

蒸発が植生下の田面水の対流におよぼす影響

Effect of evaporation on convective velocity of ponded water in the vegetated paddy lysimeter

○花山 奨*・安中 武幸*

Susumu HANAYAMA*, Takeyuki ANNAKA*

1 はじめに

酸素、二酸化炭素、窒素の水面交換量は、田面水の水質や生態系に大きく影響する。田面水と大気との間のガス交換は水中の対流に依存する。それゆえ、田面水の対流現象の理解は適切な水環境の評価において重要である。

植生下の田面水において、日中水面温度が地表面温度より高くなり、安定した水の密度分布（密度成層）が形成される。Hanayama et.al.(2009)は植生下において田面水の対流が生じることを報告した。湖沼の表層においても同様な水温の日変化が生じる。午前中には受熱によって密度成層が発達し、午後には水面が冷却され自然対流や水面に作用する風応力の機械的擾乱によって水温分布が均一になる(有田,1998)。植生下の水田の場合、水面に作用する風応力の影響は少ないといえる。一方、田面水の蒸発は水面冷却として作用し、蒸発は日中における植生下の田面水の対流に影響をおよぼすものと推測される。そこで本研究は、蒸発が植生下の田面水の対流におよぼす影響をライシメータと水田モデルを使って検証した。

2 実験方法

実験は山形大学農学部実験ほ場内のライシメータ(内寸：縦 1.8m×横 1.8m×深さ 1.8m)と発泡スチロール製の容器(内寸：縦 48cm×横 38cm×深さ 24cm)を使った水田モデルで行った。ライシメータにおける稲の栽培は慣行栽培とし、苗(品種：はえぬき)は 30cm×15cm の間隔で植え付けた。水稻栽培期間中、田面水を落水することはせず、計測期間中(2009 年 8 月 10 日から 17 日)の田面水の水深は 10cm とした。気温、水温、地温を測定するため、水面 20cm 上、水面(10cm)、7.5cm、5cm、2.5cm、地表面(0cm)、地表面下-2.5cm、-5cm、-10cm、-20cm、-40cm の位置に熱電対を設置し、日射計を水面 140cm の位置に、風速計を水面 100cm の位置にそれぞれ設置した。また、水面 20cm 上に湿度センサーを設置した。これらのセンサーはデータロガーに接続され、測定は 1 分毎とし、10 分毎に平均化されたデータがデータロガーに記録された。

水田モデルは代掻きした 13cm 厚の土層と水深 10cm の湛水層で構成され、裸地とした。水面は蒸発を防ぐため食品包装用の透明フィルムで被覆した。また、植生下の田面水と類似した水温分布を形成させるため、水田モデルは遮光ネットを取り付けたフレーム(縦 60cm×横 90cm×高さ 90cm)の中に設置した。気温、水温、地温はライシメータにおける測定と同様にして測定した。

田面水の対流速度は、熱線風速計の原理を応用した Fujimaki et al.(2000)の方法で測定された。なお本測定では、測定時に付加する熱量を従来の 25%とした。こうすることで低速の対流速度の測定に対応した(花山・安中,2009)。対流センサーは区画のほぼ中央に地表面から高さ 5cm の位置に設置した。そして、対流速度は 2 時間毎に測定された。

*山形大学農学部 Faculty of Agriculture, Yamagata University キーワード: 田面水、対流、蒸発、密度成層

3 結果と考察

3.1 植生下の田面水の対流速度

計測日 2009 年 8 月 16 日の大気と群落内のそれぞれの積算日射量は $23.7\text{MJm}^{-2}\text{day}^{-1}$ 、 $7.5\text{MJm}^{-2}\text{day}^{-1}$ であった。また、稲の草丈は $92\pm 3\text{cm}$ ($n=65$) であった。Fig.1 は水温・地温分布を示す。日中において、水面温度が地表面温度よりも高くなり、密度成層が形成された。Fig.2 は田面水の対流速度と田面水と水面 20cm 上の大気間との水蒸気圧差の日変動を示す。対流速度は 7:00 に約 0.1mm s^{-1} と最も遅くなり、その後増加し、13:00 に最大約 0.6mm s^{-1} となった。そして、日中の対流速度の変化は水蒸気圧差の変化と対応しており、蒸発は植生下の田面水の対流速度に影響を与えているものと推定された。

3.2 蒸発が植生下の対流速度におよぼす影響

蒸発が植生下の田面水の対流速度に影響をおよぼすことが示唆された。そこで、蒸発を抑制した水田モデルを使って対流速度の変化を測定した。測定は 2009 年 9 月 7 日に行い、当日は晴天で、大気と遮光ネットで覆われたフレーム内のそれぞれの積算日射量は $19.3\text{MJm}^{-2}\text{day}^{-1}$ 、 $2.9\text{MJm}^{-2}\text{day}^{-1}$ であった。Fig.3 は田面水の水温分布を示し、前述のライシメータにおける水温分布と平均水温はほぼ同様の傾向を示した。Fig.4 は田面水の対流速度の日変化を示す。7:00 から 17:00 にかけての対流速度は夜間の対流速度より遅くなり、ほぼ一定の速度であった。7:00 を除いて、対流速度が遅くなった 9:00 から 17:00 の時間帯は田面水が密度成層を形成した時間帯と一致した。この結果から、植生下において蒸発は日中の対流の駆動力であると判断された。

引用文献)

Fujimaki et al. (2000) : Soil Sci., 165, 404-411

有田編(1998):水圏の環境, pp228-275

Hanayama et al.(2009):Paddy Water Environ., 7,255-258

花山・安中(2009):土壌の物理性,113,21-24

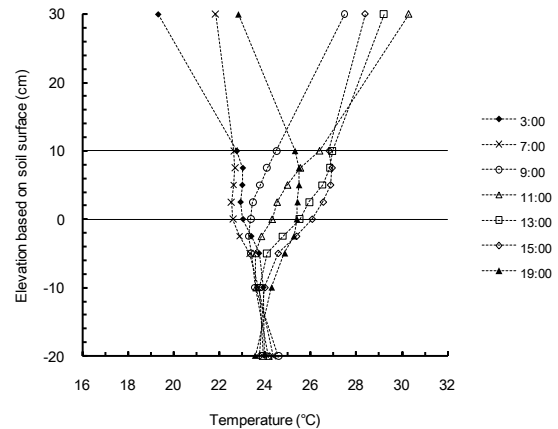


Fig.1 Temperature profiles in the vegetated plot

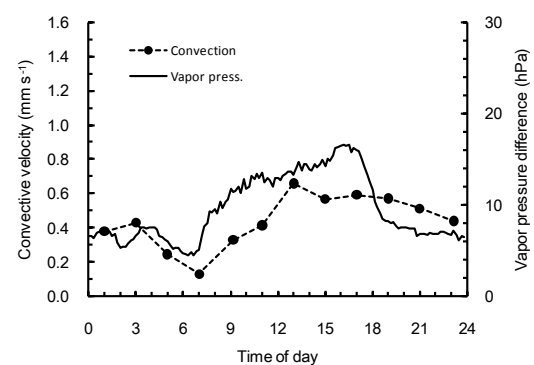


Fig.2 Diurnal changes in convective velocity and vapor pressure difference in the vegetated plot

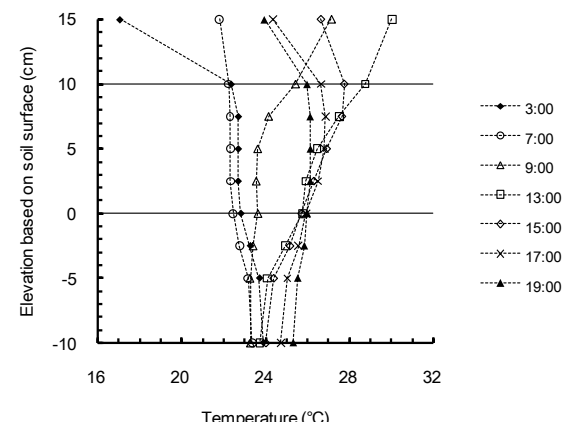


Fig.3 Temperature profiles in the model experiment

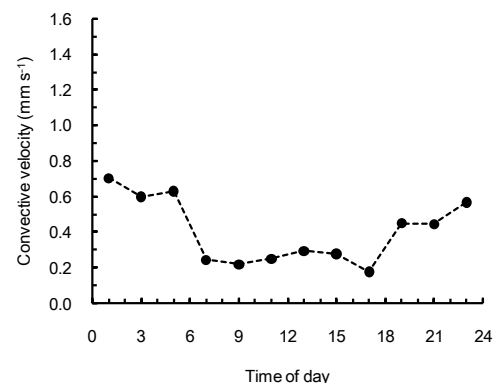


Fig.4 Diurnal changes in convective velocity in the model experiment