

微生物機能を用いた新しい現位置地盤改良技術に関する実験的研究

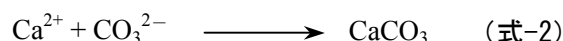
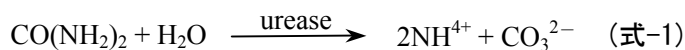
長野工業高等専門学校 学生会員 ○立野 菜 緒
 長野工業高等専門学校 正 会 員 畠 俊 郎
 (独) 土木研究所 正 会 員 稲垣 由紀子

1. はじめに

環境負荷の少ない地盤改良技術として、微生物機能により炭酸カルシウム (CaCO_3) を析出させて土を固化する技術について検討が進められている。海外では *Bacillus Pasteurii* の尿素分解酵素 (以下 *urease* と称す) を利用して CaCO_3 析出を図る技術が検討されており、その有効性が報告されている¹⁾。著者らは、既往の知見が日本国内に適用可能であるかの評価を目的とし、*urease* を利用した CaCO_3 析出による地盤の固化技術について検討している。*Bacillus Pasteurii* (ATCC11859) を用いて栄養塩を連続的に浸透させる条件のもと、豊浦砂の固化実験を行った。本文では各種分析を通じて *urease* を利用した地盤固化技術の有効性について評価した結果を述べる。

2. 着目したメカニズム

本研究で着目した CaCO_3 の析出メカニズムを式-1 および式-2 に示す。



今回着目したメカニズムでは、 CaCO_3 析出に *urease* が必要不可欠となる。本実験では、海外において有効性が確認されている *Bacillus Pasteurii* を微生物源に選定した。

3. 実験概要

Bacillus Pasteurii を用いて栄養塩を連続的に浸透させる条件のもと、豊浦砂の固化実験を行った。実験手順を図-1 に、実験状況を写真-1 に示す。*Bacillus Pasteurii* 培養液とは純菌を液体培養した菌体懸濁液を示す。供試体は、シリンジに栄養塩 40ml と所定量の *Bacillus Pasteurii* を注入し、コンタミネーションに注意しながら攪拌混合した後、豊浦砂 60g を投入する方法で作製した。その後、試験期間中は所定量の栄養塩を一日一回添加し、試験開始後 3,7 日目にサンプリングを行った。栄養塩の組成を表-1 に、実験ケースを表-2 に示す。なお、栄養塩は pH=6.0 となるように調整し、豊浦砂と共に滅菌処理を行った。固化後の供試体においてサンプリング時に栄養塩が浸透可能であれば蒸留水を通水させ、困難な場合はそのまま 2 日間炉乾燥し、シリンジから取り出した乾燥後の供試体重量 (W_{S1}) を測定した。その後、0.5M の HCl で供試体中に析出した CaCO_3 を酸分解させ、蒸留水で洗浄した後、1 日間炉乾燥させ重量 (W_{S2}) を測定した。酸分解の前後の重量差より CaCO_3 析出量を算出した (以下、酸分解法と称す)。

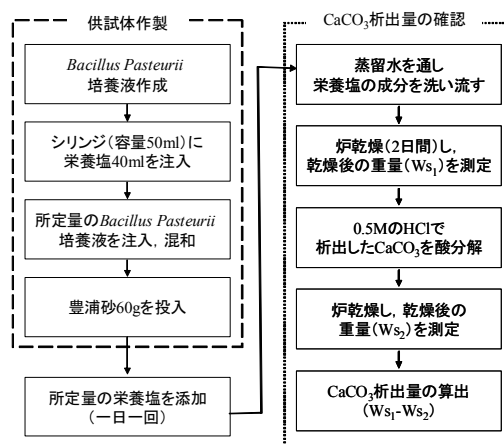


図-1 実験手順

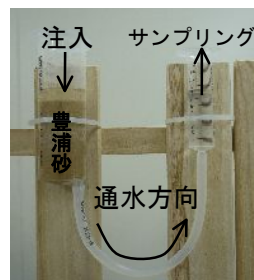


写真-1 実験状況

表-1 栄養塩の組成 (蒸留水 1L あたり)

ポリペプトン	3g
NH_4Cl (塩化アンモニウム)	10g
NaHCO_3 (炭酸水素ナトリウム)	2.12g
Urea (尿素)	25g
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (塩化カルシウム二水和物)	25g

表-2 実験ケース一覧

試験ケース	<i>Bacillus Pasteurii</i> 培養液 (ml)	栄養塩添加量 (ml/day)	豊浦砂 (g)
1	0.1	20	60
2	0.1	40	60
3	0.2	20	60
4	0.2	40	60

キーワード：地盤改良，現位置処理，Microbial Carbonate Precipitation(MCP)

連絡先 〒381-8550 長野県長野市大字徳間 716 長野高専 環境都市工学科 畠研究室 TEL 026-295-7096

4. 実験結果

1-ナフトール法を用い、供試体を浸透した栄養塩のアンモニウムイオン生成率を測定した(図-2)。*Bacillus Pasteurii* による尿素の加水分解由来と推察されるアンモニウムイオンの生成が確認され、式-1 に示す析出メカニズムを間接的に評価できる結果が得られた。ケースごとに個体差が見られるものの、7日後では生成率が80~100%と高い値を示しており、添加した尿素の多くが urease によりアンモニアと炭酸ガスへ加水分解されたと考えられる。

原子吸光により、栄養塩におけるカルシウムイオン残存率の推移を測定した(図-3)。0~3日目にかけて顕著な減少が確認された。栄養塩添加量を20ml/dayとしたケース1,3では3日後、40ml/dayとしたケース2,4では7日後に検出限界以下となっており、カルシウム分の多くが結晶化したと推察される。同時に、栄養塩の添加量によりカルシウムイオンの減少速度が異なる傾向が得られた。

酸分解法により CaCO_3 析出量を測定した(図-4)。全てのケースにおいて CaCO_3 の析出が確認されると同時に、実験期間を通じて析出量が増加する傾向が得られた。

urease による固化技術の有効性が示されたが、生成したアンモニアが外的要因を受け、硝酸・亜硝酸へ硝化することが懸念される。環境への影響を評価するため、アンモニア生成率が最も高かったケース4の栄養塩において硝酸イオン濃度の測定を行った(図-5)。3~7日目にかけて硝酸イオン濃度の増加傾向が認められるが、環境基準²⁾とされる10mg/Lには至らず、環境への負荷は小さいと考えられる。

5. まとめ

Bacillus Pasteurii を用いて栄養塩を連続的に浸透させる条件のもと、豊浦砂の固化実験を行った。得られた知見を以下に示す。

- urease を利用して CaCO_3 の析出を促進させる効果が確認された。これより供試体の固化効果が期待される。
- アンモニウムイオン生成率の顕著な増加が見られた0~3日目にかけて *Bacillus Pasteurii* の代謝活動が高まったと推察されることから、短期間での CaCO_3 析出効果が期待される。
- urease によって生成されるアンモニア由来の硝酸・亜硝酸の環境負荷は小さいことが認められた。低環境負荷な地盤固化技術へ展開することが可能であると考えられる。

栄養塩および *Bacillus pasteurii* の添加量を制御することで目的に応じた固化効果を得ることが可能になると考えられるため、今後も検討をすすめていきたい。

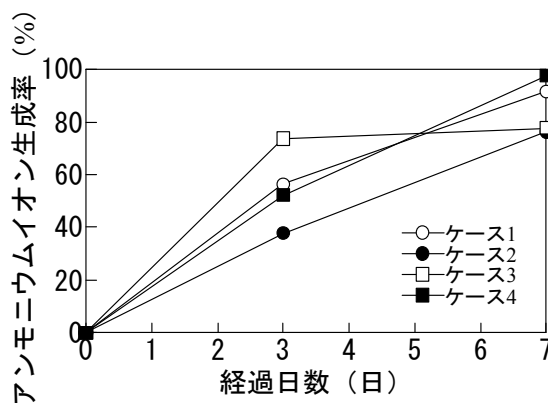


図-2 アンモニウムイオン生成率の推移

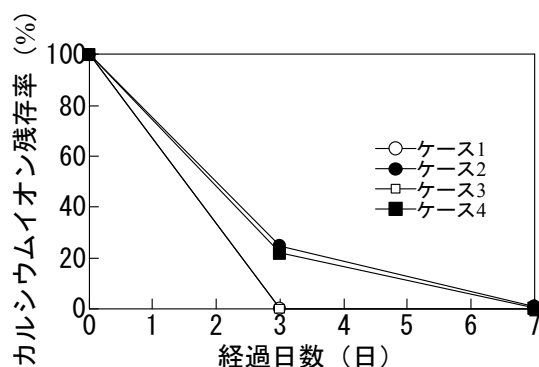


図-3 カルシウムイオン残存率の推移

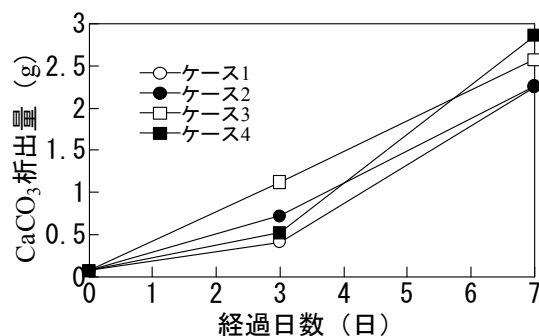


図-4 CaCO_3 析出量の推移

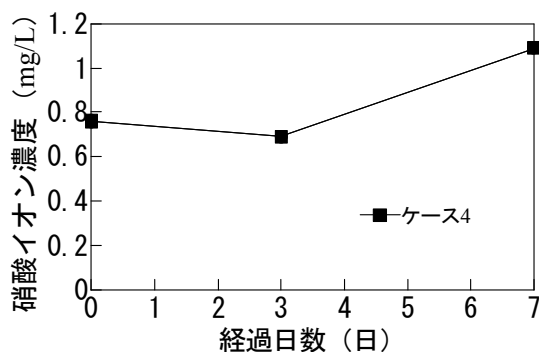


図-5 硝酸イオン濃度の推移

(参考文献)

- 1) Victoria S. Whiffin (2004) Microbial CaCO_3 Precipitation for the production on Biocement, PhD. Docotrate, Murdoch university
- 2) 環境省 HP: 「人の健康の保護に関する環境基準」, <http://www.env.go.jp/kijun/wt1.html>