

呉工業高等専門学校 学生会員 ○越智 恭平  
呉工業高等専門学校 正会員 加納 誠二

### 1. はじめに

我が国では、国土が狭いため、古くから斜面地にも擁壁などを用いて宅地が造成されている。しかし、これまで地震や降雨による災害が度々発生している。このように宅地では大規模な補修工事などが難しいため、宅地の補強が防災上の大きな問題となっている。

そこで、新たな地盤改良の一つとして、微生物による地盤改良が提案されている (J DeJoung 2007)<sup>1)</sup>。これは、自然の地盤中に存在する微生物 (ウレアーゼ活性を有する菌) を利用する工法であり、環境負荷の低い自然にやさしい工法である。

一方、日本国内にはビーチロックと呼ばれる砂が固められた岩が亜熱帯地域を中心に多く存在している。砂浜の潮間帯に生ずるビーチロックは比較的固結力が強く、建材としても利用されたたとえば、沖縄県首里城などにも利用されている (NAKAZATO, 2012)<sup>2)</sup>。そこで本研究では、石川県、沖縄県から採取したビーチロックからウレアーゼ活性菌が存在しているか確認し、存在しているのであれば炭酸カルシウムが生成されるか調べ、人工ビーチロック作成の可能性について検討した。

### 2. 試料採取

今回採取したビーチロックの場所は図 - 1 に示すように、石川県輪島市[三ツ子浜(A)]、沖縄県国頭郡今帰仁村字[古宇利大橋(B)] 国頭郡本部町備瀬[エメラルドビーチ(C)] 国頭郡恩納村瀬良垣[万座ビーチ(D)]読谷ビーチ(E)日航アリビラ(F)の6つよりセメンテーション効果があるかどうか検討した。

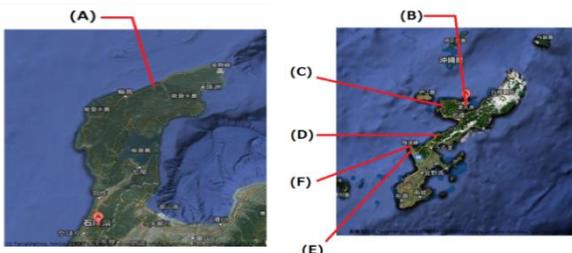


図 - 1 採取場所の地図上の位置

### 3. ウレアーゼ活性試験

尿素、酵母エキスが入った培養液に試料、フェノールフタレイン液を入れ攪拌した。その反応結果を表 - 1 に示す。

表-1 活性の有無

		三ツ子浜	古宇利大橋	エメラルドビーチ	万座ビーチ	読谷ビーチ	日航アリビラ
反応	48hr	x	x	x	x	x	0
	72hr	x	x	0	0	0	0
	1w	x	0	0	0	x	x

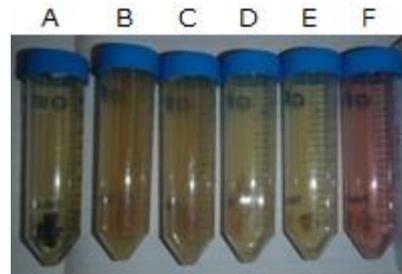


図-2 反応の様子(48時間後)

表-1 より三ツ子島以外はウレアーゼ活性がみられた。このことから、沖縄のビーチロックはウレアーゼ活性菌によって形成された可能性があることがわかる。また、三ツ子島のビーチロックに反応がみられなかったのは吉富ら<sup>3)</sup>の研究でも示されているように、ビーチロックが CaCO<sub>3</sub>でなく、SiO<sub>2</sub>が主体であることと一致する。

### 4. 遺伝子解析

ウレアーゼ活性反応が見られたビーチロックから菌を培養、純菌化作業を行い顕微鏡観察で確認した。顕微鏡観察結果を図-3 に示す。すべて桿菌であることが分かる。これらの菌を遺伝子解析した結果、Bは *Paenibacillus fonticola* :99%。また、Dは *Lysinibacillus sphaericus* :99%、Eは *Sporosarcina* sp :99%という結果を得ることが出来た。( :の数値はRNAの一致度を表している) C、FはRNAの増殖が出来なかったため同定できなかった。このことから、

EはJ.DeJoungが使用している菌と同類である可能性が高く、カルシウム生成に期待できる。

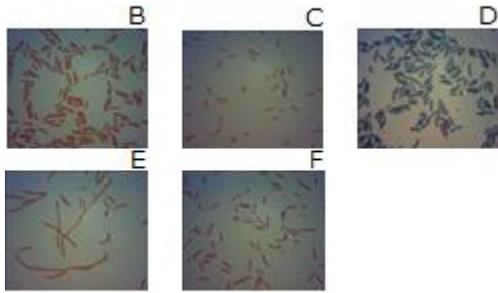


図-3 顕微鏡観察結果

### 5. 成長曲線

成長曲線の検査結果を図 - 4 に示す。D 以外は *Sporosarcina pasteurii* と同じ傾向を示している。

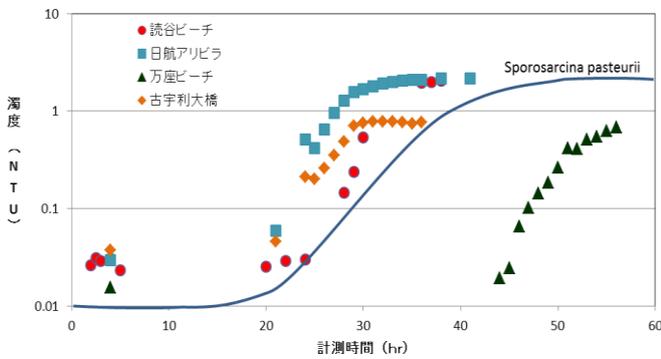


図 - 4 成長曲線結果

### 6. カルシウム析出実験

培養液に塩化カルシウムを入れ、ウレアーゼ活性菌が活動することで生成される炭酸カルシウムの生成量を各菌で調査を行った。その結果を表 - 2 で示す。  
還元率 = (析出した  $\text{CaCO}_3$  質量 ÷  $\text{CaCl}_2$  全てが  $\text{CaCO}_3$  に変換された場合の質量) × 100 とした

表 - 2 カルシウム析出実験結果

	$\text{CaCO}_3$ (g)	還元率 (%)
<b>B</b>	<b>0.231</b>	<b>22.9</b>
<b>C</b>	<b>0.496</b>	<b>49.2</b>
<b>D</b>	<b>0.442</b>	<b>43.9</b>
<b>E</b>	<b>0.878</b>	<b>87.2</b>

表 - 2 より、実験が行えた全ての菌で炭酸カルシウムが生成されていることがわかった。その中でも、Eの菌が一番反応があり約87%炭酸カルシウムに還元す

ることが出来ている。(炭酸カルシウムは水に溶けにくいという性質から生成されたものを炭酸カルシウムとみなしている。また、原因はわからないがFについては菌が育たなかったため今回実験できなかった。)

### 7. 結論

本研究ではビーチロックが微生物によって生成されたのかを調べるため、菌の同定、ウレアーゼ活性試験、炭酸カルシウム析出実験より検討した。

(1)ウレアーゼ活性試験の結果は沖縄県のビーチロックには反応がみられたが、石川県のビーチロックでは確認できなかった。これは、石川県のビーチロックが  $\text{SiO}_2$  主体であることと関連していると思われる。

(2)顕微鏡観察から、Dの菌はグラム陽性菌、あとの菌はグラム陰性菌である可能性があることがわかったが、遺伝子解析よりBは *Paenibacillus fonticola* :99%、Dは *Lysinibacillus sphaericus* :99%、Eは *Sporosarcina* sp. :99%、である可能性が判明した。

(3)Dの菌以外は改良効果の立証されている *Sporosarcina pasteurii* と同様の成長がみられた。

(4)炭酸カルシウム析出試験より、実験を行えた菌ではすべて塩化カルシウムから還元して炭酸カルシウムを生成していることが推測できた。中でも、Eの菌は87%還元と他よりも大幅に大きくなった。

### 参考文献

- 1) Jason T. Dejong, Brina M. Mortensen, Brian C. Martinez, Douglas C. Nelson Bio-mediated soil improvement, *Ecological Engineering*, pp5-13, 2007
- 2) Takeshi NAKAZATO : 竹富島の地質と岩石の利用, 竹富島総合調査報告書, pp. 1-6, 2012
- 3) 吉富, 次重, 小笠原: 能登半島, 輪島市曾々木海岸のビーチロック, 日本地質学会第111年学術大会演旨, 302, 2004.