

II - 71

インピーダンス測定法による土壌カラム内水分量および溶液濃度の測定

京都大学大学院 学生員 吉川克明
 京都大学工学部 正 員 米田 稔
 京都大学工学部 正 員 井上頼輝

1. はじめに

土壌中の水分量を測定する電気的手法としては、土壌の示す比抵抗から土壌中水分の測定を行う比抵抗法や土壌中の水分による誘電率の変化を利用する TDR 法などがある。また、岡本¹⁾により誘電率を用いた方法の有効性が示され、酒向²⁾によりカラム内土壌の示すコンダクタンスおよびサセプタンス/周波数と土壌水分量との対応が確認されている。岡本によれば、比抵抗は主にコンダクタンスで誘電率はサセプタンス/周波数で表される。また、誘電率は主に土壌中水分量に依存するので、サセプタンス/周波数は主に土壌中水分量に依存すると考えられる。本研究では、土壌の示すコンダクタンスとサセプタンスを測定することにより土壌カラム内の水分量と溶液の濃度を共に測定できるシステムを構築することを目的とする。

2. 飽和状態における溶液の溶質と濃度に対するコンダクタンスおよびサセプタンス/周波数の関係

2.1 実験装置及び実験方法

この実験に用いた装置を図1に示す。このときカラムは3段に組んで用いた。土壌は山砂を用い、試料として NaCl、 Na_2SO_4 、 NaNO_3 、KCl、 K_2SO_4 、 KNO_3 を溶質とする溶液を1、2、5、10、20、50、100mg/lの濃度で作成、使用した。なお、実験では水位設定用シリンドラから土壌カラムに溶液を通路し、上から Overflow した溶液の導電率が安定したときに測定を行った。

2.2 実験結果

図2、図3に NaCl 溶液の各濃度における周波数に対するコンダクタンスおよびサセプタンス/周波数の関係を示す。コンダクタンスは濃度が変わらなければ 1MHz 程度まで周波数に対してほぼ一定であり、濃度が大きくなるに従って大きくなる。これに対して、サセプタンス/周波数は周波数が大きくなるに従って減少し、100kHz～1MHz では濃度に関係しない値をとる。これらの様子は他の溶質の溶液の実験でも見られ、100kHz～1MHz でのサセプタンス/周波数の値は溶質を変えても変化しなかった。従って、この実験では、コンダクタンスは濃度に依存し、サセプタンス/周波数は 100kHz～1MHz では溶液の溶質及び濃度に依存しないことが分かる。

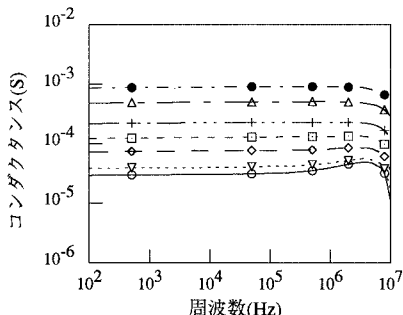
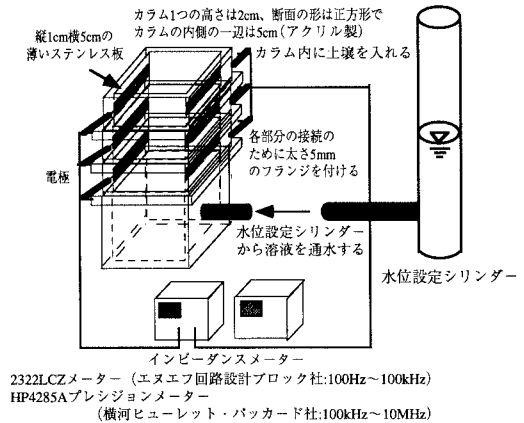


図2 NaCl溶液を通路したときのコンダクタンスの周波数に対する変化（プロット記号の意味は図3と同じ）

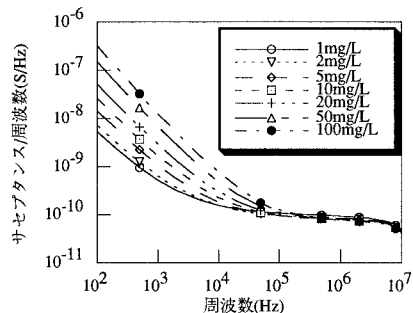


図3 NaCl溶液を通路したときのサセプタンス/周波数の周波数に対する変化

3. 土壌中水分量と溶液の濃度に対するコンダクタンスおよびサセプタンス/周波数の関係

3.1 実験装置及び実験方法

土壌カラム内水分量を変化させるために、カラムを多段に組んで用いた。図4に示すように各段の電極間の測定範囲を各段のカラムのみに確定させるために測定カラムを挟む両側のカラムにもガード端子につながる電流を流した。実験では水位設定シリンダーの設定水位に水位を保つように、多段カラムの下部からNaCl溶液を通水した後、多段カラム下部から排水し定常状態になったときに測定を行った。その後分解し、各カラムごとの土壌含水率を測定した。

3.2 実験結果

図5、図6に周波数1kHzで測定した体積含水率に対するコンダクタンスおよびサセプタンス/周波数の関係を、図7、図8に周波数1MHzで測定した体積含水率に対するコンダクタンスおよびサセプタンス/周波数の関係を示す（なお、図6、7、8は図5と同じプロット記号を使用した）。図5、図7よりコンダクタンスは含水率と濃度の両方による影響を受けることが分かる。また、図6、図8よりサセプタンス/周波数は1MHzの方が体積含水率による影響を受けていることが分かる。これは、1kHzでの測定ではカラム内土壌の不均質性の影響などが大きく現れ、測定値が安定しないためである。1MHz程度の周波数では、サセプタンス/周波数は土壌中水分量にのみ依存することが分かる。以上のことから測定対象のカラムに

ついて図7、8のような関係を求めておけば、サセプタンス/周波数を測定することにより含水率が、コンダクタンスを測定することによりその含水率での溶液濃度が求められると考えられる。

4. まとめ

本研究では、溶液の溶質及び濃度や土壌中水分量の異なるカラム内土壌の示すコンダクタンスおよびサセプタンス/周波数を100Hz～10MHzの広い周波数域で測定することにより、飽和状態では溶液の導電率にコンダクタンスが対応すること、1MHzで測定を行うと溶液の濃度に関係無く土壌含水率に対してサセプタンス/周波数が対応することが分かった。よって、コンダクタンスとサセプタンス/周波数を共に測定することにより、水分量と溶液濃度を共に測定することが可能になると考えられる。

参考文献

- 岡本敬一：「誘電率探査法（その1）-地下水調査に対する有効性について-」、物理探査、第33巻、第4号（1980）
- 酒向 健：「インピーダンスの測定による土壌カラム内水分量及び保水形態の推定」、土木学会年講（1994）

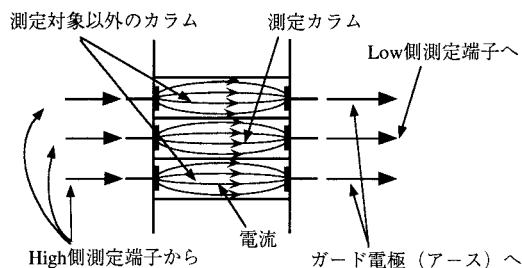


図4 ガード電極

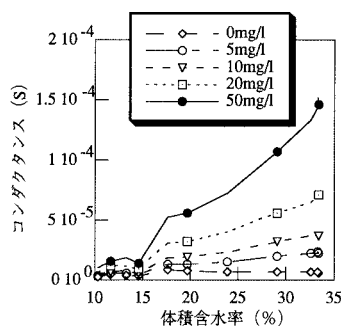


図5 体積含水率に対する各濃度でのコンダクタンスの変化（1kHz）

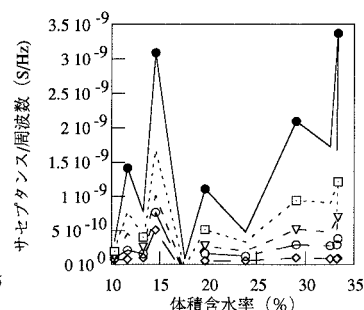


図6 体積含水率に対する各濃度でのサセプタンス/周波数の変化（1kHz）

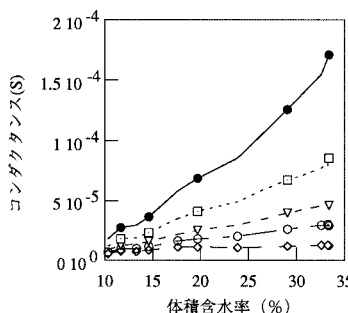


図7 体積含水率に対する各濃度でのコンダクタンスの変化（1MHz）

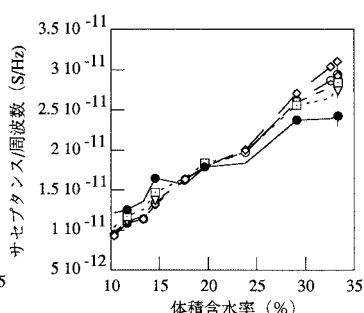


図8 体積含水率に対する各濃度でのサセプタンス/周波数の変化（1MHz）