

Title	Optical, Electrical and Magnetic Properties of Alkali Metals Loaded into Channel-Type Zeolite L
Author(s)	Pham Tan, Thi
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/56069">https://hdl.handle.net/11094/56069</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"&gt;大阪大学の博士論文について&lt;/a&gt;</a> をご参照ください。

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

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

Osaka University

## Abstract of Thesis

Name ( Pham Tan Thi )	
Title	Optical, Electrical and Magnetic Properties of Alkali Metals Loaded into Channel-Type Zeolite L (チャンネル型ゼオライトLに導入したアルカリ金属の光学的電氣的磁氣的性質)
<p><b>Abstract of Thesis</b></p> <p>Novel properties of s-electrons are observed in alkali metals loaded into periodic nanospaces of zeolite crystals. So far, alkali metals have been loaded into zeolites with cubic structures, such as simple cubic and diamond structures. These s-electrons exhibit exotic properties with a rich variety. In this work, zeolite L with main-channels of consecutive spheroidal cages along <i>c</i>-axis is employed as a host zeolite for alkali metals.</p> <p>Potassium metal was loaded into K-form zeolite L at various loading densities, where the value <i>n</i> is defined as an average loading density of K atoms per unit cell. Optical, electrical and magnetic properties are investigated in detail at <math>0 \leq n \leq 9.6</math>. Optical resonant absorption/reflection band at <math>\approx 1.1</math> eV is observed in all K-loaded samples. A new reflection band at <math>\approx 1.8</math> eV appears together with the band at <math>\approx 1.1</math> eV at <math>n &gt; 5</math>. These bands at 1.1 and 1.8 eV are assigned to the optical excitations of s-electrons confined in main-channels of zeolite L. A mid-IR absorption is found to increase in its intensity with <i>n</i> at <math>n \gtrsim 5</math>. A temperature independent term of spin susceptibility is observed in the ESR intensity at <math>n \gtrsim 5</math> and is assigned to a Pauli paramagnetism of metal. Electrical resistivity decreases more than nine orders of magnitude with <i>n</i>. A metallic resistivity is observed only at <math>n \gtrsim 9</math>, but at <math>n \lesssim 9</math> the resistivity displays an insulating behavior. We propose the model of one-dimensional metallic wires to explain the metallic properties at <math>n \gtrsim 5</math>, where the one-dimensional metallic state can not be observed in electrical properties because of random connections of powder particles. The metallic state at <math>n \gtrsim 9</math> is assigned to the three-dimensional metallic state of the dense bundle of wires. A plausible model of 1s, 1p and 1d states in quantum cylinders with a finite confinement potential depth is proposed in order to explain optical, electrical and magnetic properties.</p> <p>Rubidium metal was loaded into Rb-form zeolite L. The Rb-system resembles the K-system in optical, electrical and magnetic properties, but the decrease in the critical value of <i>n</i> is observed. The difference is ascribed to a lower ionization energy of Rb atoms compared with K atoms.</p>	

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( Pham Tan Thi )			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教授	野末泰夫
	副 査	教授	小林研介
	副 査	教授	萩原政幸
	副 査	准教授	宮坂茂樹
	副 査	助教	中野岳仁

## 論文審査の結果の要旨

学位申請者は、内径約 1 nm の一次元チャンネルが並行に配列する構造を有する多孔質結晶のゼオライト L のカリウムイオン型のものに、カリウム金属を様々な濃度で吸蔵し、その光学的、磁氣的、電氣的性質を測定した。ユニットセル当たりの吸蔵カリウム原子数  $n$  が最大 9.6 までの試料を作製した。光学スペクトルには  $n$  の増加と共に成長する共鳴吸収・反射構造を約 1.1 eV,  $n$  が 5 以上で現れる反射構造を約 1.8 eV に見だし、それぞれ、一次元チャンネル内に閉じ込められたカリウム金属の s 電子の 1s から 1p および 1p から 1d 準位への遷移と解釈した。また、赤外域の吸収が  $n$  が 3 以上で成長し、金属的な傾向を見いだした。また、電子スピン共鳴の温度依存性から見積もられたスピン磁化率の温度依存性に、Curie 則の従う成分の他に、温度に依存しない成分が  $n$  が 5 以上で観測され、これを遍歴電子による Pauli 常磁性成分と解釈した。一方、電気抵抗率の温度依存性の測定結果は、 $n$  が 5 以上 9 以下においては低温で上昇し発散する絶縁体的性質が見られ、9 以上では有限な値となる金属的な性質が見られた。これらの結果から、 $n$  が 5 以下ではスモールパイポーラロンを形成して系全体が絶縁体状態にあり、5 以上 9 以下では 1 次元金属、9 以上では 3 次元的な金属になっていると解釈した。5 以上 9 以下で絶縁体的な電気抵抗率が観測されるのは、ゼオライト粉末がランダムに接続しているために、各粉末内のチャンネル内に形成された 1 次元金属の電気伝導は観測されず、チャンネル間の絶縁体的な電気抵抗が観測されるためと解釈し、 $n$  が 9 以上では、電子がチャンネル間を金属的に伝導するため低温まで低抵抗となると解釈した。また、高濃度カリウム吸蔵試料で、1s から 1p および 1p から 1d 準位への遷移が同時に観測される原因についても、1 次元金属状態によるものと解釈した。これらの結果から、s 電子はチャンネル内に閉じ込められ、 $n$  が 5 以上 9 以下で一次元的な金属となっている可能性が見いだされた。同様の試料をルビジウム系で作製し、ほぼ同様の結果が得られたが、一次元金属への転移や 3 次元金属への転移を起こす  $n$  の閾値はカリウム系と比較して顕著に低下した。これをルビジウム原子のイオン化エネルギーがカリウム原子よりも小さいためとして定性的に解釈した。

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。