

[自主研究]

土壌中における有害重金属の存在形態と植物への移行状況の解析

石山高 八戸昭一 濱元栄起 白石英孝 細野繁雄

1 研究目的

近年、中国では急速な経済発展に伴い、様々な環境汚染が顕在化している。特に、都市郊外の農業地域では、工場排水や生活排水で汚染された灌漑用水による農用地土壌汚染が大きな問題となっている。

本研究では、過去の国際貢献プロジェクトで入手した中国山西省の農用地土壌を用いて、土壌から植物への金属移行特性について解析する。最終年度は、植物地上部への移行を促進するための因子について検討すると共に、本研究で得た知見を基に、金属移行特性の類型化を行った。

2 実験方法

植物地上部への移行特性を解析するため、各金属元素の土壌溶出特性について検討した。風化した海成堆積物に消石灰の一定量を添加し、土壌溶出量試験を行った。土壌溶出液については、pHや重金属類の溶出濃度を測定し、重金属類が土壌から溶出し始めるpHを測定した。

試験植物(トウモロコシ、コウリヤン、マリーゴールド、大豆、ヒマワリ)における部位別(根、茎、葉、実等)の金属含有量と土壌溶出特性を比較検討し、地上部への移行を促進する因子について検討した。

3 結果と考察

土壌から溶出し始めるpHは金属種により大きく異なり、鉄、アルミニウム、三価クロムや鉛はpH4.5付近、マンガンはpH7.5、ニッケルはpH6.5から溶出し始めることが分かった。溶出し始めるpHが高い金属は、陽イオン交換反応により土壌に捕捉されにくいということを示唆しており、陽イオン交換機能を有する植物の根部では捕捉されずに地上部へと効率的に移行する可能性が考えられる。植物の部位別金属含有量を分析したところ、pH4.5付近から溶出し始める鉄や三価クロム等は、地上部への移行率が低く、多くが根に蓄積されていることが分かった。これに対し、マンガンやニッケルは、鉄等に比べて地上部への移行率が高く、なかでも根部から酸を分泌するマリーゴールドやヒマワリで地上部への移行率が高い傾向が見られた。

陰イオンの形で溶出する砒素やモリブデンは、根部での捕捉効果(陽イオン交換反応による捕捉効果)が弱いため、

地上部への移行率は、植物の種類に関わらず高い傾向を示した。六価クロムは、砒素やモリブデンと同様に陰イオンの形で土壌から溶出するため、地上部への効率的な移行が懸念された。そこで、六価クロムの存在形態の変化の様子を観察したところ、表層土壌では、時間の経過と共に、水溶出態が減少し、代わりに鉄酸化物態が増加することが分かった。腐植物質は、六価クロムを三価クロムに還元する機能を有すると報告している資料も存在することから、表層土壌ではクロムの化学形態が変化し、それと共に植物への移行性は大きく減少するものと予想される。以上のように、植物地上部への移行特性は、土壌から溶出した金属イオンの電荷、根部におけるイオン交換反応の起こりやすさ、根からの酸分泌量、腐植物質等の影響を受けることが判明した。

土壌から植物への金属移行特性の類型表を表1に示す。中国山西省のような弱塩基性土壌地域では、砒素、モリブデン、ふっ素のようなアニオン類は植物に移行しやすいことが分かった。特にモリブデンやふっ素は、水溶出態としての存在比率が高いことから、植物への移行性は非常に高いと予想される。一方、カチオン類の中でも土壌に対する吸着力が強い三価クロムや鉛は植物に移行しにくく、仮に移行したとしても根部に蓄積されることが分かった。土壌から植物への金属移行特性には、①土壌中での存在形態、②土壌pH、③植物の有する金属吸収機構、④腐植物質の存在、⑤共生微生物等が密接に関与していることが分かった。

表1 金属移行特性の類型表

植物への移行性	元素	土壌中での存在形態			備考
		土壌中での存在形態	土壌への吸着特性	植物への移行性	
↑ 高	Mo, F	水溶出態	弱	高	Moは根圏pHを下げない植物に非常に移行し易い 酸を分泌する植物への移行率は若干低下する
	As, Se	水溶出態 鉄酸化物態	弱	高	鉄を多量に吸収する植物に移行し易い 根圏pHを下げない植物に移行し易い
	Cr ⁶⁺	水溶出態 鉄酸化物態	弱	高	腐植物を多量に含む土壌では移行率は徐々に低下する 根から還元物質を分泌する植物には移行しにくい
	Cd, Ni, Mn	酸可溶性態	弱～中	中	酸を分泌する植物に移行し易い 酸分泌植物では地上部への移行率が高い
	Cu, Zn	酸可溶性態 鉄酸化物態	中～強	低～中	鉄を多量に吸収する植物、酸を分泌する植物に移行し易い 腐植物を多量に含む土壌では酸可溶性態が増加する
↓ 低	Cr ³⁺ , Pb, Fe, Al	残渣態	強	低	植物への移行特性は低い 地上部への移行率は低い