

泥炭由来の土壤微生物を用いた炭酸カルシウム析出に関する検討

長野 高 専
北海道大学
寒地土木研究所

学生会員 野本侑里 正会員 畠 俊郎
正会員 川崎 了
正会員 佐藤 厚子

1. はじめに

構造物の建設に伴う土地の形状変更や土砂災害防止に関連した法面工事等において、地盤強度増加を目的としたセメントによる地盤改良が広く用いられている。しかしながら、セメントはその生産時に多量の二酸化炭素を排出するため、環境に与える負荷は大きいと考えられる。本研究で対象としている泥炭は、枯葉などが堆積してできた土であるとともに軟弱地盤として知られている。そのため、地盤改良においては一般的な土壌と比較して多くの固化剤を必要とする。このことは、泥炭の地盤改良においては一般的な土壌よりも多くの二酸化炭素を排出していることを表している。このような状況を踏まえ、泥炭中にすでに生息している微生物の機能により地盤の改良効果が得られるかどうかの検討を行うこととした。

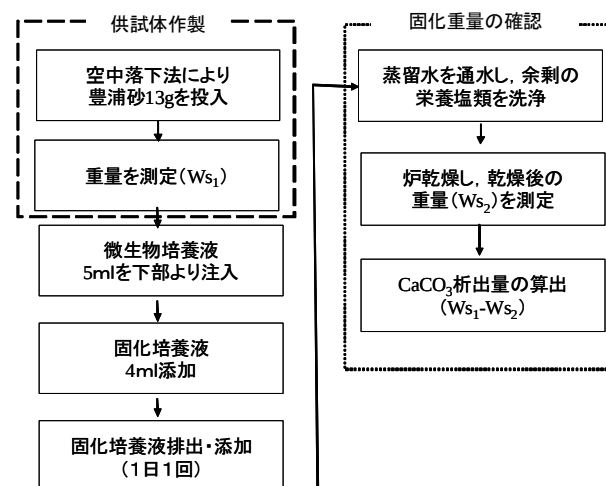
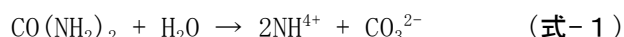


図-1 実験手順

2. 泥炭由来の微生物による炭酸カルシウム析出

本研究で着目した微生物機能による尿素の加水分解による CO_2 発生およびカルサイト析出のメカニズムを式-1、式-2に示す。

- ・ウレアーゼによる尿素の加水分解



- ・カルサイト析出



固化試験の手順を図-1に、試験装置の概観を写真-1にそれぞれ示す。γ線滅菌済のシリンジに空中落下法により豊浦砂 13 g (W_{s1})を投入する。なお、実験のばらつきを考慮して4本同じ条件で作成することとした。(許容誤差は ± 0.1 g までとする)その後、写真-1に示すとおり下部から泥炭由来の微生物培養液を 5mL 注入し、飽和状態とした。その後、上部より表-1に示す固化培養液(ろ過滅菌済)4mLを添加する。試験期間中は毎日 pH を計測するとともに、固化培養液を添加する。あわせて、1,3,5,7,10,14 日サンプルを採取し、分析時まで冷凍保存した。Case1, Case2 は7日で終了とした。Case3, Case4 は14日で終了とした。すべてのケースについて終了後は蒸留水を 4ml $\times$ 2 回通水させ余剰成分を洗い流し保管した。その後、供試体をシリンジから取り出し、1日炉乾燥させた後に重量(W_{s2})を測定した。あわせて、固化培養液サンプルについてはカルシウムイオン濃度、ウレアーゼの機能遺伝子として知られる UreC 遺伝子数の測定を行った。



写真-1 固化試験供試体

表-1 固化培養液

試薬名	試薬量
Nutrient Broth	3 g
NH_4Cl	10 g
NaHCO_3	2.12 g
Urea	9.009 g / L
CaCl_2	16.647 g / L
純水	1L

3. 試験結果・考察

以下、試験期間 14 日の Case3, 4 について結果を示して考察する. 実験期間中における pH の推移を図-2 に示す. 試験期間を通じて pH は 8.0 程度の値で推移した. 初期の固化培養液の pH が 7.5 であることから, 実験開始直後から pH が上昇することが明らかとなった. 添加した微生物由来のウレアーゼによる尿素の加水分解によるアンモニアの生成が原因と考えられる.

次に, 原子吸光光度計により求めたカルシウムイオン濃度の推移を図-3 に示す. 1~3 日にかけて大きくカルシウムイオンが減少する傾向が認められた. 試験開始 3 日目を過ぎて以降, 14 日間までカルシウムイオン濃度がほぼ一定の値で推移した. このことは, 3 日目以降に安定してカルシサイトが析出したため, 固化培養液に含まれるカルシウム濃度が減少したと推測する.

カルシウムイオン濃度の減少傾向が認められたため, 試験前後の豊浦砂重量差から求めたカルサイト析出量 (以下, 実測値と称す.) と, カルシウムイオンの減少量から求めたカルサイト析出量 (以下, 計算値と称す.) の比較を行った. 結果を図-4 に示す. 計算値, 実測値ともに培養日数の増加に伴い上昇する傾向が認められた. 試験開始後 7 日目において実測値は計算値の約 1.5 倍程度の値となり, 14 日後には 2 倍近くの値となった. 実測値が計算値を上回る理由としては菌体そのものの増殖による重量増加などが考えられる.

試験期間中における微生物数の変化把握を目的として実施した UreC 遺伝子数の推移を図-5 に示す. 試験開始直後は 1.0×10^5 copies/ μ L 程度であった UreC 遺伝子数が, 試験開始後 3 日程度で 1.0×10^8 copies/ μ L 程度まで上昇する傾向が認められた. その後, 試験終了 (14 日目) まで遺伝子数に大きな変化が認められないことから, 添加微生物の良好な増殖が期待できると考えている. また, カルシウムイオン濃度 (図-3 参照) の減少時期と UreC 遺伝子数の上昇がほぼ同じ時期に起こることが明らかとなった. これより, 炭酸カルシウムの析出に泥炭由来の微生物が関与していることを明らかにできたと考えている.

4. まとめ・今後の課題

本研究では泥炭に生息する微生物を用いた地盤改良技術について検討した. 各種分析の結果から泥炭に生息する微生物を用いた地盤改良は可能だと考えられる. しかしながら, 今回の固化試験では供試体全体の固化にはいたっておらず, 培養液組成などについて今後も検討を進めていきたい.

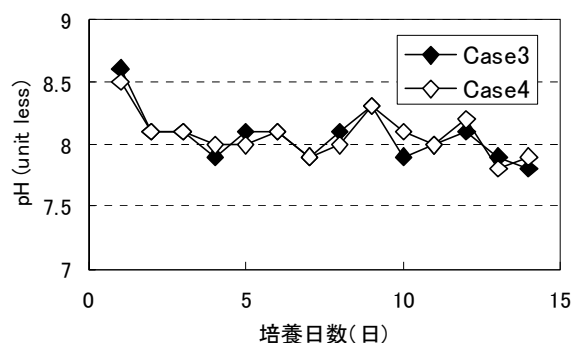


図-2 pH の推移

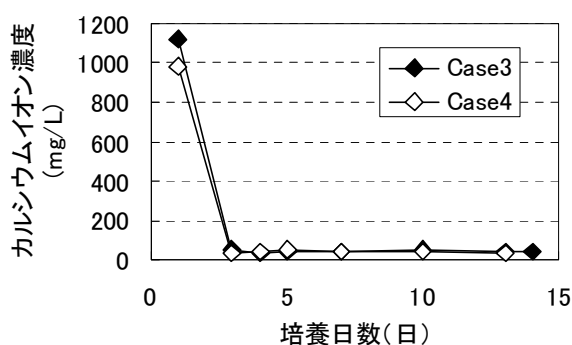


図-3 カルシウムイオン濃度の推移

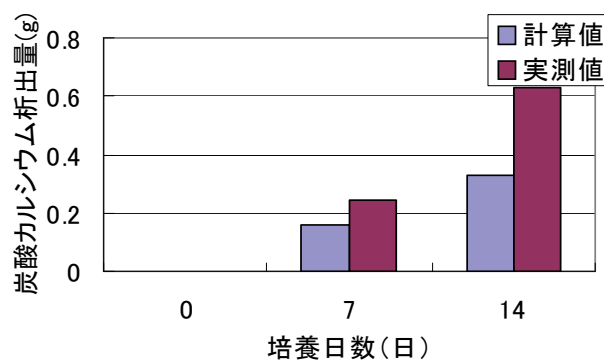


図-4 炭酸カルシウム析出量の推移

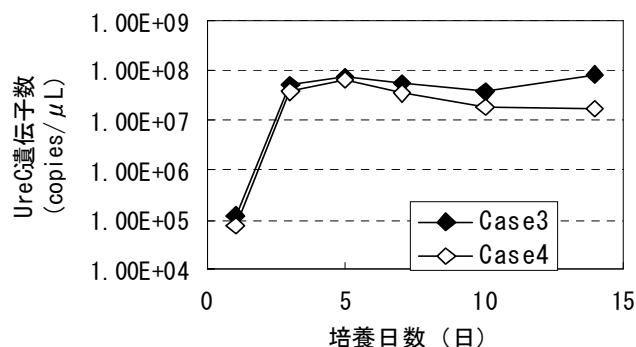


図-5 UreC 遺伝子数の推移