

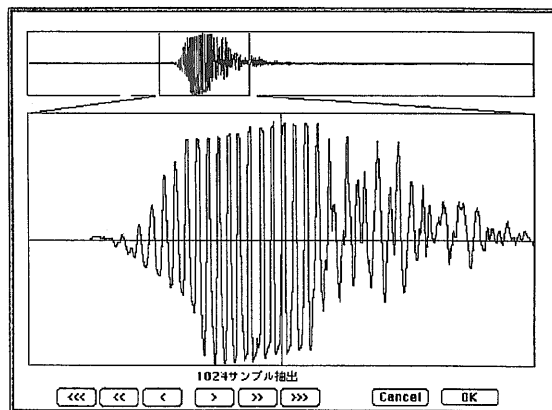
第2図 強力エックス線透過写真(右;鳴き砂:左;普通の砂)((財)日本ナショナルトラスト,1997).

3. どうして鳴るの?

鳴き砂の中に棒が入り込むと、瞬間的に薄い砂の層が周期的にいくつもでき(第2図;右),これらが振動します。この振動が、鳴き砂の音の秘密です。普通の砂では、このような層は発生しません(第2図;左)。これは、鳴き砂の砂粒の表面のすべり具合が特殊なために起こる現象なのです。砂粒が汚れてしまうと、そのすべり具合が変化して、鳴らなくなってしまいます。

4. 音を、「見よう!」

マイクを使って、コンピュータに鳴き砂の音を取り込んでみました。こうすることによって、音を「見る」ことができるようになります。音声解析ソフトウ



第3図 鳴き砂の音の波形。

ェアで、波形表示(第3図)やスペクトル分析(第4図)をすれば、鳴き砂の音色の特徴がよくわかります。この鳴き砂の音は、1,000Hzにピークがあることが読みとれます。

音声解析には、以下のソフトウェアを使用しました。

- DigFil : 南 幸男氏・波多 浩昭氏 作のフリーウェア
- SoundApp : Norman氏・Franke氏・森本 尚孝氏 作のフリーウェア

詳しく説明すると

鳴き砂の発音機構は、理論的に解明されている。

鳴き砂に棒を貫入させる場合の、動的な過程は以下の通りになる。貫入棒の貫入開始時点では、砂は静止摩擦により棒を支えているが、静止摩擦により支えきれなくなると、剪断崩壊を起こす。その時生じるすべり帯は、砂が上に押し上げられ緩い充填状態となっている(第5図)。ひとたび剪断崩壊が起ると、棒を支える力は動摩擦にかわって急激に低下し、棒の貫入が起こる。貫入により力が解放されると、再び静止摩擦により棒が支えられる。この過程の繰り返しが、砂全体の周期的上下運動を引き起こし、音を発生する。この時のすべり帯の幅 Δh と、崩壊の周波数 f は右の式で示される。

これによると、静止摩擦係数と動摩擦係数の差が大きくなれば、すべり帯の幅 Δh が大きくなり、周波数 f が小さくなることわかる。また、周波数 f は整数

$$\Delta h = \frac{B}{2} \left\{ \tan \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi_s}{2} \right) - \tan \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi_e}{2} \right) \right\} \quad (1)$$

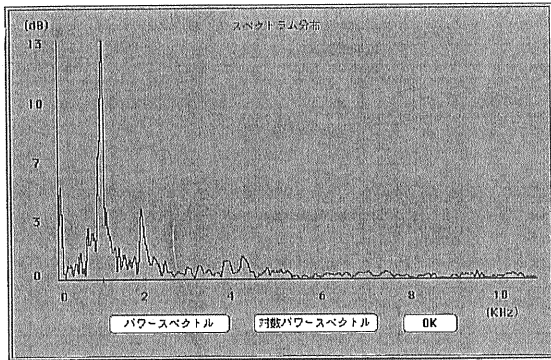
$$f = (N + 1) \frac{V_p}{\Delta h} \quad (2)$$

Bは貫入棒直径、
 V_p は貫入棒の貫入速度、
 ϕ_s は静止摩擦角、
 ϕ_e は動摩擦角、
 Nは整数ですべり帯の数

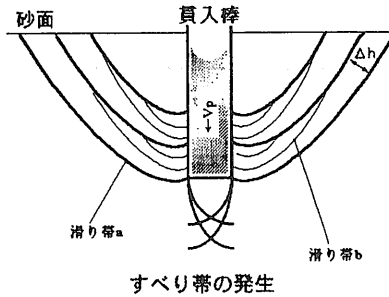
Nに比例するため、鳴き砂の音は倍音構造となる。

砂が汚れて粒子表面の静止摩擦係数が小さくなると、上記のようなダイナミックな運動が起こらなくなり、その結果砂は鳴かなくなる。

((財)日本ナショナルトラスト(1997)より;一部改編)



第4図 鳴き砂の音のスペクトル。



第5図 鳴き砂の発音機構説明図((財)日本ナショナルトラスト, 1997)。

いずれもMacintosh用ソフトウェアで、下記のホームページなどから入手(ダウンロード)が可能です。
 <<http://www.vector.co.jp/>>

5. 最後に

鳴き砂の一般的な参考書として、三輪(1994)、(財)日本ナショナルトラスト(1997)があります。発音機構の専門的な論文としては、日高ほか(1986)、牧野ほか(1982)があげられます。なお、下記の三輪茂雄氏のホームページに、鳴き砂に関する詳しい情報が載っています。

<<http://www.bigai.ne.jp/~miwa/index.html>>

鳴き砂の実験ムービー(Quick Time Movie)を作成し、筆者のホームページ(下記)にアップロードしました。動画とともに、鳴き砂の音を聞くことができますので、ご覧ください。

<<http://www.gsj.go.jp/~kaneko/myHomeJ.html>>

中部地質情報展の準備・運営に関わった多くの方々、ならびに鳴き砂について有益な情報をくださった三輪茂雄氏に、この紙面を借りて感謝いたします。

参考文献

- 日高重助・三輪茂雄・牧野和孝(1986): 粒状体の流動における音の発生機構. 化学工学論文集, 12, p.192-198.
- (財)日本ナショナルトラスト(1997): 全国鳴き砂(鳴り砂)調査報告書.
- 牧野和孝・日高重助・牧春彦・三輪茂雄・Thomas P. Meloy(1982): プランジャーの貫入により形成される粒子存在密度分布について. 粉体および粉末冶金, 29, p.229-235.
- 三輪茂雄(1994): 消えゆく白砂の唄-鳴き砂幻想. 近代文芸社.

KANERO Naotomi (2000): Let's play musical sand!

<受付: 2000年1月7日>