

## 田面水の対流制御法の改良とそれを用いた適用例の紹介 Improvement of convection control method of flooded water and presenting an example of the application of the improved method

○花山 奨\*・安中武幸\*  
Hananyama Susumu・Annaka Takeyuki

### 1. はじめに

田面水の対流が水田の物質移動におよぼす影響を調べるためには、田面水の対流を制御した実験が必要となる。従来の田面水の対流制御法は蒸発による水面温度低下と水槽の下端を加熱することで対流を制御した(図1, Mowjood & Kasubuchi, 2002)。この方法は田面水の対流による大気-田面水間の物質移動を調べるために開発されたものであり、田面水-土壌間の物質移動を調べることは考慮されていない。田面水の対流による大気-土壌間の物質移動を調べるためには水槽下端を加熱することなく、水面からの放熱のみで対流を制御できるようにすることが必要である。そこで本研究の目的は次の2点とした。①従来の対流制御法を水面からの放熱によって対流を制御できる方法に改良する。②改良された方法を使った田面水-土壌間の物質移動に関する研究の一例として、田面水の対流が土壌による田面水中の溶存酸素の消費におよぼす影響について紹介する。

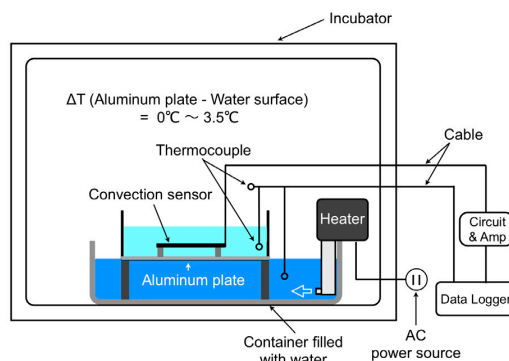


図1 Conventional convection control method of flooded water

### 2. 実験方法

#### 2.1 田面水の対流制御法の改良

改良された対流制御法は田面水の温度を一定に保ち、水面に接する気体の温度を調節することによって対流を制御するものである(図2)。内径11cm×高さ8cmのプラスチック製容器を使って砂の厚さ2cm、湛水深5cmとなるポット水田を作成し、そのポット水田を水温25°Cに固定した恒温水槽中に設置した。ポット水田を含んだ恒温水槽は恒温器内に静置され、ポット水田の田面水中に対流センサーを設置した。なお、ポット水田の水面は薄いフィルムで覆い蒸発を防止した。そして、恒温器内の気温を25°Cから15°Cまで段階的に低下させ田面水の対流速度を測定した。対流速度の測定は花山と安中(2009)による方法を適用した。

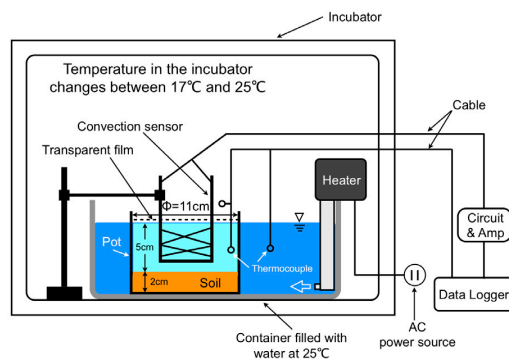


図2 Improved convection control method of flooded water

#### 2.2 改良された対流制御法を用いた適用例

上記の装置を使い、田面水の対流が土壌による田面水中の溶存酸素消費におよぼす影響を調べた。実験は山形大学フィールド科学センターの水田表土を風乾し2mm篩を通過した土を用いて上述と同様のポット水田を作成し、田面水の対流速度は上述2.1の実験結果をもとに設定した。測定は田面水のDOとpHを1日ごとにDOメーターとpHメーターで行い、また、実験開始時、3日目、5日目の田面水中の鉄を酸で可溶化した後に吸光度法(1, 10-フェナントロリン法)で鉄濃度を測定した。実験は各対流速度において3反復とした。

\*山形大学農学部 Faculty of Agriculture, Yamagata Univ. キーワード: 田面水, 対流, 放熱, 溶存酸素, 還元化

### 3. 結果と考察

#### 3.1 大気-水面間の温度差による対流制御

図3はポット水田の水温と恒温器の庫内温度との間の温度差と対流速度的関係を示す。水温-気温の温度差と対流速度的間に高い線形性( $R^2=0.99$ )が得られ、水面からの放熱によって対流を制御できることが明らかとなった。なお、この実験結果から実験2.2における田面水の対流速度は0.14mm/sと0.52mm/sと設定した。

#### 3.2 適用例の結果 一田面水の対流が土壌の酸素消費におよぼす影響一

図4は異なる田面水の対流速度における溶存酸素の時間変化を示し、田面水の対流速度は土壌の溶存酸素消費に影響することが明らかとなった。対流速度0.52mm/sでは、溶存酸素は1日あたりほぼ1mg/lの割合で減少した。一方、対流速度0.14mm/sでは、実験開始から1日間で溶存酸素は約2mg/l減少した後、2日目にわずかに増加し、その後緩やかに減少した。

この対流速度の大小による溶存酸素消費量の違いは以下のように考察される。実験開始から1日目では土壌表面直上に十分な酸素が存在し、土壌表層の微生物はこの地表面直上の溶存酸素を利用して呼吸を維持した。2日目以降、対流速度0.52mm/sでは土壌表面に酸素が供給されたことにより、土壌表層の微生物は田面水の溶存酸素を利用し、その結果一定の速度で溶存酸素が消費された。一方、対流速度0.14mm/sでは1日目に土壌表面直上の酸素が消費された後、対流による土壌表面への溶存酸素供給が少なく、土壌表層の微生物は田面水の溶存酸素の代わりに土壌中の溶存酸素を利用したと推測される。その結果、田面水中の溶存酸素の消費が見かけ上抑えられたと考えられる。

上記の推察が妥当であるならば、対流速度0.14mm/sでは土壌表層の還元化が進行していることになる。これを土壌から田面水への鉄の溶出量で検討した。図5は田面水中の酸可溶鉄の濃度の時間変化を示す。実験開始から3日目までは鉄濃度はほぼ0mg/lであったが、5日目では鉄濃度は顕著に増加し、対流速度0.52mm/sより0.14mm/sにおいて高濃度となった。田面水中の鉄濃度の上昇は土壌からの鉄の溶出を意味し、それは同時に土壌表面の還元化を意味する。つまり、対流速度0.14mm/sでは土壌表層の還元化が進行していたことになり、微生物が田面水の溶存酸素の代わりに土壌中の溶存酸素を利用したという推察は妥当であるといえる。

このように改良された対流制御法で対流が田面水-土壌間の物質移動に影響をおよぼす一例を示すことができた。今後この手法を用いてリンや窒素の田面水-土壌間の移動に対流がどのような影響をおよぼすか検討する。

#### 【参考文献】

- Mowjood & Kasubuchi (2002): Soil Sci. Plant Nutr., 48, 673-678  
花山・安中 (2009): 土壌の物理性, 113, 21-24

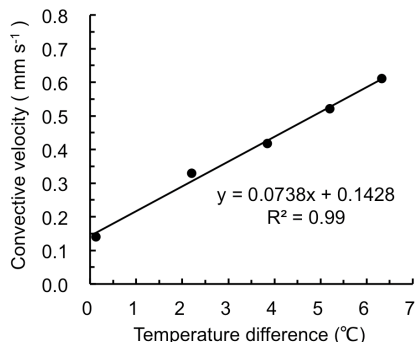


図3 Relationship between convective velocity and air-water temperature difference

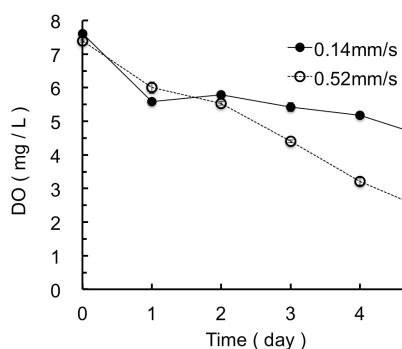


図4 Change in DO of flooded water with time

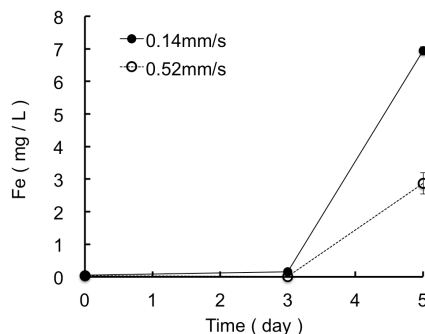


図5 Change in Fe concentration of flooded water with time