

土 粒 子

土壌の音色

深田耕太郎¹

昨年の帯広の大会では、気相率の音響測定に関する論文(119号)を評価していただき、多くの方に励ましていただいた。改めて、皆様に感謝し、今後も音の世界と関わっていきたいと思う。

論文は、土壌の物理性の読者の皆様にとって、慣れない用語を多用したものとなり、表現も固かった。興味を持っていただいた方に、難解な印象を与えてしまったかもしれない。このコラムでは、少し楽に、音響測定法を紹介し、よく頂戴する質問にお答えしたい。また、初めての方にとってのきっかけになれば、とても嬉しい。

空のウイスキー瓶の口に息を吹きかけると音が出る。パソコンとマイクを使ってその音を録音し、調べてみると、ほとんど1種類の周波数の音が出ていることがわかる。著者が700 mlの瓶で試すと、130 Hzの音が出た。ピアノでいえば、1オクターブ低いドに近い。次に、瓶に水を入れて吹いてみると音が高くなる。これから、周波数と瓶の体積が関係していることがわかる。したがって、周波数を測定して体積を求めようと思いつくわけである。

論文で紹介した測定器は、長さ1 mの塩ビパイプを土の上に置いたようになる。上記の瓶で例えると、首の根元まで土を詰め、首を1 mだけ伸ばしたものとイえる。首を長くしたことで、空間が広がり、音がパイプの中を行ったり来たりする様子をイメージできると思う。

音が土に当たるとどうなるのか？ これは、光が空気からガラスへ入射する問題と似ている。光の垂直入射の場合、入射光強度の4%が反射され、96%は透過する。透過光の速度と波長は2/3だけ小さくなる。

例えば、130 Hzの音が乾燥した鳥取砂丘砂に垂直に入射すると、89%が反射され、11%が透過する。波長は2.6 mから28 cm、音速は340 ms⁻¹から36 ms⁻¹まで小さくなる。そして、透過音波は、1波長進む間に消える。これらの数値は、気相率や通気係数に依存する。気相率が小さいほど反射は大きく、土中での波長は短くなる。音響測定の原理は、反射音に含まれる気相率や通気係数の情報を、周波数などから読み取るというものである。

この測定法に関していただいた質問は主に二つある。一つ目は、固相や液相が振動することで測定に影響しないのか、というものである。実験結果はこの可能性を否定している。もし、固液相の振動が影響するなら、気相率は過大評価されるはずであるが、そうはならない。つ

まり、固液相は、測定装置やサンプラーと同じように、空気に接した壁になっている。これらがまったく振動しないというのは正確ではないが、測定には影響がない。

このような疑問を抱く理由はいろいろあると思う。著者は、試料の中の空気が振動することが、今でも信じられない。おそらく私たちは、土の中をイメージできないために、そこは何か特別なところだと思ってしまうのだろう。しかし、次の二つの事実に注目したい。まず、音の振幅は土壌の間隙径より小さくなれる。つまり、音から見ると、土壌空気は振動できるくらいには広い。そして、水や固体と空気の界面において、音の垂直反射係数は99.9%である。したがって、空気は、たとえ土の中であっても、ほとんどが空気を伝わっていく。

二つ目の質問は、どれくらいの深さまで測定できるのかというものである。反射音は、大気と土壌の界面で生じるため、求まる気相率は表面における値である。したがって、深さはない。それでは、ウイスキー瓶の測定原理と違うと思われるだろう。ウイスキー瓶は底のある閉鎖空間である。つまり、音が底面で反射して戻ることができる。土の場合も、透過音波が土中で反射し、大気に戻ってくる場合には、ある深さまで測定しているといえる。130 Hzの音を乾燥した鳥取砂丘砂に用いた場合、その深さはおそらく10 cmに満たない。

しかし、透過音波が必ず戻るように容器の深さを決めることは難しい。なぜなら、まさに求めようとしている気相率によって深さが変わるからである。そこで、ある程度の気相率範囲をカバーできるよう、容器をできるだけ短くし、周波数を低くするなどの工夫が必要となる。

では逆に、容器を十分長くすることで、土中での反射を必ず消せるかといえば、そうでもない。測定してみると、水分を含む試料は、ある割合で、土中での反射を示すのである。つまり、音を反射する壁を観測できる。実際にはそこに壁はなく、同じような湿った砂があるだけである。このような“中途半端な”閉鎖空間は土壌に固有の性質なのだろうか。結局のところ、測定範囲の質問には、まだはっきりとした答えを出せないでいる。

ミミズは耳を持っていない。しかし、モグラの聴覚は発達しているらしい。どうやら、土の中にも音の世界があるようだ。音がどのように伝わるのか調べることができれば、土のことをもっとよく知ることができる。

¹ 鳥根大学生物資源科学部