

暗渠を通じて泥炭農地から流出する鉄の動態

Dynamics of Iron Discharge through Subsurface Drainage from Paddy Fields on Peat

○横地 穰* 古川 瞳美** 井上 京***
 YOKOCHI Minoru* FURUKAWA Hitomi** INOUE Takashi***

1. 研究背景

鉄は地球上で最も多く存在する元素の一つであるが、通常水に溶けにくく、水文過程で輸送されにくい金属イオンである。しかしながら、還元的な環境である泥炭地や湿地では、鉄は水に溶解し容易に輸送されるようになる。これには、還元的環境で水に難溶な Fe^{3+} から可溶性 Fe^{2+} に変化すること、溶存態有機物が鉄イオンと錯体を形成することが関与している。このような鉄の挙動は環境中で多方面に影響を及ぼす。例を挙げると、農業土木の観点では鉄は暗渠管内に沈殿し、排水機能低下の一因となる。他にも、鉄は微量必須元素であるから、その欠乏は磯焼けの原因となることが指摘されており、海洋水産資源保全の観点からも重要である。北海道では湿原であった泥炭地が水田や畑へと開発され、土地利用の変化によって鉄の輸送動態も変化していると考えられる。しかし、農地として利用されている泥炭地からの鉄の流出動態を定量的に観測した例は少ない。そこで本研究では北海道の農地利用された泥炭地において、暗渠を通じて排出する鉄の動態を明らかにした。

2. 方法

(1) 調査圃場 北海道石狩郡新篠津村に位置する 15 圃場の計 17 ヶ所の暗渠排水口からの排水を観測対象とした。いずれの圃場でも高位泥炭土が分布しており、30 cm 前後の客土がなされている。対象の 15 圃場のうち 8 圃場（暗渠排水口 8 ヶ所）が水稻作水田として、7 圃場（暗渠排水口 9 ヶ所）が転換畑（小麦と大豆）として利用されていた。水稻作水田のうち 1 圃場は 2021 年からの復元田、転換畑のうち 3 圃場（暗渠排水口 3 ヶ所）は 2021 年から新たに転作された転換畑である。

(2) 試料水の採取と流量観測 2020 年 10 月 16 日～11 月 28 日、2021 年 4 月 16 日～11 月 26 日の期間、暗渠の排水口で計 37 回の採水を行った。低流量から高流量まで様々な排水状態で採水するように努めた。採水時には容器法による流量観測を行った。また、一部の暗渠では電磁流速計によって排水量の連続観測も実施した。連続流量が直接観測できなかった暗渠については、連続観測を実施した暗渠のデータを用いて連続流量を推定した。

(3) 試料水中の鉄の定量 2 価鉄および酸可溶鉄（≒全鉄）の定量を 1,10-フェナントロリン法によって行った。2 価鉄については、現場で定容量を採取し発色安定化処理を行った上で実験室に持ち帰り、吸光度を測定した。酸可溶鉄については、採水試料に 3M 塩酸を添加し、還元、中和処理を行った上、呈色させ吸光度を測定した。酸可溶鉄は、溶存態の 2 価鉄に酸に可溶性懸濁態の鉄を加えた鉄濃度の指標である。

(4) データの分析 まず、鉄濃度と流量の関係式（C-Q 式）を作成し、連続流量から濃度を推定した。推定された濃度を用いて、負荷 $L = \text{濃度 } C \times \text{流量 } Q$ より、10 分毎に有機炭素

* 国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所 Civil Engineering Research Institute for Cold Region PWRI

** 北海道大学大学農学部 School of Agriculture, Hokkaido University

*** 北海道大学大学院農学研究院 Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University

キーワード：泥炭地、排水、溶存有機炭素、転換畑

の負荷を求めた。ただし、作成した C-Q 式から大きく外れる観測値については、当該外れ値を生じた降雨イベント中、その濃度で一定して流出し続けたと仮定し、負荷を推定した。その合計によって得た総負荷を各圃場の面積で除して面積あたりの鉄排出量を計算した。

3. 結果と考察

(1) 暗渠を通じて排出される鉄の動態

酸可溶鉄に占める2価鉄の割合は、全暗渠平均で80%で、圃場から暗渠を通じて流出する鉄の大半が溶存態の2価鉄であった。水稻作水田と転換畑でこの割合に有意な差は認められなかった。また、酸可溶鉄濃度が高くなるほど、2価鉄の割合は低下する傾向が見られ、懸濁態の鉄の割合が増加することが示唆された。

水田の落水直後を除き、2価鉄、酸可溶鉄の濃度は流量と負の相関を示し、降雨イベント時などには希釈の効果が現れることが示唆された。この傾向は水稻作水田と転換畑の両方で見られた。

観測期間全体を通じて、水稻作水田の方が転換畑より鉄濃度が高い傾向が見られた。また、8月の水田の落水時に高濃度の鉄の流出が見られた。これは、水田の灌漑期に土壌の還元状態が維持されることにより、溶存態の2価鉄が増加し、落水時に容易に輸送されるようになったためと考えられる。

(2) 土地利用が鉄流出量に及ぼす影響

(1)で明らかになった鉄の流出動態と流量の連続観測の結果に基づいて、観測期間中に生じた鉄の流出負荷を求め、土地利用の違いが鉄の流出量に及ぼす影響について評価した。図1に、各土地利用における2021年の観測期間中の酸可溶鉄の日平均負荷を示した。その結果、水稻作水田からの負荷が転換畑からよりも、著しく大きいことが明らかになった。また、2021年に土地利用が変化した復元田、転換畑についても、変化していない水稻作水田、転換畑と大きな差は見られず、現下の土地利用が鉄の流出量を規定していることが示唆された。この結果が水田利用されている泥炭地全般に当てはまるとすれば、水田転作に伴い泥炭地流域から環境中への鉄の流出は減少している可能性がある。

4. まとめ

農地利用されている泥炭地の暗渠から排出される鉄の動態の観測を行った。その結果、鉄の流出には土地利用が大きく関与しており、水稻作水田と転換畑圃場における鉄の流出動態は大きく異なることが明らかになった。本研究の観測の範囲では、鉄の流出負荷は水稻作水田で転換畑水田より著しく大きかった。その効果の良否は別として、泥炭地の水田流域から水文プロセスによって流出する鉄は、転作の拡大に伴って減少している可能性が高い。今後、流域規模の調査などによってその影響の評価をする必要があると考えられる。また、本研究は主に無積雪期間に着目して観測を行ったもので、高流量が生じる融雪期の流出について考慮されていない点には留意しなければならない。今後観測を継続し、より不確実性の小さい流出負荷の評価を行う必要がある。

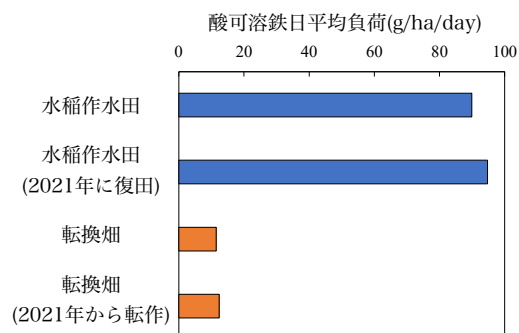


図1 各土地利用における酸可溶鉄日平均負荷
Fig.1 Yields of acid-soluble iron in each land use