

ミャンマーの乾季水稲作・畑作における熱収支ボーエン比法による蒸発散量
Case Study on Evapotranspiration by Bowen Method in Paddy and Upland in the Dry Season, Myanmar

○白木 秀太郎*, アン チュウ トゥン**

○Shutaro SHIRAKI., Aung Kyaw Tun.

1. はじめに ミャンマー国ネピドー特別市ザヤテリ郡イエジン地区において、用水計画に資する適切な圃場消費水量を把握するため、2017年乾季水稲作、2018年乾季畑作（ゴマ、灌漑あり）の微気象観測を実施した。本報では、熱収支ボーエン比法による蒸発散量を評価し、蒸発散特性やボーエン比法の適用妥当性について報告するものである。

2. 観測概要 微気象観測機器はイエジン農業研究局試験圃場（N 19°49' 3.5", E 96°16' 25.0", 海拔約 95m）に設置した。観測項目は気温・相対湿度（2 高度 $H_1 = 2.4$ m, $H_2 = 0.7$ m）、短波・長波放射量（上下向き）、地中熱伝導量、風速（ $H=2.6$ m）、降水量、水温であり、観測間隔は 10 秒、データ記録は 10 分間の平均値である。水稲作におけるイネの移植間隔は 20 cm×15 cm（移植日 2017/1/28）、畑作ゴマは条間 15cm の筋蒔き（播種日 2018/2/5）、株間は 10~20cm である。評価対象期間は 2017 年と 2018 年の 2 月 4 日から 3 月 15 日の 40 日間とした。

2017 年と 2018 年の 2/4 から 3/15 における微気象観測の日平均値と標準偏差を Table.1 に示す。両年の気象条件はほぼ等しく、また、期間中に降雨はない。

Table 1. Comparison of meteorological condition from 4 February to 15 March in 2017 and 2018

	Downward shortwave radiation (W/m^2)		Downward longwave radiation (W/m^2)		Air temperature ($^{\circ}C$)		Related humidity (%)		Windspeed (m/s)	
	Mean	SD	mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	mean	SD
2017	240	25	359	20	24.9	1.5	59.2	7.4	0.957	0.293
2018	242	17	355	13	25.0	1.4	59.1	5.9	0.934	0.334

3. 結果と考察

(1) 熱収支ボーエン比法による時間蒸発散量 地表面の熱収支から蒸発散量 E はボーエン比 β ($=H/IE$) により次式から求めた。 Rn は純放射量 (W/m^2)、 G は地中熱伝導量 (W/m^2)、 ΔW は水体貯熱変化量 (W/m^2)、 l は蒸発潜熱 (J/kg) である。

$$E = (Rn - G - \Delta W) / l(1 + \beta)$$

Fig.1 にボーエン比法による乾季水稲作、畑作における時間蒸発散量 (ET) を示す。水稲作、畑作とも純放射量が大きい日中（8 時~17 時）では比較的安定した ET を得たが、日中以外の時間帯では ET が正負に大きく発散したり、符号が頻繁に反転したり、不安定な結果となった。

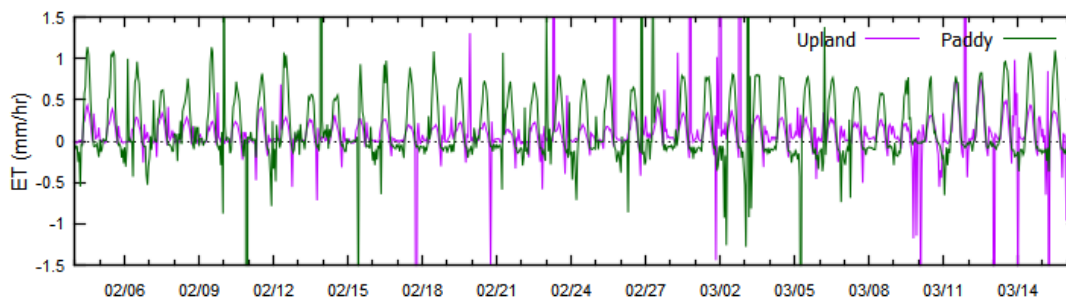


Fig. 1 Hourly ET calculated by Bowen method in upland and paddy in the dry season

* 国際農林水産業研究センター Japan International Research Center for Agricultural Sciences

** ミャンマー国農業畜産灌漑省農業研究局 Department of Agriculture Research, MOALI, Myanmar

キーワード：蒸発・蒸発散，気象環境，熱収支

(2) ボーエン比法の適用妥当性

1) 2 高度間の湿度差や純放射量が時間蒸発散量

に及ぼす影響 β が -1 に近づくと ET は発散し、また、 ET が 0 付近の β は正負に発散した (Fig.2)。 β が $-1.2 \leq \beta \leq -0.8$ を得た時間帯を調べると、畑地では 7 時, 18~22 時, 水田では 21~7 時にかけて多く発生していることが分かった (Fig.3)。これは、Fig.1 の ET の発散傾向と一致している。なお、それら時間帯では $Rn-G (-\Delta W) < 0$ となり、 ET の算定を不安定にしていた (Fig.4)。すなわち、2 高度間の湿度差や $Rn-G (-\Delta W)$ が小さい場合、測定精度の限界によりボーエン比の算定精度が悪化し、 ET の評価を困難する。また、畑地の方が夜間の放射冷却量は大きく、 $Rn-G - (\Delta W) < 0$ となる時間帯が水田より長いため、 ET の算定精度への影響は大きい。

2) 負数の時間蒸発散量の妥当性

Fig.5 に a) 潜熱輸送量が下向きを得た時間帯別発生頻度 (棒), 及び b) 湿度勾配の向きが上向きで潜熱輸送量が下向き (乱流拡散係数 Ke が負) を得た時間帯別発生頻度 (線) を示す。水田の a), b) はほぼ一致し、畑地では日の出と日の入時に一致した。 Ke が負数をとることは物理的にあり得ないため、水田で日中以外に発生した負数の ET は異常値と考えられた。

3) 日平均観測値による日蒸発散量の妥当性

17~7 時においては水田、畑地ともボーエン比法の適用は不可とし $ET = 0$ に修正して日蒸発散量を積算した (Fig.6 の実線)。また、日平均観測値からボーエン比法により日蒸発散量を算定した (Fig.6 の破線)。40 日間の累計蒸発散量は、畑地においては修正 ET が 76 mm, 日平均 ET が 169 mm, 水田においては修正 ET が 194 mm, 日平均 ET が 214 mm となった。乾期畑地の蒸発散量が湛水状態の水田蒸発散量に近似することは考えにくいから、日平均観測値を用いると畑地の ET は過大評価する傾向にあった。水田では修正 ET と日平均 ET に大きな差は生じなかった。

謝辞：本研究は運営交付金プロジェクト「開発途上地域農業の温室効果ガス排出抑制とリスク回避技術の開発」の一部として実施した。

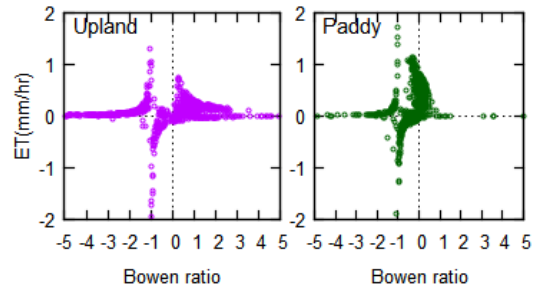


Fig. 2 Relationship between β and ET

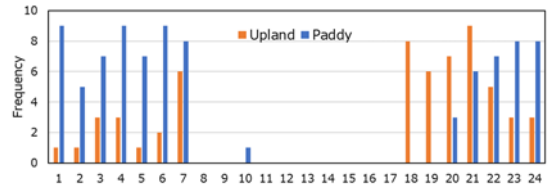


Fig. 3 Frequency that $-1.2 \leq \beta \leq -0.8$

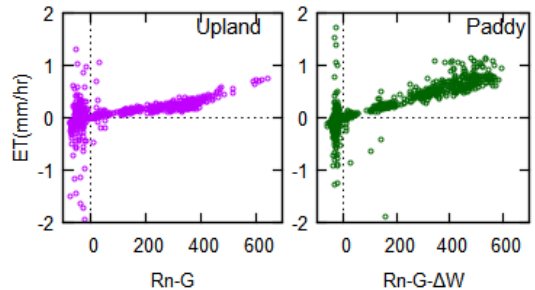


Fig. 4 Relationship between β and $Rn-G(-\Delta W)$

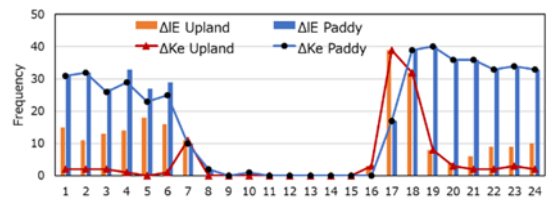


Fig. 5 Frequency that ET and Ke became negative

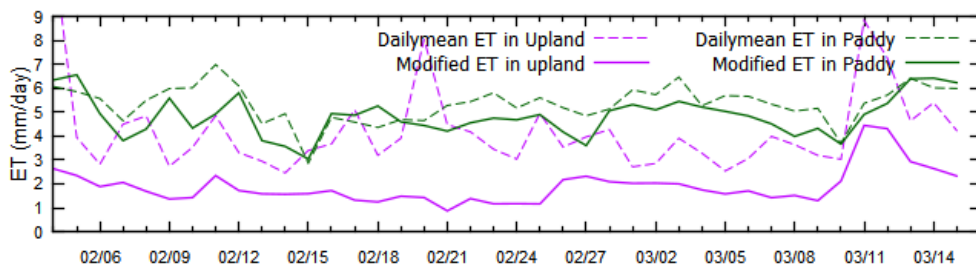


Fig. 6 Comparison of modified ET and Daily mean ET in Upland and Paddy