

微生物機能による土壌浸食の改善

山口大学 学生会員 ○河野 涼介

山口大学 個人正会員 Azizul Moqsud

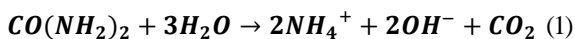
1. はじめに

日本では、山や丘の地形の割合が約 70%、海拔 500m 以上が全体の 4 分の 1 を占める国であり、世界の 20% でマグニチュード 6 の地震が発生している[1]。また、面積 38 万平方キロメートルの日本には 1 億 2000 万人が住んでおり、山の近くには多くの人が住んでおり、温暖で雨が多く、侵食を受けやすい気候です。毎年、斜面崩壊や地滑りなどの地滑りが発生している。これらの背景から、山の斜面の崩壊を防ぐための技術を向上させる必要があると言える。

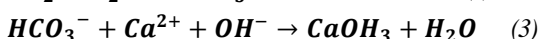
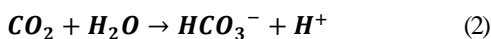
現在、山地斜面の崩壊を防ぐための主な対策としてコンクリートを使用している。これは対策として非常に効果的だが、コンクリートによる外観と周囲の生態系への影響を考えるとあまり適切ではない。つまり、化学セメントを使用した斜面の安定化は環境にやさしいものではないことが分かっている。近年、微生物代謝による地盤改良技術による環境への影響が少ないことが注目されており、新たな技術として炭酸カルシウム法の研究が進んでいる。炭酸カルシウム法は、天然バクテリアを使用して炭酸カルシウムを生成し、土壌粒子を結合して土壌の地質工学的特性を向上させることができる有望な技術である[2、3]。外来菌を使用した炭酸カルシウム法は、バイオセーフティには適さず、さまざまな気象条件で有効でない。そのため、本研究では日本に存在している微生物を使用している。

炭酸カルシウム法は、微生物の代謝によって生成された二酸化炭素と土壌中に存在するカルシウムから炭酸カルシウムを沈殿させることにより、土壌粒子同士を結合させて土壌を固化させる方法である。

- ・ 尿素加水分解



- ・ 炭酸カルシウム析出反応



上記の式は、尿素の加水分解による二酸化炭素排出の

プロセスと、土壌中のカルシウムイオンと反応することによる炭酸カルシウムの沈殿のメカニズムを表している。

本研究は、供試体の斜面に炭酸カルシウム法を実施することにより、日本の中国地方の斜面土壌を固化させることを目的とする。

2. 材料および方法

培養液は実験室内で行われる実験で一般的に使用される純粋な化学物質を使用して調製している。培養液の材料を表 1 に示す。すべての化学物質を蒸留水に加え混合しました。調製した混合物は、土壌に適用する前にオートクレーブし、不純物を取り除いた。

栄養液は、培養液を同様に一般的な化学物質を使用して調製した。栄養液の材料を表 2 に示す。こちらも同様にオートクレーブした後、不純物を取り除いている。

表 1 培養液の材料

材料	量(g)
Yeast Extract	10
硫酸アンモニウム	5
1.03Mtris	7.8
ペプトン	5
蒸留水	0.5L

表 2 栄養液の材料

材料	量(g)
Yeast Extract	5
塩化アンモニウム	0.66
酢酸ナトリウム	3.5
尿素	21.01
塩化カルシウム	27.7
ニュートリエントブロス	1.5
蒸留水	0.5L

本研究で使用した土は、中国地方の山口県宇部市山口大学工学部敷地内のまさ土を使用している。使用した微生物は、日本の斜面土壌で容易に見られる *Psychrobacillus* を使用した[4]。炭酸カルシウム法の研究

キーワード 炭酸カルシウム法、バイオセメンテーション、人工降雨
連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2 丁目 16 番

者の多くは *Pasteurii* を使用しているが、*Pasteurii* は日本の土に存在していないため、現場で使用すると、バイオハザードなどの問題が発生する。したがって、代替手段として在来の微生物が使用した。

微生物培養条件

本研究で使用した微生物である *Psychrobacillus* を含む 5.0g の土壌と、45mL の蒸留水をビーカーに加えて 10 倍希釈サンプル溶液を調製した。調製した 10 倍希釈サンプル溶液から 5mL を収集し、ビーカー内で 45mL の蒸留水と混合して 100 倍希釈サンプル溶液を調製し、同時に寒天培地を用意した。寒天培地の材料は、培養液と同じ材料で、寒天 10g をオートクレーブ処理して調製した。寒天培地に 100 倍希釈したサンプル溶液を大きな棒で表面に薄く塗布し、インキュベーター内で 30°C で 2 日間増殖させた。

走査型電子顕微鏡(SEM)

走査型電子顕微鏡は、加速電圧 2kV、倍率 100 倍の Hitachi S-4100 電界放出 SEM で行った。観察前に供試体の一部からサンプルを採取し、1 日間オープンで乾燥させた。SEM は、土壌粒子間の炭酸カルシウムの変化を確認するためにも使用した。

炭酸カルシウム法の適用前後での流出土の比較は供試体の下側に設置した容器による比較を行った。また、適用前後での pH と電気伝導率(EC)を測定した。

供試体による実験条件

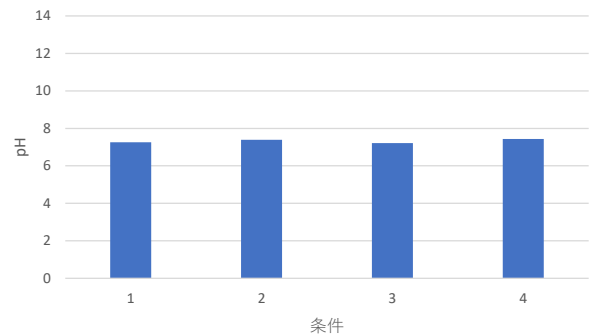
宇部まさ土を縦 280mm、横 200mm、厚さ 20mm の供試体にした後、14 日間炭酸カルシウム法を適用した。初日のみ培養液 60ml、栄養液 60ml を投入し、その後は栄養液 60ml のみを投入した。14 日経過後、角度 36.5° つけて設置し、降雨強度 30 - 40mm/h と 40 - 50mm/h の 2 種類でバイオセメンテーション前後で人工降雨による実験を 10 分間行った。なお以降、降雨強度 30 - 40 のバイオセメンテーション前を条件 1)、バイオセメンテーション後を条件 2)、降雨強度 40 - 50 のバイオセメンテーション前後をそれぞれ条件 3)、条件 4) とする。

3. 結果

pHでの比較

各条件での pH を表 3 に示す。

表 3 条件 1) ~4) での pH

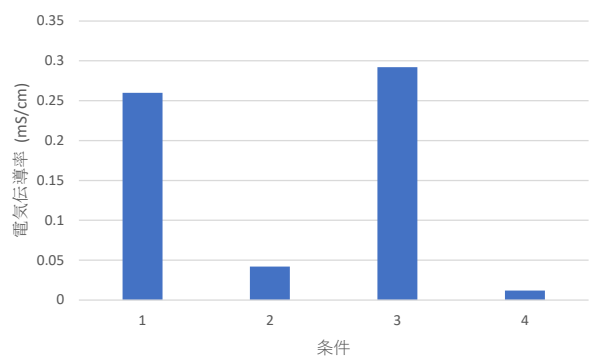


表より条件 1~4 では最大 7.43、最小 7.21 とさほど変化は見られなかった。

電気伝導率 (EC) による比較

各条件別の電気伝導率の値を表 4 に示す。

表 4 条件 1) ~4) での電気伝導率 (EC)

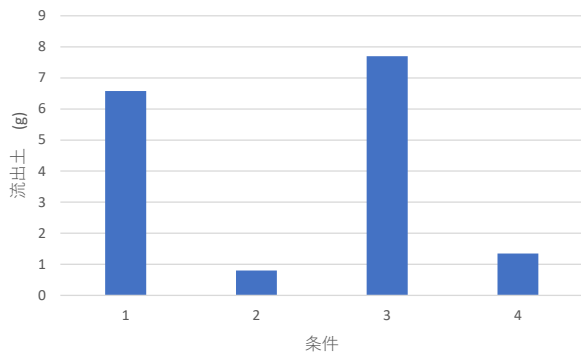


条件 1 と 2、条件 3 と 4 で比較するとバイオセメンテーション前後で電気伝導率が低下することが判明した。これは微生物により炭酸カルシウムが析出する際にカルシウムイオンが変化したため、減少していると考えられる。

流出土による比較

各条件別の流出土の量を表 5 に示す。

表5 条件1)～4)での流出土量



条件 1, 2 で比較すると、バイオセメンテーション前後で 5.782g の流出土の差がある。また、条件 3, 4 でも同様に 6.35g の差が生じている。

走査型電子顕微鏡(SEM)

バイオセメンテーション後の供試体から土を少量採取し、SEMを用いて観察した。その結果を図1に示す。

図1 バイオセメンテーションを施した供試体表面

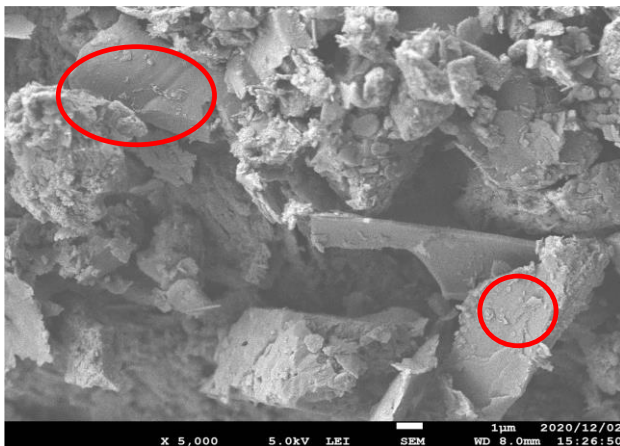


図1より赤丸の個所に炭酸カルシウムが析出しているのが観察された。

4. 結論

実験中の撮影から降雨強度 40–50mm/h でのバイオセメンテーション前では初期の状態から水が地中に含まれるようになり 8 分以降に供試体毎斜面に沿って地すべりのように変化するが、バイオセメンテーション後では初期状態から水が地表面を沿うように流出する

pH ではバイオセメンテーション前後ではほぼ変化しない

バイオセメンテーション前後での流出土の上澄み液による電気伝導率(EC)は低下するが、降雨強度 30 - 40mm/h と 40-50mm/h では変化しない

流出土はバイオセメンテーション前後で大きく減少し、降雨強度 30 - 40mm/h では 5.782g、降雨強度 40-50mm/h では 6.35g 減少した。

SEM より炭酸カルシウムが析出していることから、炭酸カルシウム法は適用していることが確かめられた。

参考文献

- 1) Bhutange.P.S. Chakrabarti.T., 2020. Studies on efficacy of biocementation of cement mortar using soil extract. Journal of Cleaner Production. Volume 274.
- 2) Gowthaman.S. Miysuyama.S. Nakashima.K. Komatsu.M. Kawasaki.S., 2019. Microbial induced slope surface stabilization using industrial-grade chemicals:a preliminary laboratory study. Volume 17, Issue 60, pp.110-116.
- 3) Sharaky.M.A. Shredah.M.N., 2018. Application of microbial biocementation to improve the physico-mechanical properties of sandy soil. Volume 190. Page 861-869.
- 4) Moqsud, M.A. (2021). Slope soil stabilization through biocementation by native bacteria in Chugoku region, Japan. International Journal of GEOMATE. (Accepted).