

熱収支フラックス比法とチャンバー法による水田からの CO₂ フラックスの比較 Comparison of CO₂ Fluxes from a Paddy Field Estimated by the Energy Balance Flux Ratio Method and the Chamber Method

小谷廣通^{*} 田村浩之^{**}

Hiromichi ODANI and Hiroyuki TAMURA

はじめに

農地 - 大気間のエネルギーおよび物質交換現象の解明は、農業生産上だけでなく大気環境保全上の見地からもきわめて重要である。

小谷ら(2001)は、農地 - 大気間のエネルギーおよび物質交換を推定する熱収支フラックス比法(EBFR法)を提案した。本報では、この方法によって推定した CO₂ フラックスが良好な推定値かどうかを検討するため、これとチャンバー法による測定値とを比較し考察した。

測定方法

滋賀県立大学圃場実験施設内水田の水稲植被上において、EBFR 法では顕熱フラックス(渦相関法)、温・湿度分布、純放射量、地中熱伝導量、湛水の貯留熱変化量および 2 高度の CO₂ 濃度を測定した。チャンバー法では、携帯光合成蒸散測定装置を用いて光合成速度(CO₂ フラックス)を測定した。測定日時は **Table 1** の通りである。

チャンバー法:チャンバーと呼ばれる容器内に葉を入れ(挟み)、チャンバーに入る空気と出て行く空気に含まれる CO₂ の濃度差を測定し、これと空気流量とから CO₂ フラックスを測定する。各 30 分間の測定において、10 ~ 16 株から各一葉を選出し日向葉の状態を測定した。

EBFR 法:EBFR 法では、CO₂ フラックス F_{CO_2} は次式から算定される。

^{*}滋賀県立大学環境科学部 (*School of Environmental science, University of Shiga Prefecture*)、^{**}名古屋大学大学院環境学研究科 (*Graduate School of Environmental Study, Nagoya University*)

キーワード:熱収支フラックス比法、チャンバー法、CO₂ フラックス、葉面積指数

Table 1 Measurement time

EBFR method	Chamber method
18:30 on 9/3/03 - 18:30 on 9/4/03	10:00-10:30, 13:30-14:00 & 16:30-17:00 on 9/4/03
18:00 on 9/5/03 - 18:00 on 9/6/03	14:30-15:00 on 9/6/03
18:00 on 9/10/03 - 18:00 on 9/11/03	10:00-10:30 & 12:30-13:00 on 9/11/03
18:00 on 9/15/03 - 18:00 on 9/16/03	10:00-10:30 & 13:30-14:00 on 9/16/03
18:00 on 9/17/03 - 18:00 on 9/18/03	10:00-10:30 & 13:30-14:00 on 9/18/03

$$F_{CO_2} = H_s \frac{\rho_{g1} / \rho_{aw1} - \rho_{g2} / \rho_{aw2}}{C_p(T_{d1} - T_{d2} + \Delta T_d)} \quad (1)$$

ここに、 H_s :顕熱フラックス(信頼できると仮定される)、 ρ_g :CO₂ 濃度、 ρ_{aw} :湿潤空気密度、 C_p :空気の定圧比熱、 T_d :乾球温度、 ΔT_d :温度補正量である。添え字 1,2 は 2 高度を表す。

測定結果と考察

測定結果:**Fig. 1** は EBFR 法とチャンバー法による CO₂ フラックスの測定値を比較している。図中には、これらの比例関係と直線関係が示されている。ばらつきは大きい、これらの関係の勾配から、EBFR 法による測定値はチャンバー法によるものより 2 倍程度大きな値が得られたことがわかる。そこで、EBFR 法による CO₂ フラックスは過大評価されるのかどうか以下に考察する。

従来の測定値との比較:**Table 2** は従来発表された CO₂ フラックスの測定値を示している。この表から、EBFR 法による測定値が特に過大評価されるようには見えない。

宇田川ら(1974)のデータを用いた分析:彼らは9月

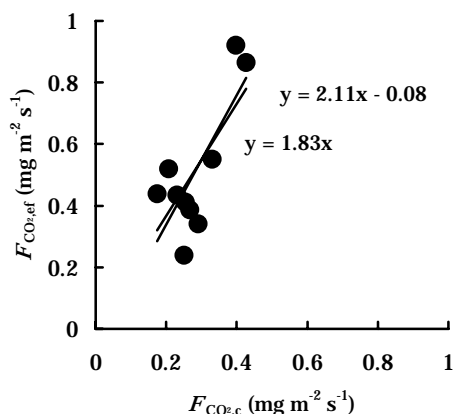


Fig.1 CO₂ fluxes measured by the energy balance flux ratio method and the chamber method, $F_{CO_2,ef}$ and $F_{CO_2,c}$.

ら判断して登熟期の 3~4 程度と考えられる。したがって、植被の上層と下層の間を中間層と呼ぶことにすると、EBFR 法による CO₂ フラックスの測定値は上方大気から上層および中間層の葉群に供給される値と考えることができる。彼らのデータを用いて、(上層+中間層)と上層の CO₂ フラックスとの比を求めると、10:00 の測定値に対して 2.07、12:00 の測定値に対して 2.01 となった。これらの値は Fig.1 の直線の勾配と良好に一致した。以上の分析から、EBFR 法による測定値が過大評価されるとは言い難い。

．おわりに

以上の結果と考察から、EBFR 法によって CO₂ フラックスは良好に推定できると思われる。また、EBFR 法による測定値がチャンパー法によるものよ

Table 2 Measured values of CO₂ flux published previously.

	Meas. time	Field	Method	Measured maximum value
Yabuki <i>et al.</i> (1974)	Sept. 24-25, 1971	Paddy field in Japan	Aerodynamic method	Day: -0.97mg m ² s ⁻¹ Night: 0.36mg m ² s ⁻¹
Toda <i>et al.</i> (2000)	Sept. 23, 1998	Paddy field in Thailand	Eddy correlation method	Day: -1.5mg m ² s ⁻¹ Night: 0.2mg m ² s ⁻¹
Toda <i>et al.</i> (2000)	Sept. 8, 1998	Complex surface in Thailand	Eddy correlation method	Day: -1.2mg m ² s ⁻¹ Night: 0.4mg m ² s ⁻¹
Iwata <i>et al.</i> (2001)	Sept., 1999	Paddy field in Japan	Eddy correlation method	Total value on a day (TVD): -20g m ² day ⁻¹
Our data (2003)	Sept. 3-18, 2003 Sept. 3, 2003	Paddy field in Japan	EBFR method	Day: -0.96mg m ² s ⁻¹ Night: 0.31mg m ² s ⁻¹ TVD: -13.3g m ² day ⁻¹

14 日に測定した水稻群落(品種:マンリヨウ)の高度別光合成速度と高度別葉面積密度(LAI=3.3)との関係を報告している。また、植被上層の光合成速度は日向葉によるものが大部分であることも報告している。チャンパー法による CO₂ フラックスの測定値は、植被上層の LAI が 1 に相当する葉群に対する値を示すと考えられる。また、一般的に、土壤呼吸量は植被全体によって吸収される CO₂ 総量の 30%程度といわれているので、植被下層 30%の光合成速度はこの土壤呼吸量によって供給されたと考えることにする。今回供試した水稻の LAI は、生育状況と収量が

り 2 倍程度大きな値が得られるのは、主として両方法が対象とする葉面積の違いによるものと考えられる。

引用文献

- 岩田ら(2001):気象研究ノ - ト(199)、105-114
 小谷ら(2001):鳥大乾地研共同研究発表会講演要旨集、37-40
 戸田ら(2000):水文・水資源学会誌(13)、276-290
 宇田川ら(1974):日本作物学会紀事(43)、196-206
 矢吹ら(1974):農業気象(30)、10-105