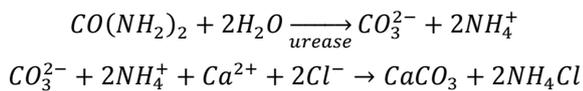


# 地盤内における生体触媒を利用した炭酸塩析出量の評価

熊本大学 工学部 学生会員 ○弘楓 正会員 椋木俊文

## 1. はじめに

近年、ウレアーゼ酵素を利用した尿素の加水分解とカルシウムイオンの反応により炭酸塩を析出させることによって地盤改良する手法を提案する研究が増えつつある<sup>1)</sup>。その理由は、炭酸塩析出法の中でも材料の入手が安価である点、安定した炭酸カルシウムの析出が期待できる点、そして加水分解反応により溶液のpHが炭酸カルシウムの析出条件である8になる点であり、ウレアーゼ酵素を利用した尿素の加水分解を利用する方法が注目を集めている<sup>2)</sup>。尿素の加水分解から炭酸カルシウム析出までの化学反応式は以下の式である。



ウレアーゼ酵素を持った土中の微生物を利用し、液状化対策として効果的な結果が示された研究もある<sup>3)</sup>。しかし、微生物は専門的な知識が必要であり、取り扱いが困難である点から、著者らはウレアーゼ源として図1に示すようなナタマメを適用する手法について研究を進めている。ナタマメは植物の中でも多くウレアーゼを含んでいることが知られており微生物よりも取り扱いが容易である。本概要では、ナタマメの加水分解能力の定量評価と豊浦砂の固化実験を行った結果について報告する。

## 2. 実験概要

### 2. 1 溶液のみの炭酸カルシウム析出実験

ナタマメの加水分解能力の評価するために、表1に示すような実験ケースを設定し、はじめに溶液のみで炭酸カルシウムの析出実験を行った。ナタマメは、乳ばちを使ってすりつぶし30%濃度のエタノール水溶液に加え30分間攪拌した後、ろ過し酵素溶液を作製した。一方、尿素と塩化カルシウムもそれぞれ3mol/lの濃度で100mlの蒸留水に溶解させ、最初に酵素水溶液と尿素水溶液を混合し、次に塩化カルシウムを加えた。設定した時間放置させたのちろ過し炉乾燥させ析出した炭酸カルシウムの量を測定した。



図1 ナタマメの写真A・B

表1 実験ケース

caseNo.	ナタマメ量(g)	養生期間(時間)
1	20	24
2		48
3		72
4	1	
5	5	
6	10	

### 2. 2 砂の固化実験

実験に使用したモールドは高さ10cm、直径5cmのプラスチックモールドである。母材には豊浦砂を使用し、乾燥密度 $\rho_d$ が $1.5\text{g/cm}^3$ になるように土の量を設定した。また、酵素溶液、尿素水溶液、塩化カルシウム水溶液の総量は間隙体積分である75mlとした。そしてナタマメ量は20gで一定、尿素水溶液と塩化カルシウム水溶液は溶解度を考慮し6mol/lとし、酵素溶液、尿素水溶液、塩化カルシウム水溶液は各25mlずつ用意した。今回の試験ではあらかじめ酵素溶液、尿素水溶液、塩化カルシウム水溶液を混合し、その後土試料に水溶液を加え均等に混ぜた時点でプラスチックモールドに詰めた。そして養生期間が炭酸カルシウムの析出に与える影響を見るために養生期間を1, 2, 3, 4, 5日で設定した。各養生期間の後モールドから取り出し乾燥炉で24時間以上乾燥させ供試体の質量を測定した。また、この供試体の強度を評価するために一軸圧縮試験を行った。

### 3. 実験結果及び考察

#### 3. 1 溶液中での炭酸カルシウムの析出量

ナタマメ量を 20 g で固定し、養生期間を変化させた炭酸カルシウムの析出実験では図 2 に示すとおり 1 日目から 3 日目では 12.8g の析出量の増加を確認できた。また、養生期間を一定にし、ナタマメ量を変化させた炭酸カルシウムの析出実験を行ったところ図 3 に示す通り、ナタマメ量の増加とともに炭酸カルシウム析出量の増加を確認することができた。以上より養生期間とナタマメ量が炭酸カルシウム析出量に影響をあたえる重要な要素であることが分かる。

#### 3. 2 一軸圧縮試験

図 4 は、一軸圧縮試験中の供試体の写真である。固化している部分は、破壊後も塊として存在していたが、固化していない部分は、崩壊後さらさらした砂の状態で見られる。図 5 は、各養生期間における供試体の応力-ひずみ関係を示している。養生期間が 5 日間の供試体が 6186kN/m<sup>2</sup> という強度を示した。他の 4 ケースについてどれも最大応力が少なくとも 1000kN/m<sup>2</sup> 程度発揮され、3 日間養生した供試体が一番低い値となった。また養生期間が 4 日間の供試体ではひずみが 4% のところで応力が再度増加している。これは、供試体内部で炭酸カルシウムが不均質に析出しているということが考えられる。

### 4. まとめ

ナタマメ量と炭酸カルシウムの析出量の関係を明らかにするために実験を行った。今後は溶液を混合させる時間や温度を揃えて実験を行い、養生期間と供試体の強度の関係、供試体の水分量と強度の関係を明らかにしていく所存である。

#### 参考文献

- 1) 横山珠美:沿岸域の社会基盤施設を対象とした微生物による維持管理・更新技術に関する研究, 長野工業高校専門学校平成 24 年度特別研究論文, 2012.
- 2) 畠俊郎, 立野奈緒, 阿部廣史:ウレアーゼ活性を有する微生物による沿岸域を対象とした微生物固化の適用性評価, 地盤工学ジャーナル, Vol.6,No.2,pp.305~315,2011.
- 3) 林和幸, 岡村未対, 安原英明:炭酸カルシウム結晶析出による砂の液状化特性の改善効果, 地盤工学ジャーナル, Vol.5,No.2,pp.391~400,2010.

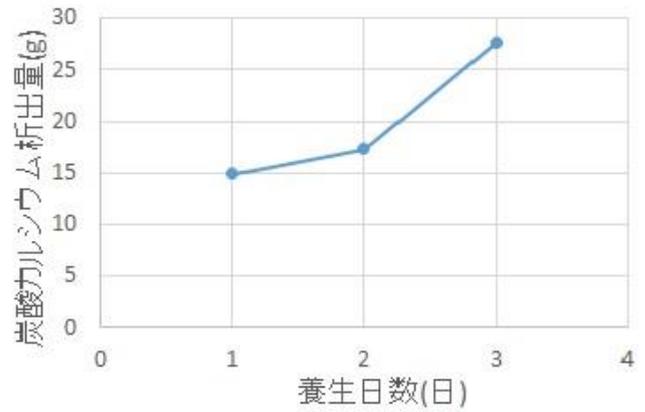


図 2 養生日数と炭酸カルシウム析出量の関係

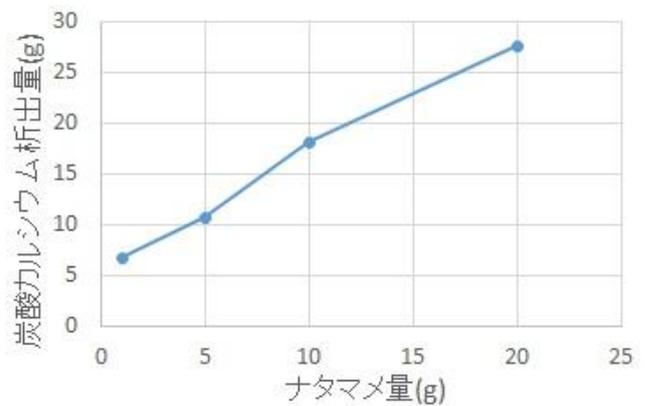


図 3 ナタマメ量と炭酸カルシウム析出量の関係



図 4 一軸圧縮試験後の供試体の様子

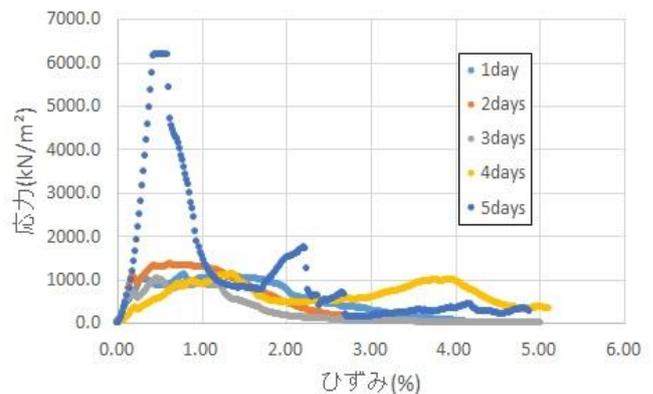


図 5 応力-ひずみ図