

# 大麦 - 水稲二毛作圃場における熱収支の季節変化 Seasonal Change of Heat Balance at Barley-Rice Double Cropping Field

○桑野亮太\*・三浦健志\*・諸泉利嗣\*

KUWANO Ryota・MIURA Takeshi・MOROIZUMI Toshitsugu

1.はじめに 大麦 - 水稲二毛作圃場では、大麦、水稲各々の栽培期間で地表面の状態が異なり、とくに水稲時には地表面が水面となる。そのため、植生の違いや湛水の有無によって、微気象や熱収支は異なる様相を呈していると考えられる。そこで本研究では、大麦 - 水稲二毛作圃場において微気象の長期観測を行い、各種微気象法から潜熱・顕熱フラックスを測定し、熱収支各項の季節変化をとらえることを目的とした。

2.対象圃場の概要と解析手法 観測は岡山県玉野市にある約 1.4ha の大麦 - 水稲二毛作圃場で実施した。圃場と周辺の概況を図 1 に、測定機器の配置を図 2 に示す。なお、水稲時は 4 日間排水し、3 日間湛水する間断灌溉が行われていた。観測は毎年、大麦時が 11 月下旬～5 月下旬、水稲時が 6 月下旬から 10 月中旬まで行っている。ここでは 2009 年のデータを使用した。次に潜熱・顕熱フラックスの解析手法を示す。

1) 熱収支ボーエン比法：2 高度の温湿度と熱収支式からフラックスを求める方法。

$$lE = \frac{R_n - G}{\beta + 1} \quad \beta = \frac{H}{lE} = \gamma \cdot \frac{T_1 - T_2}{e_1 - e_2}$$

2) 渦相関法：風速の鉛直成分と比湿，気温との共分散によりフラックスを求める方法。

$$lE = l\rho w'q' \quad H = \rho c_p w'T'$$

3) 渦相関熱収支法：渦相関法により求めた顕熱フラックスと熱収支式から潜熱フラックスを求める方法。

$$lE = R_n - G - H = R_n - G - \rho c_p w'T'$$

lE, H: 潜熱, 顕熱フラックス R<sub>n</sub>: 純放射 G: 地中伝導熱(以上 kW/m<sup>2</sup>) β: ボーエン比 e: 水蒸気圧(hPa) γ: 乾湿球定数で 0.66(hPa/°C) l: 蒸発潜熱(MJ/kg) ρ: 湿潤空気密度(kg/m<sup>3</sup>) w: 風速の鉛直成分(m/s) c<sub>p</sub>: 空気の定圧比(kJ/kg/°C) q: 比湿 T: 気温(°C) (プライム (') は変動成分, バー (¯) は平均値を表す)

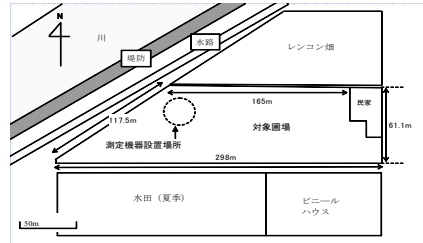


図 1 対象圃場と周辺の概況  
Fig. 1 Environment around the observation site.

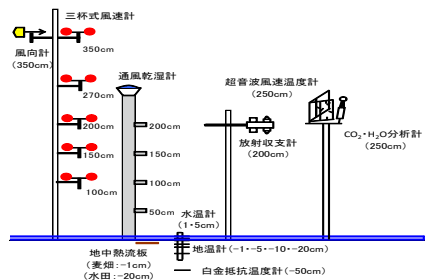


図 2 測定機器の配置  
Fig. 2 Arrangement of instruments.

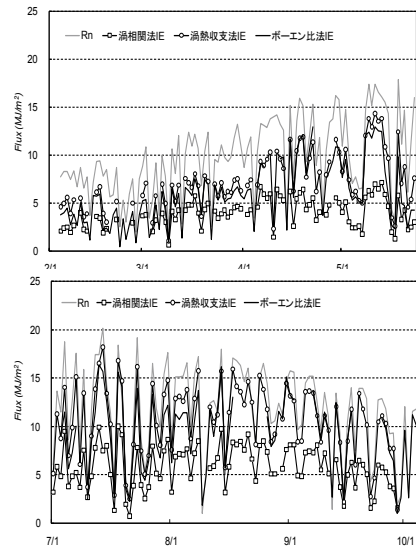


図 3 潜熱フラックスの経日変化 (上: 大麦 下: 水稲)  
Fig. 3 Seasonal changes of latent heat fluxes. Top figure is barley data. The bottom is rice.

\* 岡山大学大学院環境学研究科 Graduate School of Environmental Science, Okayama Univ.

キーワード：熱収支，二毛作圃場，潜熱フラックス，顕熱フラックス

**3. 潜熱フラックスの経日変化** 上記の解析手法で潜熱フラックスを算出し、季節変化を調べた(図3)。フラックスは昼間( $R_n > 0$ )の値を積算したものである。純放射量は大麦時、生育期間を通して徐々に増加し、期間中の平均は $9.8 \text{ MJ/m}^2$ であった。水稲時は平均が $11.7 \text{ MJ/m}^2$ で、7月14日に最大となったあと徐々に減少していった。IEは渦相関熱収支法が最大となることが多く、大麦時は $R_n$ に対して67.8%、水稲時は86.8%になった。水田では日中受けたエネルギーのほとんどが潜熱に回っていることがわかる。また、渦相関法が他の2手法に比べて過小であるが、これは渦相関法のインバランス問題として知られており、同様の観測事例が多数報告されている。3手法の相関(図4)を見ても $R^2$ の値は大きいものの、渦相関法が過小であることが見て取れる。

**4. 熱収支各項の日変化** 図5に大麦時、水稲時の熱収支各項の晴天日数日間の日変化を示す。大麦時は $R_n$ に対してHとGは位相が午前はずれ、IEは午後はずれている。水稲時に比べHとGの割合が大きいのがわかる。水稲時は水体への貯熱があるが、最大でも $0.04 \text{ kW/m}^2$ とかなり小さい。Gは水体の影響から、位相が午後はずれている。また、 $R_n$ に対して大麦時の日中はIEが約60%、HとGが約20%で水稲時の日中は $R_n$ に対してIEが約85%、Hが約10%、残り5%程度となった。

**5. 熱収支各項の季節変化** 図7は月ごとの純放射量に対する熱収支各項への配分率で、日中の値の積算値から求めた。大麦時の2月、3月は植被が未発達(LAI<1)であるため、群落内に日射がよく透過しており、Gが20%近くを占める。植被の発達に伴いGは減少し、IEの割合は増加する。水稲時も大麦時と同様LAIの増加に伴いIEの配分率は増加し、9月には86%にまで達した。GはLAIが同程度の大麦時と比べ半分程度であった。Wは最大でも2.6%と微小であった。

**6. まとめ** 本研究では熱収支各項の季節変化および大麦時と水稲時の違いを調べた。表1に大麦期、水稲期別に栽培期間を通しての熱配分を示す。水田では熱エネルギーの8割が潜熱に回され、大麦畑では顕熱、地中熱伝導量が水田の2倍ほどになった。また、水体への貯熱は微量であることもわかった。

表1 栽培期間を通しての熱配分(%)  
Table 1 Heat balance of each cultivation period.

	IE	H	G	W
大麦畑	60.7	24.2	15.1	
水田	79.6	10.2	7.8	2.3

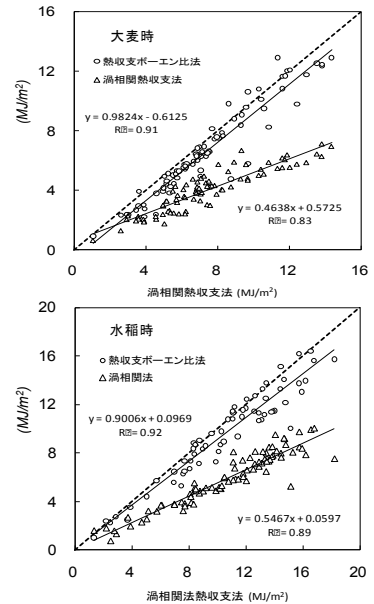


図4 手法間の相関(上:大麦,下:水稲)  
Fig. 4 Comparison of latent heat flux using 3 methods.

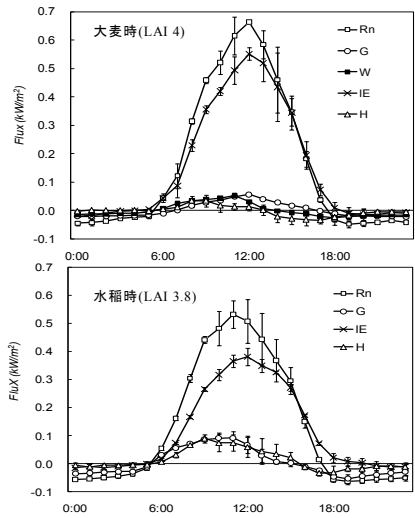


図5 熱収支各項の日変化(上:大麦,下:水稲)  
Fig. 5 Diurnal variation of heat fluxes. Top figure is barley data. The bottom is rice.

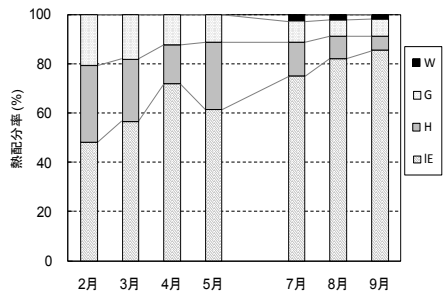


図6 月ごとの熱収支各項への配分率(%)  
Fig. 6 Heat balance of each month.