

炭素鎖の形状が黒ぼく土中のアニオン界面活性剤移動に及ぼす影響

Effect of Carbon Chain on Anionic Surfactant Movement in Surface Volcanic Ash Soil

石黒 宗秀*・杉山真也**・鳥越崇宏***

ISHIGURO Munehide, SUGIYAMA Shinya & TORIGOE Takahiro

1. はじめに

合成界面活性剤は、生物細胞を破壊するため、環境問題・健康問題を引き起こすことが指摘されている。一方、有害有機物で汚染された土壌の浄化剤として利用が試みられている。しかし、土壌中での移動機構は明らかでない。前報で、界面活性剤の炭素鎖が、土壌腐植と疎水性相互作用により吸着し、移動が遅れることを明らかにした。ここでは、炭素鎖形状がアニオン界面活性剤の移動現象に及ぼす影響を実験的に明らかにすることを目的とする。

2. 実験方法

実験には、鳥取県大山放牧場の2～30cm深から採取した表層土を用いた。実験には、2mm篩通過の生土を用いた。土壌分類は多腐植質厚層非アロフェン質黒ぼく土、土壌炭素含量13.8%、砂含量43.6%、シルト含量31.8%、粘土含量24.6%、埴壤土、CEC 12.3mmol_c/kg (1mmol/LのK溶液)、AEC 0mmol_c/kgであった。

アニオン界面活性剤として、疎水基の炭素鎖が分岐状のドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{Na}$; DBS) と、直鎖状のドデシル硫酸ナトリウム ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{OSO}_3\text{Na}$; SDS) とを用いた。

直径5cm、長さ13.1cmのアクリルカラムに試料土を充填し、1mmol/LNaCl溶液を流して吸着平衡とした後、種々濃度の界面活性剤溶液を浸透させ、流出液の濃度を測定した。バッチ法により、種々濃度の界面活性剤溶液を土壌試料に添加して良く振とうし、上澄み液の濃度を測定し、吸着量を求めた。界面活性剤濃度の測定は、界面活性剤イオン選択電極法を用いた。SDS溶液浸透実験では、エチルバイオレット吸光光度法(本水法JISK0101)を用いた。

3. 実験結果と考察

Fig.1に、DBS溶液浸透実験の結果を示す。流出濃度曲線は、ミセルを形成し始める臨界ミセル濃度(CMC; 3.5mM)より少し高い5mMの流入溶液まで、濃度が高くなるほど右側に寄ってDBSの流出が遅くなっている。これは、濃度上昇に伴い、吸着量が増加することによる効果である。最も高濃度の10mM溶液の結果は、流出初期は他より遅いものの、後半の立ち上がりは1mM溶液の結果より速くなっている。前半の遅い立ち上がりは、吸着の効果であるが、後半の速い流出は、吸着量の大きさよりも濃度の高さの効果が勝った

*岡山大学大学院環境学研究科 Graduate School of Environmental Science, Okayama University, **鹿児島県庁, ***鳥越農場 Torigoe Farm, アニオン界面活性剤, 溶質移動, 黒ぼく土, 炭素鎖

ためである。

流出に必要な平均流出量(pore volume) V は、質量保存則から、次式で示すことが出来る。

$$V = 1 + \frac{\rho q}{\theta C} \quad (1)$$

ここで、 ρ は土壌カラムの乾燥密度、 q は吸着量(mmol/kg)、 θ は体積含水率、 C は流入溶液濃度(mM)である。平均流出量 V は、1.1(0.1 mM) < 1.8(1 mM) < 2.1(10 mM) < 3.1(5 mM) の順に大きくなっており、流出濃度曲線の傾向 (Fig.1) と一致している。10 mM 溶液において、計算値 V が、2.1 pore volume であるのに、測定流出濃度曲線の平均流出量は約 1.4 pore volume であり、後者が小さい。これは、バッチ法で求めた吸着量を用いて計算値 V を求めたための相違である。CMC を超える濃度の 10 mM 溶液では、ミセルが形成され、土壌と界面活性剤の間の電気的反発力により、DBS は、十分な吸着が起こらない間に土壌カラム中を流下したことがわかる。

Fig.2 に、SDS 溶液浸透実験の結果を示す。SDS の流出濃度曲線は、DBS のそれと全く異なり、流出初期に濃度のピークがあり、その後濃度低下しほとんど流出しなくなった。SDS 溶液の流入溶液濃度が高くなるほど、初期流出のピーク相対濃度とその幅が小さくなり、ピーク位置が左側に移動して SDS の流出が流出初期のわずかな間のみになっている。これは、初期に吸着し始めた SDS に、溶液中の SDS が協同吸着し、吸着が急激に進行したためと考えられる。

一方、臨界ミセル濃度 (CMC) より高濃度の 10mMSDS 溶液を浸透させた場合、早期に濃度上昇した。バッチ法による 26 時間後の吸着量から推定すると、260 pore volume(土壌カラム中の全水分量の 260 倍の流出量)前後で流出が始まることになるが、0.7 pore volume から既に流出した。

これは、ミセルの形成により吸着が抑制されたためと考えられる。

DBS も SDS も、炭素鎖は 12 個の炭素で出来ているにもかかわらず、全く異なる流出濃度曲線を示し、吸着量は DBS の方が明らかに小さな値であった。これは、炭素鎖が分枝状の DBS は、直鎖状の SDS に比べて、協同吸着効果が弱いことが原因と考えられる。CMC 以上の 10 mM 溶液の流出濃度曲線は、何れの界面活性剤とも早期の流出を示し、電気的反発力の影響が大きいことがわかった。

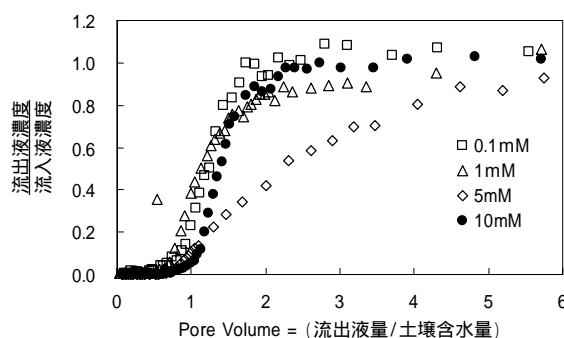


Fig.1 DBS の流出濃度曲線 . 凡例の数値は、流入液濃度を示す .

Breakthrough curves for DBS.

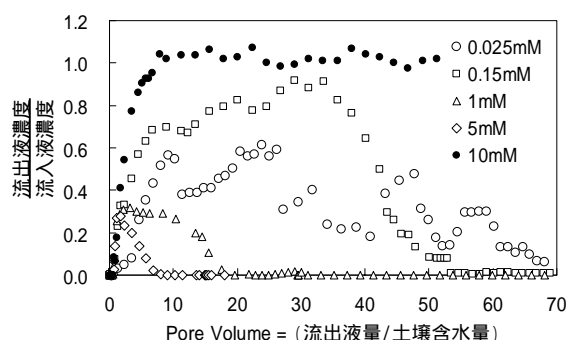


Fig.2 SDS の流出濃度曲線 . 凡例の数値は、流入液濃度を示す .

Breakthrough curves for SDS.