

汚染土壌の再利用に向けた加熱処理後の土壌水理特性評価 Soil hydraulic properties after thermal remediation for reuse of contaminated soils

○安藤颯佑¹, 笠原信吾¹, 小島悠揮¹, 神谷浩二¹

Sousuke Ando¹, Shingo Kasahara¹, Yuki Kojima¹, Kohji Kamiya¹

1. はじめに

汚染土壌の浄化処理工法の一つとして加熱処理がある。加熱処理とは汚染土壌を加熱し、汚染物質を分解または気化する処理方法である。加熱処理は汚染物質が土壌に残留しないことから、土壌の再利用が可能であり、環境負荷が小さい。その一方で、加熱によって土壌の性質が変化することが知られている。しかしながら、水理特性の変化に着目した研究例はまだ少ないのが現状である。よって本研究では、加熱処理後土壌の再利用に向けて、加熱処理及び加熱温度が土壌の透水性と保水性に与える変化を評価することを目的とした。

2. 実験材料と方法

2.1 土壌試料と加熱処理

本研究では豊浦砂、岐阜大学実験圃場から採取した土壌（以降、岐大土）、黒ボク土の3種類を使用した。豊浦砂は細粒分を含まず、岐大土は粘土分が多く含まれる、黒ボク土は土壌有機物が多く含まれるという特徴がある。各試料を高温乾燥機 DRD360DA で 100°C、200°C、300°C、400°C、500°C、600°C で 24 時間加熱した。

2.2 粒度および有機物含有率の測定

加熱後の各試料を用いて、PARIO (METER Group, Pullman, WA, USA) による沈降分析とふるい分けを行い、粒度加積曲線を作成した。また高温乾燥機 DRD360DA を用いて強熱減

量試験を行い、有機物含有率を測定した。

2.3 水理特性の測定

加熱後の各試料を水中落下法によって 100cc サンプラーに充填した。飽和透水係数を変水位透水試験によって測定し、その後炉乾燥によって乾燥密度を決定した。また保水性の測定は HYPROP (METER Group) と WP4 (METER Group) を組み合わせて行った。水分特性曲線には van Genuchten モデルを使用した。保水性の測定は時間の都合上、豊浦砂は 100°C と 600°C で加熱したもの、黒ボク土と岐大土は 100°C、300°C、600°C で加熱したもののみを用いた。

3. 結果と考察

3.1 粒度分布と有機物含有率

粒度加積曲線は岐大土で細粒分が加熱温度の上昇に伴って減少する傾向を示した（図 1）。その減少量は比較的大きく、加熱温度 100°C の際には、36% 存在した粘土が加熱温度 600°C では 5% になった。加熱によって粘土粒子同士、もしくは粘土粒子と他の粒径区分が固結した可能性がある。黒ボク土でも若干の細粒分の減少が見られた。豊浦砂では変化はなかった。

有機物含有率は加熱温度の上昇に伴って減少した（図 2）。特に、もともとの有機物含有率の高い黒ボク土で顕著だった。有機物には易分解性と難分解性のものがあり、その揮発温度の違いによるものと考えられる。

1) 岐阜大学工学部 Faculty of Engineering, Gifu University

キーワード：土壌汚染，加熱処理，粒度，飽和透水係数，水分特性曲線

3.2 水理特性

豊浦砂では、水理特性の変化はほとんど見られなかったため、岐大土と黒ボク土について説明する。飽和透水係数は有機物含有率と粘土含有率の多い岐大土と黒ボク土で、加熱によって飽和透水係数が増加する傾向を示した(図3)。また加熱温度が高くなるほど、その傾向が顕著となった。岐大土の飽和透水係数は、100°Cで加熱した際の $3.92 \times 10^{-6} \text{ cm s}^{-1}$ から600°Cで加熱した際の $1.46 \times 10^{-4} \text{ cm s}^{-1}$ まで100倍近くも増加した。このことは、粒度試験において明らかになった粘土含有率の減少が、飽和透水係数には大きく影響することを示唆している。一方で、黒ボク土でも $1.86 \times 10^{-5} \text{ cm s}^{-1}$ から $6.26 \times 10^{-5} \text{ cm s}^{-1}$ まで増加しており、有機物の消失も透水性に影響を及ぼす。乾燥密度は加熱温度の上昇に伴い低下する傾向が見られた。

水分特性曲線の測定結果を図4に示す。岐大土と黒ボク土で保水性が低下する傾向が見られた。特に黒ボク土では、100°Cと600°Cの加熱に対し、空気侵入値は30 cm程度から10 cm程度まで低下している。さらに残留体積含水率も $0.17 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ から $0.15 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ まで低下した。このことから、特に有機物含有率の低下が、保水性に大きく影響を与えたと考えられる。

4. おわりに

加熱処理後の土壌の水理特性の変化と加熱温度の関係性について明らかにした。加熱によって粘土分率と有機物含有率の低下が見られ、それに関連した透水性の増加と保水性の低下が見られた。この変化は加熱温度が高温になるほど大きくなった。加熱処理をする時点で、水理特性の変化は避けることができず、再利用するには十分に考慮すべき土壌特性であることが示された。

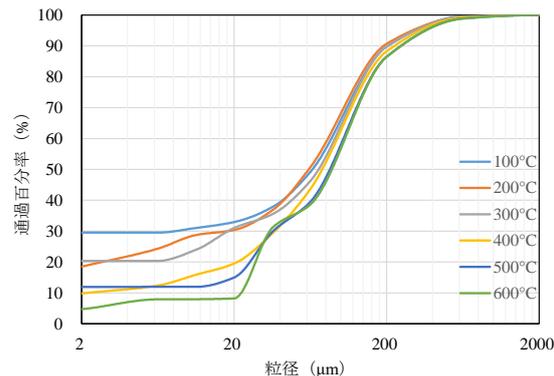


図1 岐大土の各加熱温度における粒径加積曲線

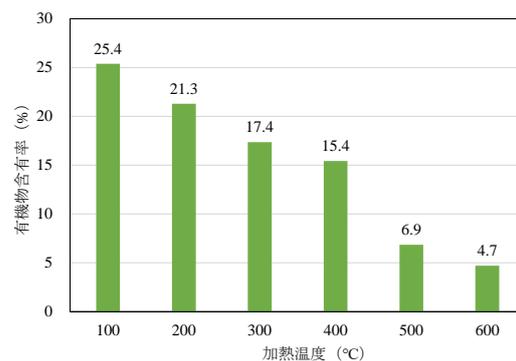


図2 黒ボク土の各加熱温度における有機物含有率

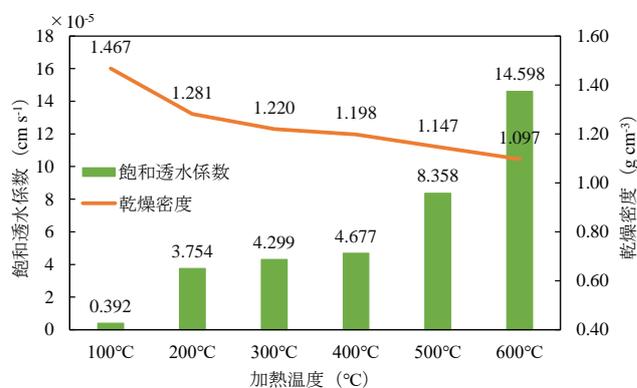


図3 岐大土の各加熱温度における飽和透水係数と乾燥密度

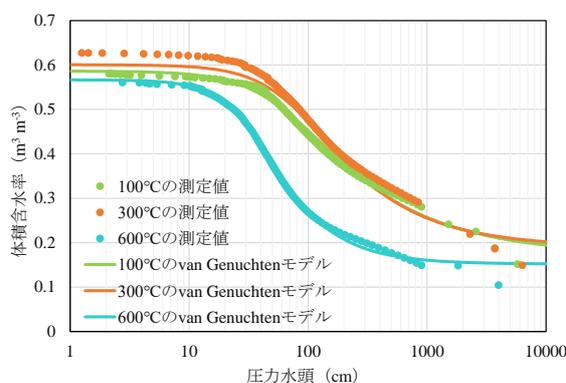


図4 黒ボク土の各加熱温度における水分保持曲線