

土への栄養塩類の吸着特性について

東北大学 正 松本 順一郎
東北大学 正 大久保 俊治
仙台市 正 高橋 健一

1. はじめに：水資源の有効利用を目的とした地下水人工涵養に関連して土の吸着特性を明らかにすることは重要である。本研究では土への NH_4^+ 及び PO_4^{3-} の吸着に及ぼす影響因子に関して実験的に検討した。

2. 実験材料と方法：青葉山ローム、白石川砂、人工混合砂質ロームを粒径2mm以下にふるい分け、風乾した後105℃で4時間乾燥滅菌し実験に供した。実験には振とう恒温水浴を用い攪拌条件(100rpm)、温度条件(20±1℃)を一定とし、種々の影響因子について検討した。 NH_4^+ の分析はインドフェール法、 PO_4^{3-} はモリブデン青法を用い測定した。

3. NH_4^+ の吸着：吸着速度の測定結果より、振とう開始24時間後には吸着平衡に達するとした。図1は0.5~4.0%の土粒子濃度における平衡濃度 C_e と平衡吸着量 q の関係を示す。平衡時のpH(平衡pH)は7.2~8.7であった。吸着量は土粒子濃度は影響されずフロインドリッヒの等温式に従った。図2は平衡pH=4.5~8.7範囲でのpHの影響を示す。平衡pHが低くなるに従い、吸着量も低下する傾向がある。 NH_4^+ の吸着は主にイオン交換反応であると考えられるので、水素イオン濃度の増加するからpHの低下によりイオン交換反応が阻害されると思われる。pH=4.5~5.1及びpH=7.1~8.7における等温線を図3に示す。低pHでは中性付近の吸着量の約1/4になっている。図4に陽イオンの影響を調べた結果を示す。2次処理水中の主な陽イオンとして、 NH_4^+ 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 及び Mg^{2+} が挙げられる。 NH_4^+ の吸着を妨害する順位は $\text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} \approx \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+$ であった。処理水中の陽イオン濃度を考えると、海水の混入等がない限り NH_4^+ の吸着に大きく影響しないと思われる。図5に表面積当りの吸着量と平衡濃度の関係を示す。ローム及び砂質ロームの等温線はほぼ一致し、砂の等温線はロームより高い傾向が見られる。砂の比表面積は3m²/gであり、BET法による測定では10m²/g以下の試料で誤差を生じると考えられ、砂の比表面積を少なめに算定した可能性もある。図6に好気及び嫌気条件での吸着量の比較を示す。土壌中は還元状態である場合が多いが、好気及び嫌気条件での吸着量に大きな差は生じなかった。

4. PO_4^{3-} の吸着：吸着平衡時間は6日間とした。図7より、 PO_4^{3-} の

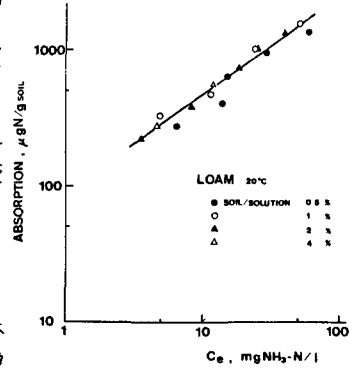


図1 土粒子濃度の影響

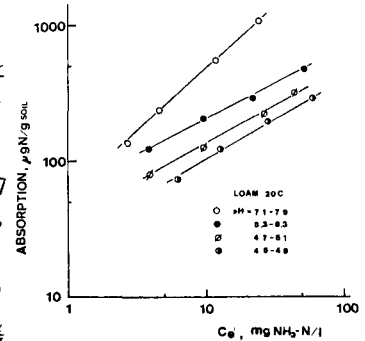


図2 pHの影響

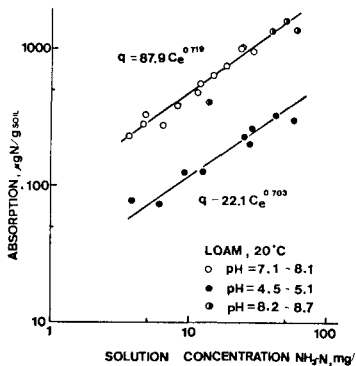


図3 pHの影響

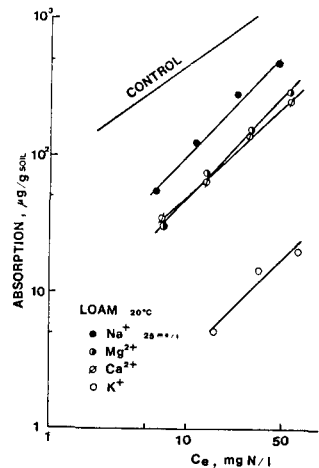


図4 陽イオンの影響

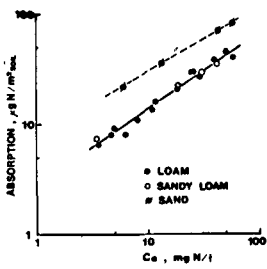


図5 吸着量の比較

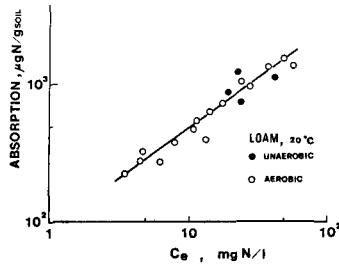


図6 好気、嫌気条件下での吸着

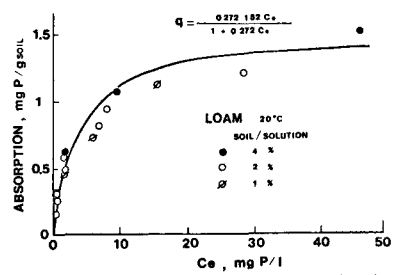


図7. PO_4^{3-} 吸着に及ぼす土粒子濃度影響

吸着は土粒子濃度の影響を受けず、ラングミュアの等温線が記述できると考えられる。pHの影響については図8に示す。低い平衡pHで大きな吸着量を示すが、低いpHでは $Al(OH)_3$, Fe_2O_3 などが陽電荷を帯び、リンを不溶化するためと思われる。図9に Cl^- の影響の実験結果を示す。一般に原子価が増すにつれて吸着性は強く、 PO_4^{3-} は NO_3^- , Cl^- の吸着よりも強いと考えられるが、処理水が対象の場合、海水の混入等により Cl^- 濃度が高くなることもあるので、 $Cl^- = 300$ 及び 600 mg/lでの吸着量を比較した。 Cl^- が 600 mg/l以下では

Cl^- は PO_4^{3-} の吸着に影響せず、pHが

吸着量に直接影響していると思われる。

図10に示すように、 NH_4^+ と同様に PO_4^{3-} の吸着は好気および嫌気条件下で大きな差はなかった。図11に表面積当りの吸着量を示す。ローマ、砂質ローマはほぼ同一の等温線上にあるが、砂はかなり低い吸着量を示した。この原因として、砂の $Al(OH)_3$, Fe_2O_3 が粘土コロイド含有量が

少ないためであると考

えられる。

5. 混合吸着：有機物(

グルコース)、リンモウム塩、

リン酸塩を含む人工排水

を用い、単独成分での吸

着と比較した。C:N:Pは

処理水の組成と類似させ

た。微生物の影響を考慮して振とう時間は24時間とした実験結果を図12、13に示す。単独成分での吸着量と大きな

差は認められなかった。

6. まとめ：(1) NH_4^+ の吸着はフロイド・ヒット式に、 PO_4^{3-} の吸着はラングミュア式に従った。(2) 日本のような酸性土壌が多い地域では、 NH_4^+ の吸着より PO_4^{3-} の吸着が起りやすいと思われる。(3) 土の表面積当りの吸着量を見ると、 PO_4^{3-} の吸着は土粒子表面の性質に大きく影響されることがわかる。(4) NH_4^+ , PO_4^{3-} の吸着は嫌

気条件下でも好気条件と同様の吸着量を示した(文献⁷⁾の1) 松本、大保；土木学会年報、昭和54年(II冊)、2) 松本、大保；衛生工学研究討論会(昭和55年) 3) 佐藤敦夫、林基雄：水道施設雑誌、477号(1974) 4) 松本、大保；土木学会論文報告集(1977、1月)^{257号}

気条件下でも好気条件と同様の吸着量を示した(文献⁷⁾の1) 松本、大保；土木学会年報、昭和54年(II冊)、2) 松本、大保；衛生工学研究討論会(昭和55年) 3) 佐藤敦夫、林基雄：水道施設雑誌、477号(1974) 4) 松本、大保；土木学会論文報告集(1977、1月)^{257号}

気条件下でも好気条件と同様の吸着量を示した(文献⁷⁾の1) 松本、大保；土木学会年報、昭和54年(II冊)、2) 松本、大保；衛生工学研究討論会(昭和55年) 3) 佐藤敦夫、林基雄：水道施設雑誌、477号(1974) 4) 松本、大保；土木学会論文報告集(1977、1月)^{257号}

気条件下でも好気条件と同様の吸着量を示した(文献⁷⁾の1) 松本、大保；土木学会年報、昭和54年(II冊)、2) 松本、大保；衛生工学研究討論会(昭和55年) 3) 佐藤敦夫、林基雄：水道施設雑誌、477号(1974) 4) 松本、大保；土木学会論文報告集(1977、1月)^{257号}

気条件下でも好気条件と同様の吸着量を示した(文献⁷⁾の1) 松本、大保；土木学会年報、昭和54年(II冊)、2) 松本、大保；衛生工学研究討論会(昭和55年) 3) 佐藤敦夫、林基雄：水道施設雑誌、477号(1974) 4) 松本、大保；土木学会論文報告集(1977、1月)^{257号}

気条件下でも好気条件と同様の吸着量を示した(文献⁷⁾の1) 松本、大保；土木学会年報、昭和54年(II冊)、2) 松本、大保；衛生工学研究討論会(昭和55年) 3) 佐藤敦夫、林基雄：水道施設雑誌、477号(1974) 4) 松本、大保；土木学会論文報告集(1977、1月)^{257号}

気条件下でも好気条件と同様の吸着量を示した(文献⁷⁾の1) 松本、大保；土木学会年報、昭和54年(II冊)、2) 松本、大保；衛生工学研究討論会(昭和55年) 3) 佐藤敦夫、林基雄：水道施設雑誌、477号(1974) 4) 松本、大保；土木学会論文報告集(1977、1月)^{257号}

気条件下でも好気条件と同様の吸着量を示した(文献⁷⁾の1) 松本、大保；土木学会年報、昭和54年(II冊)、2) 松本、大保；衛生工学研究討論会(昭和55年) 3) 佐藤敦夫、林基雄：水道施設雑誌、477号(1974) 4) 松本、大保；土木学会論文報告集(1977、1月)^{257号}

気条件下でも好気条件と同様の吸着量を示した(文献⁷⁾の1) 松本、大保；土木学会年報、昭和54年(II冊)、2) 松本、大保；衛生工学研究討論会(昭和55年) 3) 佐藤敦夫、林基雄：水道施設雑誌、477号(1974) 4) 松本、大保；土木学会論文報告集(1977、1月)^{257号}

気条件下でも好気条件と同様の吸着量を示した(文献⁷⁾の1) 松本、大保；土木学会年報、昭和54年(II冊)、2) 松本、大保；衛生工学研究討論会(昭和55年) 3) 佐藤敦夫、林基雄：水道施設雑誌、477号(1974) 4) 松本、大保；土木学会論文報告集(1977、1月)^{257号}

気条件下でも好気条件と同様の吸着量を示した(文献⁷⁾の1) 松本、大保；土木学会年報、昭和54年(II冊)、2) 松本、大保；衛生工学研究討論会(昭和55年) 3) 佐藤敦夫、林基雄：水道施設雑誌、477号(1974) 4) 松本、大保；土木学会論文報告集(1977、1月)^{257号}

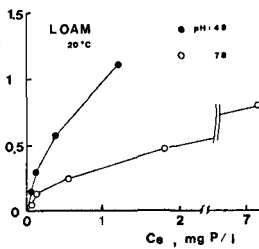


図8. pHの影響

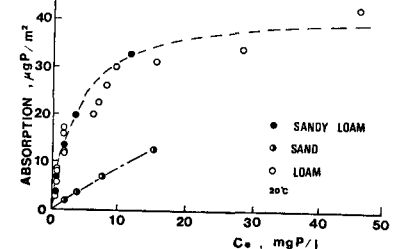


図9. Cl^- の影響

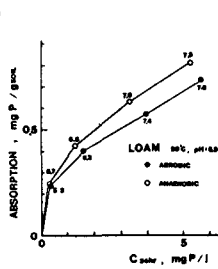


図10. 好気、嫌気条件比較

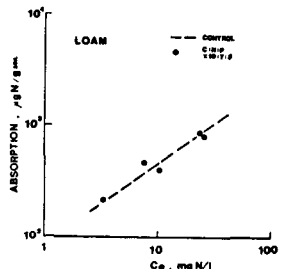


図12 混合成分での NH_4^+ 吸着

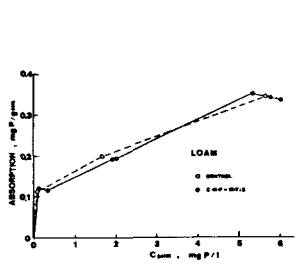


図13 混合成分での PO_4^{3-} 吸着