

湛水土中の酸化還元電位と Fe の還元に関与する水の浸透が及ぼす影響

Fate and Transport of Iron in a Pondered Soil under Water Flow

伊藤 由莉・〇渡辺 晋生

Yuri ITO and Kunio WATANABE

はじめに 湛水により土中への酸素の供給が制限されると、土の還元が進行し土中の Fe は遊離あるいは沈着する。こうした Fe の動態を把握することは、作物生産のみならず流域の生態系を考える上でも重要である。土中の Fe の還元については酸化還元電位 Eh や pH との関係などこれまでも多くの報告がある。しかし、土中の水分移動との関係については必ずしもよく整理はされていない。そこで本研究では、湛水土中の還元と溶存 Fe の分布や流出に土中への水の浸透が及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。

試料と方法 2016年8月15日に三重大学の学内水田で採土した。水田土を風乾し、レキや植物根を取り除いた 2 mm フルイ通過分を試料とした。試料に 0.5 g/100 g_{soil} のグルコースを加え、内径 15 cm の円筒容器に乾燥密度 1.21 g/cm³ で充填した (Fig. 1)。土の還元にとまなう体積膨張を防止するため、試料上端をプラスチック格子で固定した。容器側面から試料に、Eh 測定用の白金電極を 2 cm 深毎に 7 本挿入した。白金電極と同深度には採水口も設けた。試料を下端から純水で毛管飽和した後、マリョット管で上端に 2 cm の湛水深を維持し、下端の排水孔を閉じて静置、あるいは排水孔を開放し 0.06 M グルコース溶液を 1 cm/day で浸透した。任意の時間に各深度の土の Eh を測定するとともに、各深度の土中水と容器下端からの排水を採取した。そして、採取した水の pH と陽イオン (K⁺, Na⁺, NH₄⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Fe²⁺) 濃度を測定した。陽イオン濃度の測定にはイオンクロマトグラフを用い、移動相はシュウ酸とメタンサルホン酸の混合溶液とした。実験は 2 反復行い、対照としてグルコース無添加の試料についても同様の実験を行った。全ての実験は 25°C の恒温室で行った。

結果と考察 Fig. 2 に試料を湛水した後の各深さの Eh の経時変化を示す。水の浸透がない場合 ($J_w = 0$ cm/d) は、0, 2, 4 cm 深の Eh は最初急激に減少し、緩やかに回復した後、再び -200 mV まで低下した。一方、6 cm より深い試料の Eh はいずれも 10 日間で -200 mV まで次第に低下し、その後一定値を保った。Fig. 3 に湛水を 2 週間継続した際の土中の Eh と pH 分布を示す。 $J_w = 0$ cm/d では、Eh は地表から 6 cm 深まで深さに比例して低下し、6 cm 以深では -200 mV で一定となった。pH は 6 cm より上層では 4.6~5.7、下層では 5.7~6.9 と異なった。この時の土中水の陽イオン濃度分布を Fig. 4 に示す。Eh が比較的高く、pH の低い 6 cm より上層では Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺ の順に陽イオン濃度が高く、Fe²⁺ も 0.7 mM 検出された。また 6 cm より下層では各陽イオン濃度は上層より低く Fe²⁺ は検出されなかった。

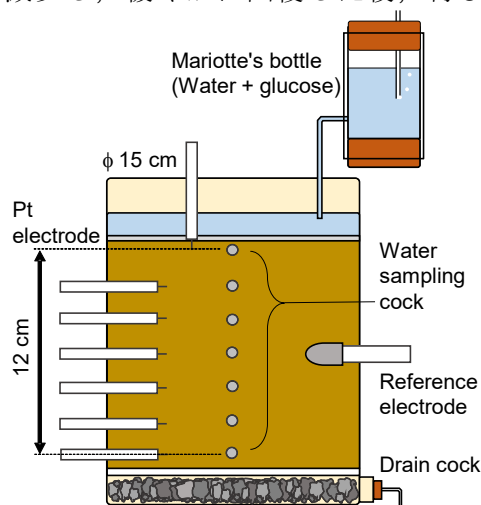


Fig. 1 Schematic of experiment

三重大学生物資源学部 Faculty of Bioresources, Mie University

キーワード：土の還元, pH, 水分移動, 遊離化

水が浸透する場合は、Eh の経時変化が 0 ~ 4, 4 ~ 10, 10 ~ 12 cm 深の上中下層で異なった (Fig. 2, $J_w = 1$ cm/d). 上層の Eh は初期に急激に -200 mV まで低下し、その後低い値を維持した. また、中層と下層の Eh の変化は水の流れがない場合の 6 cm より上層と下層の変化と類似した. 湛水を 2 週間継続した時の試料中の Eh 分布は (Fig. 3, $J_w = 1$ cm/d), 0 ~ 4 cm では深さに従い -140 mV から -240 mV に低下し、pH は約 4.2 だった. 中層と下層の Eh 分布は、水の浸透がない場合の上層と下層の分布と類似したが、下層でも pH が約 5 と全層で低くなった. この際の土中水の陽イオン濃度は (Fig. 4, $J_w = 1$ cm/d), Ca^{2+} を除き 2 mM 以下と、水の浸透がない場合に比して排水にともなう流出分、全層で低くなった. Fe^{2+} については、水の浸透がない場合と異なり全層で検出され、上層で 0.4 ~ 1.6 mM, 下層では 0.8 ~ 2.0 mM と高くなった.

土が湛水、飽和すると、好気性微生物が土中のわずかな酸素を消費して有機物を分解するため Eh が低下する. その際 H^+ が発生し pH は低下する. 水の浸透がない場合に上層の Eh と pH が低下したのはこのためだろう. また、Fe は土中の Eh が +100 mV 以下となると還元されるが、高 pH では S 等と化合し沈殿する. 下層で Fe^{2+} が検出されなかったのは $Fe(OH)_3$ 等の還元で H^+ が消費され、pH が上昇したためだろう. 一方、水の浸透がある場合の上層では浸透水の溶存酸素が流入することで好気的な有機物分解が進行し、 H^+ が発生したと考えられる. また、中層と下層では水とともに上層から輸送された H^+ により Eh と pH が低下し、 Fe^{2+} が溶出したと考えられる. 湛水土中への水の浸透は、還元を分布を下方へ伸張し、全層における Fe の可溶化と流出を促すと考えられる.

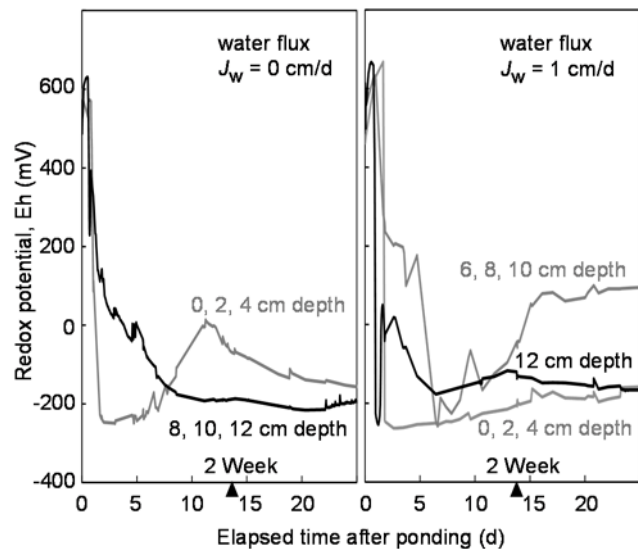


Fig. 2 Eh at different depth in a ponded soil

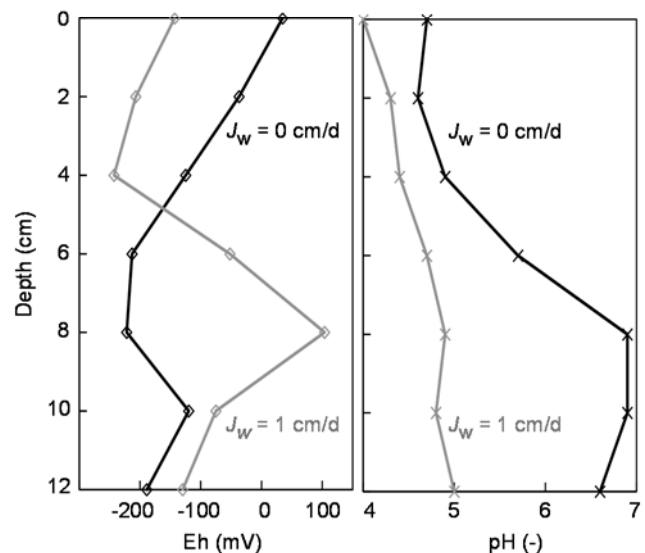


Fig. 3 Eh and pH profiles in soils after 2 weeks ponding

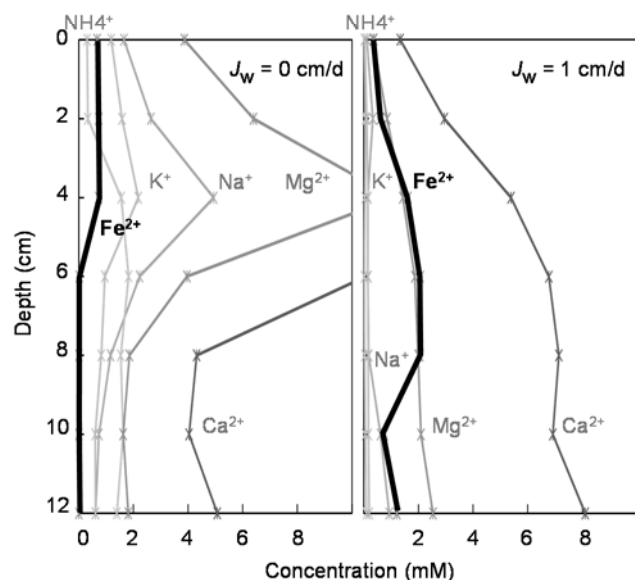


Fig. 4 Profiles of cations in soils after 2 weeks ponding