

## (Ⅱ-37) Cバンド・マイクロ波散乱計による土壌水分の測定

### ——測定システムと予備的検討——

|             |     |       |
|-------------|-----|-------|
| 東京大学生産技術研究所 | 正 員 | 小池 雅洋 |
| 東京大学生産技術研究所 | 正 員 | 虫明 功臣 |
| 東京大学生産技術研究所 | 正 員 | 沖 大幹  |
| 千葉工業大学      | 学生員 | 平田 潔  |

#### 1. はじめに

不飽和帯における水分挙動の評価は、蒸発散、地表流出の発生、雨水の保留・浸透、地下水かん養など、水循環の主要な過程と関連して重要である。しかし、メカニズムの難しさとともに、そこでの水分の計測が困難であるために、水循環機構の研究の中で実証的解明が最も遅れた分野のひとつとなっている。

従来の不飽和帯水分の現地測定では、最も水分変動が著しい地表付近の水分を非破壊的に測定することが困難であるが、マイクロ波の反射電力は表層土壌水分の変化にも比較的鋭敏に反応するため、次世代の表層土壌水分計測のセンサーとして有望視されている。

筆者らの研究室では、以前にXバンドのマイクロ波散乱計を製作し基礎実験を行ってきた。本報告では、その経験に基づき新たに製作したCバンドのマイクロ波散乱計の計測システムと予備的検討について述べる。

#### 2. 研究全体計画の目的

マイクロ波散乱計を土壌水分測定のセンサーとして使用する場合、反射電力は地表の含水率の他にも、マイクロ波入射角、植生、粗度、土壌特性等の影響を受けることが知られている。土壌水分情報を抽出するためのセンサーシステムならびに観測条件を探るのが本実験の目的である。

#### 3. C バンド・マイクロ波散乱計と計測システム

C バンド・マイクロ波散乱計：マイクロ波散乱計は、マイクロ波を対象物にあてて、その散乱する電力を測定する装置である。送信装置、受信装置および送信アンテナと受信アンテナから構成されている。表-1にCバンド・マイクロ波散乱計の主要諸元を示す。

マイクロ波散乱計架台：送信・受信装置を平行に設置し自由にマイクロ波入射角を変えられる装置である。総重量30kgの送信・受信装置を支えるためバランス・ウェイトを使用した構造となっている。架台は、床面から5.38mの位置にある栈橋型の構造物の上に固定されている。入射角可変範囲は、0° から50° まで変化させることができる。送受信アンテナの中心線に合わせてレーザー・ポインターを取り付け、アンテナの向きを容易に知ることができる。図-1にその概要を示す。

試料回転台と試料台：この実験において、マイクロ波散乱計による反射電力の測定は、短時間で済むが、異なった条件の試料を準備するのに多くの時間がかかる。いろいろな条件で数多くの実験を行うためには、幾つかの試料を準備しておくことが望ましい。そこで、今回は試料回転台と複数の試料台を別個に作り条件の異なった試料を試料台ごとに回転台に移し換えて実験することを可能にした。

試料回転台は動力部に縦軸のモータ (1.75~6.80rpm、0.75kw) を使用し、プーリにより回転数を1/3に減速し0.5~2.0rpmの低速可変回転台として設計されている。また、試料回転台の底部に4個のキャスターを取り付け、マイクロ波入射角に合わせて回転台を移動してアンテナの向きの中心に合わせることができる。試料台は、発泡スチロールで作られた内法140×140×30cmの容器であり、合板(180×180cm)の上に取り付けられている。試料を飽和するために底部に2個の給排水穴を設け、さらに給排水を良くするため底面に5cmの砂利を敷いている。

データ収集システム：受信機から電圧で出力される信号は、パーソナルコンピュータのボード上で12ビットにA/D変換され、フロッピーディスクに記録される。全測定時間及びサンプル取得間隔が設定可能となっている。実験中には測定電圧がグラフ表示により確認される。

4. 予備実験

本実験を行う前段の予備実験として、ここでは、①試料回転台にのせる必要土層厚、②照射範囲と回転台周辺の影響、③電波吸収材の配置、等を検討する目的で表-2に示す実験条件でマイクロ波侵入深の実験を行う。

風乾した試料による実験： 風乾した関東ローム(体積含水率15%)を2mmメッシュの振るいにかけた土壌試料を使用する。この様な、ごく乾燥した土壌試料の場合、マイクロ波の侵入深は最大となる。この最大深を知ることで回転台に載せる必要土層厚さを決定できると考えられる。まず、回転台の上に1.4×1.4mの銅板を載せ、マイクロ波入射角を0°、5°、10°、15°、20°、30°、40°に変化させ実験を行う。また、角度毎に電波吸収材を周囲に配置したケースと配置しないケースの実験も同時に行う。その後、銅板上に風乾した試料を1cmづつ載せ同様な実験を継続し銅板の影響が消える土層の厚さを検討する。

含水率を調整した試料による実験： 風乾試料に適量の水を加え均一な含水率に調整した三種類(30、40、50%)の試料を用いて、風乾試料の場合と同様に銅板の上に1cmづつ載せ含水率の相違によるマイクロ波侵入深の違いを検討する。

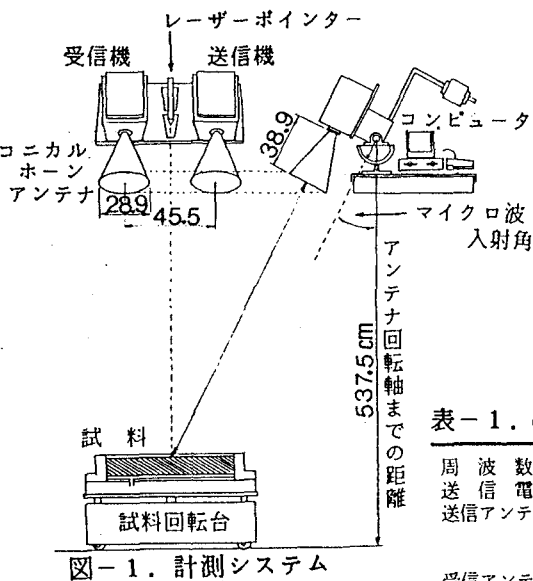


図-1. 計測システム

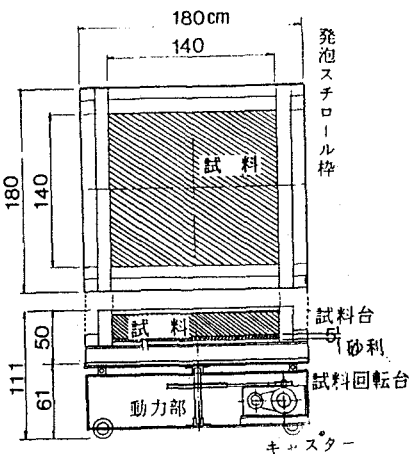


図-2. 試料回転台

5. おわりに

現在、予備実験を継続中であり結果については、講演時に発表する。最後に、本研究を行うに当り日本大学理工学部の長谷部 望教授から多くのご指導を頂いていますことを記して感謝します。

【参考文献】 深見、虫明、小池 (1988.10): マイクロ波による表層不飽和帯水分リモートセンシングに関する基礎研究、土木学会第43回年次学術講演会概要集。

表-1. Cバンド・マイクロ波散乱計システムの主要諸元

|        |                                                       |
|--------|-------------------------------------------------------|
| 周波数    | 5.2GHz (波長約5.77cm)                                    |
| 送信電力   | 4.0dBm                                                |
| 送信アンテナ | コニカルホーンアンテナ<br>利得21.2dBm<br>電力半値幅13.2度(E面), 15.1度(H面) |
| 受信アンテナ | 送信アンテナに同じ                                             |
| 送受信偏波  | HH, HV                                                |
| 最大受信電力 | 0dBm                                                  |
| 最小受信電力 | -80dBm以下                                              |

表-2. マイクロ波侵入深の実験条件

|         |                                 |
|---------|---------------------------------|
| 土壌厚さ    | 0cm(銅版のみ), 1~20cm 1cm刻み         |
| 土壌含水率   | 風乾状態(15%), 30%, 40%, 50%        |
| 入射角     | 0°, 5°, 10°, 15°, 20°, 30°, 40° |
| 電波吸収材   | 周囲に設置, もしくは設置せず                 |
| 取得サンプル数 | 2回転, 1200サンプル                   |
| 表面状態    | 滑面                              |