

氏名（本籍・生年月日）	墨 泰孝（愛知県・昭和 61 年 1 月 20 日）		
学位の種類	博士（理学）		
学位記番号	甲 第 1 0 6 号		
学位授与の日付	平成 2 7 年 3 月 2 0 日		
学位授与の要件	信州大学学位規程 第 5 条第 1 項該当		
学位論文題目	重金属汚染土壌の修復に関する基礎的研究		
論文審査委員	主査	准教授 國頭 恭	准教授 宮原裕一
		教授 朴 虎東	教授 戸田任重
		准教授 石川祐一（秋田県立大学）	

論 文 内 容 の 要 旨

土壌 pH を上昇させることで重金属を不溶化させる、アルカリ資材を用いた不溶化法は、土壌理化学性の変化に依存した方法であり、資材添加による土壌理化学性の変化とそれに伴う重金属動態を把握することは、効果的な汚染修復を行う上で重要である。これまでの研究から、pH や Eh の変動に伴う重金属の不溶化効果やそのプロセスについて多くのことが明らかにされてきたが、水田のような湛水した土壌における重金属の形態変化が非湛水土壌とどのように異なるのかについては十分には理解されていない。

以上のような背景から、第 I 章ではアルカリ資材の添加や土壌の水分条件が土壌中の重金属形態にどのような影響を及ぼすのかについて、i) 非湛水、ii) 湛水、iii) 非湛水+アルカリ資材施用、iv) 湛水+アルカリ資材施用の 4 条件で土壌を培養し調査した。アルカリ資材の添加により、調査した全ての重金属（Cd・Cu・Pb・Zn）で交換態画分比率が有意に低下し（ $P < 0.01$ ）、特に、Cd・Zn の減少率が大きかった。また Cd と Pb は、湛水に伴う還元化によっても交換態画分比率が低下した。さらに興味深い結果として、難溶性画分である遊離酸化物吸蔵態と残渣画分の比率の経時変化が、全ての重金属および培養条件で鏡像関係にあった。これらの結果から、湛水条件下の重金属汚染土壌の修復におけるアルカリ資材の有用性について明らかにしたほか、土壌の水分条件がアルカリ資材と同様に重金属の形態変化に大きな影響を与えることを示した。

実際の土壌に資材添加を行う際は、重金属だけでなく植物や土壌微生物に対する影響も考慮する必要がある。土壌 pH は炭素や窒素をはじめとする栄養素の利用性や微生物群集の活性にも影響を与えるため、アルカリ資材の施用は重金属形態と同時に植物生育や土壌微生物群集の活性と群集組成にも影響を与えることが予想される。特に根圏土壌は、植物と微生物の相互作用の場であり、植物根の作用により土壌 pH や有機物量等が変化し、微生物群集も非根圏とは異なっている。このような背景を踏まえ、第 II 章では Cd・Zn 汚染土壌と Cu 汚染土壌において根からの距離に応じて採取した試料を用い、アルカリ資材添加が大麥の根圏・非根圏土壌の重金属形態と微生物群集活性に与える影響について検討した。土壌の種類や根圏からの距離にかかわらず、アルカリ資材添加により土壌 pH は対照区に比べ約 2.5 上昇し、それに伴い重金属の交換態画分濃度は有意に低下した（ $P < 0.01$ ）。また、アルカリ資材添加の微生物群集に対する影響は、細菌群集と

菌類群集とで異なった。細菌群集は、アルカリ資材添加に伴う pH 上昇によって活性が増加し、利用する基質の多様度も増加する傾向が共通してみられた。一方菌類群集は、細菌群集とは逆に、アルカリ資材の添加によって活性と利用する基質の多様度が低下する傾向を示した。この傾向は特に根圏で顕著であった。糸状菌群集は、細菌群集に比べて酸性度や重金属に対する耐性が優れている一方で、細菌群集に比べて増殖速度が遅い、といった欠点があることが知られており、今回の結果から、アルカリ資材の添加に伴って pH が上昇した結果、糸状菌群集の優位性が薄れ、細菌群集との競合に不利になったことが示唆された。

第Ⅲ章では 2 種類の汚染土壌を用い、植物の生長促進や栄養分供給、病害微生物の防除などの植物生長に寄与する様々な能力を持つ植物生長促進細菌の根圏・非根圏間での分布と特性の違いについて調査した。その結果、両汚染土壌ともに、根圏では非根圏に比べ、分離された重金属耐性細菌の中で植物生長促進機能を有する菌株の比率が高かった。また、調査した生育促進に関わる機能の中では、鉄キレーター的一种であるシデロフォア生産能の保有率が、重金属耐性細菌において非耐性細菌より高くなる傾向がみられた。一方、植物ホルモンの一種であるオーキシンの生産能や ACC デアミナーゼ活性は、根圏細菌の方が保有率が高いと予想していたが、そのような傾向は認められなかった。植物や微生物と重金属動態について併せて研究した例は少なく、不明な点が多かったが、今回の研究により、植物生長促進細菌の生態に関して基礎的情報を提供できた。

以上のように、本論文では、資材添加に伴う土壌中の重金属形態と微生物群集の変化や、根圏土壌と非根圏土壌の重金属形態と微生物群集の特性の違いという、これまで十分に研究が行われてこなかった課題について、有用な成果を得ることができた。本研究により、資材や植物を利用した汚染土壌修復技術を実用化する上で、有用な基礎的知見を提示できた。