

80Hz では 32%付近で、実部と虚部の大小が逆転している。これは、気相率の増加とともに、試料内で反射して表面に戻る音波が弱まっていき、最終的に矢印の示すあたりで消えたことを示している。

矢印の位置が異なるのは、低周波数ほど試料内での音の減衰が小さく、強い反射を得られるからである。したがって、この結果は、音の反射面が下方へ移動することで、まず、1200Hzの反射波が消え、次に80Hzの反射波が消えたことを示している。つまり、空気が浸入することで、気相が試料の上部から下方へ拡大したことが、音響法によって確認できたといえる。

反射波の消失からは、反射面が測定範囲を超えたか、反射面自体が消失した可能性が考えられる。しかし、水分分布を考慮すると、気相率の増加とともに、気相が比較的均一に分布したことで反射面が消失したと考えるほうが妥当である。

今後、80Hzと1200Hzの間にある複数の周波数を用いて同様の実験を行い、反射波が消える気相率を特定することで、反射面の移動を定量的に評価できる可能性がある。

Fig.2は、毛管上昇による水分分布を無視し、水と空気が完全に上下に分かれていると仮定して推定した、音波の反射面の深さである。より現実的な水分分布を仮定すると、空気の浸入深さは示した値より深くなるため、この推定値が最小となる。試料長さ2.0cmの結果(□)は、ばらつきが小さく、(a)で示す直線上にある。これは、音響測定で得た気相体積が排水量から計算された値と一致したことを示している。この結果から、空気の浸入深さは0cmから増加し、ある気相率で2cm(試料の底面)に到達したことが分かる。

一方、試料長さ7.5cmの結果(○)は、□に比べてばらつきが大きい。その原因として、断面積が小さいことが挙げられる。また、○は破線(b)より上側に分布している。これは、

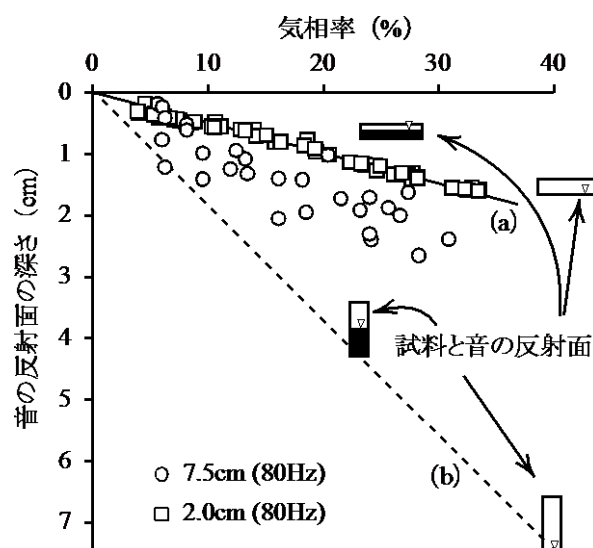


Fig.2 気相率と音の反射面の深さ

音響測定が気相体積を過小評価したことを示している。つまり、音波は、2.0cm試料と違って、気相の分布する範囲の途中で反射したように見える。過小評価の原因は不明である。気相の連続性や屈曲度の影響で、途中で反射面が存在するように見える可能性はある。少なくとも、実際の空気の浸入深さは○が示す値より深いと考えられる。

以上より、Figs.1,2の結果をあわせて、長さ7.5cmの試料で生じた空気の浸入過程を予想してみると、排水にともなって表面から空気が侵入し、気相率0~10%の段階では表層から順次水が空気に置き換わるように気相が拡大し、10~30%の段階で気相が試料全体に分布するようになったと考えられる。

4. まとめ

排水にともない、空気が土壌表層から内部へ浸入する様子を、音響測定によって確認できた。より定量的に議論できるようにするためには、複数の周波数による応答の違いを知る必要がある。また、7.5cmの試料の気相体積を過小評価してしまう原因を明らかにする必要がある。