

降雨時における土壌コロイド粒子の土壌内移動とリンの吸着

広島大学工学部 学生員 本下 晶晴
広島大学工学部 正 員 山口 登志子
広島大学工学部 正 員 尾崎 則篤
広島大学工学部 正 員 福島 武彦

1. 本研究の背景及び目的

降雨時における土壌内での汚染物質の移動機構として、従来は浸透水に溶存・浮遊して移動すると考えられていたが、近年になり、新たなメカニズムとしてコロイド粒子に吸着した汚染物質の輸送が注目されている。本研究では、汚染物質の輸送を促進する可能性のあるコロイド粒子が、降雨時における様々な条件（攪乱・不攪乱土壌の違い、土層厚、繰り返し降雨の時間間隔）の下で、土壌内をどのように移動するかについて検討を行った。また、コロイド粒子に対するリンの吸着特性に関して、バッチ吸着実験により検討した。

2. 実験方法

カラム実験では、ローム土(東広島市原地区で採取)を充填した内径約 20cm、深さ約 27cm のステンレス製のカラム(土層厚と繰り返し降雨の時間間隔の影響に関しては内径約 5cm のアクリル製カラム)を用いて、降雨強度は 10mm/hr、土層厚は 20cm、間隙率は平均 $47.2 \pm 2.4\%$ 、室温は平均 25.7 ± 0.6 の条件下で実験を行った。各実験では同一条件のカラムを 2 本用い、カラム下端から流出水が流出し始めた時間から 3 時間供給を継続し、流出水を 4 時間採取した。流出水採取の時間間隔は、流出開始から 15 分おき(3 時間後以降は 1 時間後)とし、供給水として 0.085mM の NaCl_{aq} と 0.015mM の CaCl₂aq の混合溶液を 3 回供給した。流出水の分析項目は、流出水を孔径 1 μ m のガラス繊維ろ紙でろ過した濁度と、pH・粒径分布である。

バッチ吸着実験では、ローム土 5g とリン(初期濃度 10, 20, 30, 40mgP/L)を含む KH₂PO₄ 水溶液と 0.1M CaCl₂ 水溶液の混合溶液 200mL を混合し、25℃ で 24 時間振とうする。その後、ストークスの法則に基づいて、粒子径が 10 μ m 以下の粒子のみを含む溶液を得て、それを孔径 1 μ m および 0.3 μ m でろ過し、リン濃度を測定する。それにより、粒子径 0.3~1.0 μ m, 1.0~10 μ m の粒子に吸着したリンの量を求めた。

3. 結果と考察

3.1 攪乱試料と不攪乱試料の違い

Fig.1 に、不攪乱試料、攪乱試料を用いた場合における流出水中のコロイド粒子の濁度の経時変化を表すグラフを示す。ここで、土壌試料の状態以外の条件はすべて同じである。Fig.1 より、1 回目の流出傾向および流出量が大きく異なり、攪乱試料を用いた場合の方が流出量が多い。これは、土壌試料充填の際の攪乱の影響であると思われる。

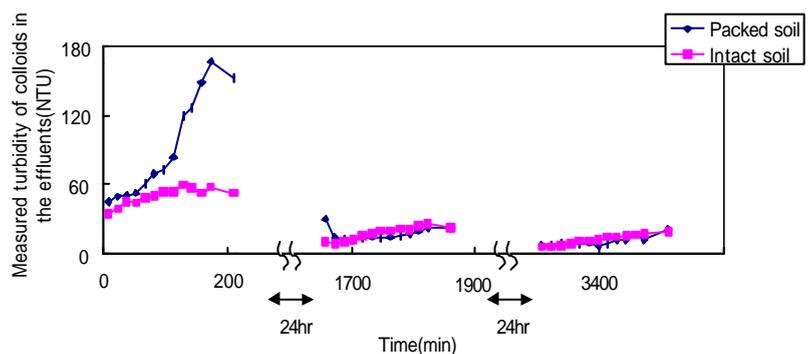


Fig.1 Influence of the way of sampling of the soils on the measured turbidity of the colloids in the effluents.

2 回目以降の降雨に関しては、不攪乱試料と攪乱試料の違いはほとんど見られないため、攪乱土壌と不攪乱土壌におけるコロイド粒子の土壌内の挙動は似ているものと考えられる。ここで、攪乱試料を用いた場合の 2 回目の降雨における流出初期の濁度が高いのは 1 回目の降雨の影響が残っているためである。

3.2 土層厚の影響

土層が長くなることにより、コロイド粒子の土壌内での挙動がどのような影響を受けるかについて、10, 20, 40cm の土層のカラムを用いて検討した。Fig.2 に、それぞれの土層厚における流出水中のコロイド粒子

の累積流出量を表すグラフを示す。1回目の降雨では土層厚の短いとコロイド流出量が多い。しかし、2回目以降ではその差は小さくなり10,20cmの場合の流出量が40cmの場合に近づいている。よって、土層厚が長くなると、土層への捕捉・堆積作用が働くため、コロイドの流出量は減少するが、一方で土壌と浸透水の接触時間が長くなるため、コロイド粒子の間隙水への拡散と流出量が増加する。したがって、その兼ね合いにより流出量が左右され、一概に土層厚が長いとコロイド流出量が少ないと結論付けることは危険であろう。

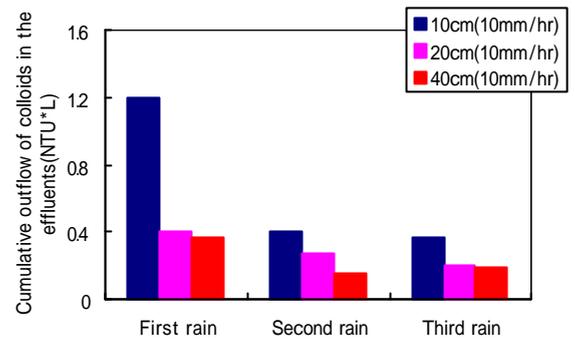


Fig.2 Influence of soil depth on the total cumulative outflow of colloids in the effluents at each rain.

3.3 繰り返し降雨の時間間隔の影響

繰り返し降雨の時間間隔による影響について検討するため、降雨間隔を24hr, 45hr, 7 daysとして実験を行った。その結果、24hrが最もコロイド流出量が多く、45hr, 7 daysでは大きな差は無かった。コロイドの拡散には降雨間隔が重要であるが、長すぎると土壌の緩衝作用が降雨による土壌溶液の化学的攪乱を緩和し、間隙水の濃度勾配が小さくなる。そのため、コロイド粒子が拡散しにくくなるものと思われる。

3.4 コロイド粒子によるリンの吸着

Fig.3に各平衡溶液濃度における各フラクションによるリンの吸着量を表すグラフを示す。Fig.3より、リンはシルト部分(1~10μm)、コロイド部分(0.3~1μm)に対して強い吸着を示していることが分かる。

そこで、土壌1kg中における各粒子径の粒子に対するリンの吸着量を、各粒径部分の重量割合を考慮して計算した結果がFig.4である。Fig.4より、全粒子に対する重量割合は、1~10μmが約14%、0.3~1μmが約9%程度であるにも関わらず、全粒子へのリンの吸着量に対するそれぞれのフラクションへの吸着割合は、64%(1~10μm)、34%(0.3~1μm)となかなり多い。このことから、土壌へのリンの吸着は、ほとんどが粒子径1~10μm、0.3~1μm部分に集中することが予測されるため、こうした微粒子の流出がリンの土壌内での挙動に大きな影響を与えるのではないかと考えられる。

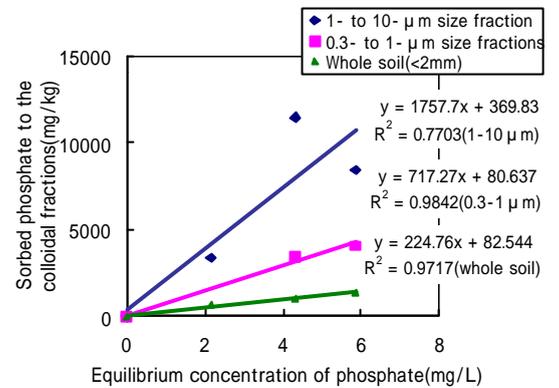


Fig.3 Phosphate sorption to each soil fractions.

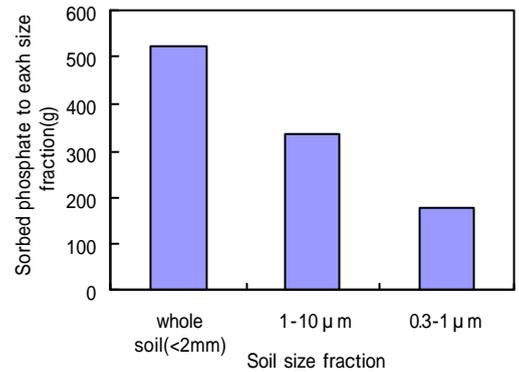


Fig.4 Sorbed phosphate to each size fraction and weight percentage of the size fraction to total soil weight.

4. 結論

以下に本研究により得られた結論を示す。

- 不攪乱と攪乱土壌では、1回目の降雨ではコロイドの流出挙動と流出量が土壌を充填する際の攪乱により異なっているが、2回目以降はその差はほとんど見られなかった。
- 土層中を浸透する際にコロイド粒子の捕捉・堆積作用が確認されたが、土層厚が長くなると、土壌層と浸透水の接触時間が長くなり、コロイド粒子の間隙への拡散が増加し、流出量も増加すると推測される。よって、コロイドの流出量は2つの作用の兼ね合いによって決定されると考えられる。
- 降雨間隔が長すぎると土壌の緩衝作用が降雨による土壌溶液の化学的攪乱を緩和し、間隙水の濃度勾配が小さくなるため、コロイド粒子が拡散しにくくなり、流出量も減少するものと思われる。
- リンはシルト部分(1~10μm)、コロイド部分(0.3~1μm)に対して強い吸着を示しており、こうした微粒子の流出がリンの土壌内での挙動に大きな影響を与えるのではないかと考えられる。

今後は、様々な汚染物質のコロイド粒子による輸送の量的把握等に関してもさらに検討が必要である。