

## 熱処理したばたの重金属吸着特性

九州大学工学部 学○黒田 俊雅

九州大学大学院 F 落合 英俊 正 安福 規之

九州大学大学院 正 大嶺 聖 正 山田 正太郎

## 1. はじめに

ばたとは石炭採掘に伴って地中から掘り出される粗悪な石炭、頁岩、砂岩などの碎屑物の総称であり、これらはばた山として集積している。これまでばたを地盤材料として利用するために、盛土材、路盤材としての利用に関する研究が行われてきたが、ばた中に含まれる硫酸塩によるコンクリート劣化崩壊や降雨による粘土化などが報告されており、実際に地盤材料として利用されたのは焼ばたなどの良質な材料特性を持ったものに限られ、多くのばたは放置されたままとなっている。その一方で、近年環境保全に対する社会意識の高まりを背景に、ばたに起因するとみられるばた山周辺の地下水汚染などの環境被害などが取り出され、廃棄物処理の観点からばたの有効利用が期待されている。

## 2. 熱処理によるばたの物性値の変化

本研究では、志免炭鉱ばた山から採取したものを対象としている。地盤材料としての利用が進まない要因となっているばたの諸特性改善をねらい、既往の研究においてばたの熱処理が行われ、物理、化学、力学特性の改善を得たり。ここで、熱処理とはばたを炭化物の状態にするために自然含水比状態のままアルミホイルで包み、卓上電気炉を用い 600℃で 2 時間加熱することを指す。生ばた、熱処理したばたのそれぞれの物性値を表 1 に示した。熱処理により、圧縮性は低下し、透水性は向上し、比較的締め固め特性のよい材料となった。また、硫酸イオンの溶出抑制効果はみられなかったが、pH、EC、濁度については大きな改善効果が得られ地盤材料として利用する際、地盤環境への負荷は軽減され则认为られる。また、熱処理したばたの力学特性は砂質土に近い性質を示しており、盛土材、埋立材などへの適用が可能と认为られる。熱処理したばたの有用性をさらに明らかにするため、本研究では、熱処理したばたの汚染物質吸着特性を調べ、その結果と熱処理により改善された特性を考慮した地盤材料としての具体的な有効利用方法を検討する。

表 1. 生ばた、熱処理したばたの物性値

|                                     | 生ばた   | 熱処理   |
|-------------------------------------|-------|-------|
| 土粒子密度(g/cm <sup>3</sup> )           | 2.429 | 2.423 |
| pH                                  | 8.92  | 6.85  |
| EC(mS/m)                            | 96.3  | 54.8  |
| 濁度(ppm)                             | 499.8 | 14.1  |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (ppm) | 651   | 880   |
| 圧縮指数                                | 0.149 | 0.315 |
| 最大乾燥密度(g/cm <sup>3</sup> )          | 1.53  | 1.44  |
| 最適含水比(%)                            | 19.3  | 22.6  |

## 3. 熱処理による吸着作用の変化

ばたは多くの頁岩を含むことから、汚染物質吸着作用を示す。また、熱処理により得られる炭化物は多孔性構造を有し、汚染物質吸着機能があるとされている。ここでは、熱処理による吸着作用の変化を、汚染物質を吸着する土の能力を調べるバッチ試験により確認する。

(1) 試験概要 汚染物質吸着作用を調べるにあたって、ここでは汚染物質として Pb を使用した。モデル汚染土の作製は、最大溶出量が 10ppm になるように 1000ppm Pb 標準液を豊浦砂に加える。そして、これを炉乾燥機で乾燥させたものと振とう溶液として水酸化ナトリウム水溶液を振とう容器にいれ、そこに 2mm ふるいを通過した生ばた、熱処理したばたを混合率 0, 20, 40% (20%とは汚染土 50g に対して 10g 加えること) で加え、振動回数 200rpm で 6 時間振とうする。次に上澄み液の濾過により検液を採取し、ICP 質量分析装置を用いて検液中の Pb 濃度を測定する。

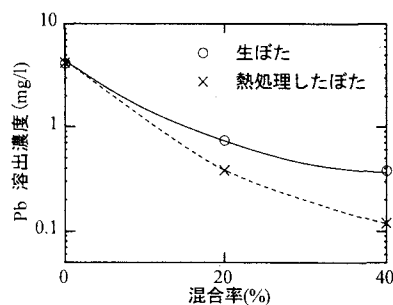


図 1. Pb 溶出濃度と混合率の関係

(2) 試験結果と考察 図 1 は、生ばた、熱処理したばたの混合率に対する Pb の溶出濃度の変化を示している。両試料とも Pb に対する吸着作用を示した。汚染土にばたを混合率 20% で加えた時、Pb の溶出濃度は 4.13 から 0.74 に低下し、40% 混合した場合は 0.38 まで低下した。熱処理したばたについては、20% 混合した時その溶出濃度は 0.26 まで下がり、40% 混合の場合は 0.11 まで低下した。この結果から、熱処理を行うことでばたの Pb 吸着能力は向上すると考えられる。

#### 4. 液性を考慮した溶出試験

重金属溶出量は pH への依存性を示すことから、ここでは酸性、中性、アルカリ性 3 種類の液性を作り、それぞれの状況下での熱処理ばた混合による Pb 溶出軽減効果を調べる。試験手順は 3-1 とほぼ同様であり、振とうの際の液性調整のために、酸性にはフタル酸塩 pH 標準液を、中性にはホウ酸 pH 標準液を、アルカリ性には水酸化ナトリウム水溶液を使用する。

試験結果と考察 pH と溶出濃度の関係を、また混合率と溶出濃度の関係を図 2 に示した。どの液性においても熱処理したばた混合による Pb の溶出軽減効果が現れており、特にアルカリ性においてその効果は顕著に見られ、熱処理したばたを混合率 40% で加えた場合の Pb の溶出濃度は汚染土(0%)のものに対して約 1/60 倍抑制された。この実験から、液性に関係なく熱処理したばたは Pb に対し吸着作用を示すと考えられる。

#### 5. 吸着能力の比較

(1) 試験概要 Pb に対する吸着能力を比較するために、熱処理したばた、ベントナイト、カオリン、生ばたを用いてバッチ試験を行った。実験は乾燥試料 4g に相当する試料土に試料含水比を考慮して所定の濃度 (100, 300, 600, 800ppm) となるように Pb 標準液を添加して 40ml とし、振とう機で 2 時間、150rpm の攪拌効果を与え、恒温室で 24 時間静置後、上澄み液を試験管に採取し、遠心分離機で 20 分間、5000rpm で遠心分離させ、その上澄みをろ過し、Pb の濃度を原子吸光分析装置により測定する。測定結果を図 3 に示すように吸着等温線により整理した。

ここに  $q = (C_0 - C) V / M$   $q$  : 土粒子 1 g あたりの吸着量 (mg / g)  $C$  : 平衡濃度 (ppm)  
 $C_0$  : 初期濃度 (100, 300, 600, 800ppm)  $V$  : 試料溶液の体積 (40ml)  $M$  : 試料土の乾燥重量 (4 g)

(2) 試験結果と考察 図 3 より熱処理したばた、生ばた、ベントナイトのいずれについても、初期濃度が 100, 300ppm 時の Pb の溶出はわずかであり、加えた Pb をほぼ完全に吸着していることがわかる。初期濃度が 600, 800ppm の時、生ばた、熱処理したばたはベントナイトに比べ、高い吸着能力を示した。この実験より、熱処理したばたは Pb に対し大きな吸着効果を示すという結果が得られた。

#### 6. まとめ

本研究より、熱処理することでばたの Pb に対する吸着能力は向上し、また熱処理したばたを汚染土に混合することで、Pb の溶出はかなり抑制される。また、いずれの pH 条件においても熱処理したばたが大きな Pb 吸着能力を有することがわかった。熱処理したばたのこの吸着特性と良排水性から、埋立処分場などの即日覆土として使用される砂質土としての利用が有効ではないかと考える。

参考文献 1) 川上ら：焼成処理によるばたの地盤工学的特性の改善 土木学会西部支部研究発表会講演概要集 ppA-352～A353, 平成 14 年度

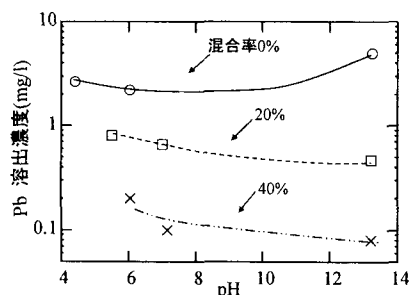


図 2. Pb 溶出濃度と pH の関係

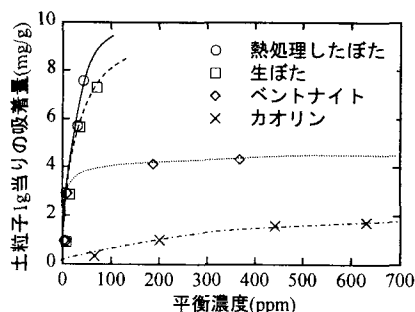


図 3. Pb の吸着量と平衡濃度の関係