

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 4 月 24 日現在

機関番号：37401

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22560503

研究課題名（和文） 木質系バイオマス炭化材の地盤材料への適用性に関する研究

研究課題名（英文） APPLICABILITY OF CARBONIZED WOODY BIOMASS TO GEOMATERIAL

研究代表者

荒牧 憲隆（ARAMAKI NORITAKA）

崇城大学・工学部・准教授

研究者番号：00299661

研究成果の概要（和文）：

本研究では、主に廃竹材を活用した炭化材を作製し、炭化材の軽量性や吸着特性を活かした地盤材料への適用性について検討を行っています。その結果として、竹炭を用いることで、干潟の地盤環境修復および保全効果があることを明らかにしています。また、地盤改良においては、改良効果の向上、重金属の溶出抑制効果があることが認められました。そして、炭化材を活用して人工的に造粒した材料では、一般的な砂質土と同程度の力学特性を示し、液状化に対して抵抗力のあることが確認されています。

研究成果の概要（英文）：

In this study, the application of carbonized woody biomass to geomaterial is investigated experimentally. The carbonized woody biomass was prepared with a waste bamboo material. Bamboo charcoal is porous and lightweight material and has a characteristic to adsorb a toxic substance. As a result, firstly, it was clarified that both a mud improvement effect and a maintenance effect of a tidal flat mud were observed by using bamboo charcoal. Secondary, the strength of the cement-treated soil mixing with bamboo charcoal increased remarkably and it was indicated that the leaching amount of heavy metal from leaching tests was inhibited to some extent due to mixture of the bamboo charcoal in cement-treated soil. Finally, mechanical property of granulated bamboo charcoal showed similar to that of sandy soil. Liquefaction resistance of granulated bamboo charcoal showed greater than that of sandy soil. Based on these tests, it was shown that the bamboo charcoal had multiple uses for geomaterial.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2011 年度	700,000	210,000	910,000
2012 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・地盤工学

 キーワード：木質系バイオマス，地盤環境，リサイクル，竹炭，環境修復，地盤改良，
重金属溶出抑制，造粒化

1. 研究開始当初の背景

我が国の森林資源は、古来より人々にとって有用な資源として活用されてきた。しかし、工業化が進み時代が変わる中で、森林資源の利用量が減り、特に竹は、植物の中でも成長が早く、竹林は放置され、他の生態を浸食しているのが現状である。また、この放置地域は拡大、豪雨時の土砂災害の原因となることもしばしば認められる。

適切な間伐により、森林環境は保全されるが、その間伐材の有効利用が課題となる。間伐材のような木質系廃棄物の代表的な有効利用においては、廃木材を炭化することにより、水質浄化、土壌改良材など種々の分野での利用が図られている。しかし、炭化材は、材質、炭化温度等により構造、組成および性能が左右され、利用方法も異なる。また、木質系炭化物の需要先については限界に達しつつあり、大量に利用できる分野の開拓が必要になってきている。木質系バイオマス炭化物を地盤材料へと有効利用した検討もされているが、現場への適用事例は少ない。その原因として、一意的ではない炭化物の特性を十分に踏まえた検討が行われていない結果と考えられる。そのため、木質系バイオマス炭化材の種々の性能面から地盤材料への適用性を明らかにすることにより、その利用用途は広がると期待される。

2. 研究の目的

本研究では、木質系廃棄物、特に竹材を活用した炭化材を作製し、その性能を踏まえた地盤材料への適用性について、検討していくことを目的としている。具体的には、地盤改良、土壌浄化技術、リサイクルの観点から、1)干潟の地盤環境修復および保全効果、2)炭化材を混合したセメント安定処理土の力学特性および重金属抑制効果、3)炭化材を活用して造粒化した人工地盤材料の力学的特性について明らかにすることを主要な目的として実施した。

3. 研究の方法

本研究は、目標として、図-1、図-2に示すような研究の流れと研究者の役割に沿って研究を実施した。

4. 研究成果

(1)平成22年度の研究成果は、以下の通りである。

- ①木質系バイオマス炭化材の物理・化学特性
孟宗竹を対象に炭化材を作製し、物理・化学特性の検討を行った。この時、炭化材の吸着性能は、炭化時の温度条件により左右され

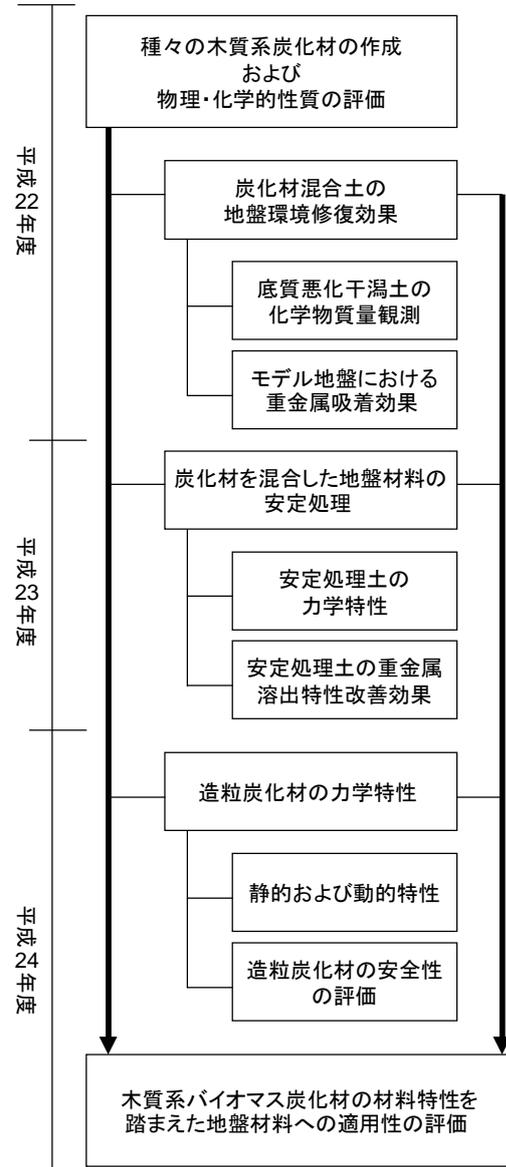


図-1 研究フロー

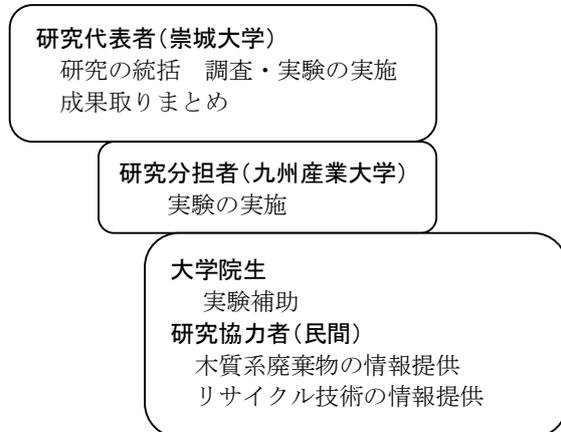


図-2 研究体制

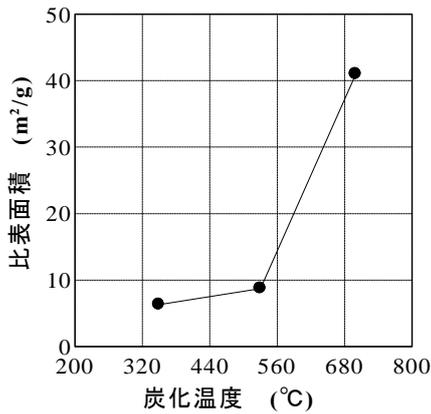


図-3 比表面積と炭化温度の関係

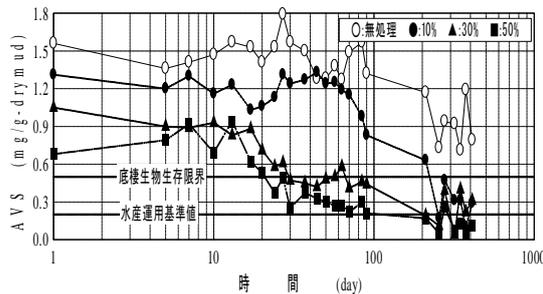


図-4 干潟土の底質改善効果

ることから、数種類の炭化工程・温度条件により作製している。これらを化学組成、比表面積、電気抵抗、pH を測定した。その結果、竹炭作成条件による化学組成に大きな違いは認められなかった。また、炭化温度が高くなるに伴い、比表面積は大きくなることが分かった(図-3参照)。さらに、電気抵抗では、比抵抗値 $10^4 \Omega \text{ cm}$ 以下となると竹炭は通電性を有しており、竹炭の pH は、作成条件の違いに関わらず、弱アルカリ性を示した。

②炭化材の地盤環境修復効果

1) 底質悪化干潟土の化学物質観測

有明海の干潟から採取された底質土を対象に、炭化材を活用した干潟土の底質環境改善効果に関して実験的検討を行った。底質を悪化させた地盤に竹炭を混合して模型地盤を作製し、計測項目として、底質土内 pH、酸化還元電位、酸揮発性硫化物量(AVS)を定期的に観測し、炭化材混合による環境改善効果を確認した。その結果、高温の竹炭を混合することにより、底質土は還元雰囲気下においても、時間の経過とともに、硫化物量は減少し水産運用基準を満たすことが認められた(図-4)。

2) 炭化材による汚染物質の吸着効果

地盤改良時に溶出する可能性のある六価クロムについて、竹炭の吸着特性を検討した。

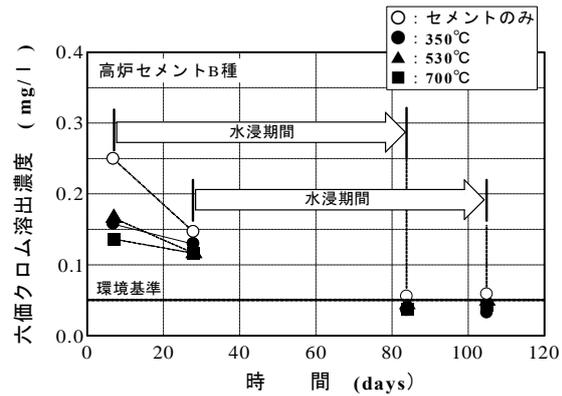


図-5 六価クロム溶出濃度の経時変化

シリアルバッチ試験の結果から、竹炭は炭化温度が高温になるに伴い、六価クロムの吸着量は増加した。また、火山灰質粘性土をセメント安定処理した改良土に竹炭を混合させることにより、六価クロムの溶出を抑制することが確認された。なお、抑制量は、竹炭の作成条件に依存しないことが分かった。

(2) 平成 23 年度の研究成果は、以下の通りである。

①炭化材の地盤環境修復および保全効果

平成 22 年度から継続しており、炭化材を活用した干潟土の底質環境改善効果に関して実験的検討を行った。定期的な観測から長期安定性について調べている。計測項目として、前年度の計測項目に硫酸イオン濃度を加えた。その結果として、硫酸還元菌の活動条件を満たした干潟土であっても、炭化材を混合することで、干潟土における底棲生物の生息条件となる酸揮発性硫化物の発生を長期的に抑制することが可能であった。また、併せて、保全効果の確認も行い、環境悪化が進んでいない干潟土に炭化材を加えると、底質環境が悪化する条件下においても、干潟土の化学特性は安定し、保全されることが認められた。

②炭化材を混合したセメント安定処理効果

低強度・低品質な建設発生土の有効利用を考え、炭化材を活用した火山灰質粘性土のセメント安定処理効果を検討した。固化材には、普通ポルトランドセメントおよび高炉セメント B 種を用い、安定処理効果の確認には一軸圧縮試験を実施した。その結果として、炭化材を混合することで、セメント安定処理効果と比較し、著しい強度増加が認められた。

③炭化材を混合した安定処理土からの重金属溶出特性

火山灰質粘性土をセメント改良した場合には六価クロムが溶出することがある。②での試験計画と同時に、炭化材の吸着性能に着目した安定処理土の重金属溶出特性の改善

効果について確認を行った。溶出試験は、環境省告示 46 号およびタンクリーチング試験を実施している。その結果、セメントのみの安定処理土では、環境基準値を超える六価クロムの溶出が認められたが、炭化材を混合することにより、六価クロムの溶出抑制が確認された（図-5 参照）。

(3) 平成 24 年度の研究成果は、以下の通りである。

①造粒炭化土の地盤材料特性

造粒炭化土は、浚渫粘土、竹炭、セメントを用いて作製された。以下に、検討結果の概略を示す。

1) 造粒炭化土の物理・化学的性質

土粒子密度は、利用した竹炭の炭化温度に依存し、地盤材料に比べ、軽量であった。また、pH は中性を示し、かつ経時変化によらず安定していた。セメントを固化材として用いたため、六価クロムの溶出が懸念されたが、不検出であり、環境上、安全な材料であることが確認された。

2) 造粒炭化土の静的および動的せん断特性

静的せん断特性において、拘束圧の変化に伴い、変形・強度特性は異なることが認められた。また、得られた強度定数は、一般的な砂質土とほぼ同程度であった（図-6 参照）。また、液状化の検討も、静的せん断特性と同様な傾向を示すが、液状化強度は、一般的な砂質土に比べ相対的に大きいことが認められた（図-7 参照）。

3) 造粒炭化土からの脱塩特性

港湾での浚渫土を利用していることから、造粒炭化土には塩分が含まれる。環境基準値以下の塩分濃度等が確認されれば、その後、塩分を含む材料からの脱塩は抑制されることが認められた。

②木質系バイオマス炭化材の地盤材料への適用性の評価

木質系バイオマス炭化材の地盤材料としての特性は、軽量で、吸着特性を有する材料である。これは、地盤材料として、有用な特性である。しかし、その材料特性には、炭化材作製時の炭化方法や温度に依存することから、利用目的別に調整する必要がある。また、これまでの結果から、干潟の環境保全、修復機能やセメント安定処理時の改良効果改善や六価クロムの抑制効果などが確認され、地盤材料としての適用性はあると判断できる。さらに、本研究での成果は、地盤中での他の有害物質吸着や災害時の津波堆積物の有効利用時の補助材として利用の可能性が示唆される結果であった。

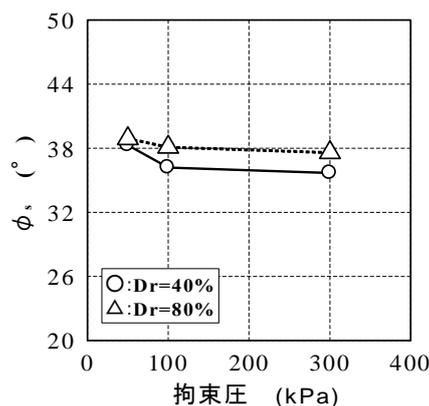


図-6 セカントアングル・拘束圧関係

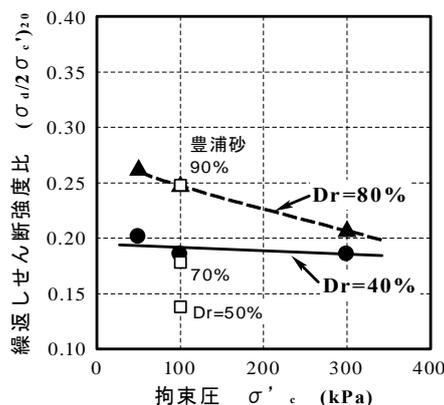


図-7 繰返しせん断強度比

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4 件)

- 1) 荒牧憲隆・大鶴将司・天本徳浩, 竹炭を混合したセメント改良土からの六価クロム溶出特性, 地盤改良シンポジウム論文集, 査読有, 10th, 2012, pp.481-486.
- 2) 荒牧憲隆, 多機能を有する竹炭の地盤材料への適用性に関する研究, 土木学会論文集 G (環境), 査読有, Vol.67, 2011, pp.263-267.
- 3) 荒牧憲隆・天本徳浩, 竹炭を活用したセメント固化処理土の六価クロム溶出抑制に関する研究, 環境地盤工学シンポジウム論文集, 査読有, 9th, 2011, pp.163-168.
- 4) 荒牧憲隆・天本徳浩, 竹炭の地盤改良および地盤環境技術への適用性, 地盤改良シンポジウム論文集, 査読有, 9th, 2010, pp.71-74.

[学会発表] (計 8 件)

- 1) 荒牧憲隆・郷舞衣子, 竹炭を混合した有明海干潟土の底質保全効果, 土木学会年次学術講演会, 2012.9.5, 名古屋大学

- 2) 大鶴将司・荒牧憲隆, セメント安定処理土からの六価クロム溶出特性に及ぼす竹炭混合の影響, 土木学会西部支部研究発表会, 2012.3.3, 鹿児島大学
- 3) 郷舞衣子・荒牧憲隆, 竹炭を混合した干潟土の底質環境保全効果, 土木学会西部支部研究発表会, 2012.3.3, 鹿児島大学
- 4) 荒牧憲隆・天本徳浩, 竹炭を混合した安定処理土からの六価クロム溶出特性, 土木学会年次学術講演会, 2011.9.9, 愛媛大学
- 5) 荒牧憲隆, 竹炭を混合したセメント安定処理土の力学特性に及ぼす炭化温度の影響, 地盤工学研究発表会, 2011.7.7, 神戸国際会議場
- 6) 荒牧憲隆・津田史也・葉永治, 竹炭の六価クロム吸着性能に関する実験的検討, 土木学会西部支部研究発表会, 2011.3.5, 九州工業大学
- 7) 荒牧憲隆・津田史也・葉永治, 炭化過程が異なる竹炭を混合した火山灰粘質性土の安定処理効果, 土木学会西部支部研究発表会, 2011.3.5, 九州工業大学
- 8) 荒牧憲隆, 竹炭を混合した干潟土の長期底質改善効果, 2010.9.1, 北海道大学

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

荒牧 憲隆 (ARAMAKI NORITAKA)
崇城大学・工学部・准教授
研究者番号：00299661

(2) 研究分担者

林 泰弘 (HAYASHI YASUHIRO)
九州産業大学・工学部・准教授
研究者番号：50274692

(3) 連携研究者

なし