

## 土壌空気に関する物理的環境のモニタリング技術開発

地域環境科学科 助教

深田 耕太郎

### 目 的

土壌は降水を一時的に貯え、時間をかけて排出する。また、大気と空気を交換する。この様にして、動植物の生存に適した環境が維持される。したがって、土壌を適切に管理し、有効な生物資源として利用していくために、土壌の水と空気に関する環境を把握し、理解することは重要である。しかし、土壌環境の測定手法はあまり発達していない。特に、土壌の物理性を現場で把握することは困難である。そのため、通常は土壌を採取して実験室で測定する。しかし、そのような値が、現場を代表するかどうかは不明である。また、繰り返し同じ場所で測定することもできない。そこで本研究では、土壌空気環境を現場測定するための技術開発を目的とする。ここで土壌空気に注目するのは、作物の生育に必要な要素の1つであり、大気と土壌のガス交換メカニズムなど、未解明な点が多いためである。

現場測定技術として、音響測定を採用する。土壌に対して音波を利用する手法は、実験室レベルで確立している。本研究では、この技術を現場へ応用することを目指す。課題となるのは、現在の装置を現場に適した形状へ変更することである。そして、この新しい測定システムが既存のものと同様の性能を示すことを確認する。

### 研究成果

土壌に対して有効性が確認されている音響測定法は、定在波管と呼ばれる細長いパイプを用いた、音響インピーダンスの測定である。音響インピーダンスは音の抵抗値である。また、土壌の音響インピーダンスには、土壌空気の物理性の情報が含まれる。音響測定法は非破壊測定法であるため、現場に向いている。しかし、定在波管の一端が土壌に接するように配置されるため、管の断面積が測定面積を限定する。この点は現場測定に向かない。そこで、定在波管を半割に加工して、土壌に被せるという新しい測定システムを考案した。こうすると、2.5 cm×100 cm程度の土壌面が、半割の円管に覆われる。そして、土壌と円管で作られる細長い空間に、定在波が励起されると予想できる。このとき、共鳴法と呼ばれる測定法を用いると、円管に覆われている土壌面の平均的な物理性が、共鳴曲線の形状として測定できることになる。新しい測定システムは、既存のものに比べて測定範囲が広い。また、定在波管の形状を工夫することで、測定範囲を柔軟に調整することができる。

共鳴曲線を正確に測定するために、定電流駆動のスピーカアンプを作成した。これは、スピーカに対して、あらゆる周波数の音を一定の音圧で出力させるものである。アンプを用いることで、共鳴曲線がスピーカの特性に影響されるのを防ぐことができる。

新しい測定システムの原型が完成し、実験を行った。木製の平板の上に定在波管を置いた。そして、定在波管の側面にスピーカとマイクを取り付け、アンプを経由してパソコンに接続した。スピーカより5-200Hzの音を流し、同時にマイクで定在波管内の音を録音した。そして、録音波形から共鳴曲線を求めた。

実験の結果、共鳴曲線が得られた。したがって、新しい測定システムにおいても、共鳴法による音響インピーダンスの測定は可能であると考えられる。しかし、共鳴曲線が既存の方法で得たものに比べて小さいことが分かった。これは、測定中の音漏れが既存のものより大きいことを示している。既存の方法では、音が定在波管内に完全に閉じ込められていた。しかし、試作機では、定在波管を半割にしたため

に、管と測定対象物の間に隙間ができる。この影響が大きいと考えられる。対象が土壌の場合、土壌が音波を吸収することで、共鳴曲線はさらに小さくなる。そのため、初期状態でなるべく強い反応を得ることが今後の課題である。

### 社会への貢献

現代の農業は、担い手不足や海外からの輸入農産物との競争など、厳しい状況の中にある。その中で、農業工学分野は、土壌、水、水利構造物という農業生産の基盤を維持する重要な役目を担っている。またこの学問分野は、地域環境を科学するという側面もある。例えば、島根県に固有の環境問題として、宍道湖の水質に改善傾向が見られない問題がある。また、島根県には日本の三大鳴き砂の一つとされる大田市の琴ヶ浜がある。昨年、隠岐が世界ジオパークの認定を受け、山陰地方の海岸地形や鳴き砂の浜が注目された。宍道湖や鳴き砂の浜を守ることは、地域の環境および観光資源を守ることにつながる。このような状況の中で、土壌の物理性の簡単な測定法の開発は、土壌の水分量や空気量を管理する生産現場や、環境調査などに貢献できると考えられる。また、本研究は、簡単な土壌調査手法を提供することで、土壌に関わる広範囲の研究分野に貢献できると考える。それらはさらに、土壌呼吸のメカニズムの解明や地球温暖化防止策などにつながる可能性がある。

### 次年度に向けた検討状況

本年度の研究により、新しい測定システムの原型が完成し、実験可能な状態となった。実験した結果、共鳴法が適用できることが明らかとなった。しかし、共鳴曲線は、既存のものよりも小さかった。次年度では、この問題を解決し、土壌に対する適用可能性を検討する。はじめに、基本的なアイデアは変えずに、定在波管と平板の接面から生じる音漏れを小さくする。現在、定在波管を平板の側面からスライドして挿入する仕様について検討している。その次の段階として、平板の中心に幅 2.5 cm、長さ 100 cm、深さ 3 cm 程度の溝を切り、土壌試料を充てんする。そして、試料を含まない平板や、試料を充てんした平板などを用いて共鳴曲線を測定する。実験条件によって共鳴曲線の形状がどのように変化するかを調べる。本研究の最終段階では、新しい測定システムを現場へ適用する。例えば、中庭に装置の一部を打設する。そして、定在波管を装着するだけで測定できるようにする。降雨や浸透によって土壌の物理性が変化する状況で、連続して測定を行うことで、新しい測定システムの可能性を検討する。

### 学会発表等

1. 深田耕太郎：砂質土壌の通気性に関するヒステリシスの実験と確率解釈 平成 26 年度土壌物理学大会 (宮城)
2. 深田耕太郎：土壌空気に関する物理的環境のモニタリング技術開発 島根大学サテライトキャンパス in 飯南 ～講座第 2 弾 資源の循環利用による地域の活性化～ (予定)

### 受賞等

生物資源科学部研究表彰「砂質土壌の気相率と通気係数の音響測定法の開発と同手法を通して見た気相の構造」に関する研究業績に対して

### 外部資金

JSPS 科研費 若手研究 B 26850153