

PS II-2 時・空間スケールからみた蒸発散量の特性とその流域蒸発散量推定への活用

京都大学防災研究所 正 員 池淵 周一

1. はじめに 蒸発散量の観測・評価は、流出モデルの構成上重要であるばかりでなく、水収支と熱収支の接点にあること、森林の水源かん養機能評価、湖沼や貯水池の水管理、さらには地表・大気間の物質とエネルギー交換過程などの視点においても重要である。多くの分野でそれぞれの立場からアプローチが進められているが、ここでは現象の解明をベースとしながらも各種蒸発面からの蒸発散量を時・空間スケールからとらえ直し、それを流域蒸発散量推定にいかに関活用するか考察する。

2. 観測・測定・評価法の分類 分類についてもいくつか考えられるが、大担に、時・空間スケールに応じて分類すると、たとえば図1のような三次元表示が可能であろう。渦相関法、傾度法、熱収支法などの観測・測定法は各種蒸発面においておおむね共通しており、精度的には渦相関法が望ましいが、渦相関法はあくまで集中観測に、通常観測には熱収支法、傾度法などが採用される。そして、渦相関法による値を真値として他の測定法の係数をパラメータ化して、より観測の容易な、かつ観測項目の少ない方法で推定するといったアプローチをとっている。さらに、気象観測データなどとこれら測定法で得た値との単相関、重相関から回帰式を見い出す方法、大型蒸発計値を利用する方法、飽和した蒸発面からの蒸発散量の算定値を利用する方法、補完関係式を利用する方法など、多くの推定・評価法がある。これらの他により広域からの蒸発散量の推定・評価法としては流域水収支法、移流効果を重視した断面二次元解析モデル、流出モデルを介しての推定法、リモートセンシング・ランドサットデータを活用した推定などがある。

3. 各種蒸発面での時・空間特性 上記測定法が林地、草地、裸地、湖面の各蒸発面において実施された研究例から時・空間スケールによる特性をいくつか抽出する。なお関連する図表等は紙面の都合によりポスターで提示する。(1) 林地蒸発散量 アカマツ樹林地で渦相関・熱収支法とボーエン比熱収支法により同時に蒸発散量を測定し、1時間平均値および日蒸発散量で比較するといずれも±20%程度の誤差で安価なセンサーを用いたボーエン比熱収支法で十分推定できる¹⁾。さらにコナラ樹林地でのボーエン比熱収支法による推定蒸発散量と純放射量をプロットすると、両者に高い相関が認められる²⁾。(2) 草地蒸発散量 気温および水蒸気圧の傾度が小さいときはやや問題があるものの時間蒸発散量についてはボーエン比熱収支法で十分推定できる。日蒸発散量となると、ライシメータ観測値と平衡蒸発量との間に高い相関があり、とくに土壤水分の不足がないとき、夏季において日蒸発散量は平衡蒸発量の1.14倍で精度よく推定できる³⁾。(3) 裸地蒸発量 大型ライシメータ（径1.2m、深さ0.6m）は3時間程度以上では実蒸発量の測定に供せるので、3, 6, 12, 24 時間観測値と気象要素との間で重回帰分析を展開した。単回帰ではいずれの時間も純放射量との間に0.7程度の相関であったが拡張ベンマン法を回帰式として採用すると、表1にみるように説明力はかなり高くなる⁴⁾。(4) 湖面蒸発量 琵琶湖彦根沖での集中観測により得られた湖面蒸発量（渦相関法）の値を真値として、他の推定値（バルク法、熱収支法、大型蒸発計）との相関、標準誤差を時間、日、半旬スケールで求め比較したものが表2である。バルク法と熱収支渦相関法の精度がよいこと、推定期間（時間、日、半旬）を長くとる方がばらつきが小さいことがわかる⁵⁾。つぎに彦根沖と真野沖（西岸）のバルク法による蒸発量の散布図を時間、日、半旬平均データでみた。バラツキは時間平均で1mm/日程度、日平均で0.5mm/日程度となっている。また半旬平均では0.3mm/日程度となっており、タイムスケールを長くとることによって、北湖上では地点間の蒸発量が小さくなることがわかる⁶⁾。逆に半旬単位以下の時間スケールでは地点間の差がでてき、この場合は後述するように風速比を代表地点で評価した蒸発量に乗じて面的な評価値に直す必要がある。

4. 広域蒸発散量推定のいくつかの試み ボーエン比熱収支法で推定した林地蒸発散量を真値とみなし、拡張ベンマン法を適用することによって流域日蒸発散量を推定する方法がある⁷⁾。年間水収支による比較においても良好な結果を得ており、山地流域での日程度の蒸発散量推定モデルとして有効であろう。

また日単位以上では各蒸発面とも純放射量あるいは日射量の支配力が大きいことから以下のような日射法にもとづく方法がいくつか提案されている。

$$\text{半旬平均: } E = a \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \cdot \frac{R_s}{L} + b \quad 8)$$

$$i\text{月平均: } E_i = (1 - \beta) \alpha_{fi} \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} S_{ci} + (1 - \beta)(aR_i + b) + \beta \alpha_s \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} S_{ci} \quad 9)$$

いずれも日射量 R_s 、 S_c が要の変数になっている。前者は林地、草地、裸地の蒸発散データをベースに、係数 a, b を同定し、面積荷重平均として流域蒸発散量を半旬平均値として推定し、日照時間比で日蒸発散量にしている。後者は月平均気温、月雨量、快晴時の計算日射量と短期水収支法でえた実蒸発散量とから植生に応じたパラメータ $\beta, \alpha_f, \alpha_s, a, b$ を同定し、 1km^2 メッシュごとの土地利用図とあわせて流域蒸発量の月平均値を推定している。その他補完法などの適用例もあるが省略する。

一方、琵琶湖湖面蒸発量については彦根沖観測点で得た蒸発量に補正値を乗ずるという方法で求めている。この補正値は湖の長軸を境にして風向を北系と南系に分類し、彦根沖観測点の風速と移動観測点との風速比を求め、その分布パターンから7つの領域に分割、各領域ごとの面積で重みづけを行ない求めている。

5. おわりに 以上、蒸発散量の観測・評価研究をその測定法を含め時・空間スケールからとらえ直すとともに、それらデータの広域蒸発散量推定モデルへの活用例をいくつか抽出した。日単位程度ではここでとりあげた方法などでかなり精度の向上がみられると思われるが、今後、流出モデルや都市水文にあって昼夜で蒸発・凝結とインプットの向きが異なる蒸発散現象をきめ細かく議論していくとなると、対象領域が小さくなるほどより時間スケールの小さいモデル構成が必要となつてこよう。また広域においても移流の問題などが、さらにグローバルな気候変動問題においてもこれら地表付近の熱の移動過程がより重要となる。

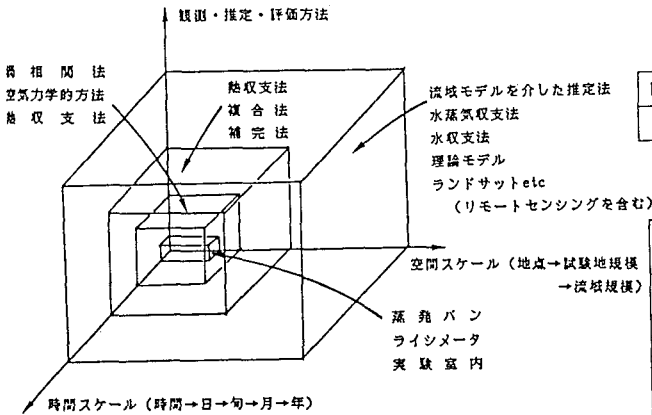


図1 観測・測定法の三次元的分類表示

表1 各時間間隔と相関比

時間間隔 (hr)	3	6	12	24
(相関比) ²	0.618	0.726	0.812	0.833

表2 各推定法の比較

	時間 (mm/時)		日 (mm/日)		半旬 (mm/半旬)	
	相関係数	標準誤差	相関係数	標準誤差	相関係数	標準誤差
バルク法	0.90	0.03	0.94	0.49	0.98	1.93
熱収支 ボーエン比法	0.41	0.08	0.69	1.21	0.84	4.48
熱収支過 相関法	0.80	0.04	0.90	0.56	0.98	1.52
大型 蒸発計	—	—	0.80	0.91	0.91	2.42

〔参考文献〕

- 1) 杉田・古藤田：ボーエン比熱収支法と渦相関熱収支法によるアカマツの林冠上の潜熱フラックスの測定，筑波大学水理実験センター報告No.8，昭59，
- 2) 池淵・澤井：熱収支法による林地内蒸発散量の推定，水資源研究センター研究報告、昭58，
- 3) S.Nakagawa: Study on evapotranspiration from pasture, Environmental Research Center Papers, No.4, 1984，
- 4) 池淵・土谷・久保：大型ライシメータをベースにした裸地蒸発量のシミュレーションモデル，土木学会関西支部，昭63，
- 5) 池淵・竹林・大藤：琵琶湖湖面蒸発量の観測と評価，第30回水理講演会論文集，昭61，
- 6) 池淵・陣内・岡久・大藤：琵琶湖湖面蒸発量の観測・評価システムとそのシミュレーションモデルへの活用，第32回水理講演会論文集，昭63，
- 7) 砂田・池淵：林地流域における日蒸発散量の推定，土木学会論文集第387号，昭62，
- 8) 建設省琵琶湖工事事務所：琵琶湖流域蒸発散量検討業務報告書，昭62，
- 9) 鈴木・福島：滋賀県陸地面の蒸発散量メッシュデータ化に関する研究，滋賀県琵琶湖研究所，琵琶湖研究モノグラフNo.2，昭60