

## ベントナイトの表面および層間内に存在する水の熱挙動

(日大院総合基\*, 日大文理\*\*)

○伊東 良晴\*, 名越 篤志\*\*, 藤森 裕基\*\*, 竹村 貴人\*\*

## Thermal behavior of water on the surface and in the interlayer of bentonite

(Graduate School of Integrated Basic Sciences, Nihon University\*,  
College of Humanities and Sciences, Nihon University\*\*)

○Yoshiharu ITO\*, Atsushi NAGOE\*\*, Hiroki FUJIMORI\*\*, Takato TAKEMURA\*\*

【序】近年エコエネルギーとして地圏熱利用によるエネルギーの産出が注目を集めている。地中は土壌の断熱機能が働いており一年を通して地表の温度に依存せず一定の温度を保っており、そのため地表よりも夏は涼しく、冬は暖かいことが知られている。この温度差を利用してエネルギーを生み出すのだが、この地圏熱利用により地圏生態系や地下水環境に影響を与える恐れが考えられる。そこで本研究では地圏中にある粘土鉱物等に含まれる水の熱的挙動に注目した。粘土鉱物に含まれている水には少なからずヒ素や硫黄などの人体に悪影響な成分も含まれているため、地中の温度上昇に伴って地上に排出される、もしくは地下水に溶け出す恐れがある。そこで地圏に存在する水の評価を行うために、粘土鉱物である Na ベントナイトを用いて、そこに含まれる水の熱的性質を示差走査熱量分析法(Differential Scanning Calorimetry)で追跡した。また、Na ベントナイトと同様の粘土鉱物であるカオリンに対しても同様の実験を行った。

【実験】試料調製：Na ベントナイトおよびカオリンに存在する水を取り除くために、まず真空下 100°C で 30 時間以上加熱した。その後、一定量の水を滴下し、吸着させた。

DSC 測定：水の融解挙動は PerkinElmer 社製 DSC8500 を用いて測定を行った。測定温度範囲は -80~30°C、昇温速度 10°C min<sup>-1</sup> で行った。試料容器にはアルミニウム製密閉容器を、リファレンスには空容器を用いて測定を行った。一方、水の脱着挙動に関しては、TA Instrument 社製 DSC20P を用いて測定を行った。測定温度範囲は 20~300°C、昇温速度 10°C min<sup>-1</sup> で測定を行った。試料容器には、アルミニウム製ピンホール容器を、リファレンスには空容器を用いた。

【結果・考察】図 1, 2 は水を吸着させた Na ベントナイトおよびカオリンの -60~20°C の DSC 測定結果を示す。図中の数字は試料と水の質量比を示す。0°C 付近に水の融解ピークと考えられる 2 つの吸熱ピークが観測された。これら 2 つの吸熱ピークは結晶化した水が 2 つの異なる環境下にあることを示唆している。添加した水分量を減少させることによって、高温側の吸熱ピークは消失したので、高温側のピークは粘土鉱物周辺にバルク状態のままに存在する水の融解ピークと考えられる。一方、低温側のピークは粘土鉱物表面と何らかの相互作用をしている水の融解ピークと考えられる。また、このピークはカオリンより Na ベントナイトの融解ピークのほうが低温側へシフトすることが見出された。図 3, 4 は 20~300°C の DSC 測定結果を示す。Na ベントナイトの DSC 測定結果より 100°C 付近に 3 つの吸熱ピークが見出された。最も低温側のピークはバルク状態にある水の脱着であり、二番目のピークは Na ベントナイト表面に吸着している水の脱着ピークであると考えられる。また、最も高温側のピークは Na ベントナイトの層間内に含まれている水の脱着ピークであると考えられる。一方、カオリンの DSC 測定では 100°C 付近に幅広な吸熱ピークが観測された。これは、カオリン内に存在している水は、Na ベントナイトに存在する水と比べるとその環境に大きな違いがないと考えられる。

以上の結果より Na ベントナイトに含まれる水の状態は、三種類存在すると考えられる。脱着過程で観測された Na ベントナイトの層間内に存在する水の融解が観測されなかったことは、層間水がこの測定温度範囲では不凍結水の状態で存在しているためと考えられる。Na ベントナイトの特徴として水を含むことによって層間が膨潤することが知られている。そのため、Na ベン

トナイトはカオリンと比較すると、層間が広がることによってカオリンよりも水を層間内に吸着できるためと考えられる。カオリンに含まれるハロイサイトも層間に水を一分子厚さ程度吸着できるが、Na ベントナイトと比べると吸着できる水の量は明らかに少ないと考えられる。以上の結果、地圏内に存在する水はその岩石や粘土鉱物の種類により、その存在状態および熱的性質が異なることが見出された。

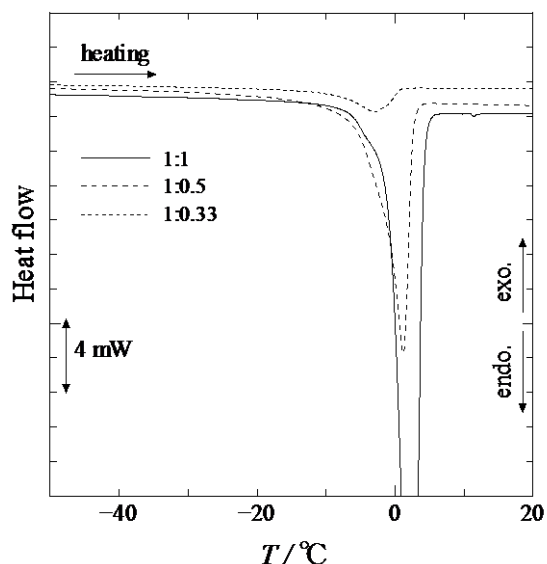


図 1. 水を含む Na ベントナイトの DSC 測定結果. 図中の数字は Na ベントナイトと水の質量比.

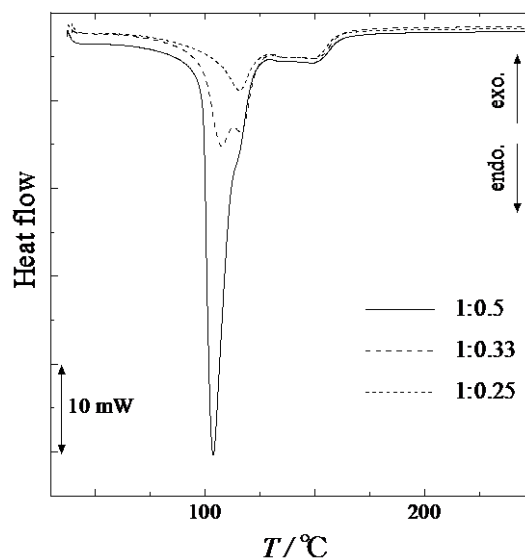


図 3. 水を含む Na ベントナイトの DSC 測定結果. 図中の数字は Na ベントナイトと水の質量比.

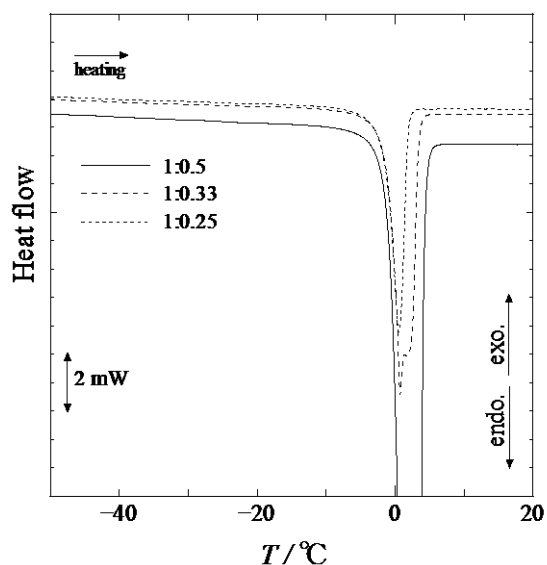


図 2. 水を含むカオリンの DSC 測定結果. 図中の数字はカオリンと水の質量比.

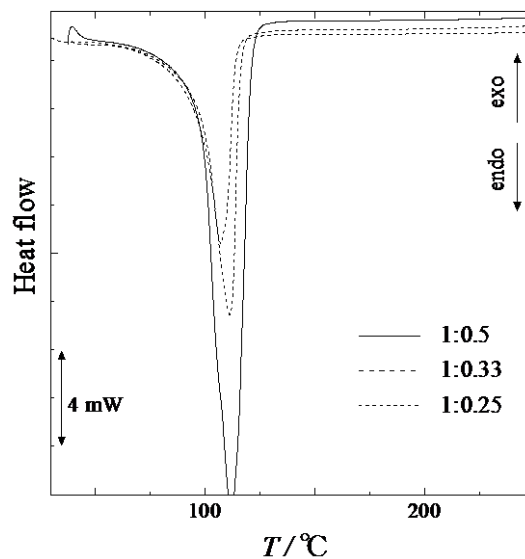


図 4. 水を含むカオリンの DSC 測定結果. 図中の数字はカオリンと水の質量比.