

Title	Effect of surface conduction in the conductivity of porous media with decreasing degrees of water saturation
Author(s)	梅澤, 良介
Citation	大阪大学, 2019, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/72680">https://hdl.handle.net/11094/72680</a>
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a>〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

## 論文内容の要旨

氏名 ( 梅澤 良介 )

## 論文題名

Effect of surface conduction in the conductivity of porous media with decreasing degrees of water saturation  
 (多孔質媒体中の水飽和率変化に伴う電気伝導度の変化と表面伝導の影響)

## 論文内容の要旨

含水岩石の電気物性は、岩石の間隙構造や水飽和率に依存して変化し、バルク水の電気伝導と鉱物表面水の電気伝導（表面伝導）の和で表現できるとされている。表面伝導は、鉱物表面が帯電している場合、イオンが吸着する層（シュテルン層）と濃度勾配が生じる領域（拡散層）の二層からなる電気二重層における伝導のことを言い、電気二重層の厚さはイオン濃度によって変化する特徴的な長さ（デバイ長）で決まる。表面伝導は、間隙内に空気などが混在し、バルク水が少なくなる不飽和状態において重要となる。しかし、不飽和状態における表面伝導データは少なく、定量的な理解も乏しい。そこで本研究では、多孔質媒体の電気伝導における表面伝導の影響を定量的に理解するために、砂岩、シリカナノ粒子、多孔質ガラスの電気伝導度を、水飽和率・イオン濃度・間隙径を変化させて測定した。

まず、主に石英からなるベレア砂岩の間隙を純水、0.001, 0.01, 0.1, 1 mol L<sup>-1</sup> NaCl水溶液で飽和させ、自然乾燥により水飽和率を減少させ電気伝導測定を行った。その結果、水飽和率が減少するとバルク水の電気伝導度が減少し、表面伝導が支配的となった。

次に、より単純な物質を用いて表面伝導を詳細に調べるため、空気中に置かれたシリカナノ粒子の電気伝導度について相対湿度を変化させて測定した。また、シリカナノ粒子への水の微量な吸着量を水晶振動子微小天秤(QCM)法で測定した。

さらに、均一な間隙径を持つシラス多孔質ガラス(SPG; 間隙径1.0, 0.5, 0.2 μm)を用いて水飽和率を減少させながら電気伝導度を測定した。

これらベレア砂岩、シリカナノ粒子、SPGの表面伝導について比較するために、それぞれの電気伝導モデルから比表面伝導度を求めた。得られた比表面伝導度を水膜厚さ、デバイ長に対してプロットすると、水膜厚さがかなり薄い場合(0.3 nm以下)、水膜厚さが薄くなるにつれ比表面伝導度は急激な減少を示した。これは水膜のつながりが切れたためと考えられる。また、溶液のイオン濃度が増加すると、デバイ長が100 nmから0.3 nmに減少し、それに伴い比表面伝導度は増加する傾向を示した。これは電気二重層のβ-plane（シュテルン層）での電気伝導が支配的と考えられる。

このように、SiO<sub>2</sub>を主成分とする多孔質媒体について、バルク水の伝導と表面伝導による新たな電気伝導モデルを用いて、水不飽和時における比表面伝導度の変化挙動を説明することができた。

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( 梅澤 良介 )	
	(職) 氏 名
論文審査担当者	主 査 教授 中嶋 悟
	副 査 教授 川村 光
	副 査 教授 近藤 忠
	副 査 准教授 谷口年史
	副 査 准教授 山中千博

## 論文審査の結果の要旨

含水岩石の電気物性は、岩石の間隙構造や水飽和率に依存して変化し、バルク水の電気伝導と鉱物表面水の電気伝導（表面伝導）の和で表現できるとされている。表面伝導は、鉱物表面が帯電している場合、イオンが吸着する層（シュテルン層）と濃度勾配が生じる領域（拡散層）の二層からなる電気二重層における伝導のことを言い、電気二重層の厚さはイオン濃度によって変化する特徴的な長さ（デバイ長）で決まる。表面伝導は、間隙内に空気などが混在し、バルク水が少なくなる不飽和状態において重要となる。しかし、不飽和状態における表面伝導データは少なく、定量的な理解も乏しい。

そこで梅澤良介氏は、多孔質媒体の電気伝導における表面伝導の影響を定量的に理解するために、砂岩、シリカナノ粒子、多孔質ガラスの電気伝導度を、水飽和率・イオン濃度・間隙径を変化させて測定した。

まず、主に石英からなるベレア砂岩の間隙を純水、0.001, 0.01, 0.1, 1 mol L<sup>-1</sup> NaCl水溶液で飽和させ、自然乾燥により水飽和率を減少させ電気伝導測定を行った。その結果、水飽和率が減少するとバルク水の電気伝導度が減少し、表面伝導が支配的となった。

次に、より単純な物質を用いて表面伝導を詳細に調べるため、空気中に置かれたシリカナノ粒子の電気伝導度について相対湿度を変化させて測定した。また、シリカナノ粒子への水の微量な吸着量を水晶振動子微小天秤(QCM)法で測定した。

さらに、均一な間隙径を持つシラス多孔質ガラス(SPG; 間隙径1.0, 0.5, 0.2 μm)を用いて水飽和率を減少させながら電気伝導度を測定した。

これらベレア砂岩、シリカナノ粒子、SPGの表面伝導について比較するために、それぞれの電気伝導モデルから比表面伝導度を求めた。得られた比表面伝導度を水膜厚さ、デバイ長に対してプロットすると、水膜厚さがかなり薄い場合(0.3 nm以下)、水膜厚さが薄くなるにつれ比表面伝導度は急激な減少を示した。これは水膜のつながりが切れたためと考えられる。また、溶液のイオン濃度が増加すると、デバイ長が100 nmから0.3 nmに減少し、それに伴い比表面伝導度は増加する傾向を示した。これは電気二重層のβ-plane（シュテルン層）での電気伝導が支配的と考えられる。

以上のように、梅澤良介氏は、SiO<sub>2</sub>を主成分とする多孔質媒体について、バルク水の伝導と表面伝導による新たな電気伝導モデルを用いて、水不飽和時における比表面伝導度の変化挙動を定量的に説明することに成功した。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。