

## カキ殻を利用した土の微生物固化処理技術に関する基礎的研究

## Cementation Technique of Soil Due to Microbial Activity using Waste Oyster Shell

○岩本 晃嗣\* 金山 素平\*\* 中野 晶子\*\*\* 東 孝寛\*\* 大坪 政美\*\*\*\*

Iwamoto K. \*, Kanayama M. \*\*, Nakano A. \*\*\*, Higashi T. \*\* and Ohtsubo M. \*\*\*\*

## 1. はじめに

現在、環境保全や資源リサイクルに対する関心が全世界で高まっており、農業工学・地盤工学分野においても周辺環境に配慮した施工法・地盤改良工法等の技術開発が望まれている。地盤の力学的特性・透水性を改良する技術に関しては、セメントや水ガラスなどの人工材料を用いた工法(グラウト工法)が一般的である。しかし、近年では環境負荷の少ない新たな地盤改良法として微生物の力を利用した手法(バイオグラウト工法)が注目されており、国内外において研究されている(川崎ら, 2006; Victoria *et al.*, 2007)。

しかし、これまでの研究において、固結生成物の物理的・力学的評価は十分とはいえず、さらに、用いるセメント物質の選択に関する詳しい考慮がなされていない。そこで、本研究では資源の再利用を含めた新たなバイオグラウトを開発することを目的とし、使用するセメント物質に産業廃棄物として廃棄されるカキ殻を焼成して粉末状にしたものをカルシウム源として採用し、その固化性能を力学的に評価した。

## 2. 試料および試験方法

本研究ではカルシウム源として、500°C、750°C、1000°Cで1時間焼成処理を行ったカキ殻および無処理のカキ殻(NT)を用いた。各カキ殻に対して蒸留水および豊浦標準砂(土粒子密度 $\rho_s=2.640\text{g/cm}^3$ )、イースト菌(日清製粉株, カメリア), グルコースを混ぜ、試料を作製した。

各試料を用いてバッチ試験による $\text{Ca}^{2+}$ 濃度とpHの測定を行い、マイクロインデンター(エー・アンド・デイ株, RTG-1210 : Photo.1)による硬度の測定を行った。

## 3. 実験結果および考察

Fig.1は、蒸留水に焼成温度の異なるカキ殻および砂を投入した際のpH、 $\text{Ca}^{2+}$ 濃度の変化である。1000°Cで処理をしたカキ殻においては、 $\text{Ca}^{2+}$ 濃度およびpHがともに高い値を示している。これは、1000°Cで処理を行ったカキ殻の主成分が酸化カルシウム( $\text{CaO}$ )であり、その溶解度が高かったためである。 $\text{Ca}^{2+}$ 濃度が減少していることと、pHの値が低下していることから、 $\text{Ca}^{2+}$ が大気中の $\text{CO}_2$ と反応し、炭酸カルシウムが析出されたと推察できる。その他のカキ殻に関しても、 $\text{Ca}^{2+}$ の溶出が確認でき、その値は減少傾向を示していることから、炭酸カルシウムの析出が行われた。

また、Fig.2はイースト菌とグルコースを用いて1日養生させた溶液に焼成温度の異なるカキ殻および



Photo.1 Micro indentation apparatus

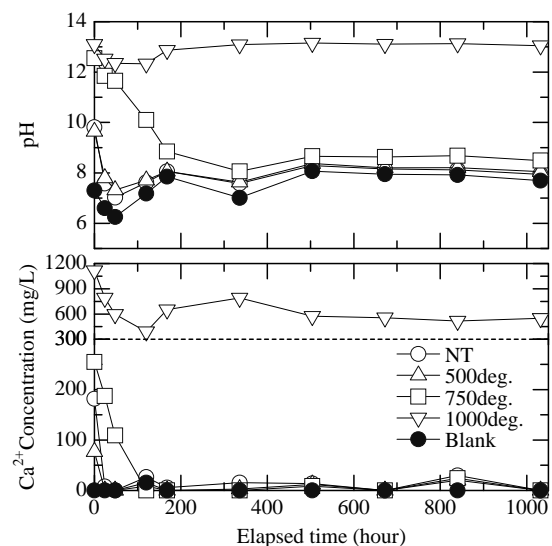


Fig.1 Variations of pH and calcium ion concentration for distilled water solution with elapsed time (Non Yeast Treatment)

\*九州大学大学院生物資源環境科学府, \*\*九州大学大学院農学研究院, \*\*\*九州大学熱帯農学研究センター, \*\*\*\*九州大学名誉教授

\*Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, \*\*Faculty of Agriculture, \*\*\*Institute of Tropical Agriculture, \*\*\*\*Professor Emeritus, Kyushu University

キーワード: カキ殻, 微生物代謝, 炭酸カルシウム

砂を投入した際の pH ,  $\text{Ca}^{2+}$ 濃度の変化である。1000°Cで処理をしたカキ殻に関しては、pH が高い値であるため、イースト菌が十分に活動できず、Fig.1の結果と同様の傾向を示した。その他のカキ殻に関しては、イースト菌を用いて予め溶液の pH を下げたことにより、Fig.1の結果よりも多くの  $\text{Ca}^{2+}$ が溶出し、その後は炭酸カルシウムの析出が確認できる。

Fig.3 は、カキ殻を用いて作製した試料を 14 日間養生し、マイクロインデンターを用いて硬度評価をした際に得られたグラフである。硬度測定でも、バッチ試験と同様に、蒸留水を用いた試験(Non Yeast Treatment)と、イースト菌を 1 日養生させた溶液を用いた試験(Yeast Treatment)の 2 つを行っている。縦軸は貫入深さ  $h_c$ (mm)、横軸は接触硬度  $H$ ( $\text{kN}/\text{m}^2$ ) を表している。両者のグラフから、砂と蒸留水のみを入れた Blank 試料の硬度に対し、カキ殻を用いた試料の硬度が大きいことが分かる。これは、カキ殻から溶出した  $\text{Ca}^{2+}$ が大気中の  $\text{CO}_2$ および微生物代謝によって得られた  $\text{CO}_2$ と反応し、土粒子間に  $\text{CaCO}_3$ として析出したためであると考えられる。特に、1000°Cで処理したカキ殻においては、バッチ試験の結果より、溶出する  $\text{Ca}^{2+}$ 濃度が他のカキ殻に比べて高いため、より多くの炭酸カルシウムが析出しやすく、Non Yeast Treatment では、Blank 試料の約 15 倍、Yeast Treatment では Blank 試料の約 10 倍と大幅な硬度の増加が確認された。Non Yeast Treatment における硬度の方が高い値を示した理由としては、高い pH 下ではイースト菌が十分に代謝活動を行っていないため、炭酸カルシウムの析出が試料の乾燥状態に依存しているからであると考えられる。また、その他のカキ殻では、溶出した  $\text{Ca}^{2+}$ と大気中の  $\text{CO}_2$ との反応に加え、イースト菌の代謝活動による  $\text{CO}_2$ との反応があるため、Non Yeast Treatment の結果に比べ Yeast Treatment における硬度の方が高い値を示した。以上の結果より、砂試料にカキ殻を加え、微生物固化処理法を適用することで、試料の硬度が増加することを確認した。

また、カキ殻の溶解により溶液の pH が上昇するため、イースト菌の代謝活動および炭酸カルシウムの析出反応による pH の低下を制御することが可能であることを確認した。

#### 4. まとめ

本研究では、産業廃棄物であるカキ殻を有効利用するとともに微生物の代謝活動を利用した土の微生物固化処理について実験的に検討した。バッチ試験の結果より、 $\text{Ca}^{2+}$ 濃度が減少することから、炭酸カルシウムの析出が行われていることが確認された。さらに、マイクロインデンターによる硬度の測定においては、大気中からの  $\text{CO}_2$ に加え、微生物代謝による  $\text{CO}_2$ がカキ殻から溶出した  $\text{Ca}^{2+}$ と反応することで、 $\text{CaCO}_3$ が析出し、硬度が増加することが確認された。本研究が解決すべき課題点は多いが、環境保全と資源リサイクルに配慮した地盤改良工法の 1 つとして利用が期待される。

参考文献 川崎了, 村尾彰了, 広吉直樹, 恒川昌美, 金子勝比古(2006): 微生物の代謝活動により固化する新しいグラウトに関する基礎的研究, 応用地質, 第 47 巻, 第 1 号, 2-12. Victoria S. Whiffin, Leon A. van Paassen and Marien P. Harkes (2007): Microbial carbonate precipitation as a soil improvement technique, *Geomicrobiology Journal*, 24, 1-7.

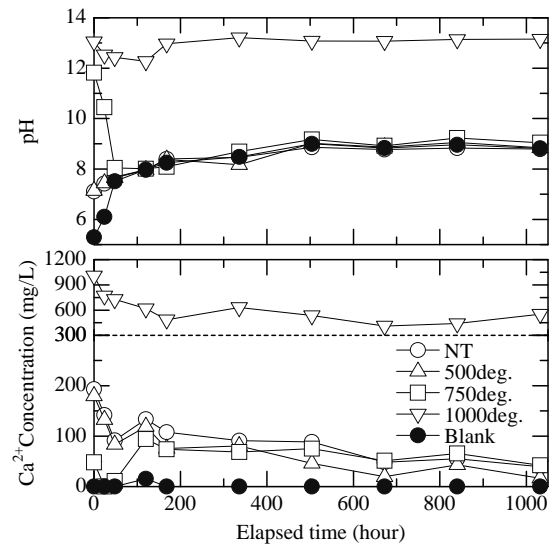


Fig.2 Variations of pH and calcium ion concentration for distilled water solution with elapsed time (Yeast Treatment)

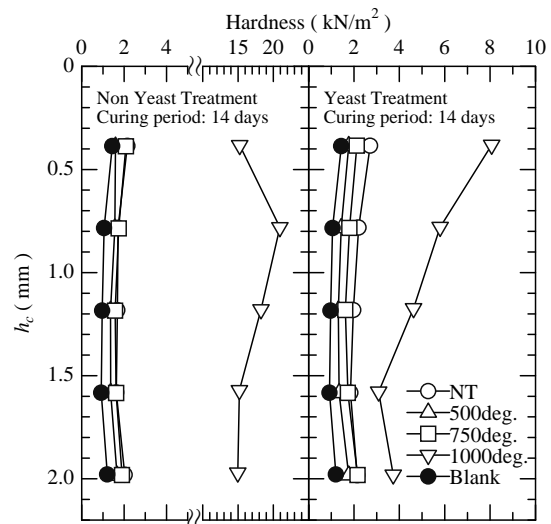


Fig.3 Relationships between hardness and penetration depth for each sample after 14 days