

水田土壌の湛水膨潤に対する鉄の還元の影響

Effect of iron reduction on swelling of submerged paddy soil

○吉田修一郎、田中聡至、西田和弘

YOSHIDA Shuichiro, TANAKA Satoshi, NISHIDA Kazuhiro

1. はじめに

粘質土の膨潤収縮特性は、水田の排水性を左右する乾燥亀裂の消長や易耕性や支持力などに影響を及ぼす。膨潤収縮は、乾燥や浸潤・湛水などにより土壌の水ポテンシャルが変化することにより起こる現象であるが、農耕地土壌においては水ポテンシャルの変化が落ち着いた後にもゆっくりとした体積の変化が見られる。この原因の一つとして土壌中に大量に含まれる鉄の還元に伴う形態変化が考えられるが、その定量的な関係は明らかになっていない。そこで、本研究では湛水に伴う還元の進行による鉄の形態変化が水田土壌の膨潤に及ぼす影響を解明することを目的として、湛水下の水田土壌に対して温度と滅菌による微生物活動の制御を行った時の、間隙比の増加と二価鉄含量の間の定量的関係を調べた。

2. 実験方法

1) 供試体の作製

供試土壌は新潟県上越市の北陸研究センターの転換畑より作土を採取した。土性は軽埴土 (LiC) で、主要な粘土鉱物は膨潤性の大きなスメクタイトである。土壌は風乾して 420 μm の試験用篩を通し、オートクレーブで 120°C 60 分処理したものと無処理のものを用意した。これらの試料に蒸留水を加えて練り返し、50 mL のステンレス試料円筒に充填して厚さ約 25 mm、直径約 50 mm の円柱状に整形した。これを、加圧板を用いて水ポテンシャルを -100 kPa に調整した。その後、スレーキングを防ぐため側面をゴムスリーブで覆った上で、下端 5 mm のみ水に漬けて 2°C で 24 時間吸水させた。

2) 膨潤試験と活性二価鉄の抽出定量

この供試体を密閉容器内で湛水下におき、2°C、20°C、35°C の 3 通りの温度で最長 30 日間保管した。膨潤と還元の進行に応じて体積および重量の測定と二価鉄の抽出を行った。体積計測にはレーザー変位計を用いた自作の形状測定装置を使用した。二価鉄については、pH3.0 の 1mol L⁻¹ 酢酸ナトリウムで 2 時間抽出した「活性二価鉄」含量を測定した。定量は、1,10-フェナントロリン吸光光度法によった。各測定には 1 条件に対して 3 サンプル (滅菌無し) ないし 2 サンプル (滅菌処理) を用意した。

3. 結果

温度条件に差をつけた湛水 0 日目以降、滅菌処理を施していない試料については高温ほど間隙比が増大し、二価鉄も増加する傾向が見られた。2°C では体積増加は 3 日目までで終わり、二価鉄は 30 日間ほとんど増加しなかった。また、滅菌の有無による膨潤量 (間隙比の増加) の違いを 2°C について比較すると、その差が認められないことから、オートクレーブ処理は供試体の力学性には影響を与えなかったと考えられた。20°C と 35°C の滅菌試料については、実験中の無菌管理が不完全で二価鉄が少し増加したが、それでも滅菌なしに比べ、還元による二価鉄の増加が大幅に抑えられ、また同時に膨潤も抑制された。

4. 考察

0日目からの「温度による」二価鉄増加量と間隙比増加量との対応関係を Fig.2 に示す。温度による増加量とは、還元が進行していない2°Cの膨潤量および二価鉄含量の増加量との差を求めたものである。活性二価鉄の増加前のプロット(横軸が0の点)を除くと、活性二価鉄の増加に対して線形的に間隙比が増加しており、20°Cと35°Cでの傾きの違いは認められなかった。一方、近似直線の切片は、鉄の還元が始まるよりも前に生じた温度による間隙比の増加(膨潤)に相当するが、20°Cと35°Cで間隙比増加量が有意に異なる。この初期の間隙比増加量を35°Cの滅菌の有無で比較したところ、滅菌により大幅に抑制されている。すなわち、湛水初期の間隙比の増加は、温度の違いによる物理的な影響ではなく、微生物活動に由来する鉄以外の物質の変化に起因する現象と考えられた。

5. まとめ

湛水下水田土壌の還元過程において、二価鉄の生成に比例して間隙比が増加することを明らかにできた。更に、膨潤に対して、鉄の還元でもなく、温度やサクションなどの物理的な影響でもない要因が存在することが示唆された。

謝辞: 実験試料については、農研機構中央農業総合研究センターから提供を受けました。ここに記して感謝します。

東京大学大学院農学生命科学研究科 Graduate school of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo
 キーワード 土壌構造、膨潤、粘土、還元、レオロジー

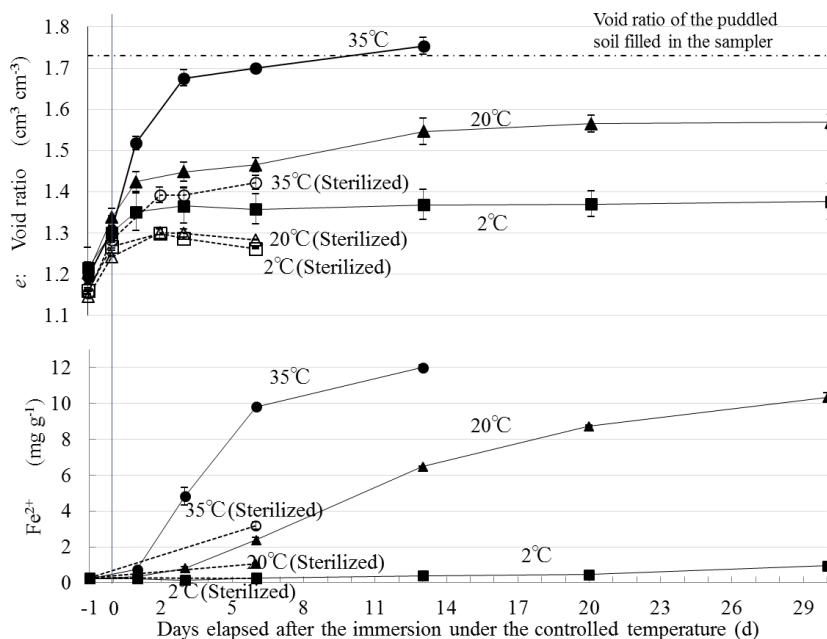


Fig. 1 間隙比と活性二価鉄含量の経時変化

(-100 kPaでの測定値を-1日目、湛水直前の測定値を0日目としている)

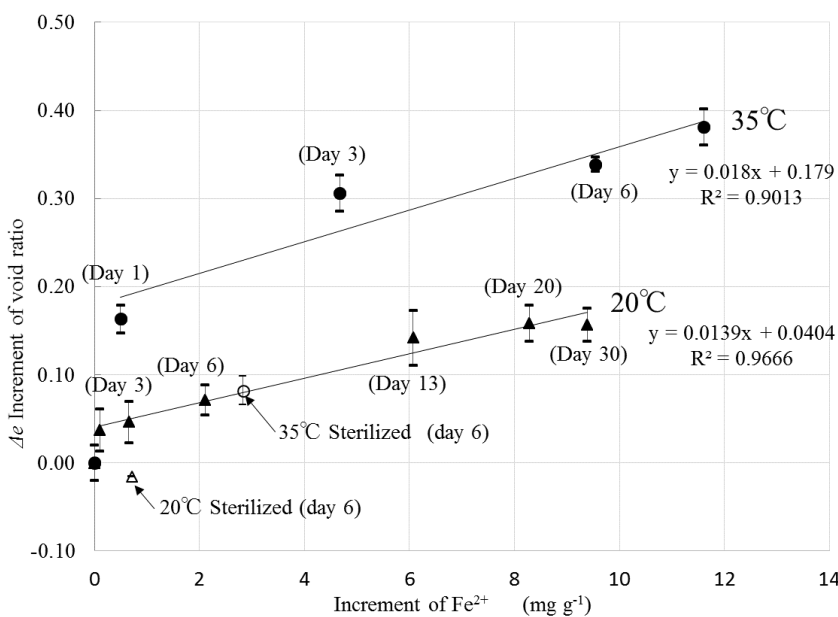


Fig. 1 「温度による」活性二価鉄増加量と間隙比増加量の関係

- 1) 両軸とも2°Cの時の増加量との差を表す。
- 2) ●▲は滅菌無し、○△は滅菌処理試料