

## 山地における簡単な蒸発量推定式

林業試験場九州支場 大谷 義一

## 1. はじめに

森林水文学で扱う蒸発散量は、水収支式中で損失量の一部を構成する重要な量であり、流域（地域）からの実蒸発散量が問題となる。実蒸発散量は、水収支法、渦相関法、熱収支法、空気力学法等によって測定される。水収支法以外にも近年森林を対象とした測定が多数行なわれるようになったが、まだわが国のような山地森林を含む地域の実蒸発散量を議論するほどデータは蓄積されていないと考えられる。一方、実蒸発散量は、蒸発計蒸発量に経験的定数を乗じる方法や、気候資料から可能蒸発散量を求め、それから蒸発量を計算する方法等により推定される。農業の分野では、そのような方法のひとつであるペンマン式とモートン式とを組み合わせた地域実蒸発散量推定が試みられ、全国の気象管署や研究機関で得られた資料から、全国の地域実蒸発散量が計算された<sup>3)</sup>またそのような過程で計算される可能蒸発散量等は、それ自身自然環境を気候学的観点から評価、分類するための指標として重要だと考えられている<sup>4)</sup>。

気候学的に可能蒸発散量を求める方法では、蒸発計蒸発量、または、純放射量などと相関の高い気候要素が計算に使用される。たとえば、月蒸発散量推定によく用いられるソーンスウェイト法もそのひとつであり、気温と純放射量の高い相関を基礎に、蒸発散量を気温だけから推定する方法である。気候学的に推定する方法では、推定式が求められた地域の気候条件と、適用しようとする地域の気候条件とが異なる場合に問題が生じ、それに関してはすでに数多くの指摘がされている<sup>1)と2)</sup>。しかし、適用条件が満たされた場合、わずかに数種類の気候要素から蒸発散量が推定できるので、その利用価値は高いであろう。本報では、気候学的な推定法の基礎となる気候要素と蒸発計蒸発量との関係について、森林測候所の資料を用いて検討を加えたので、その結果について報告する。

## 2. 蒸発計蒸発量と気候要素との関係

蒸発散量と気候要素との関係は、農業気象学の分野

で数多く調べられている。一例をあげると、鴨田<sup>1)</sup>は種々の作物圃場からの蒸発散量と気候要素、および蒸発計蒸発量との関係について調査し、まず蒸発散量と蒸発計蒸発量との相関が高く、ついで日射量、飽差との相関が高いことを示している。森林測候所の資料を利用して、蒸発散量の代わりに蒸発計蒸発量と気候要素との関係をみると表-1のようになる。なお、蒸発計の直径は20cm、使用した資料は霧島山（標高652m）、矢岳（573m）、北小国（433m）、1929年365日間（一部に欠測をふくむ）の気温、蒸気圧、風速、蒸発計蒸発量の日平均値と日照時間である。蒸発計蒸発量と気候要素との相関係数の絶対値は、どの地点も飽差が高い値を示し、ついで日照時間が高く、気温はそれほど高い値を示さない。このような地域にソーンスウェイト法を適用する上で問題があることがここでも示唆されるが、気温と蒸発計蒸発量との相関係数が標高が高くなるにつれその値を減ずることは興味深い。

表-1 蒸発計蒸発量と気候要素との相関係数

北小国森林測候所 1929年 標高433m

	気温	日照時間	風速	蒸気圧	飽差	蒸発量
気温	1.0000	0.1141	-0.2406	0.9666	0.7227	0.5583
日照時間	0.1141	1.0000	-0.0106	0.0291	0.5171	0.7546
風速	-0.2406	-0.0106	1.0000	-0.2929	0.0257	0.0279
蒸気圧	0.9666	0.0291	-0.2929	1.0000	0.6315	0.4530
飽差	0.7227	0.5171	0.0257	0.6315	1.0000	0.8615
蒸発量	0.5583	0.7546	0.0279	0.4530	0.8615	1.0000

矢岳森林測候所 1929年 標高573m

	気温	日照時間	風速	蒸気圧	飽差	蒸発量
気温	1.0000	0.0809	-0.2991	0.9607	0.4975	0.4152
日照時間	0.0809	1.0000	-0.0384	-0.0504	0.6713	0.8209
風速	-0.2991	-0.0384	1.0000	-0.2532	-0.0953	-0.0673
蒸気圧	0.9607	-0.0504	-0.2532	1.0000	0.3326	0.2648
飽差	0.4975	0.6713	-0.0953	0.3326	1.0000	0.8725
蒸発量	0.4152	0.8209	-0.0673	0.2648	0.8725	1.0000

霧島山森林測候所 1929年 標高652m

	気温	日照時間	風速	蒸気圧	飽差	蒸発量
気温	1.0000	-0.0152	-0.0321	0.9391	0.3701	0.3744
日照時間	-0.0152	1.0000	-0.1371	-0.1795	0.6449	0.7743
風速	-0.0321	-0.1371	1.0000	0.0160	-0.1017	-0.1151
蒸気圧	0.9391	-0.1795	0.0160	1.0000	0.0948	0.1710
飽差	0.3701	0.6449	-0.1017	0.0948	1.0000	0.7998
蒸発量	0.3744	0.7743	-0.1151	0.1710	0.7998	1.0000

Yoshikazu OHTANI (Kyushu Br., For. and Forest Prod. Res. Inst., Kumamoto 860)  
A simple equation to estimate evaporation in mountainous area

変換され、ペンマン式で可能蒸発量を計算する際に使用されている。

3. 飽差を使用する日蒸発量推定式

水田からの蒸発量等を推定する式として、従来より次の2式が使用されている<sup>4)</sup>。

$$E^* = (16 \sim 22.7) d \quad (1)$$

$$E^* = 0.0018(t + 25)^2 (100 - h) \quad (2)$$

ここに、 $E^*$ ：蒸発能 ( $\text{mm} \cdot \text{month}^{-1}$ )、 $d$ ：月平均気温、月平均蒸気圧から計算される飽差 ( $\text{mm Hg}$ )、 $t$ ：月平均気温 ( $^{\circ}\text{C}$ )、 $h$ ：月平均相対湿度 (%)。

これら2つの経験式は、普通の気候条件下では蒸発能が飽差に比例することを示している。

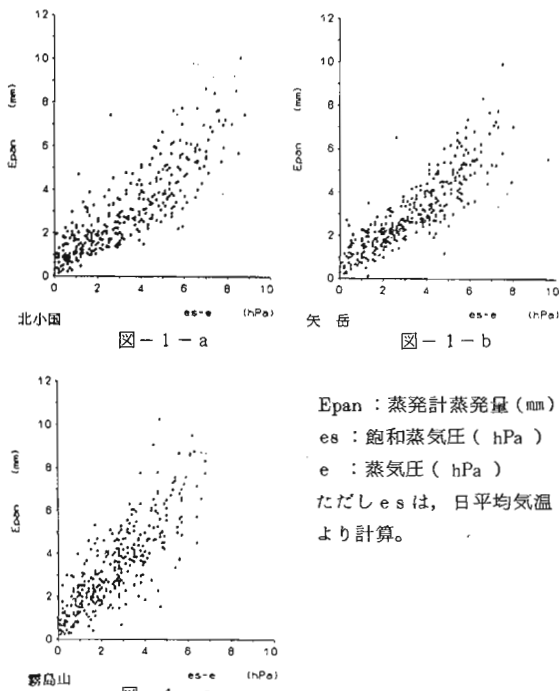
一方、森林測候所資料の日平均気温、日平均蒸気圧から飽差を計算し、それと蒸発計蒸発量との関係をプロットすると図-1のようなになる。また、飽差と蒸発計蒸発量との関係を回帰分析した結果得られた、回帰定数および回帰係数をまとめて表-2に示し、さらに回帰に関する分散分析を表-3に示す。

まず、飽差 ( $\text{hPa}$ ) と蒸発計蒸発量 ( $\text{mm}$ ) の関係を示した散布図に注目すると、3地点とも両者の間には正の相関があり、点のばらつきは3地点の中で標高の最も高い霧島山で他の2地点より大きい。ついで、回帰定数と回帰係数の計算結果では、霧島山の値を除き回帰定数の値は小さく、また回帰係数の値は1に近い。すなわち、日平均気温と日平均蒸気圧 (相対湿度、露点温度等から計算可能) の値から飽差を計算し、それをヘクトパスカルで表わし、単位をミリメートルに読み変えると、日蒸発量の概算値が求められる。分散分析の結果は、3地点とも1パーセント水準で有意となり、回帰の有意性が示された。霧島山については、両者間の相関が低かったことにより、回帰定数、係数が他の2地点とは異なる結果になったと考えられるが、このような傾向が標高の高い地点で一般的かどうかについては、今後さらに検討を加えたい。

山地における蒸発量推定において、利用可能な気象資料は限られている。たとえばAMeDASのデータでは、風向、風速、気温、降水量、日照時間が利用できる。そしてこれらからペンマン式、モートン式を利用して地域実蒸発散量を推定することも可能であろう。しかしそれよりも小さなスケールでの推定は実測によらねばならず、気温、相対湿度日記記録から計算可能な飽差による方法は、日単位の値を求めることができ、また精度も比較的良好な点から、ソーンズウェイト法等と比較して有利と考えられる。しかし、地域実蒸発散量を求めるためには、なんらかの方法で飽差を純放射量に変換可能であることが望まれるので、今後の検討課題としたい。

引用文献

- (1) 鴨田福也：土壌の物理性，45，19～26，1982
- (2) 榎根勇・小林守：モンスーンアジアの水資源，55～70，古今書院，1973
- (3) 大槻恭一：農土学会講演要旨集，99～100，1982
- (4) 内島善兵衛：農業技術，19，41～12，1964



$E_{pan}$ ：蒸発計蒸発量 ( $\text{mm}$ )  
 $es$ ：飽和蒸気圧 ( $\text{hPa}$ )  
 $e$ ：蒸気圧 ( $\text{hPa}$ )  
 ただし  $es$  は、日平均気温より計算。

図-1 飽差と蒸発計蒸発量との関係

表-2 回帰定数と回帰係数

推定式	$E_{pan} = b_0 + b_1 (es - e)$		
	南小国	矢岳	霧島山
$b_0$	0.238	0.283	0.422
$b_1$	0.997	0.973	0.644

表-3 回帰の有意性に関する分散分析表

北小国	SV	DF	SS	MS	F
	Regression	1	1338.58	1338.58	1044.49
Residual	363	465.20	1.28		
Total	364	1803.78			
矢岳	SV	DF	SS	MS	F
	Regression	1	1030.54	1030.54	1157.27
Residual	363	323.25	0.89		
Total	364	1353.79			
霧島山	SV	DF	SS	MS	F
	Regression	1	689.13	689.13	642.55
Residual	362	388.24	1.07		
Total	363	1077.38			