

ペンマン蒸発散位に対する気象要素の感度解析

Sensitivity analysis of the Meteorological elements to the Penman potential Evapotranspiration

三浦健志*・諸泉利嗣*

MIURA Takeshi* and MOROIZUMI Tositsugu*

1. はじめに

ペンマン式の計算に必要な気温データは全国840余箇所のアメダス気象観測所で測定されている。しかし蒸発散位を知りたい場所と気象観測所とは気象環境に違いがあり、その違いがペンマン蒸発散位にどの程度影響を及ぼすか把握しておくことは重要と考える。そこで、各農政局、北海道開発局および沖縄総合事務所のある9都市の気象台での平年値をもとに感度解析を行った。

2. ペンマン式の概要

用いたペンマン式は、気温、湿度、風速、日照時間をデータとして蒸発散位 ET_{pen} を計算する式である。(Penman, 1948, 計画設計基準, 農業用水(畑), 1993)

$$ET_{pen} = \frac{Rn}{l} + f(u_2)(e_{sa} - e_a)$$

Rn : 純放射量, $f(u_2)$: 温度飽和水蒸気圧曲線の勾配, l : 乾湿計定数, l : 水の蒸発潜熱, $f(u_2)$: 風速関数, e_a , e_{sa} : 空気の水蒸気圧と飽和水蒸気圧

3. 主要都市のペンマン蒸発散位

各農政局等の所在9都市における気象要素の平年値からアルベドを0.06として計算されるペンマン蒸発散位(蒸発位)を表1に示す。年を通じて那覇が大きく、札幌が小さい。那覇の1539mm/yに対し札幌の818mm/yと2倍に近い。仙台が928mm/y, それ以外は1028~1138mm/yの間にある。4, 5月を除けば圧倒的に那覇

が大きい。ペンマン蒸発散位の最大月は札幌と那覇が7月でそれ以外は8月である。

表1 ペンマン蒸発散位の平年値(アルベド0.06, mm/d, mm/y)
Normals of the Penman potential evapotranspiration

月	札幌	仙台	金沢	名古屋	東京	京都	岡山	熊本	那覇
1	0.5	1.0	1.1	1.2	1.5	0.9	1.1	1.1	2.6
2	0.8	1.4	1.3	1.8	2.0	1.4	1.6	1.6	2.9
3	1.4	2.2	2.2	2.7	2.6	2.1	2.3	2.4	3.4
4	2.7	3.2	3.5	3.8	3.6	3.4	3.5	3.5	4.1
5	3.6	3.9	4.4	4.5	4.3	4.2	4.4	4.2	4.5
6	4.0	3.5	4.3	4.3	4.1	4.2	4.5	4.1	5.3
7	4.1	3.7	4.8	4.8	4.5	4.6	5.0	5.0	6.4
8	3.9	4.0	5.2	5.1	4.9	4.9	5.2	5.2	5.9
9	2.8	3.0	3.5	3.7	3.5	3.4	3.6	3.8	5.3
10	1.7	2.2	2.5	2.7	2.7	2.4	2.5	2.7	4.2
11	0.9	1.4	1.6	1.7	1.9	1.4	1.5	1.6	3.2
12	0.5	1.0	1.2	1.1	1.4	0.9	1.0	1.0	2.7
年	818	928	1083	1138	1131	1028	1102	1106	1539

4. 各気象要素を単位量変化させたときのペンマン蒸発散位の減少量

気温、相対湿度、風速、日照時間を、他の気象要素はそのまま、それぞれ、蒸発散位を減少させる方向に、-1%, +1%, -1m/s, -1h変化させて、併せて緯度を1°(南北距離約111km)増加させて試算した(表2)。

各気象要素の差異が蒸発散位に及ぼす影響は夏季に比べて冬季の方が小さい。また12月には、日照時間を短くするとペンマン蒸発散位が増加している。これは純放射の推定式が原因と考えられ検討しなければならない課題である。

つぎにペンマン蒸発散位の最大月における計算結果を表3に示す。各気象要素を単位量変化させたときのペンマン蒸発散位の減少量

*岡山大学環境理工学部 *Faculty of Environmental Science and Technology, Okayama University

キーワード: ペンマン式, 蒸発散位, 気象要素, 感度解析, 畑地用水計画

は、数字的には、日照時間が最も大きく、風速、気温、湿度の順に小さくなる。

5. ペンマン蒸発散位を10%減少させる各気象要素の増減量

他の要素は変えないで、その要素のみを変化させて、ペンマン蒸発散位を10%減少させるときの値を最大月と年間について求め表4、5に示す。数字的には、日照時間が最も小さく、風速、気温、湿度の順に大きくなる。

6. まとめ

各気象要素の単位量等の位置付け、気温低下がペンマン蒸発散位の減少に何故結びつくのか等を合わせて検討した。得られた結果をまとめると以下の通りである。

気温：ペンマン蒸発散位に及ぼす影響は大

きい。気温3~4 の低下でペンマン蒸発散位が10%程度減少する。

相対湿度：20%程度増加しても蒸発散位は10%しか減少せず、ペンマン蒸発散位に及ぼす影響は小さい。

風速：ペンマン蒸発散位に及ぼす影響は小さいが、風速の強い地域では観測所による差に注意する必要がある。

日照時間：観測所の種別により日照計の機種が異なり測定値に差異が見られる。その差の最大値は夏至の時期の1.6 h/dで、この値はペンマン蒸発散位を1割程度減少させる値であり、地域気象観測所の日照時間は換算する必要ある。

緯度：1° (南北距離で111km) 変化させても蒸発散位の差異は微少で実用上緯度の差は無視できる。

表2 各気象要素を単位量変化させたときのペンマン蒸発散位の減少量(岡山, mm/d, mm/y)

The decrease amount of the Penman potential evapotranspiration as each meteorological element changes at unit quantity

変化量	気温 -1	湿度 +1%	風速 -1m/s	日照 -1h/d	緯度 +1°
1	-0.05	-0.017	-0.14	0.00	-0.05
2	-0.06	-0.018	-0.15	-0.04	-0.04
3	-0.08	-0.018	-0.17	-0.11	-0.04
4	-0.10	-0.020	-0.21	-0.18	-0.03
5	-0.12	-0.020	-0.23	-0.25	-0.01
6	-0.11	-0.023	-0.20	-0.30	0.00
7	-0.13	-0.021	-0.20	-0.35	-0.01
8	-0.14	-0.020	-0.22	-0.34	-0.02
9	-0.11	-0.021	-0.19	-0.25	-0.04
10	-0.08	-0.019	-0.19	-0.12	-0.05
11	-0.06	-0.018	-0.16	-0.03	-0.06
12	-0.04	-0.017	-0.14	0.02	-0.06
年	-32.97	-7.051	-66.82	-59.45	-12.37

表3 各気象要素の単位量を変化させたときのペンマン蒸発散位(最大月)の減少量

The decrease amount of the Penman potential evapotranspiration as each meteorological element changes at unit quantity (at month of maximum potential evapotranspiration)

地点	気温	相対湿度 %	風速 m/s	日照時間 h/d	緯度 °
札幌	-0.11	-0.03	-0.16	-0.27	-0.02
仙台	-0.11	-0.03	-0.13	-0.30	-0.02
金沢	-0.14	-0.03	-0.19	-0.32	-0.03
名古屋	-0.14	-0.03	-0.23	-0.33	-0.02
東京	-0.13	-0.03	-0.20	-0.33	-0.02
京都	-0.13	-0.02	-0.28	-0.33	-0.02
岡山	-0.14	-0.02	-0.22	-0.34	-0.02
熊本	-0.14	-0.02	-0.21	-0.35	-0.02
那覇	-0.18	-0.04	-0.16	-0.39	0.00
平均	-0.14	-0.03	-0.20	-0.33	-0.02

表4 ペンマン蒸発散位(最大月)を10%減少させる各気象要素の増減量

The increase and decrease amount of each meteorological element in which reduce 10% of the Penman potential evapotranspiration at month of maximum

地点	気温	相対湿度 %	風速 m/s	日照時間 h/d
札幌	-3.8	15	-2.6	-1.5
仙台	-3.7	14	-3.0	-1.3
金沢	-3.7	18	-2.8	-1.6
名古屋	-3.8	18	-2.2	-1.5
東京	-3.9	17	-2.5	-1.5
京都	-3.9	23	-1.7	-1.5
岡山	-3.8	24	-2.3	-1.5
熊本	-3.7	25	-2.5	-1.5
那覇	-3.7	15	-3.9	-1.6
平均	-3.8	19	-2.6	-1.5

表5 年間ペンマン蒸発散位を10%減少させる各気象要素の増減量

The amount of increase and decrease of each meteorological elements which reduce 10% of the annual Penman potential evapotranspiration

地点	気温	相対湿度 %	風速 m/s	日照時間 h/y
札幌	-3.1	11	-1.6	-840
仙台	-3.2	10	-1.8	-694
金沢	-3.4	10	-2.0	-730
名古屋	-3.4	12	-1.6	-730
東京	-3.4	12	-1.6	-730
京都	-3.5	15	-1.3	-657
岡山	-3.4	15	-1.7	-694
熊本	-3.4	15	-1.7	-621
那覇	-3.6	10	-2.5	-621
平均	-3.4	12	-1.8	-702