

## ペルチェ素子を使った田面水の対流にともなう水温変動の測定 Measurements of change in flooded water temperature caused by convection with peltier devices

○花山 奨\* 安中武幸\*

HANAYAMA Susumu, ANNAKA Takeyuki

### 1. はじめに

対流は物質循環に影響をおよぼす。田面水の対流は、日射による土壌表面の加熱にともなう上昇流と蒸発による水面の温度低下にともなう下向流によって生じる。これらの流れはそれぞれ異なる熱量をもつため、田面水中に不均一かつ微小な温度分布が形成される。筆者らは、この不均一かつ微小な温度分布を測定することによって、田面水の対流の状況を把握できると推測した。そこで、微小な温度変化を測定するセンサーとしてペルチェ素子に注目した。ペルチェ素子は、放熱板の間に金属電極と p 型および n 型半導体が交互に複数連結された構造をもつ。そのため、放熱板の両面間に生じる微小な温度差を検知できると予想される。本研究は、ペルチェ素子を使って田面水の対流にともなう水温変動を測定することを目的とした。

### 2. 実験方法

#### 実験 1 対流にともなう水温変動と EC 測定

実験における水の対流は、田面水の対流の発生機構を模して調整した (Fig. 1)。水深 5cm となるよう水を含んだプラスチック製の円筒容器 (内径 10cm、深さ 6cm) の底面を恒温水 (25℃、30℃、35℃、40℃、45℃を設定) で暖め、水面は大気 (20℃で固定) に開放し対流を発生させた。ペルチェ素子 (縦横各 30mm、厚さ 3mm) は円筒容器内の水塊の中央に設置した。対流にともなう水中の温度変化は、ペルチェ素子によって電圧に変換され、その電圧変化を 1 秒毎に 1 分間測定した。測定は 10 反復とした。また、上記と同様の条件において、円筒容器内の中央に EC センサーを設置し、円筒容器内の水に 3.3mol/l の塩化カリウム溶液 1ml を添加して EC の変化を測定した。この EC の変化から対流の大きさを「混合力」として定義した。

#### 実験 2 野外において擬似水田を使った対流にともなう田面水の水温変動の測定

2016 年 8 月 7 日から 9 日にかけて、山形大学農学部実験圃場に擬似水田を設置し、擬似水田の田面水の水温変動をペルチェ素子を使って測定した。擬似水田は直径 16cm、深さ 14cm の円筒形のポリエチレン製容器に厚さ 6cm の代かきした水田土壌と水深 6cm の田面水を持つ。ペルチェ素子は田面水の中央に設置した。水温変動は毎時 0 分から 10 分間測定し、1 分毎のデータ 10 個を平均した。この実験

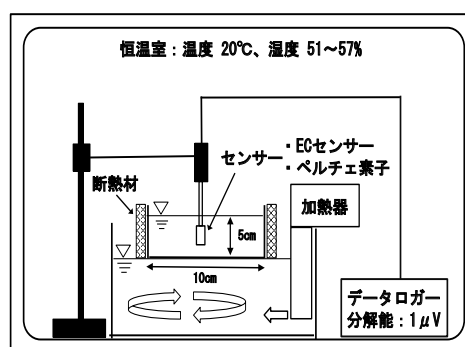


Fig.1 Schematic diagram of experimental apparatus

\* 山形大学農学部 Faculty of Agriculture, Yamagata Univ.  
キーワード: 田面水, 対流, 温度変化, ペルチェ素子

期間中の気象状況はアメダスのデータを利用した。

### 3. 結果と考察

#### 3. 1 対流にともなう混合力の定義

容器底面と大気との間の温度差が大きくなるにともなって、ECが一定値になるまでに要する時間が短くなった (Table1)。混合力は、拡散のみでECが一定になる時間 (約 6700 分) を各温度差において EC が一定になるまでに要する時間で割ったものとして定義した。

Table.1 Mixing force due to convection in water at each temperature conditions

温度条件 室温-底面温度	(a) 混合時間	混合力 6700min/(a)
20°C-20°C	600 min	11
20°C-25°C	230 min	29
20°C-30°C	120 min	56
20°C-35°C	70 min	96
20°C-40°C	42 min	160
20°C-45°C	27 min	248

#### 3. 2 対流にともなう水中の温度変化と混合力の関係

混合力が大きくなるにともないペルチェ素子の出力値の変動幅は大きくなった。Fig. 2 は混合力と出力値の標準偏差の平均値 (n=10) との関係を示す。混合力と出力値の標準偏差の関係は累乗近似曲線によく一致した。

#### 3. 3 疑似水田における対流にともなう田面水中の温度変化と混合力の関係

Fig. 3 は 2016 年 8 月 7 日 (天候晴れ) の田面水の混合力の変化を示す。混合力は日中に変化する事が示された。混合力は 7 時から増加し 15 時に最大となり、その後減少した。また、0 時から 6 時および 21 時から 24 時のそれぞれの時間帯において、混合力は 0 に近い値となった。この混合力の日変化は、Fujimaki et al. (2000) および Hanayama et al. (2009) によって示された田面水の対流速度の日変化と同様の傾向を示した。既往の田面水の対流速度の結果と本研究の結果の定量的な比較はできない。しかし、既往の対流速度の日変動と混合力の日変動の定性的な一致から、本研究の手法は田面水の対流を把握する手法として有効であると考えられる。

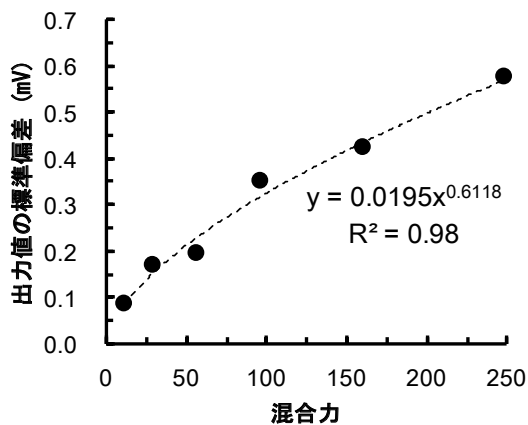


Fig.2 Relationship between mixing force and water temperature fluctuation

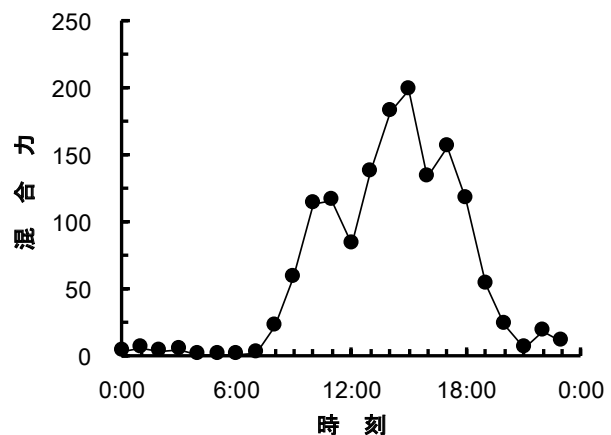


Fig.3 Daily change in mixing force of flooded water in fields.

引用文献 : Fujimaki et al.(2000), Soil Sci.,165,404-411.;Hanayama et al.(2009),Paddy Water Environ.,7,255-258