水収支による土壌面蒸発の推定 (第5報)*

丸 山 栄 三

(気象庁産業気象課)

On the Measurement of Evaporation by Means of the Water
Budget on the Soil Surface (5)

E. MARUYAMA

(Japan Meteorological Agency)

1. ま え が き

水収支より土壌面蒸発量を求めようとする原理は簡単である。それは降水によつて地表面に到達した水分の一部分は地中へ浸入し、土壌が飽和になれば、一部分は地表面を流去して河川にそそぐ。また一部分は重力水として、地中深く浸透して地下水に達する。更にまた一部分は、表面より蒸発散して空中へ戻っていく。これらの降水・流去・浸透および蒸発散の諸量の間には次の保存の関係がある。

$$P = R + E + \Delta S$$

この式で P は降水量, R は流去量, E は蒸発量で, ΔS は土壌中における水分蓄積量の変化である。そこでもしこれらの諸量が正確に測定できるならば、その保存関係から蒸発量を推定することができることになる。

しかし流去量や浸透量を正しく評価することは、極めて困難である。単なる概算値としてならば、流去量は河川流量から、浸透量は土壌水分の変化と地下水位から見積ることができる。

ただここにやつかいな問題がある。それは土壌からの蒸発量は、天気がいかに蒸発に好適な条件にあつたとしても、土壌中にそれをまかなうに足る水分が十分なければ、蒸発量は多くはならない。したがつて土壌面よりの蒸発を取り扱う限り、蒸発位と土壌中の水分蓄積量とを、量的に見積る必要が生ずる。

2. 蒸 発 位 の 測 定

千葉県柏市にある気象庁産業気象課の実験は場では、

Table 1. Monthly mean air temperature, potential evapo-transpiration by calculation and by evaporation at Kashiwa 1960.

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Mean air temp. (°C)	2.4	4.8	8.0	12.0	16.5	20.3	24.3	26.8	22.2	15.7	9.9	4.0
$P \cdot E \cdot T$, by Calculation (mm)	4	9	26	42	80	122	151	156	113	62	27	7
$P \cdot E \cdot T$, by Potential evapo-transpirometer (mm)	70	93	131	103	98	88	108	113	66	44	35	40
Evaporation by A pan. (mm)	...	...	74	92	97	86	104	124	68	51	35	40

* 昭和36年6月29日 関東支部大会にて発表

スプリング・バランス式の蒸発散位計を使つて、裸地の蒸発位の測定をおこなつている。しかし、これは地下水位を 70 cm に保つた場合であるため、完全な蒸発位を示しているとはいえないかもしれないが、それでも、一応、蒸発位の指数と考えてみた。

THORNTHWAITE および協力者は、蒸発位を月平均気温から算出する次式を経験的に導びき出している。

$$P \cdot E \cdot T = C \theta^a$$

θ は月平均気温 °C で c , a は θ に依存して変化する。 $P \cdot E \cdot T$ は蒸発散位 mm である。

上式を使用して 1960 年柏の平均気温の観測から蒸発散位を求めた。なお蒸発散位計による蒸発位 (裸地) および Class 'A' Pan と同じ大型蒸発計による蒸発量の値も第1表に示した。大型蒸発計の 1・2 月の値は、凍結のため欠測している。

第1表で計算による蒸発散位は、寒候期の値が極端に小さく、夏季は蒸発散位の値よりも大きくなつている。このような寒候期の値は明らかに小さすぎるが、夏季の両者のちがいは、蒸発散位計による値が裸地の蒸発位を示しているものに対して、計算による値は、植物の蒸散を含めた蒸発散位であるからであろう。

蒸発散位計による蒸発位と、大型蒸発計による蒸発量が極めてよく一致しているが、この事実からも地下水位を 70 cm に保つた場合でも、少なくとも蒸発位の指数として認めることができるように思われる。

3. 土 壌 中 の 貯 水 量

降水量が蒸発位より少なければ、その不足分は土壤中に蓄えられている水分を消費することによつて、それをまかなうことになる。しかしもし、蒸発散位を上まわれれば、その余分の水分は土壤中に貯えられる。しかし土壤中の水分蓄積量には限度があり、その限界の土壤水分は、ほ場要水量と同じと考えられる。

埼玉県大和田における土壤も、千葉県柏市付近の土壤も、ともにその土壤学的構造はほとんど同じローム土壤で、そのほ場容水量は 42% 前後である。そこで大和田と柏の両地の土壤の表面の含水量が、42% 程度の時の 1m までの平均の水分の鉛直分布状態を調べ、これに仮比重を乗ずると、これらの土層に含有されている水分量が計算されるが、それは $172 \text{ mm} \cdot \text{month}^{-1}$ の値が得られた。しかし実際に植物に利用される水分は、しおれ点以下の水分を差引くべきで、それは 12% 位であり、水分量にして $56 \text{ mm} \cdot \text{month}^{-1}$ に相当する。したがつてこれを除外して考えると、 $116 \text{ mm} \cdot \text{month}^{-1}$ が土壤中最大に蓄えられる水分量となる。

THORNTWHAITE はアメリカにおける平均の土壤の蓄積量として、100 mm を使っている。深根性の植物を対象とする場合は、深土まで含まれる水分を考慮する必要上、蓄積量も更に多くなるべきであるが、植物の生えていない裸地の場合には $100 \text{ mm} \cdot \text{month}^{-1}$ ぐらいと考えられるため、この計算にも土壤蓄積量を THORNTWHAITE と同じ 100 mm を使った。

4. 柏における土壤面の水収支

1960 年柏市にある産業気象課の実験ほ場の観測資料から土壤面の水収支を計算し、それから土壤面蒸発量を推定した。結果を第2表および第1図に示

した。この収支表で、蒸発位は第1表に示した蒸発散位計による観測値を使用し、また1月の始めの土壤中に蓄積されている水量を 80 mm としているが、これはこの

Fig. 1.

Table 2. Water balance at KASHIWA (1960).

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
Potential Evaporation (mm)	70	93	131	103	98	86	108	113	66	44	35	40	987
Precipitation (mm)	28	9	76	148	119	34	44	238	73	209	108	30	1116
Difference (mm)	-42	-84	-55	45	21	-52	-64	125	7	165	73	-10	129
Soil moist Storage (mm)	80	0	0	45	66	14	0	100	100	100	100	90	695
Water Surplus (mm)	0	0	0	0	0	0	0	25	7	165	73	0	270
Water Deficiency (mm)	0	4	55	0	0	0	50	0	0	0	0	0	109
Actual Evaporation (mm)	70	69	76	103	98	86	58	113	66	44	35	40	858

Table 3. Amount of precipitation in August 1960 (at Kashiwa).

Date	1	9	10	11	12	13	14	23	24	31	Total
Precipitation (mm)	2.0	5.7	12.8	4.6	0.0	8.9	17.0	0.0	40.1	22.0	113.1

月の値だけは、土壌水分の分布から計算によつて決定したものである。

この水収支に必要な諸要素のほか、土壌中に蓄積される水量の変化量の指数として、実験場の近くにある地下水位約 4 m の古井戸の地下水位の変化を自記水位計にて観測した。さらに余剰水および不足水の指数として、この地域の流去水が集合して流れていると考えられる近くの小川の水位の観測も第 1 図に示した。第 1 図で 1~3 月には降水量が蒸発位より少いため、かなりの水分不足が土壌中に起こっている。その不足量は土壌中の貯水量で補われたわけで、3 月の後半には、川の水は完全になくなり、河床が露出して全くの干ばつ状態にあることを示しており、地下水位も減少している。4 月より 5 月にかけては、逆に降水量が蒸発位を上まわつて十分にあつたため、土壌の蓄積水量も増加し、地下水位も急激に増加し始めている。しかし 5~7 月にかけては再び降水量が少く、7 月にはかなり強度の干ばつとなつている。地下水位は極端に減り、川の水は全くななくなっている。

8 月になると第 3 表に示したような雨がひんびんと降つたため、河川水位は急激に増大し、川の下流では土堤より水があふれ出している。この場合河川の水位は急激に増加しているのに比較して、土壌中の水分蓄積量はそれほど増加していないが、これはしゅう雨や台風性の強雨が、短時間に降つたため、地中に浸入する以前に流去したことが原因となつている。10 月以降は順調に土壌中の蓄積水分は増加している。

なお第 2 表および第 1 図に水収支より求めた土壌面蒸発量を示したが、その値は 6, 7 月の夏季が、1, 2 月の

冬季に比較して意外に少ない量になつている。これは図でみられるように、7, 8 月は干ばつ気味のため、土壌中の水分の絶対量が少なかつたことと、冬季は霜柱が地中の水分を地表面に強制上昇させ、それが日中融解して表土を湿潤にさせる、この二つの理由によつて、冬季と夏季の土壌面蒸発量にあまり大きな差が起こらなかつたものと考えられる。

5. あ と が き

一般に水収支より湖面や水田などの蒸発散量を知ろうとすることは、困難がともなう。それは特に短い期間を対象とした場合には、土壌中への浸透量や蓄積量を正確に見積ることが困難となるからである。しかし土壌の場合は、それらの量は蒸発散位と降水量とのつきあわせによつて、また土壌中の蓄積水量や不足水量、流去量などは、土壌水分や地下水位および河川水量などの観測から見積ることができそうである。

水収支によつて求められた土壌面蒸発量も大体妥当な値がえられているようであり、今後この問題から畑地干害の予想や、灌漑の問題へ発展させていきたい。

参 考 文 献

- 1) 鈴木清太郎・丸山栄三：土壌面蒸発を土壌水分傾度より推定する方法(序報)，農業気象 13 巻 2 号，1960
- 2) 丸山栄三・高砂 学：土壌面蒸発を土壌水分傾度より推定する方法(続報)，農業気象 15 巻 4 号，1960
- 3) 丸山栄三：土壌面蒸発に関する研究（第 3 報），研究時報，印刷中，1962
- 4) 丸山栄三：土壌面蒸発に関する研究（第 4 報），（蒸発散位の記録から），農業気象 17 巻 2 号，1961

Summary

In this report, the author presents the estimation of evaporation from the soil surface by means of water budget.

Among the factors required in computing the evaporation in consideration of water budget, the potential evaporations are determined by using a potential-evapotranspirometer. The ground water-level was regulated to seventy centimeter deep during the experience.

The variations of soil moisture storage are very close to those of water level in a neighbouring old well. It is also found that the water surplus and deficiency have the close connection on the variation of stream-flow level in the neighborhood.