

模擬汚染土壌を用いた植物体への重金属吸収能と生育反応に関する実験

熊谷組 正会員 ○土路生修三・横塚亨・正会員 村上順也

正会員 佐々木静郎・正会員 門倉伸行

桐蔭横浜大学 涌井史郎・菅野裕一・森永茂生・飯島健太郎

1. はじめに

有害物質等に汚染された土壌の修復技術として、植物を利用したファイトレメディエーションが注目されている。筆者らは、重金属等の集積体として注目されている植物体を用いて、汚染物質による植物の生育過程における影響を観察・測定することにより、供試植物の生育反応から汚染物質の存在等を評価する指標になり得るかを検討するために基礎実験を実施してきた。既報¹⁾では、鉱物油（灯油）含有土壌において供試植物の生育に大きく影響を与えることが明らかになった。本実験では、有害物質として六価クロムを対象とした模擬汚染土壌を作成し、数種類の植物種を用いて検討した。実験の結果、コントロール実験区と比して六価クロム含有土壌が、植物の茎・葉の生育に若干の影響を与えていることが示された。また、各部位（茎・葉・根）へのクロムの吸収が確認できた。本報告は、六価クロム含有土壌における植物の生育反応と各部位における吸収能の結果についてまとめたものである。

2. 実験方法

2.1 供試植物 本実験では、重金属等の集積植物として注目されている植物種および近郊の二次林や田畑、路傍等に自生が認められている種を中心に、アカザ、ヨモギ、メドハギ、シバを選定し、各実験区に10個体ずつ移植した。

2.2 実験装置 本実験に用いた実験装置は、縦2.88 m×横1.3 m×高さ0.6 mの矩形の供試箱で底部に遮水シートを敷設し、その上に100 mmの厚さで浸出水中の重金属を吸着する吸着層を設置した。供試箱には、φ100 mm×500 mmの塩ビ管を設置し、土壌を入れたのち苗を1個体ずつ移植した。アカザ実験系については、主根が1 m以上に達すると予想されたため高さを1 mとした。塩ビ管ポットの周囲には、断熱材を敷き詰めた。実験に供した土壌は、市販の赤玉土を用いた。六価クロムを対象とした模擬汚染土壌は、環境基準（溶出量基準）の10倍、100倍相当量のニクロム酸ナトリウムを添加して作成した。この添加量を含有量として算出すると、それぞれ概ね5 mg-Cr/kg-dry soil、50 mg-Cr/kg-dry soilとなる。実験区は、コントロール区、Cr-10区、Cr-100区とした。

2.3 測定項目および測定方法 実験は、平成22年6月～10月に実施した。植物の生育状況の観測として、葉数・茎長等の測定や葉の色彩を調べた。土壌および植物試料のクロム含有量は、8月と10月の2回各5ポットから採取し測定した。主な測定項目と測定方法の概略を示す。(1)葉数・茎長：葉数の測定は、各植物個体について枚数を計測し実験区毎に平均値を求めた。茎長は、各個体の主茎（基部から頂芽の先端）もしくは最も長い部分を計測し平均値を求めた。(2)色度・色調：葉色は、植物の生育状況を判断する際に重要な観察項目のひとつである。測定は各実験区において色彩色差計（コニカミノルタ社 CR400）を用いて葉色を調査した。(3)土壌含有量：土壌含有量調査に係る測定における検液作成法（平成15年環境省告示19号）を準拠し、六価クロムの測定は、ジフェニルカルバジド吸光光度法により行った。(4)植物体中のクロム含有量：採取した植物を流水で洗浄後、凍結乾燥し水分を除去した後の植物体を部位ごとに分け粉碎し、適量を酸分解しクロムを抽出した液を電気加熱原子吸光法により測定した。

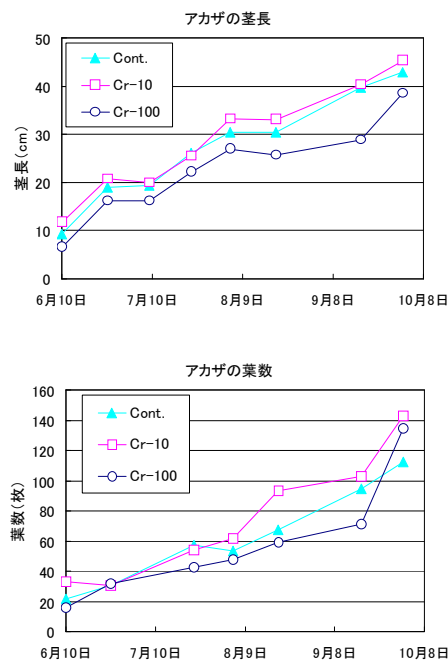


図-1 アカザの茎長・葉数の推移

キーワード 土壌汚染, 植物, 重金属, 生育, 色調, 吸収

連絡先 〒300-2651 茨城県つくば市鬼ヶ窪 1043 株式会社 熊谷組 技術研究所 TEL 029-847-7505

3. 結果および考察

3.1 葉数・茎長および葉の色度・色調 葉数・茎長の測定結果の一部（アカザ）を図-1に示す。アカザ実験区については、コントロール区と比して、葉数・茎長ともに Cr-100 区で若干生育に影響を与えている傾向を示しているが、枯死する等の大きな影響は認められなかった。Cr-100 区においては、コントロール区と差がないもしくは若干多い傾向を示した。葉色の測定は、色彩色差計で $L^*a^*b^*$ 表色系を用いて色差の測定を行った。 L^* a^* b^* 表色系とは、UCS (Uniform Color Space) の代表的なもので「均等色空間」といわれている。 L^* 値は明るさを、 a^* 値は赤-緑の軸を、 b^* は黄-青の軸を表す混色系の表色系である。なお、色調で示している C^* は、彩度とよばれ a^* の 2 乗と b^* の 2 乗を足し合せた数値の平方根として算出される。図-2 にアカザの色度と色調の結果を示す。色度が示すように Cr 区の植物は、相対的にコントロールより黄緑色を示し、コントロール区は相対的に赤方向によっていることが認められた。また、葉の色調では、Cr 区の方の葉色が薄い方向を示した。クロムはアカザの葉色（赤系色素）に何らかの影響を与えていることが考えられた。なお、土壌含有量が高い Cr-100 区の方が、やや顕著な傾向が示された。

3.2 土壌含有量 表-1 に 8 月、10 月に塩ビ管ポットから採取した土壌の六価クロム含有量の結果の一部を示す。測定は、土壌中濃度の高い Cr-100 区について実施した。表中の上・中・下はポットの深度を示し、上は表層から 10 cm 程度、中はアカザのみで表層下 50 cm 付近、下は下層から 10 cm 程度の土壌を示す。結果が示すように上層、下層において含有量に大きな差は認められなかった。模擬汚染土壌の作成においては、前述のとおり Cr-100 区では、概ね 50 mg/kg-dry soil であるので土壌への吸着分と溶脱（散水）による減少と考えられた。なお、溶出量試験を試みたが、Cr-100 区土壌試料においても定量下限値未満であったことから割愛したが、このことから比較的溶脱分が多かったのではないかと推測された。表中の ND は定量下限値（2 mg/kg）未満を示す。

3.3 植物体中のクロム含有量 図-3 に採取したアカザの各部位のクロム吸着濃度結果を示す。結果が示すように、概ね生長量に比例して吸着濃度が増加し、植物の部位別では、単位重量当たりで、根が最も多くクロムが蓄積されていることが示された。根は他の部位と比べて 3~10 倍程度の濃度となった。茎と葉を比べると単位重量あたりに吸着される量は、葉が若干高い傾向を示した。土壌濃度区別で比較すると土壌中の含有量が高い Cr-100 区の方が、3~8 倍程度濃度が高いことが示された。Cr-100 区の吸着濃度が高いことと、葉の色調や茎の生長の変化などから、生育に影響を与えていることが示唆された。

本実験の結果から以下のことが示された。①含有量基準（250 mg/kg）よりも低濃度であるが、クロムはアカザの生育において茎の生育や葉の色素に影響を与えることが示唆された。②アカザの各部位では、根に最も蓄積されることが示され、吸収濃度は土壌含有濃度に応じて増加することが示された。今後は、他の植物の評価を進めることと基準超過土壌での検討をしたいと考えている。 **【参考文献】** 1) 土路生修三 他 (2010) : 土壌中の油分が与える植物生育反応を利用した汚染評価方法に関する基礎実験、土木学会第 65 回年次学術講演会後援概要集、pp.1077-1078

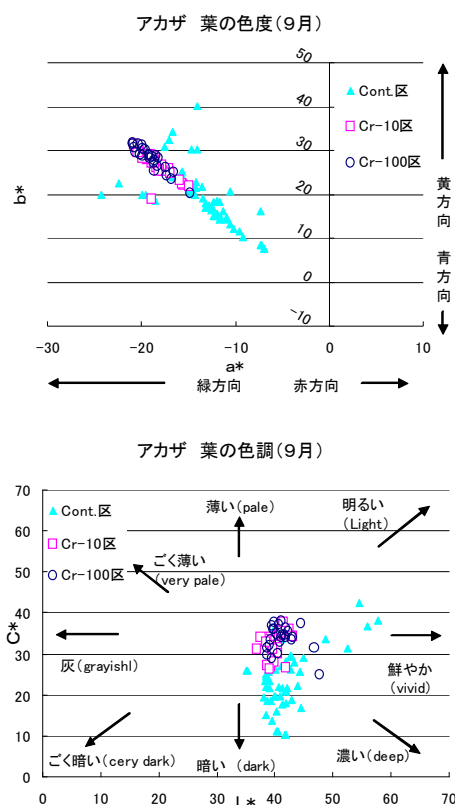


図-2 アカザ葉の色度と色調

表-1 土壌の含有量試験結果

8月採取土壌	メドハギ	ヨモギ	アカザ
コントロール	ND	ND	-
Cr-100上	24	20	26
Cr-100中	-	-	27
Cr-100下	23	21	25

10月採取土壌	メドハギ	ヨモギ
コントロール	ND	ND
Cr-100上	25	18
Cr-100下	23	28

(mg/kg-dry)

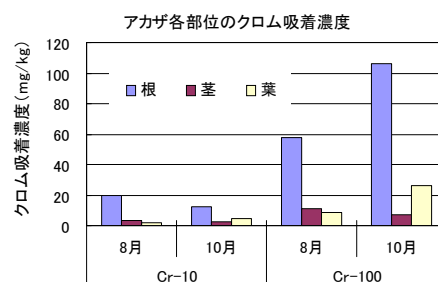


図-3 植物体中のクロム含有濃度結果