

純放射推定のための長波放射とアルベドの分析 Analysis of long wave radiation and albedo for estimation of net radiation

○藤井三志郎* 伊藤浩三** 丸山利輔*
○FUJII Sanshiro, ITO Kouzo, MARUYAMA Toshisuke

1. はじめに

現在、全国の気象観測所の中で、純放射でなく日射量と日照時間を観測しているところが多々見られる。しかし、長期の熱収支の研究や蒸発散の研究を行うためには純放射が必要である。本研究はこの課題に対応するために、気温と水蒸気圧と日照時間から長波放射を推定し、日射量を使って、純放射を推定する研究を行った。この問題を全国的に検討するため、北海道、東北、関東の農業研究センター及び農業工学研究所の気象資料を活用した。

2. 研究の方法

2.1 純放射と長波放射（有効長波放射）推定式の形式

純放射の推定式は短波放射と長波放射から、下記の式で定義する。

$$Rn = S_D - S_U + L_D - L_U \quad (1)$$

ここに、 Rn ：純放射， S_D ：下向き短波放射（全天日射量）， S_U ：上向き短波放射， L_D ：下向き長波放射， L_U ：上向き長波放射。

ペンマンやFAOは有効長波放射を次のような形式で推定することを提案している(松井, 2010)。

$$L_n = \sigma \cdot \left[\frac{T_{k,\max}^4 + T_{k,\min}^4}{2} \right] \cdot (a_1 - a_2 \sqrt{e_a}) \cdot \left[a_3 \cdot \frac{n}{N} + a_4 \right] \quad (2)$$

この式で、 $L_n = L_U - L_D$ ， σ ：ステファンボルツマン定数 ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$)， e_a ：水蒸気圧 (kPa)， n ：日照時間 (h)， N ：日照時間 (h)。

本研究では、この形式を踏襲して、この式の中の定数 (a_1 , a_2 , a_3 , a_4) を日本で実測された気象資料を使い、時間単位で定めた。

3. 分析結果

3.1 長波放射推定式係数の最適決定

長波放射の推定式 (2) 式には実験的に定める 4 定数 (a_1 , a_2 , a_3 , a_4) がある。これを長波放射の推定式と実測値の差の絶対値が最小になるように定める。この目的関数は、(3)式で定義する。また、拘束条件は $a_3 + a_4 = 1$ である。

$$\text{目的関数} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |L_{n_{obs}} - L_{n_{est}}| \quad (3)$$

ここに、 $L_{n_{obs}}$ ：有効長波放射の観測値， $L_{n_{est}}$ ：有効長波放射の推定値， N ：資料数。

*石川県立大学 Ishikawa Prefectural University

**石川県奥能登農林総合事務所 Ishikawa Prefecture Okunoto Agriculture and Forestry General Office

キーワード：蒸発・蒸発散，熱収支

3.2 最適化係数の決定結果

上記の拘束条件の下で、目的関数を最小化するように決定した係数が **Table 1** である。この表には、ペンマンあるいはFAOで採用されている数値も合わせて示した。

Table 1 長波放射推定式の係数の最適決定結果
Determination result of coefficients for estimation formula of long wave radiation

機関	場所	項目	a1	a2	a3	a4	備考
北海道	羊ヶ丘	平均	0.26	0.01	0.73	0.27	9年平均
		標準偏差	0.01	0.01	0.02	0.02	
東北	厨川	平均	0.37	0.12	0.75	0.25	8年平均
		標準偏差	0.01	0.01	0.02	0.02	
関東	筑波	平均	0.48	0.19	0.66	0.34	8年平均
		標準偏差	0.02	0.02	0.02	0.02	
日本		平均	0.37	0.11	0.71	0.29	北海道, 東北, 関東の平均
FAO			0.34	0.14	0.9	0.1	
ペンマン			0.56	0.25	0.9	0.1	

3.3 アルベド

上向き短波放射を測定していない観測所において、純放射を推定するためにアルベド (a) は極めて重要な要素である。前述の3試験地では長期にわたって、日射と上向き短波放射を観測しており、正確なアルベドを知ることができる。この結果を **Table 2** に示した。

Table 2 試験地におけるアルベドの実測例
Observation results of albedo for the testes sites

機関	場所	項目	S_D $W \cdot m^{-2}$	S_U $W \cdot m^{-2}$	アルベド S_D/S_U	備考
北海道	羊ヶ丘	平均	139.6	46.5	0.33	9年平均
		標準偏差	3.8	4.8	0.04	
東北	厨川	平均	146.9	43.4	0.30	8年平均
		標準偏差	4.8	2.8	0.01	
関東	筑波	平均	157.8	32.0	0.20	8年平均
		標準偏差	3.6	1.1	0.01	

4. おわりに

Table 1 に示した係数を用いて(2)式より長波放射を求め、(1)式より純放射を推定した。この推定値は、実測純放射とよく一致した。ただし、**Table 1** に示した係数は、地域ごとに異なり、当該地域ごとに求めることが望ましいこと、東北と北海道は互換性があり、本研究の日本の平均値は比較的どの地域においても適合性がよかった。また、FAOの係数よりもペンマンの係数の方がわが国にはより適切なことが分かった。

本研究は、日本という限定された湿潤地の気象観測露場の芝生という条件下の研究であって、今後、資料の拡充を待って、さらに異なる地域で同様の分析が望まれる。

引用文献

(1)ペンマン型蒸発散量推定式における有効長波放射量推定式の比較, 松井 (2010): 農土論集 2701