

通水過程における土壌へのリン吸着特性の評価

Assessment of phosphorus adsorption by soil under water flow conditions

○田中 理奈*, 濱 武英*, 中村 公人*

○Rina Tanaka, Takehide Hama, Kimihito Nakamura

1. はじめに リンは土壌に強く吸着される特性を持つことから、これまで農地に投入されたリンのうち植物に吸収されないものの大部分は、表層土壌に残ったままであると考えられることが多かった。しかし、近年地下水に高濃度のリンが確認されており（たとえば、Schillinga et al. (2020)）、地質由来だけでなく、地表からの浸透がリンの輸送経路になっている可能性が示唆される。浸透過程におけるリン動態は従来のバッチ試験から推定される吸着特性では十分に評価できないことが予想され。本研究では、通水過程における土壌へのリン吸着特性を明らかにすることを目的とし、バッチ試験とカラム試験の 2 通りの吸着実験によって土壌のリン吸着能を評価した。実験は団粒径の違いによる影響を検討するため、2 つの異なる団粒径を持つ土壌を供試した。

2. 実験方法 滋賀県彦根市の水田の表層 0~20 cm から採取したグライ低地土の風乾土壌を篩分けにより団粒径が 500~1000 μm, 125~250 μm の試料 A, B を用意した。

(1) **バッチ試験** 風乾試料 1.0g に対し、リン濃度 0~100 mg/L のリン酸溶液を 50 mL 加えた。24 時間振盪後、遠心分離し、上澄みに含まれるリン濃度をモリブデン青吸光光度法によって測定した。実験は 3 反復とした。吸着等温線を Langmuir 式と Freundlich 式によって補間した。試料にはリン酸溶液添加前にすでに吸着していたリン初期吸着量 Q_i (mg/g) が含まれるため、それぞれの吸着等温線から初期吸着量を引いた式(1)、(2)により吸着パラメータを求めた。

$$q = \frac{K \cdot Q_{\max} \cdot C}{1 + K \cdot C} - Q_i \quad (1)$$

$$q = K_f \cdot C^\beta - Q_i \quad (2)$$

ここで q は試料へのみかけのリン吸着量 (mg/g), Q_{\max} は試料へのリン吸着の最大量 (mg/g), C は平衡リン濃度 (mg/L), K , K_f , β は吸着パラメータである。

(2) **カラム試験** 土壌試料を直径 18mm, 高さ 9.0cm のガラスカラムに高さが 5.0 cm になるよう充填した。試料の上下に厚さ 2cm ずつ粒径 0.149~0.177mm のガラスビーズを充填した。土壌試料の質量のばらつきが ± 0.1 g 以内になるように調整した。実験は 3 反復とした。蠕動ポンプによってカラムの下端から上向流を生じさせた。初め飽和状態とするために、2 日間以上蒸留水をカラムに流した。蒸留水で飽和したカラムに、非吸着トレーサー物質として NaCl を 1 mmol/L の濃度で通水した。カラム上端から排水される溶液に含まれる Cl⁻濃度をイオンクロマトグラフによって計測した。その後、リン濃度 $C_0=0.5, 1.0, 10$ (mg/L)のリン酸溶液を流し、カラムから排水される溶液に含まれるリン酸態リン濃度を測定した。

3. 解析方法 バッチ試験から得られる吸着パラメータを用いて平衡吸着を想定した

* 京都大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, Kyoto University

キーワード：水田土壌，リン酸吸着，HYDRUS-1D

場合の流出濃度の経時変化を一次元移流分散方程式より求め、カラム試験から得られる破過曲線と比較した。解析に必要なリン酸の分散長には、CIの破過曲線が再現されるように同定して得られた値を用いた。

4. 結果と考察 試料 A (団粒径：125～250 μm)，試料 B (団粒径：500～1000 μm) に 1.0 mg/L のリン酸溶液を流した場合の流出濃度の 3 反復の実測値と、移流分散方程式より求めた平衡吸着を想定した流出濃度の時間変化を **Fig. 1** に示す。Langmuir 式，Freundlich 式を用いた破過曲線をそれぞれ Equilibrium L，Equilibrium F とする。吸着等温線のモデル式の違いによって、計算される破過曲線にはずれが生じる。カラム試験における実測破過曲線は、試料 A では Equilibrium F に近く、試料 B では 2 つの曲線の内側にある。したがって、通水条件下でのリンの吸着現象は、バッチ試験から得られる吸着パラメータを適切に選択できれば、平衡吸着での移流分散方程式によって再現が可能であるといえる。つまり、142～212 mm/h という比較的大きな通水フラックス条件下においても、平衡吸着が生じていたと推察される。通水条件では試料にリンが吸着するための時間が十分ではなく、非平衡吸着などの考慮が必要ではないかと予想したが、今回検討した団粒径の違いに関わらず、土壌試料に対してリン酸は速やかに吸着するものと推察される。

5. おわりに バッチ試験から得られる吸着パラメータを適切に求められれば、それらを通水条件下におけるリン動態解析に用いることができることが示された。適切な吸着パラメータを求める方法を示すことが重要な課題の一つである。

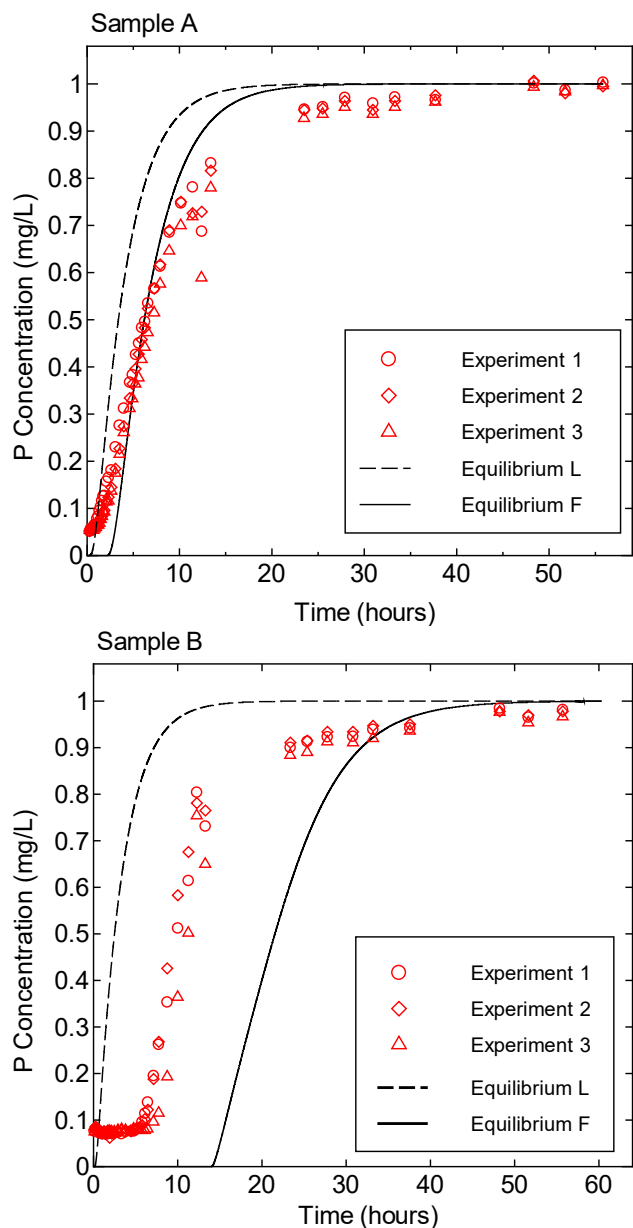


Fig. 1 平衡吸着モデルによる破過曲線と実測値の比較
Comparison of the breakthrough curves estimated by equilibrium adsorption models and the measured breakthrough curve.

参考文献 Schillinga et al.:“Subsurface nutrient export from a cropped field to an agricultural stream:Implications for targeting edge-of-field practices,” *Agricultural Water Management*,241,106339,2020.