品の大きさを示す。今その原理を Fig. 1 より説明すると、(A₁) はライシメータの本体であって、(A₂) は減水深拡大装置とその記録装置よりなっている。ライシメータ本体 A₁ の底面には、すみやかに給水を行なうために給水管 P が設けられてある。この給水管より約 3 cm 上まで礫を充填し、さらにその上に 5 cm 厚さに粗砂を充填してフィルターとし、その上に砂壤土をつめてある。この中で任意高度に地下水位 G_w を決定するのが定水位水槽 B である。定水位水槽内の b₁ 管の上端が G_w を決定する。なおこの B 水槽は上下可動であって A₁ 内の地下水位を自在に変えることができる。C は貯水槽であって、ここに一定量の水が入れてある。この水を定水位水槽へ揚水するのがポンプ E である(このポンプは長期間の連続運転に耐え、かつ発熱量が最小限にとどまるものでなければならない。本試作品では Oscillating Pump 400 cc/min を使用してほぼ満足な結果を得ている)。かくて A₁ より蒸発によって失われる水量を補うために、b₂ 管から給水管 P へと移動する水量(点線矢印)を除けば、ほとんどの水量はポンプ E によって、貯水槽 c→e 管→定水位水槽 B→b₁ 管→貯水槽 C と循環していることになる。D は C 水槽内の水位を記録するようになっている自記水位計である。また f 管は地下水位の標識管である。

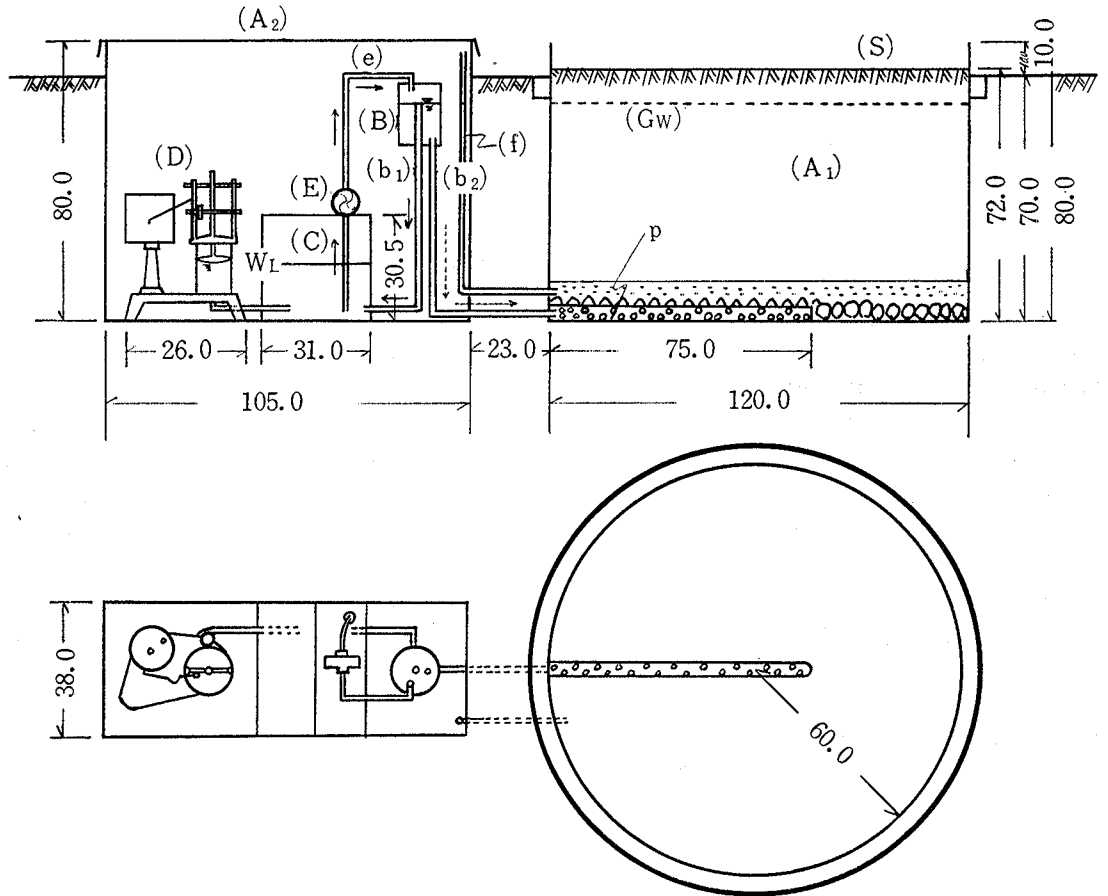


Fig. 1. Plans of the sensitive recording lysimeter

以上が静的な各部分の説明であるが、次に水循環に着目して順を追って説明してみよう。

- ① A_1 の地表面 S から蒸発散として単位時間に ΔV の水量が消散する。
- ② 地下水位 G_w より上にある土壌の水分量は ΔV だけ減少する。この減少量は G_w から補われる。
- ③ G_w は低下するはずであるが、定水位水槽 B より ΔV の水が $b_2 \rightarrow P \rightarrow G_w$ と送られるので、 G_w の低下は起らず、 G_w の一定水位は保証される。
- ④ B から b_2 を通って G_w へ送られた水量 ΔV はポンプ E によって常時 $C \rightarrow e \rightarrow B \rightarrow b_1 \rightarrow C$ と循環 (実線矢印) している水量 V の一部分である ($V > \Delta V$) (つまり C から e を通して B へ単位時間に送られる水量は V であるが、この内 b_2 へは先述の通り、 A_1 における地表面 S からの $E-T$ を補う水量 ΔV だけ送られる。したがって $V - \Delta V$ が b_1 を通して C へ帰環することになる)。
- ⑤ そこで C の水位は $\Delta V / \beta$ (β は C の断面積とフロート部分の断面積の和である) だけ低下することになる。この水位が自記水位計によって記録される。

さて、 A_1 における減水深を h_1 、 C における低下水深を h_2 とすると次式を得る。

$$\Delta V = \alpha h_1 = \beta h_2$$

$$\therefore h_2 = \frac{\alpha}{\beta} h_1$$

この α/β がライシメータの倍率である。本試作品においては $\alpha/\beta = 10$ であった。

Ⅲ 性 能

試作ライシメータが、どの程度の性能を有するかを検討するため、これを実際の圃場に設置して一連の実測を行なってみた。実測地は本学部付属農場であって、設置した状態は Fig. 2 に示す通りである。

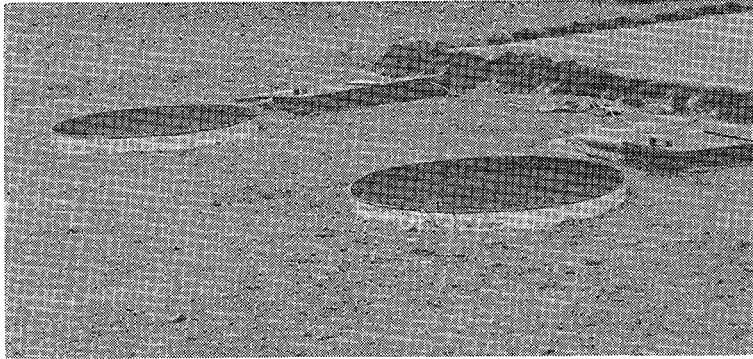


Fig. 2. View of the lysimeter

土壌の充填方法は先述の通りであって、地下水水位は地表面下 15cm に保たれた。本ライシメータの性能は、充填土壌が植物の要求水量を地下水水面から根群域まで十分にしかも瞬間的に給水するだけの能力を備えているかどうかにかかっている。蒸発散の大小により土壌水分プロファイルに変化を生ずれば、これがすなわち“おくれ”の原因をなすのである。本器は原理的には高拡大が可能であるが、“おくれ”が大きき現われるようであれば、蒸発散の連続記録より補正なしで微小時間内のそれを推定することは困難である。そこで、この“おくれ”の大体のオーダを実験的に把握、かつ補正への指針を得るために簡単な実験を行なった。一連の実測記録の一例を示せば Fig. 3 の通りである。

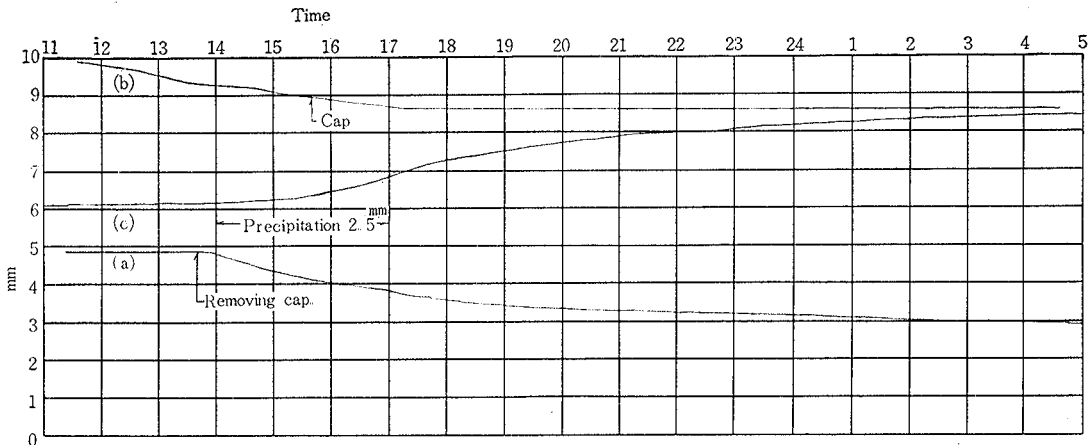


Fig. 3. Examples of daily evaporation records measured with the lysimeter, 1967

ライシメータ本体にフタ (実験用として専用のフタを作成) をして蒸発を零にし、この状態で平衡を保たせてからフタを取り去って蒸発を行なわしめた時の記録が Fig. 3 の a 曲線である。この図から解るように、フタを開放してから約10分後に記録紙上にも蒸発量が現われてくる (July 31~Aug. 1, 1967)。これとは逆に、蒸発が行なわれている状態でフタを閉じ、急に蒸発量を零にした時の記録が Fig. 3 の b 曲線である。この図から解るように、フタを閉じてから約1時間40分経過した後にはじめて記録紙上で蒸発量は零となる。そしてフタを閉じた後、見掛上 0.3mm の蒸発が行なわれたことになる (Aug. 21~22, 1967)。Fig. 3 の C 曲線は自然降雨による影響を示すものである (Nov. 28~29, 1967)。以上のことから考え合わせると、本器によっていきなり生理学的なアプローチの様に蒸発散の微小な経時変化を解析することは極めて困難であるが、日蒸発散量など、用水計画のための基礎資料を得るためには充分

な性能を有するのではないかと思われる。ちなみに1週間巻きの記録紙の一部を示せば Fig. 4 のようになり、蒸発量の日変化特性もほぼ明らかである。

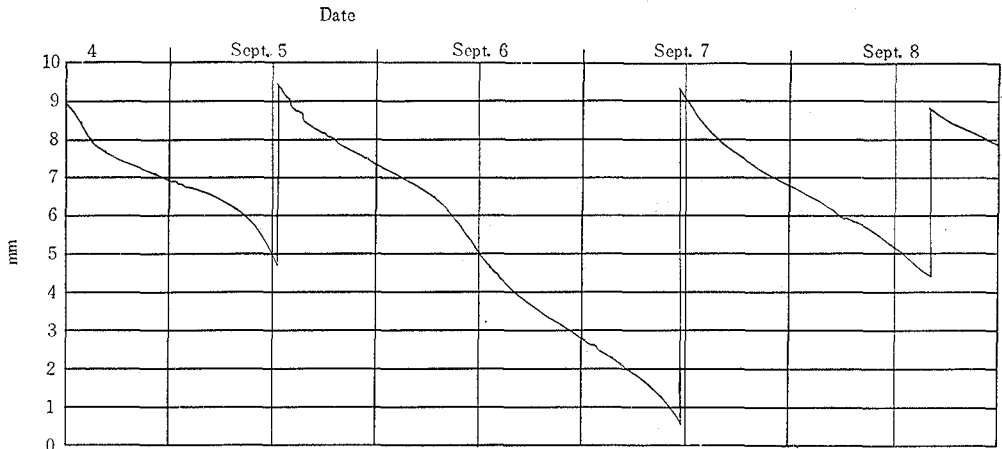


Fig. 4. Examples of daily evaporation record, measured with the lysimeter, 1967

IV む す び

本装置は各種作物の用水量などを決定するためには、構造および取扱いが極めて簡単であり、その意味でも実用性は高いと思われるが、まだ試作後間もないので温度変化による膨脹、収縮の問題など詳細な性能テストが残されている。今後これらの点も考慮して改良を重ねてゆく予定である。

なお、最近蒸発散によるC内の水位低下および降雨による水位上昇を、フロートレス液面リレーの利用によって自動的に給排水を行ない、設定水位に制御している。

Determination of evapotranspiration

I A sensitive recording lysimeter

Masaki UEHARA and Matsuji MATSUDA

Summary the need has long been existed for a sensitive recording lysimeter responding directly to the evapotranspiration from various crops for application in a wide range of problems connected with agricultural science, hydrological engineering and the like.

We have constructed a lysimeter which permits the continuous record of evapotranspiration, the record of which is to be geometrically magnified. The construction details of the lysimeter and some results obtained by its use in measuring the evaporation from bare soil have been presented.

The plans of the lysimeter constructed are shown in Fig. 1. A_1 is an evaporating-tank, C a water-tank and D a recorder. The circulation ($C \rightarrow E \rightarrow e \rightarrow B \rightarrow b_1 \rightarrow C$) of a settled amount of water V is produced by oscillating pump E having the standard capacity of 400cc/min. A small fraction of the settled amount of water (ΔV) is transported to A-tank through pipe b_2 in the case that evaporation occurs at the soil surface S. The rest ($V - \Delta V$) returns to C-tank to lower the water level W_1 . Then the water level in C-tank falls gradually as long as the evaporation continues in A-tank. Thus, the decreasing water depth (=evaporation in mm) in A-tank is magnified in proportion to α/β at the recorder D (where α and β are the areas of the cross sections of A- and C-tank respectively).

In present form, the lysimeter provides a good result for daily evapotranspiration. Field trials are now in progress, and development work is proceeding.

(1968年6月5日受理)