

イモゴライトの分散凝集と負電荷の電場の強さ

Colloidal Stability of Imogolite and the Intensity of Electric Field of Negative Charge

○馬 玉露* 軽部重太郎**

Ma YuLu Jutaro Karube

1. はじめに

イモゴライトは、酸性で分散しアルカリ性で凝集する。イモゴライトの正電荷はチューブの外側に発現するが、負電荷はチューブの内側に発現すると考えられている。酸性では正電荷が卓越するために分散する。しかし、アルカリ性では負電荷が卓越するにも関わらず凝集する。この理由を負電荷の電場の強さから考察した。ガウスの法則から、チューブの内側と外側での負電荷の電場の強さを導くことができる。チューブの外側における負電荷の電場により正のイオンが吸着するので、イオン交換量を求める事により負電荷が測定できる。しかし、その電場はイモゴライトを分散させるだけ強くないと考えられる。

2. ガウスの法則からイモゴライトの電場の強さを導く

イモゴライトの形を同軸円筒とする(図1)。負電荷がチューブの内側に均等に分布するとする。図1で $L \gg R_B - R_A$ の場合、端面の効果を無視できる。単位長さあたりの電荷を λ として($\lambda = Q/L$)、このときの任意のP点での電場の強さを求める。

図1に示すように、円筒の中心線を軸とし、半径 r 、長さ l の円筒面をガウス面と考え、その上下の底面と側面とからなる閉曲面 S について、ガウスの法則を適用する。ガウスの法則より、閉曲面を貫く電気力束は、その閉曲面の内部に含まれる電荷 q の総和に等しい。したがって、誘電体の場合、ガウスの閉曲面 S を貫く電気力束 ϕ_E は

$$\phi_E = \oiint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \sum_{s内} q_i$$

$\vec{D} = \epsilon_r \epsilon_0 \vec{E}$ 、 D : 電束密度、 E : 電場の強さ、

粘土鉱物(雲母)の比誘電率 $\epsilon_r = 5 \sim 8$ 、真空の誘電率 $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$ 、ゆえに

$$\oiint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_r \epsilon_0} \sum_{s内} q_i \text{ と得る。したがって}$$

$$\oiint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \oiint_{側面} E \cos \theta dS = \iint_{側面} E \cos \theta dS + \iint_{上面} E \cos \theta dS + \iint_{下面} E \cos \theta dS$$

E は上下面に対しては垂直な成分を持たない、 $\cos \theta = 0$ 。一方、側面上では E は面に垂直で、その大きさはどこでも等しい、 $\cos \theta = 1$ となる。したがって、

$$\iint_{側面} E \cos \theta dS = \iint_{側面} E \cos \theta dS = \iint_{側面} E dS = 2\pi r l E \text{、円筒面内の全電荷は } \lambda l \text{、ゆえに}$$

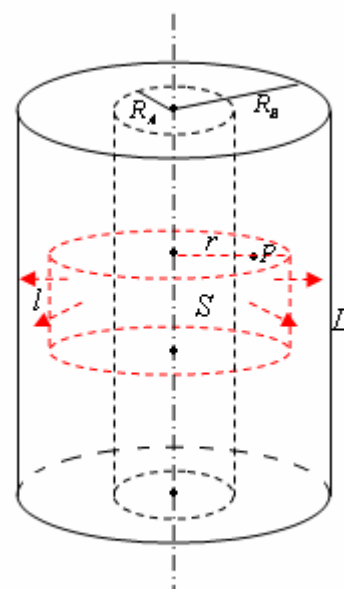


図1 イモゴライトのモデル

*東京農工大学大学院連合農学研究科 United Graduate School, Tokyo University of Agriculture and Technology

**茨城大学 Ibaraki University: イモゴライト, 分散凝集, ガウスの法則, 負電荷, 電場の強さ

$$2\pi r l E = \frac{1}{\epsilon_r \epsilon_0} \sum_{s\text{内}} q_i = \frac{\lambda l}{\epsilon_r \epsilon_0}, \quad E = \frac{\lambda}{2\pi r \epsilon_r \epsilon_0}$$

と得る。この結果から、イモゴライトのチューブの内側に分布している負電荷の内側と外側における電場の強さを求められる。

3. イモゴライトの電場の強さの計算

表1 イモゴライトの電荷、電荷密度と電場の強さ

pH	Q_{AEC}	Q_{CEC}	σ_{AEC}	σ_{CEC}	λ_{AEC}	λ_{CEC}	$E_{AEC\text{外}}$	$E_{CEC\text{内}}$	$E_{CEC\text{外}}$
	cmol/kg		$\times 10^{-2} \text{ C/m}^2$		$\times 10^{-10} \text{ C/m}$		$\times 10^8 \text{ N/C}$		
4.4	43.17	8.26	5.78	1.11	3.81	0.24	10.90	2.09	0.70
4.8	35.53	4.76	4.76	0.64	3.14	0.14	8.96	1.20	0.40
5.1	34.15	14.87	4.57	1.99	3.02	0.44	8.61	3.75	1.25
5.7	28.60	26.35	3.83	3.53	2.53	0.78	7.22	6.65	2.22
6.5	26.92	35.72	3.61	4.79	2.38	1.05	6.79	9.01	3.00
6.9	20.91	47.15	2.80	6.32	1.85	1.39	5.28	11.90	3.97
7.5	15.69	55.48	2.10	7.43	1.39	1.63	3.96	14.00	4.67
8.7	7.01	58.54	0.94	7.84	0.62	1.72	1.77	14.80	4.92
9.2	4.86	65.27	0.65	8.74	0.43	1.92	1.23	16.50	5.49

表の中で、 Q は電荷、 σ は電荷密度、 λ は単位長さあたりの電荷、 E は電場の強さである。計算式は $\sigma = Q_{NAe}/(100 \times SS)$ 、 $\lambda = 2\pi r \sigma$ である。比表面積 $SS = 7.19 \times 1000 \text{ m}^2/\text{kg}$ 、 $N_A = 6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$ 、 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ である。表から、イモゴライトの内側に発現する負電荷の外側における電場の強さは約 1/3 になることが分かる。

4. 考察

イモゴライトは、アルカリ性で負電荷が卓越する（図2）にも関わらず凝集する。それは、アルカリ性でイモゴライトの内側に発現する負電荷のチューブの外側における電場の強さが約 1/3 になり、イモゴライトを分散させるだけ強くなるためと考えられる（図3）。ところで、チューブの外側での負電荷の電場の強さが約 1/3 になるため、外側での電位も低下する。この内容は単純ではないが、さらに検討したい。

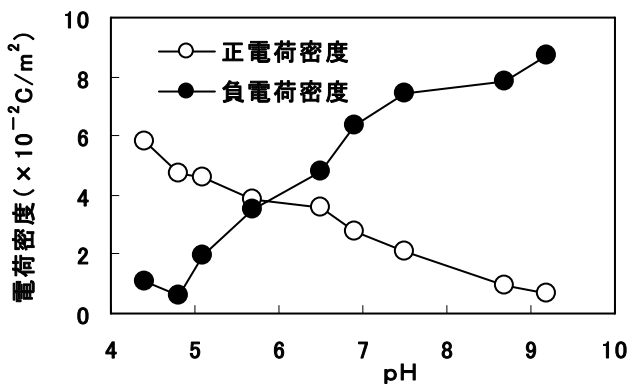


図2 イモゴライトの電荷密度

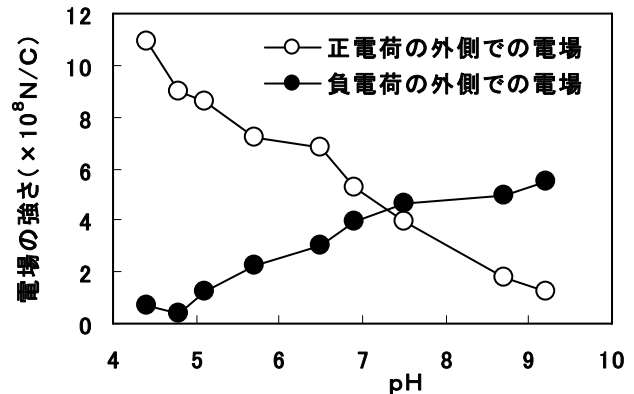


図3 イモゴライトの電場の強さ