

ハタザオを用いた浄化による黒ボク土圃場の Cd 含有量変化予測手法の検討

Prediction Method of Soil Cd Content Change by Phytoextraction in Andisol Fields

○ 亀山幸司*・谷茂**・宮本輝仁*・塩野隆弘*

KAMEYAMA Koji, TANI Shigeru, MIYAMOTO Teruhito, and SHIONO Takahiro

1. はじめに

これまでの研究(亀山ら, 2009; 亀山ら, 2011)から、「ハクサンハタザオ」と呼ばれるアブラナ科の越冬植物が黒ボク土において高い Cd 除去能力を持つことが確認された。ただし、植物を用いた浄化は土壌 Cd 含有量を緩やかに低減させる技術であるため、土壌 Cd 含有量が高い地域等では、浄化期間が長期に及ぶことが想定される。農業利用されている農地において浄化が長期間に及ぶことは現実的ではなく、浄化期間は浄化コストに直接的に影響する。このため、浄化期間が長期に及ぶ場合には、コスト面から見た客土に対する優位性も保たれないこともある。従って、植物による浄化技術の適用にあたっては、対象圃場において浄化期間がどのくらいに及ぶかを把握することが非常に重要である。また、浄化期間を推定する際には、栽培回数による土壌 Cd 含有量変化の予測と土壌 Cd 含有量の修復目標値の設定等が必要となる。そこで、本報告では、ハクサンハタザオを用いた浄化による土壌 Cd 含有量変化を簡便に予測するための手法を、ポット試験と圃場試験の測定結果を基に検討した。

2. 植物浄化による土壌 Cd 含有量変化の予測手法

植物によって土壌から収奪される Cd 量は収穫物の Cd 吸収量と等しいと仮定すると(根にも Cd は集積するが、収穫後も土壌中に残存するため、土壌 Cd 含有量の減少に寄与しないと仮定)、圃場内の物質収支から栽培前後の土壌 Cd 含有量は次式の関係により表される。

$$Q_{Cd\ soil}(i) = Q_{Cd\ soil}(i-1) - Q_{Cd\ plant}(i) \quad (1)$$

ここで、 i :栽培回数、 $Q_{Cd\ soil}(i)$:栽培後の土壌 Cd 含有量(kg)、 $Q_{Cd\ soil}(i-1)$:栽培前の土壌 Cd 含有量(kg)、 $Q_{Cd\ plant}(i)$:収穫物による Cd 吸収量(kg)、を示している。

また、土壌 Cd 含有量 $Q_{Cd\ soil}(i)$ 、収穫物による Cd 吸収量 $Q_{Cd\ plant}(i)$ は次式により算定される。

$$Q_{Cd\ soil}(i) = A \times d \times \rho_s \times Cd_{soil}(i) \times 10^{-3} \quad (2)$$

$$Q_{Cd\ plant}(i) = A \times P \times Cd_{plant}(i) \times 10^{-6} \quad (3)$$

ここで、 A :除去対象の農地面積(m^2)、 d :除去対象となる土壌深さ(m)、 ρ_s :土壌の乾燥密度($g \cdot cm^{-3}$)、 $Cd_{soil}(i)$:土壌の全 Cd 濃度($mg \cdot kg^{-1}$)、 P :栽植密度($plant \cdot m^{-2}$)、 $Cd_{plant}(i)$:1植物体あたりの Cd 吸収量($mg \cdot plant^{-1}$)、を示している。ただし、(1)~(3)式から、土壌 Cd 含有量変化を予測するためには、栽培前の土壌 Cd 含有量等から収穫物の Cd 吸収量を予測するための関係式が必要である。このため、この関係式についてはハクサンハタザオ栽培試験(3種類の土壌を用いたポット試験と2箇所の圃場試験)の測定結果から求めた。

3. 結果および考察

3.1 土壌 Cd 含有量と収穫物の Cd 濃度・吸収量の関係

圃場試験とポット試験における栽培前の土壌 Cd 含有量と収穫物の Cd 濃度の関係を Fig. 1 に示した。栽培前の土壌 Cd 含有量と収穫物の Cd 濃度の関係は、対象圃場、対象土壌によってそれぞれ異なる関係性が見られた。亀山ら(2009)は、ポット試験の結果から、収穫物の Cd 濃度には、

* 農研機構 農村工学研究所 National Institute for Rural Engineering

** NTC インターナショナル(株)技術本部(前 農研機構 農村工学研究所) NTC International Corporation
キーワード: 土壌, 環境保全, カドミウム, ファイトレメディエーション, ハクサンハタザオ, 黒ボク土

土壌の Cd 含量だけでなく、土壌の pH や有機物含量の違いが影響すると考察した。ただし、同様の土壌を対象に行われた圃場試験 (A 圃場) とポット試験 (A 土壌) を比較した場合、圃場試験の方が収穫物の Cd 濃度が低い傾向が見られた。亀山ら (2011) は、収穫物の Cd 濃度はポット試験の方が圃場試験よりも高い一方、1 植物体あたりの乾物重は圃場試験の方がポット試験よりも多いため、結果として 1 植物体あたりの Cd 吸収量は室内ポット試験と野外部圃場試験結果では大きな差異はないことを示している。そこで、圃場試験とポット試験における栽培前の土壌 Cd 含有量と 1 植物体当たりの Cd 吸収量との関係を Fig. 2 に示した。この図から、A 圃場と A 土壌は、ほぼ同じ直線上にプロットされた。また、その他の土壌についても同様であった。栽培前の土壌 Cd 含有量と 1 植物体あたりの Cd 吸収量との間の相関が高い理由は定かではないが、この相関関係から得られた次式は、黒ボク土において、栽培前の土壌の Cd 含有量から 1 植物体あたりの Cd 吸収量を予測する際に有用と考えられる。

$$\log[Cd_{plant}] = 1.06 \log[Cd_{soil}] + 0.06 \quad (4)$$

3.2 植物浄化による土壌 Cd 含有量変化の予測結果

(1) ~ (4) 式を用い、圃場試験における栽培回数による土壌 Cd 含有量変化の測定値と計算値を Fig. 3 に示した。なお、この算定において、除去対象となる土壌深さ d (m) は、ハクサンハタザオの浄化範囲と推定されている 0.15m と設定した (亀山ら, 2011)。また、土壌の乾燥密度 ρ_s ($g \cdot cm^{-3}$)、土壌の初期 Cd 含有量 Cd_{soil} ($mg \cdot kg^{-1}$)、栽植密度 P ($plant \cdot m^{-2}$) は、Fig. 3 に示した値を用いた。測定値は 3 作目終了時までの結果のみであるが、(1) ~ (4) 式を用いた簡便な予測手法により、ハクサンハタザオを用いた浄化による Cd 含有黒ボク土の土壌 Cd 含有量変化が概ね良好に予測可能であると考えられた。従って、今後、土壌 Cd 含有量の修復目標値を設定することにより、算定結果から浄化年数の推定が可能となると考えられる。

引用文献

- 亀山幸司・谷茂・菅原玲子・石川祐一 (2009) : ハクサンハタザオ (*Arabidopsis halleri* ssp. *gemmifera*) による浄化技術の Cd 汚染黒ボク土への適用可能性の検討, 農業農村工学会論文集, 259, 99-106.
 亀山幸司・谷茂・菅原玲子・北島信行・石川祐一 (2011) : Cd 含有黒ボク土圃場におけるハクサンハタザオ (*Arabidopsis halleri* ssp. *gemmifera*) を用いた浄化試験, 農業農村工学会論文集, 投稿中。

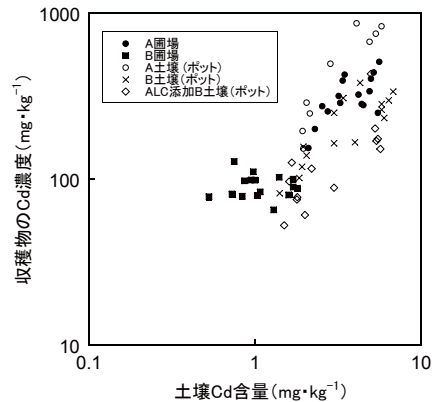


Fig. 1 土壌の Cd 含有量と収穫物の Cd 濃度の関係

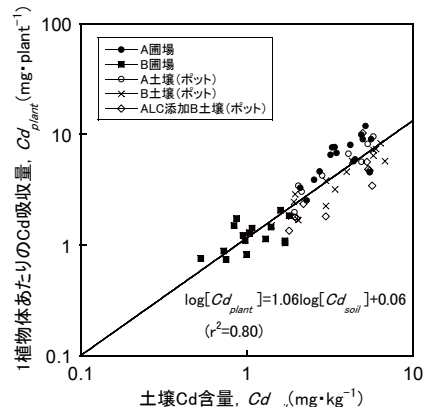


Fig. 2 土壌の Cd 含有量と 1 植物体あたりの Cd 吸収量の関係

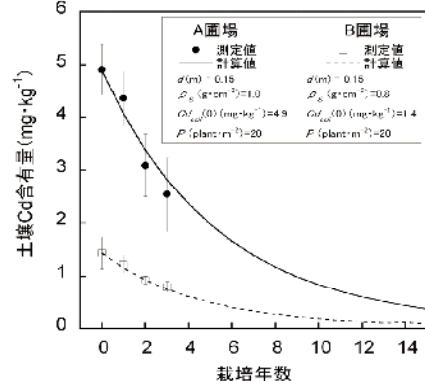


Fig. 3 圃場試験における土壌 Cd 含有量変化の測定値と計算値