

II-99

粘土・砂混合物の保水・透水特性（その2）

——カオリン・砂混合物の飽和・不飽和透水特性——

電力中央研究所 正員○五十嵐敏文
(株) CRS 黒沢 健哉

1. はじめに 放射性廃棄物地中処分における埋め戻し材は、多重バリアの一つとして重要な位置を占める。埋め戻し材には種々のバリア性能が要求されるが、その中で遮水性は主要な因子となる。しかし、埋め戻し初期あるいは不飽和層での埋め戻し材の使用時のように、埋め戻し材が地下水で飽和されていない場合を想定した保水・透水特性に関する知見はほとんど得られていない。前報¹⁾では、粘土・砂混合物としてカオリン・豊浦標準砂混合物を用いて、保水特性に関して実験的検討を行った。その後の実験結果も踏まえることカオリン・砂混合物の水分特性曲線は排水過程では次式で表現されることが判明した。

$$1/Se-1=a|\phi-\phi_{cr}|^b \quad (1)$$

ここに、 Se ：有効飽和度（ $=\theta-\theta_r/\theta_s-\theta_r$ ）〔-〕、 θ ：体積含水率〔-〕、 θ_r ：最小容水量

θ_s ：最大体積含水率、 ϕ ：圧力水頭〔cm〕、

ϕ_{cr} ：限界毛管水頭（ $=-30$ cm）、 a 、 b ：定数

（ $a=0.016$ 、 $b=1.9$ ）

本報では、引続きカオリン・砂混合物の飽和および不飽和透水特性に関して実験的検討を行った。

2. 実験方法 実験に用いたカオリン（市販）および砂（豊浦標準砂）の物理化学特性を表-1に示す。カオリン・砂

混合物試料の飽和透水係数（ k_s ）の測定は変水位法によって、不飽和透水係数（ k ）は図-1に示す水分拡散試験から得られる水分拡散係数 $D(\theta)$ と水分特性曲線の勾配から得られる比水分容量 $C\theta$ （ $=d\theta/d\phi$ ）との積から求めた。カオリン・砂混合物試料の作成にあたっては、飽和透水試験の場合は所定重量の風乾状態のカオリンおよび砂に若干量の水を加えながら均一に混ぜあわせ、試料容器（ $V=100$ ml）に入れ、減圧飽和したものを実験に供した。水分拡散試験の場合は風乾状態のカオリンおよび砂を水を加えることなく均一に混ぜあわせ図-1の土壤カラムに充填した。

3. 実験結果

3.1 飽和透水係数 カオリン含有率の k_s に及ぼす影響を図-2に示す。この図からカオリン含有率の増加とともに k_s は徐々に減少し、カオリン含有率50%で k_s は 10^{-6} オーダーとなることがわかる。

3.2 水分拡散係数 カオリン含有率をパラメータとした $D(\theta)$ と θ の関係を図-3に示す。この図から

表-1 カオリンおよび砂の物理化学特性

	KAOLIN	SAND
GRAIN SIZE	<74 μ m	0.15~0.30mm
SPECIFIC GRAVITY	2.65 ¹⁾	2.62
SPECIFIC AREA (m ² /g)	7.5	0.34
CEC (meq/100g)	11.7	0.90 ²⁾
EXC Ca (meq/100g)	0.13	0.71
Mg (meq/100g)	0.06	0.12
Na (meq/100g)	0.29	0.03
K (meq/100g)	0.09	0.04
pH (H ₂ O)	3.5	7.3
pH (KCl)	3.5	6.5

*1 QUOTED FROM "FUNTAIBUSSEIZU"

*2 THE SUM OF EXCHANGEABLE CATIONS

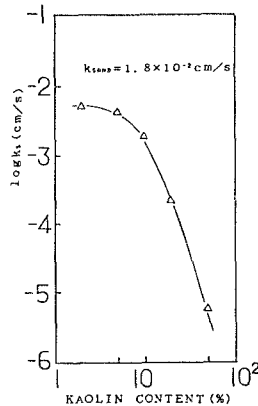
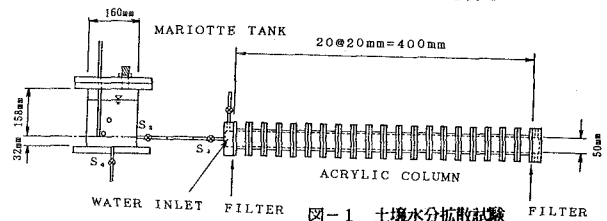


図-2 k_s とカオリン含有率の関係

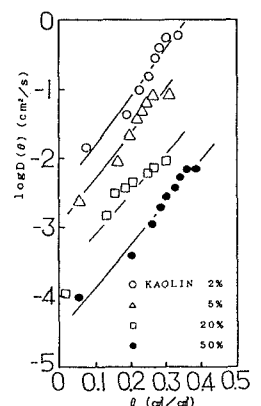


図-3 $D(\theta)$ と θ の関係

θ が増加するとともに、またカオリン含有率が減少するとともに $D(\theta)$ は増加することがわかる。図-3で $\log D(\theta)$ と θ とがほぼ直線関係を有することが認められるため、次式を用いて各カオリン含有率における定数 α および β を最小2乗法によって求めた。

$$D = \alpha \exp(\beta \theta) \quad (2)$$

図-4および図-5に定数 α 、 β とカオリン含有率との関係を示す。これらの図から α はカオリン含有率の増加とともに減少するが、 β はカオリン含有率に依存せずほぼ一定値を示す。

3.3 不飽和透水係数 式(1)の $\phi \sim \theta$ 関係から求めた $C \theta \sim \theta$ 関係および式(2)の $D \sim \theta$ 関係から次式により $k(\theta) \sim \theta$ 関係を導く。

$$k(\theta) = D(\theta) \times C \theta \\ = a b \Psi^{b-1} (\theta s - \theta r) \cdot \alpha \exp(\beta \theta) / (1 + a \Psi^b)^2 \quad (3) \\ (\theta r < \theta < \theta s)$$

ここに、 $\Psi = |\phi - \phi_{cr}| = ((\theta s - \theta r) / (\theta - \theta r) - 1) / a)^{1/b}$

$k(\theta) \sim \theta$ 関係を図-6に示す。さらに、横軸 θ を Se に換算し、縦軸を相対透水係数 k/k_s で表すと図-7となる。図中には、次式のIrmay型の式も示す。

$$k/k_s = Se^n \quad (4)$$

ここに、 n :定数(粘性土で3~10、砂質土で2.5~4と整理されている²⁾)

図-7から $k/k_s \sim Se$ 関係はカオリン含有率にあまり依存しないことがわかる。また、式(3)で示した曲線と式(4)中の n を2~4と設定するだけで

すむ簡便式とを比較すると、両者が概ね一致することがわかる。ただし、カオリン含有率50%の場合は水分特性曲線のとるべき θ の範囲が狭いため、 Se で表示すると誤差が誇張される。

4. まとめ カオリン・砂混合物の不飽和透水係数は、カオリン含有率に依存せず、Irmay型で概ね表現されることが判明した。

(参考文献) 1) 五十嵐他; 第44回年講, II-90, 1989 2) 西垣; 土質工学論文集, 23, 155, 1983

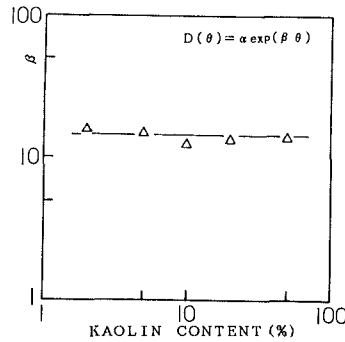


図-4 β とカオリン含有率の関係

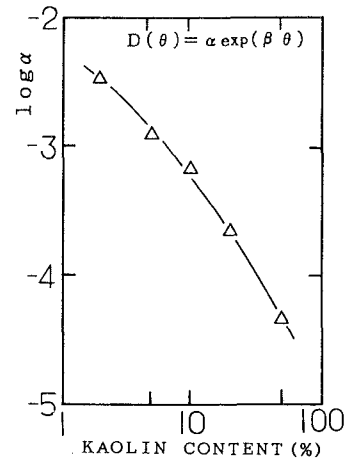


図-5 α とカオリン含有率の関係

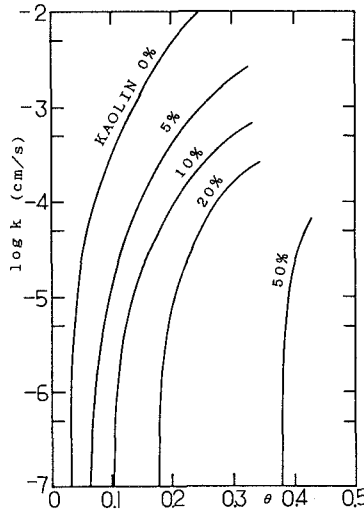


図-6 カオリン・砂混合物の不飽和透水係数

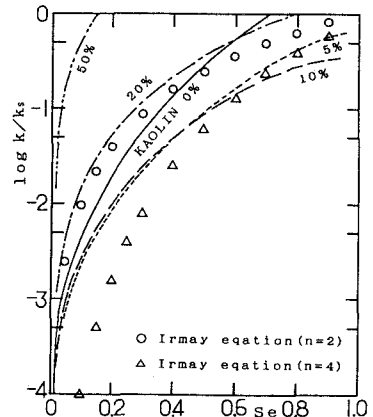


図-7 カオリン・砂混合物の相対透水係数