

鳴き砂の工学的特性に関する基礎的研究

岐阜工業高等専門学校 正会員 吉村優治
岐阜工業高等専門学校 学生員 ○田中弘子

1. はじめに

鳴き砂、あるいは鳴り砂、英語では singing sand, musical sand と呼ばれている砂がある。この砂は手で押したり、その上を摺り足で歩くと「キュッ・キュッ」とか「クッ・クッ」と心地よい音がする。鳴き砂は石英の含有量が多く、石英粒の摩擦によって妙音を奏でると言われている。この鳴き砂のある魅力的な砂浜は、以前は日本に 60 ヶ所程度確認されていたが、最近の調査によると 30 ヶ所程度に減少している¹⁾。この鳴き砂は環境の変化に非常に敏感であり、少しの汚れでその妙音を奏でなくなる。つまり、鳴き砂の浜が減少したのは、環境汚染や海岸地形の変化が原因であると考えられ、鳴き砂は海洋汚染のバロメーターであるとも言える。貴重な自然の産物である鳴き砂の浜を保全し、復元していくことは、環境への意識が高まっている今日にとって大変重要な課題である。

さて、この鳴き砂を工学的に分析する試みは、三輪²⁾や川村³⁾らによって行われ、これまでに粒度、粒径、発音特性あるいは鳴き砂を産する海岸の地形や地質、さらには汚れと鳴り音の関係などの興味深い調査結果・研究成果が報告されている。本研究は、これらの研究成果を参考にしながら、さらに詳細に工学的特性の分析を試みようとするものであり、本報では鳴く砂が多い山陰～北陸地方の海岸から採取した 22 種類の砂について、主に粒度と詰まり易さ（間隙比特性）について報告する。

2. これまでの鳴き砂研究の概要

鳴き砂の発音機構等に関する研究は、百年以上も前から数多くの研究者によって行われてきたようであるが、いずれも説得力に欠け、定説が無いので、現在でもその発音メカニズムは謎と報じるマスコミも多い。しかしながら、実際には三輪²⁾らが粉体工学の見地より、発音機構の解明を試み、現在では強力 X 線カメラによる摩擦特性の分析や音の周波数解析など、最新の機器を駆使した実験手法を取り入れ、発音機構は完全に解明されたと言って良からう。また、三木⁴⁾は地質学・土質力学の立場から自然の鳴き砂の産出や粒子接点や貫入抵抗等について言及している。

このように、鳴き砂の発音機構がほぼ解明された現在、本研究ではこれらの事実をベースにしながら、もう一度原点に立ち返って、基礎から詳細に工学的特性を調べ直そうとするものである。

3. 本研究の実験結果と考察

まだ鉱物組成については明らかにしていないが、22 種類全ての試料について土粒子の密度試験を行い ρ_s は $2.62 \sim 2.73 \text{ g/cm}^3$ の範囲にあり、試料に著しく鉱物組成の異なるものを含まず、鳴く砂と鳴かない砂との相違も見られないことは確かめている。

図-1は(a)鳴く砂、(b)鳴かない砂（比較のために豊浦標準砂を含む）の粒径加積曲線を示したものである。試験は地盤工学会基準（JGS T 131-1990）⁷⁾に準じてふるい分けしたが、基準に定められている方法では、網ふるいのメッシュ幅が粗く、粒度組成の詳細を把握するには不十分であるので、JIS の全標準網ふるいを用いて細かいメッシュ幅でふるい分けを行った。図の粒径加積曲線中の記号（● ○ △ ■ など）が実際のふるい分けに用いた網ふるいの粒径を示している。図から明らかなように、海岸に堆積している砂は均等であり、河川営力により淘汰・分級の進んだ堆積物であることがわかる。また、両図の比較により、鳴き砂の粒度範囲は狭いこと、すなわち、鳴くための粒径は大きくも小さくもない適当なも

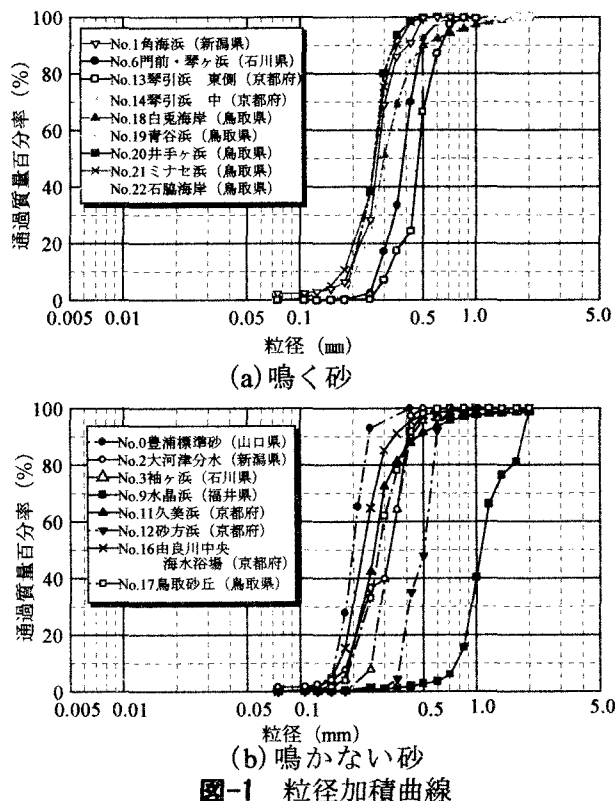


図-1 粒径加積曲線

のであることがわかる。

これらの試料について、地盤工学会基準 (JGS T 161-1990)⁸⁾ に基づき、砂の最大密度・最小密度試験を実施し、最大間隙比 $e_{\max}$ 、最小間隙比 $e_{\min}$ 、間隙比幅 ($e_{\max} - e_{\min}$) を求めた。図-2(a) はその間隙比特性と平均粒径 D_{50} の関係、(b) は間隙比特性と均等係数 U_c の関係を示したものである。図は鳴き砂 (黒塗り) と鳴かない砂 (白抜き) の記号を分けて示してあるので横軸に注目すれば、上述した図-1 の粒径、粒度分布の違いや共通点がよくわかる。両図から、鳴き砂の $e_{\max}$ 、 $e_{\min}$ 、($e_{\max} - e_{\min}$) はいずれも鳴かない砂に比べ、小さいことがわかる。すなわち、鳴く砂と鳴かない砂の相対的な密度が同じでも、絶対的には鳴き砂は鳴かない砂に比べて間隙が小さく、密度が大きい状態にあると言える。筆者ら⁹⁾ は、既に $e_{\max}$ 、 $e_{\min}$ と一次性質の関係を調べ、間隙比は粒子形状と均等係数 U_c に依存し、粒子が丸みを帯びているほど、粒度分布が良いほど小さくなることを報告している。したがって、(b) 図を見れば $U_c = 1.3 \sim 1.6$ の範囲の鳴く砂と鳴かない砂では U_c に差が見られないことから、粒子形状が異なることが予想できる。

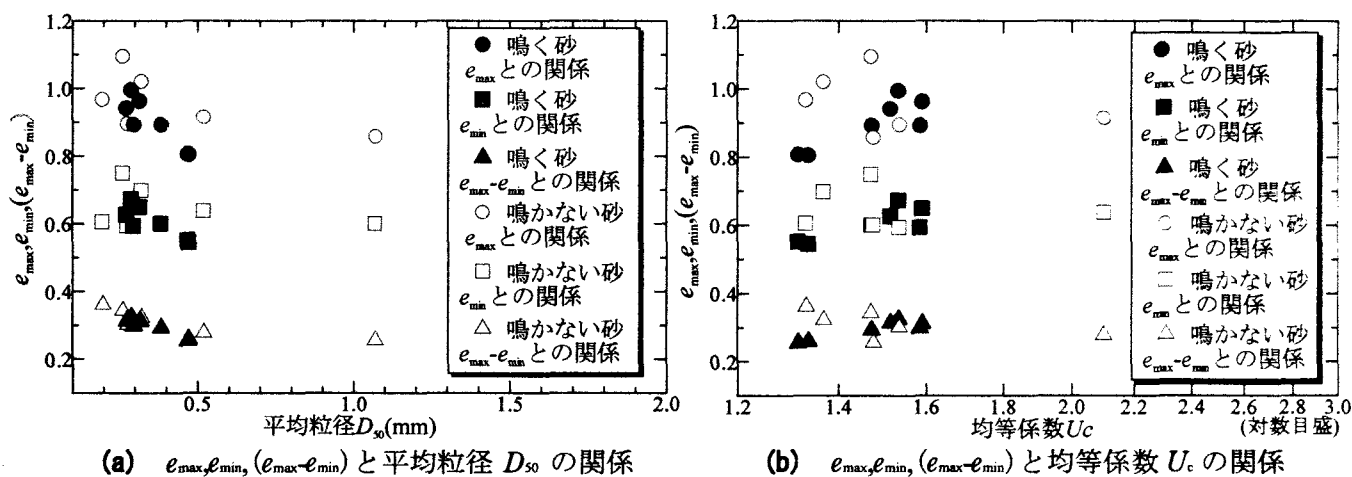


図-2 間隙比特性

4. おわりに

本報では、鳴く砂が多い山陰～北陸地方の海岸から採取した 22 種類の砂について、主に粒度と間隙比特性について調査し、海岸の砂は土粒子密度に大きな差がなく、いずれも均等係数が小さいこと、鳴き砂は大きくもなく、小さくもない適当な粒径を持ち、さらに間隙比が小さいことを報告した。

また、1999 年 11 月 21 日に第 4 回全国鳴き砂サミット¹⁰⁾に参加し、様々な分野、角度から鳴き砂の研究に接する機会があった。鉱物組成、粒度特性、粒子形状、密度、汚れの程度などのわずかな変化が鳴く砂と鳴かない砂とを決めることが予想できるが、逆の言い方をすれば、洗浄のみにより鳴き砂を復元させ環境保全に役立てたり、人工鳴き砂を容易に作製し人工海浜に利用したり等々も可能となるはずである。今後は様々な角度から砂き砂と鳴かない砂の分析を行い、音を出すための工学的な要因とその重要度、音を出すための影響因子間の内部相関等を調べ、そうした復元や精製に貢献したい。

謝 辞：本研究の一部、特に鳴き砂の採取旅費は第 5 回「北陸地域の活性化」に関する研究助成事業 ((社) 北陸建設弘済会) の補助を受け、円滑に遂行することができました。さらに、鳴き砂の採取にあたり岐阜高専吉村研究室の卒業生である石井慶治氏・所良晃氏・池本宏文氏、(株) 阪神コンサルタンツ・鈴木恵三氏の協力を得ました。ここに記して、感謝の意を表します。

参考文献 1) 髭本裕昌：全国の鳴り砂 (鳴き砂)、北陸の建設技術、pp.18 ~ 19, 1996.12. 2) 三輪茂雄：鳴き砂幻想、ダイヤモンド社、1982.8. 3) 三輪茂雄：鳴き砂、土と基礎、Vol.31, No.1, pp.117 ~ 122, 1983.1. 4) 川村國夫・船越晴世・佐久間敏昭・髭本裕昌：日本の鳴り砂、土と基礎、Vol.42, No.4, pp.3 ~ 8, 1994.4. 5) 川村國夫・田所篤博・森影篤史・林研介：鳴り砂と汚れ、土と基礎、Vol.44, No.5, pp.39 ~ 42, 1996.5. 6) 三木幸蔵：美砂、科学書刊、1994.9. 7) 地盤工学会：土質試験の方法と解説、pp.54 ~ 67, 1990.3. 8) 前掲 7), pp.106 ~ 115. 9) 乾英隆・吉村優治・小川正二：砂の一次性質と最大・最小間隙比の関係について、平成 7 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集、pp.391 ~ 392, 1996.3. 10) 全国鳴き砂 (鳴り砂) ネットワーク：'99 全国鳴き砂 (鳴り砂) サミット IN 湘南、1999.11/21.