

1. 研究の目的と概要

水面蒸発は、影響要因の多様性やその関与の複雑性から、推定の困難な現象と目されている。本研究室では、54年10月より大型水面蒸発計と総合気象観測機器を設置して、詳細な連続同期記録を実施中である。ここでは、その観測結果を用いた変数選択法としての重回帰分析によって、説明変因数を4~1とした場合のそれぞれの最良推定式、あるいは総合的にみた最良変因数やその組合せ方を推定するとともに、季節的な各要因の影響度の検討などを、55年1月~7月を例として説明する。

2. 水面蒸発量および気象要因の測定方法

1) 大型水面蒸発計: 内径1.2m, 高さ25.4cmの銅製蒸発計中の水位減少を、0~100mmの範囲でフロートとポテンシオメータを介して測定、最小単位(1/10)mmまで読取。2) 気温計・水温計: マイカ巻白金測温抵抗体(JIS 0.3級), 最小読取単位(1/10)°C 3) 日照計: 太陽電池方式(設定感値時出力0.3 cal. cm⁻² min⁻¹), 当日の日照期間, 最小(1/10)hr 4) 風速計: 3杯型(0~50 m/s), 最小単位(1/10) m/s 5) 記録部: 以上を電圧変換して打刻式記録計(紙送り25 mm/hr)で記録

3. 水面蒸発量の気象要因による重回帰分析の手法と解析結果

これら諸量を時間ごとに読取り、9時を日界とした平均値を使って日蒸発量の推定を試みた。

3.1 回帰式の評価基準 ここでは単なる寄与率 R^2 (R :重相関係数)でなく、自由度2重調整済み寄与率 R^{*2} を採用した。その訳は、この基準がPSS基準にほぼ合致することによる。なお、一般に $R^2 \geq R^{*2} \geq R^{**2}$ (R^* :自由度調整済み重相関係数)で、 R^{*2} や R^{**2} が負になることもありうる。さらに、これらの相互関係は次のようである。

$$R^{*2} = R^2 - \{p / (n - p - 1)\} (1 - R^2)$$

$$R^{**2} = R^2 - \{2np / \{(n+1)(n-p-1)\}\} (1 - R^2) \quad (n: \text{データ総数}, p: \text{説明変因数})$$

3.2 計算結果 1) 蒸発量に対する各要因の単相関係数 表-1のよう添字**, *は月内の最大値, 2位値を示す。総合的には(とくに夏期では)日照が効くが、冬期にはこの効果は薄れ、風速・水温が関与してくる。

表-2 気象要因の間の単相関係数

Combination Month	AT-SS	AT-WV	AT-WT	SS-WV	SS-WT	WV-WT
Jan	-0.116	-0.281	0.959**	0.034*	0.016	-0.230
Feb	0.313	-0.145	0.924**	0.252	0.476*	-0.109
Mar	-0.011	-0.253	0.938**	0.040	0.281*	-0.155
Apr	-0.157	0.229*	0.949**	-0.055	0.029	0.114
May	0.098	-0.094	0.967**	0.176*	0.149	-0.061
Jun	0.459	0.204	0.959**	0.140	0.938*	0.236
Jul	-0.621	-0.226	0.990**	0.095	0.664*	-0.248

表-1 蒸発量に対する各要因の単相関係数

Factor Month	A T	S S	W V	W T
Jan	0.185	0.015	0.665**	0.232*
Feb	0.526	0.698**	0.425	0.637*
Mar	0.198	0.763**	0.329	0.460*
Apr	-0.260	0.843**	0.064*	-0.143
May	0.078	0.822**	0.290*	0.081
Jun	0.457	0.938**	0.267	0.462*
Jul	0.557	0.930**	0.155	0.587*

Abbreviation

AT: Air Temperature

WV: Wind Velocity

SS: Sun Shine

WT: Water Temperature

表-3 4要因を使った推定に対する各種統計量

Month	R ²	R ^{*2}	R ^{**2}	F	N
Jan	0.600	0.539	0.481	9.756	30
Feb	0.739	0.692	0.648	15.603	27
Mar	0.777	0.738	0.702	20.003	28
Apr	0.760	0.722	0.686	19.830	30
May	0.728	0.686	0.647	17.372	31
Jun	0.915	0.902	0.889	67.389	30
Jul	0.874	0.855	0.836	45.070	31
Mean	0.770	0.744	0.698	27.860	29.571
St.Dev.	0.095	0.110	0.124	19.172	1.400

2) 気象要因の間の単相関 表-2で、各気象要因は独立でなく、とくに気温と水温には強い相関があることが分る。

3) 変数選択法による結果 まず4要因全部を使った場合の計算結果が表-3で(F: F値, N: 標本数), 6・7月の夏の推定精度が良く、冬とくに1月では精度は落ちる

ことが分る。

つぎに、この R^{**2} を、要因数を3, 2, 1として全ての組合せについて計算したのが表-4である。

これと表-3とを併せて、 R^{**2}

表-4 自由度2重調整済み寄与率

Factor's No. Comb.		3				2					1				
A T		1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
S S		1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0
W V		1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0
W T		0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1
Month	Jan	0.506	-0.124	0.514**	0.513*	-0.098	0.536*	-0.056	0.366	-0.077	0.544**	-0.031	-0.067	0.406*	-0.009
	Feb	0.639	0.509	0.580	0.674*	0.526	0.457	0.342	0.481	0.544	0.597*	0.220	0.447*	0.117	0.360
	Mar	0.697	0.627	0.636	0.713**	0.566*	0.068	0.613	0.620	0.593**	0.279	-0.032	0.551**	0.042	0.153
	Apr	0.691	0.698	0.072	0.700**	0.688	-0.048	0.059	0.683	0.700**	-0.113	0.003	0.690*	-0.065	-0.047
	May	0.633	0.637*	-0.099	0.634	0.632	-0.030	-0.131	0.656**	0.634	-0.032	-0.060	0.655*	0.023	-0.060
	Jun	0.876	0.869	0.075	0.878**	0.864	0.132	0.104	0.884**	0.863	0.131	0.154	0.872**	0.007	0.159
	Jul	0.841	0.846**	0.380	0.841	0.847	0.309	0.289	0.851**	0.848	0.363	0.264	0.856*	-0.041	0.301
Mean	0.698	0.580	0.308	0.708*	0.575	0.203	0.174	0.649	0.586	0.253	0.074	0.572*	0.070	0.122	
St.Dev.	0.118	0.310	0.269	0.114	0.300	0.216	0.239	0.172	0.293	0.252	0.125	0.297	0.148	0.156	

で判定すると、1~7月の間を平均して、最大値となる R^{**2} は、4要因で0.698、3要因で0.708で、後者の組合せは、日照・風速・水温である。同様に、2要因(日照・風速)0.649、1要因(日照)0.572となっている。したがって、総合的には、 R^{**2} の平均値の値が大きかつその標準偏差が小さいことから、4要因全てを使う推定より、上記の最良組合せの3要因を使う方が推定効率上好ましく、これが全体として最適な組合せと判定される。しかし、以上はもちろん1月から7月までの平均的な評価であって、季節によって、最良要因数やその組合せが異なってくることは、表-3、4から自明であろう。たとえば1月では、2要因(風速・水温)が最良の推定結果を与えることになる。

4) 最良推定式における要因の影響度 これは、表-5の標準偏回帰係数の大きさで示される。たとえば、 y を要因 x_i ($i=1, \dots, p$)の線形形式 $y = \sum_{i=1}^p b_i x_i + b_0$ で推定する際の最良推定式を与える係数 b_i が偏回帰係数で、 x_i に標準化 $(x_i - \bar{x}_i) / \sigma_{x_i}$ を施した場合の b_i が、標準偏回帰係数である。暖候期の日照、冬期の風速の影響が強くとくに前者が支配的であることが分る。

表-5 最良推定式における標準偏回帰係数

Factor's No.		4				3		
Factor		A T	S S	W V	W T	S S	W V	W T
Month	Jan	0.088	-0.051	0.765**	0.323	-0.018	0.760**	0.407
	Feb	0.004	0.357	0.390	0.514**	0.357	0.390	0.510**
	Mar	0.500	0.511	0.312	0.834**	0.656**	0.354	0.331
	Apr	0.314	0.911**	0.097	-0.477	0.855**	0.132	-0.182
	May	0.684	0.830**	0.166	-0.695	0.801**	0.147	-0.030
	Jun	0.437	0.948**	0.155	-0.466	0.937**	0.145	-0.039
	Jul	0.550	0.985**	0.037	-0.603	0.938**	0.061	-0.020

4要因では、みかけ上気温が効くよう

に見えるが、これは表-2にみるように水温と強い相関のあることから、水温で代用してよいことになる。

5) 実測値と推定

図-1 水面蒸発量の実測値と観測値(1980年6月)

図-2 水面蒸発量の実測値と推定値

