

宇都宮における有効長波放射量の観測および推定式の検討

Observation and Estimate Equation for Net Long Wave Radiation at Utsunomiya

真木 拓也*, 松井 宏之**

Takuya SHINKI, Hiroyuki MATSUI

1. 背景・目的

Penman 型蒸発散量推定式を用いるとき、作物に水分ストレスがかからない土壌水分条件下で刈り揃えられた植生面上での上向き長波放射量と下向き長波放射量の差である有効長波放射量を求める必要がある。しかしながら、日本や東アジア周辺においてそのような環境を設け放射量を観測している地点はない。そのため、文献に記載されている有効長波放射量推定式をそのまま用いることが多い。そこで、本研究では Penman 型蒸発散量推定式が前提としている露場とその対照区として植生・灌漑のない露場を設置し、そこでの放射フラックスを測定し、植生および灌漑の有無による上向き長波放射量への影響について検討するとともに、宇都宮の気候条件での有効長波放射量推定式の妥当性を検討した。

3. 研究方法

3.1 観測概要

宇都宮大学内の畑に 5m×5m の露場を 3 つ設け、それぞれを植生あり・灌漑ありの露場（露場Ⅰ）、植生なし・灌漑なしの露場（露場Ⅱ）、植生あり・灌漑なし（露場Ⅲ）とした。植生にはヒエ（夏用）とエンバク（冬用）を用いた。また、露場Ⅰについては水分ストレスがかからないよう多孔管灌漑を行った。なお、フェッチについては考慮していない。

3.2 観測項目

露場Ⅰは、放射収支計（CNR4, Kipp & Zonen）を用いて、上向き長波放射量、下向き長波放射量、上向き短波放射量、下向き短波放射量を観測した。露場Ⅱは、赤外放射計（CGR3, Kipp & Zonen）を用いて上向き長波放射量を観測した。放射収支計および赤外放射計は露場の中央の 2m 高さに設置し、1 分おきに観測した。また、観測した値から地表面温度、有効長波放射量を算出した。

気温、湿度は露場横の 2m 高さで 10 分おきに観測した。また、各露場で 10 分おきに地表面から深さ 5cm, 10cm, 20cm, 30cm の地温、土壌水分量をそれぞれ自作の T 型熱電対、土壌水分計を用いて測定した。

4. 結果・考察

今回は露場Ⅰ、露場Ⅱについて検討した。

4.1 上向き長波放射量と地温の関係

露場Ⅰ、露場Ⅱの日平均上向き長波放射量と地表から 5cm の地温の相関係数はそれぞれ 0.90, 0.93 となり、平均気温との相関係数はそれぞれ 0.98, 0.99 となった。したがって、上向き長波放射量は 5cm よりも浅い地点の温度に影響を受けていると考えられる。

* 宇都宮大学大学院農学研究科 (Grad. Sch. of Agri., Utsunomiya Univ.)

* 宇都宮大学農学部 (Col. of Agri., Utsunomiya Univ.)

キーワード：長波放射, Penman, 放射収支, 地表面温度

4.2 植生・灌漑の長波放射量への影響

Fig. 1 は両露場での日平均有効長波放射量の変化を示している。1月、2月では有効長波放射量の値は露場Ⅰよりも露場Ⅱのほうが高く、3月になると露場Ⅰと露場Ⅱの値の差は小さくなっている。これは、気温が低い1月、2月では露場Ⅰにある灌漑水が凍ってしまったため、露場Ⅱと比べて地表面温度が低くなったことが考えられる。

Fig. 2 は1月2日と3月9日の下向き短波放射量(Sd)、上向き短波放射量(Su)、下向き長波放射量(Ld)、上向き長波放射量(Lu)の日変化を示している。なお、土壌水分量を異なる条件とするため両日とも前日から降雨のない晴天日とした。両露場とも気温の高い3月のほうが長波放射量は大きくなった。また、各露場の上向き長波放射量の最大値は1月2日は露場Ⅰが13時37分、露場Ⅱが15時22分となり、3月9日はそれぞれ12時55分、16時6分となった。このことから、植生面の方が昇温しやすいことが確認できた。

4.3 Penman 式の検討

Fig. 3 は日平均有効長波放射量の観測値とPenman 式(下式)による有効長波放射量推定値を比較したものである。

$$R_{nl}(\text{Penman}) = \sigma \cdot \frac{1}{2} \cdot (T_{\max}^4 + T_{\min}^4) \cdot (0.56 - 0.25\sqrt{e_a}) \cdot (0.9 \cdot \frac{n}{N} + 0.1)$$

R_{nl} : 有効長波放射量($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$),

σ : ステファン・ボルツマン定数($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$),

$T_{\max}$: 日最高気温(K), $T_{\min}$: 日最低気温(K),

e_a : 蒸気圧(kPa), n : 日照時間(h), N : 可照時間(h)

相関係数は 0.90 と高い値を示したものの、 $\text{RMSE}=64\text{W/m}^2$ となり大きく過大評価している。これは、Penman 式は海外で同定されたため、宇都宮の気候条件には適していないことが考えられる。

5. 今後の課題

本研究では1月から3月の結果のみであったため、引き続き観測し1年を通した変化を検討する必要がある。そして、宇都宮の気候に適した有効長波放射量推定式を作成する必要がある。また、上向き長波放射量は5cmよりも浅い地点の温度に影響を受けることがわかったので、より浅い地点の地温での検討が必要である。

引用文献

Penman: National evaporation from open water, bare soil and grass, Proceedings of the Royal Society of London, Ser. A, Mathematical and Physical Sciences, 193, 120-145, 1948

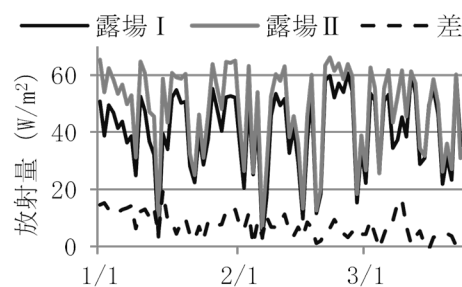


Fig. 1 各露場での日平均有効長波放射量 (1/1~3/23)

Net long wave radiation at each field

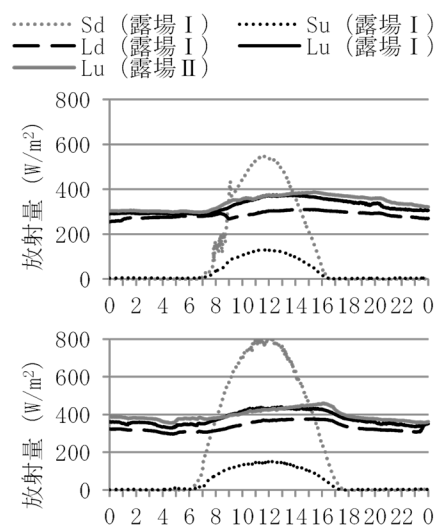


Fig. 2 各露場での放射フラックス (上: 1/2, 下: 3/9)

Radiation flux at each field

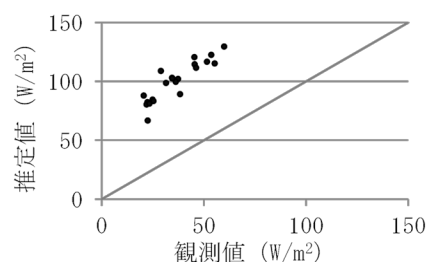


Fig. 3 Penman 式による有効長波放射量推定値

Net long wave radiation by Penman equation