

湛水土中における表面酸化層の形成に日射や植物根が与える影響 Effects of solar radiation and plant roots on the surface oxidized layer in flooded soil

○福田日毬, 渡辺晋生, 取出伸夫

Himari Fukuda, Kunio Watanabe, Nobuo Toride,

はじめに 近年, ゼロカーボンアクションや化学肥料の価格高騰等から, 水田への有機物施用が増えている。水田土中の有機物分解は, イネの成長に必要な栄養を供給する一方で, 温室効果ガス放出にも繋がる。また, 有機物の分解速度や亜酸化窒素ガスの発生速度は, 水田表層の溶存酸素濃度DOの高い酸化層で顕著である。酸化層の厚さは, 酸素の供給と消費によって決まり, 一般的に数mmから20mm程度といわれている。また酸素の供給が光合成によるのであれば, 酸化層の厚さやDO分布は, 日射や日照時間で変動すると考えられる。しかし, 実際の酸化層の厚さやDO分布, 酸素の発生範囲や日射との関係は明らかでない。そこで本研究では, 水田表層のDOの深さ分布と, これに日射と日照時間が与える影響を明らかにすることを目的とする。

試料と方法 三重大学内の休耕畠の表土を採取し, 2mm篩い通過分を試料とした。試料を $300 \times 300 \times 20\text{ mm}^3$ のアクリル製根箱に, 200mm高まで乾燥密度 1.22 Mg/m^3 で均一に充填し, 24°C に設定した人工気象器内に設置した。試料の上端は, マリオット管を用いて湛水深を50mmに保ち, 下端は排水なしとした。湛水部および土壤側面は実際の水田環境を想定し遮光した。そして土中のEhが150mV以下になった後, イネ(コシヒカリ)を根箱中央部に一株移植した。ここで, 空間分解能 $500\text{ }\mu\text{m}$ のDOとEhのニードルセンサを図1のようにイネから横20mmの土中2mm深に設置した。測定期間は根が十分に広がる

幼穂形成期までの約2か月間とし, 日射量と日照時間を, それぞれ $0, 20, 60, 80\text{ W/m}^2, 0, 10, 20, 24, 48\text{ h}$ とした。また任意の時間に, センサを湛水部10mmから土中40mm深まで $23\text{ }\mu\text{m/s}$ で鉛直に挿入し, 根の密集するイネの横20mmと根が到達していないイネから150mmのDOの鉛直分布を測定した。

結果と考察 図2に 80 W/m^2 の日射を10時間日照したときの, 移植後30日のイネから横に20mmと150mm(イネ近傍とイネなし)のDO分布を示す。イネ近傍のDOは暗条件開始時(0:00)は, 湛水部は 6 mg/L であったが, 地表から土中5mm深の間に 0 mg/L まで減少し, 以深では 0 mg/L であった。暗条件を8時間維持すると(8:00), 湛水部でのDOは 3 mg/L まで減少した。その後日射を与えると(18:00), 湛水部から土中2mm深までのDOが 14 mg/L まで増加し, 土中2mmから8mm深の間に 0 mg/L まで減少した。消灯2時間

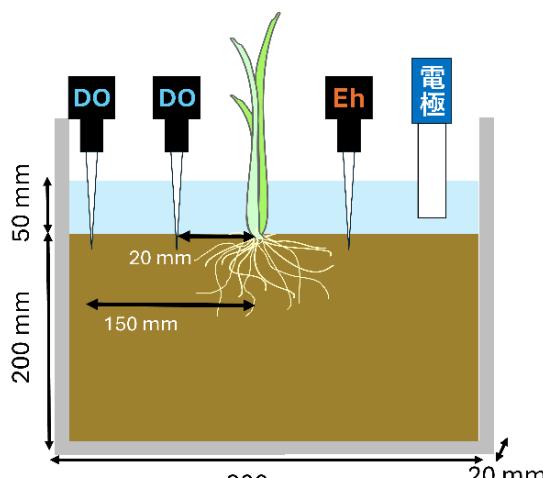


図1 装置概略図
Fig.1 Experimental apparatus

で、湛水部の DO が 7 mg/L まで低下した (20:00)。イネなしの場合 (図 2b)，湛水上部の DO 分布はイネ近傍の場合と類似した。しかし、地表付近の DO は急激に減少し、土中で 0 mg/L とイネ近傍の様な土中 5 mm 深までの伸張がみられなかった。また、イネの有無による DO 分布の違いから、発生した酸素は根によって移流が発生し、下方へ伸張していると考えられた。一方 Eh は、DO ほどの日変化を示さなかった。イネからの距離に関わらず、地表から土中 10 mm 深の間で、300 mV から 200 mV まで減少し、以深では約 150 mV と亜還元状態を維持した。

図 3 に、異なる日射量のイネから横 20 mm の DO の鉛直分布を示す。6 W/m²の場合 (図 3b)，水中および土中の最大 DO は 5 mg/L と、80 W/m² (図 3a) と比較して、増加せず土中下方への伸張もわずかなであった。

図 4 に、様々な日射量および日照時間を与えたときの、イネ近傍土中 2 mm 深の DO の変化を日射量とともに示す。20 W/m²以下では DO は平均 0.6 mg/L だった。60 W/m²以上の場合、DO は日照中に増加し、平均 3.9 mg/L、80 W/m²では平均 8.5 mg/L と、日射量が大きいほど高くなかった。20 W/m²で DO が増加しなかったのは、酸素の消費量が供給量を上回っていたためと考えられる。また、本実験系では、20 W/m²から 60 W/m²に光補償点があるとみなせる。ここで、積算日射量と土中 2 mm 深の積算 DO の関係を図 5 に示す。積算日射量と積算 DO には線形関係がみられ、積算日射量が大きいほど、土中 2 mm 深の積算 DO は増加した。

おわりに 湛水土壤における表面酸化層の形成には、日射量や日照時間および根が関与しており、その厚さや DO 分布は日変化していることが明らかになった。また、本実験系では酸化層の厚さは最大 5 mm 程度であった。

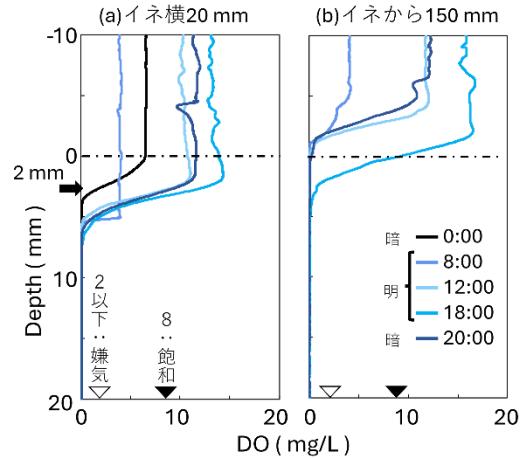


図2 イネから20 mmと150 mmのDO分布
Fig.2 DO profiles at 20 and 150 mm from plant

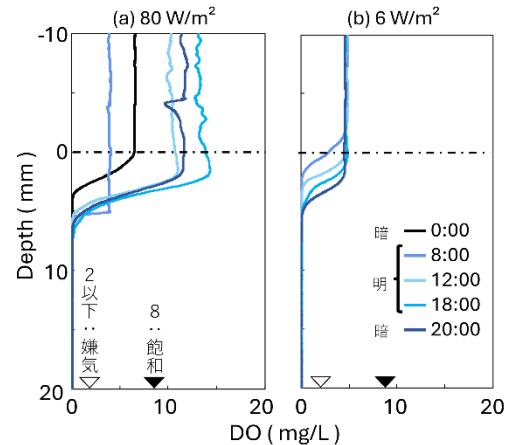


図3 異なる日射量によるDO分布
Fig.3 DO profiles under varying solar radiation

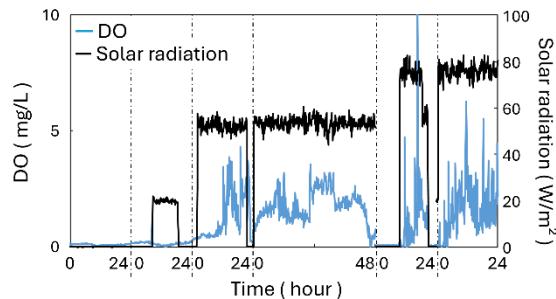


図4 日射量・日照時間と土中2 mm深のDO
Fig.4 Solar radiation and DO at 2 mm depth

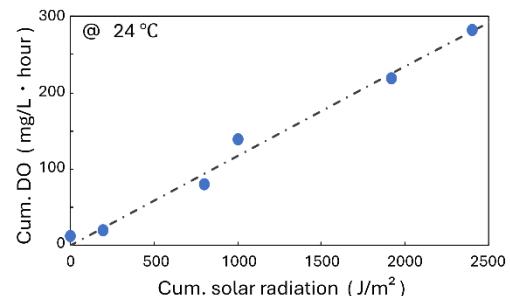


図5 積算日射量と土中2 mm深の積算DO
Fig.5 Cum. solar radiation and DO at 2 mm depth