

田面水の対流速度を測定する装置の改良

Improvement of the measurement apparatus for convective speed of ponded water in paddy fields

花山 奨^{*}・粕淵 辰昭^{*}・安中 武幸^{*}
Susumu HANAYAMA^{*}, Tatsuaki KASUBUCHI^{*}, Takeyuki ANNAKA^{*}

1. はじめに

対流は物質循環において大きな駆動力として作用するため、田面水の対流は水田における大気・田面水・土壌間の物質循環およびエネルギー輸送・移動において重要な役割を果たすと考えられる。

Fujimaki et al.(2000)は田面水の対流速度を測定する装置を開発し、水田での実測値を報告するとともに、測定における問題点を指摘した。その問題点は、対流速度を測るための金属線を水中に放置し続けると金属線に気泡が付着してしまうことである。金属線周辺における気泡の存在は金属線周辺の断熱効果を上昇させ、発熱させた金属線の温度変化にも影響をおよぼすと考えられる。

また、Fujimaki et al.(2000)の測定システムは各種の測定機器を動作させるのに交流電源を必要とするため、電力供給が容易でない圃場における測定は困難であった。

本研究では、金属線に付着する気泡が測定におよぼす影響を明らかにすること、気泡除去および電源の直流化を目的とした装置の改良、改良された測定システムを利用して現地圃場での実測値を得ることを目的とした。

2. 気泡付着の測定値への影響

2.1. 測定原理

Fig.1はFujimaki et al.(2000)の対流速度測定装置の概要である。センサー一部は、直径0.10 mm、長さ500 mmのニッケル線とそれぞれ同じ直径および長さのニッケル線とコンスタンタン線(直径0.11 mm)を張り合わせたニッケル+コンスタンタン線できている。このセンサーを田面水中に設置し、ヒーターとして機能するコンスタンタン線を発熱させた後の水の流れによる温度変化をニッケル+コンスタンタン線のニッケル線の抵抗変化として計測する。この抵抗の変化はホイートストンブリッジを利用して電圧に変換され、コンピュータに記録される。抵抗の変化による電圧の変化は次式で求められる。

$$e = V_1 R_1 / R_2 [1 / (1 + R_2 / \Delta R)] \quad (1)$$

ここで、 e はFig.1のP₁点とP₂点の間の電圧差、 V_1 はブリッジに付加する電圧、 R_1 は抵抗 R の抵抗、 $R_2 = R_1 + R_{Ni}$ 、 R_{Ni} はニッケル線の抵抗、 R はコンスタンタン線の発熱にともなう温度変化によるニッケル線の抵抗の変化量である。 V_1 、 R_1 および R_2 は定数であるから、(1)式より e の増減は R に依存する。

2.2. 気泡の付着による測定値への影響

水深8cmになるよう水を張った容器にセンサーを設置し、ブリッジに付加する電圧とヒーター線に付加する電圧をそれぞれ1.5V、3.0Vとして、センサー上の気泡の有無による測定値の変化を調べた(Fig.2)。その結果、センサーに気泡を付着させた場合の出力電圧は気泡のない場合に比べ約10%大きくなった。気泡の断熱効果によって金属線周辺の温度が金属線に気

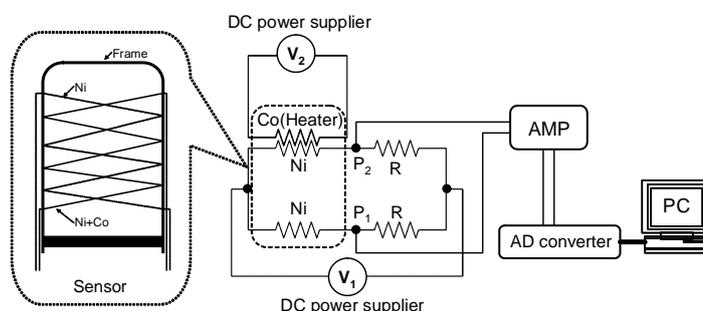


Fig.1 Outline of measurement apparatus for convective speed

泡が付着していない場合より高くなり、気泡の付着とともに ΔR の増加が e を増加させたと考えられる。つまり、気泡の付着によって対流速度は過小評価されることになる。

3. 装置の改良

3.1. 気泡付着防止対策

センサーを長時間水中に放置すると水中で気化した酸素や二酸化炭素がセンサーに付着する。そこで測定終了後センサーを水面上に持ち上げ、測定直前に水中にセンサーを降下させる装置を作製した (Fig. 3)。センサーを滑車、市販の工作用のギアボックスとモーターを使って上下に移動できるようにした。センサーの昇降はモーターの電源 (単1型アルカリ電池) の ON/OFF をリレーコントローラーで制御した。

3.2. 電源の直流化

サーキット、ヒーターに供給する電源を乾電池 (直流電源) で代用できないかを検討した。乾電池を用いた場合、測定の繰り返しにより電圧低下が問題となる。そこで、ブリッジに付加する電圧 (1.5V) は単1型アルカリ電池を並列で2個使って供給され、ヒーター用の電圧 (3V) は前述と同様の電池を2個直列につないだものを並列で4個使って供給した。この設定において、1回の測定でブリッジおよびヒーターに電圧を付加する時間はそれぞれ6分と2分とし、1時間間隔で24回測定した。それぞれの電池の電圧低下は2%以下であった。

また、測定電圧の増幅において電池で動作できるようにオペアンプを使って増幅装置を作製した。電源は9V形006P型の乾電池を1個使用した。アンプの出力特性を調べた結果、本測定で使用する範囲の電圧に対して十分な線形性を有することが示された。

Fig. 1 で示された AD 変換器およびコンピュータは DC 電源で動作するデータロガーで代替した。

4. 改良された測定システムによる測定例

測定は2007年8月に山形大学農学部実験圃場内のライシメーターを使って行った。測定時のライシメーターの状態は、湛水深10cmの裸地水田とした。測定時の天候は1日を通して晴れであった。測定時の水中におけるセンサーの位置は水面から約5cm下に位置するように制御した。Fig. 4 に示された対流速度が日変化するという傾向は、Fujimaki et al. (2000) が示した結果と一致した。以上より、改良装置は従来装置と同等の測定能力を有すると判断された。

引用文献 Fujimaki Y, Mowjood MIM, Kasubuchi T (2000) : *Soil Sci.*, 165, 404-411

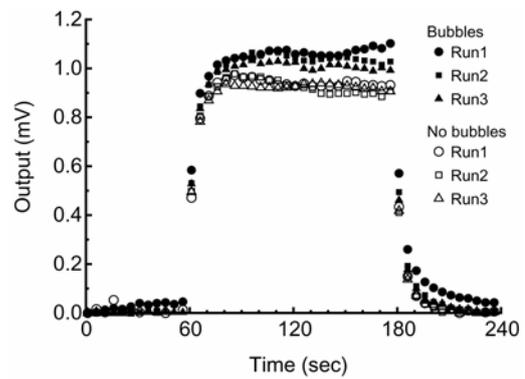


Fig.2 Effect of air bubbles accumulated along sensor on measurement for convective speed of ponded water

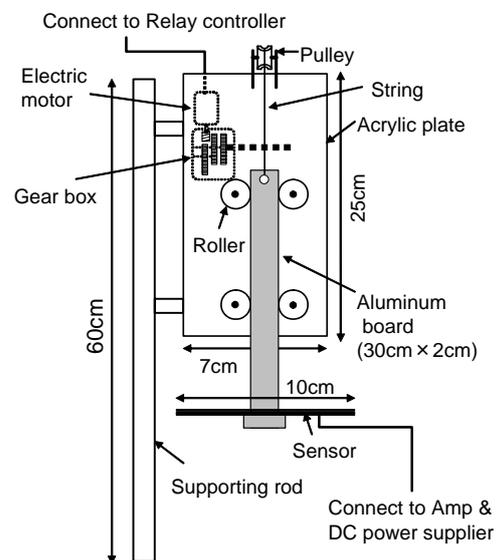


Fig.3 Outline of equipment to lift up/down sensor

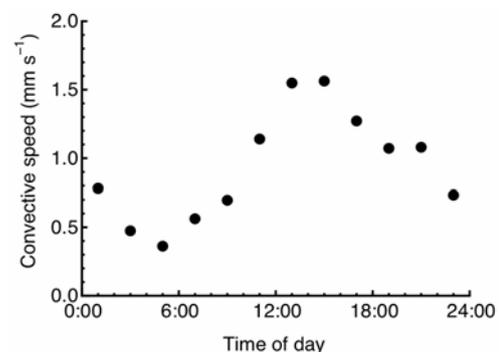


Fig.4 Diurnal change in convective speed of ponded water with time