

立命館大学理工学部 正会員 勝見 武

立命館大学大学院 学生会員 小河篤史

立命館大学理工学部 学生会員 ○沼田修吾

立命館大学理工学部 学生会員 横井正人

立命館大学理工学部 正会員 深川良一

1. はじめに

現在、廃棄物処分場の遮水ライナーへの適用として、ジオシンセティッククレイライナー（GCL）の使用が注目されている。GCL は、ベントナイトが水に対して膨潤性をもつことから高い遮水性能を発揮し、厚さが5～10 mm と薄く、現場での施工管理の労力の低減、処分場容量の増加などのメリットをもつ。しかし、ベントナイトは化学物質溶液に対しては膨潤性が乏しいことから、処分場遮水工への適用にあたっては、廃棄物から溶出する化学物質に対しての耐用性を検討しなければならない。したがって、これまで単一の化学物質を含んだ溶液に対する GCL の遮水性能について研究成果が報告されているが¹⁾、本研究では、塩化ナトリウム（NaCl）と塩化カルシウム（CaCl₂）を混合した溶液に対しての GCL の遮水性能を検討したものである。

2. 材料および実験方法

使用した GCL は、粉末状のベントナイトを一方を不織布、他方を織布で挟み込み、さらに断面方向にニードルパンチ繊維補強が施されたもの（Bentofix NSP 4900-1）である。化学物質溶液には、塩化ナトリウム（NaCl）と塩化カルシウム（CaCl₂）の混合溶液を用い、イオン強度（Ionic Strength: *I*）および1価陽イオンと2価陽イオンの濃度の相対量（Ratio of monovalent to divalent: *RMD*）が所定の値になるように、NaCl および CaCl₂ の濃度を決定した。*I* および *RMD* の定義はそれぞれ、 $I=0.5\sum C_iZ_i^2$ （*C_i*：モル濃度、*Z_i*：イオン価数）、 $RMD=C_1/2C_2^{1/2}$ （*C₁*：Na⁺濃度、*C₂*：Ca²⁺濃度）であり、各溶液の濃度は表-1 に示す通りである。

実験は、GCL から取り出したベントナイトに対して膨潤試験（ASTM D 5890）と液性限界試験を行うとともに、GCL に対して透水試験を行った。膨潤試験は、溶液 100 mL 中でのベントナイト 2 g の膨潤体積を膨潤力とするものである。透水試験には柔壁型透水試験装置を使用し、セル圧 30 kPa のもとで GCL（直径 6 cm）を対象溶液に一日以上なじませた後、約 80～90 の動水勾配を与えて透水を実施した。

3. 実験結果および考察

陽イオンのイオン強度と膨潤力および液性限界の関係を図 1 および図 2 に示す。蒸留水と化学物質溶液ではベントナイトの膨潤力に大きな差があり、イオン強度が高い溶液ほどベントナイトの膨潤を阻害することがわかる。しかし、陽イオン強度が 0.2 M 以上の溶液では、膨潤力にはほとんど差がみられない。

表-1 使用溶液の濃度

I (M)	RMD	濃度 (M)	
		NaCl	CaCl ₂
0	-	0	0
	0.2	0.036	0.016
	0.5	0.066	0.009
	1.0	0.085	0.004
0.1	0	0	0.05
	0.2	0.05	0.04
	0.5	0.11	0.02
	1.0	0.15	0.01
	∞	0.40	0
0.2	0	0	0.10
	0.2	0.08	0.08
	0.5	0.17	0.06
	1.0	0.26	0.03
	∞	0.40	0
0.5	0	0	0.25
	0.2	0.13	0.22
	0.5	0.30	0.18
	1.0	0.50	0.13
	∞	1.00	0
1.0	0	0	0.50
	0.2	0.19	0.45
	0.5	0.44	0.39
	1.0	0.78	0.31
	∞	2.00	0

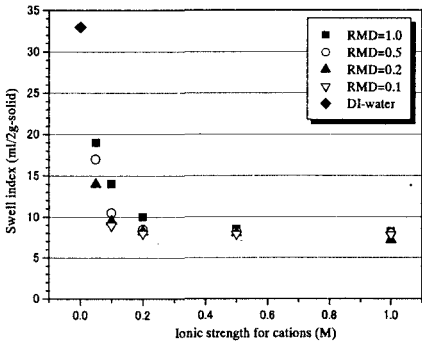


図 1 イオン強度と膨潤力の関係

Takeshi KATSUMI, Atsushi OGAWA, Shugo NUMATA, Masato YOKOI, Ryoichi FUKAGAWA

これは、イオン強度がある値以上になると、ベントナイトの膨潤特性がほぼ完全に阻害された状態になるためであると考えられる。また、RMD が低いほど膨潤力は低くなる。液性限界についてもほぼ同様の傾向がみられるが、イオン強度が 0.2 M から 1.0 M に増加するに従って液性限界値は低下しており、RMD の違いによる影響は見出せなかった。

図 3 より、GCL は蒸留水に対して約 2.5×10^{-9} cm/s の透水係数が得られるが、溶液のイオン強度が高くなるほど透水係数は増加し、イオン強度 1.0 M では透水係数は 10^{-7} cm/s 前後となる。これは、イオン強度が高い溶液によりベントナイトの膨潤が阻害され、結果として遮水性能が失われるためである。

図 4 に示すように、溶液中の Ca^{2+} のイオン強度と膨潤力には高い相関関係がみられる。 Na^+ のイオン強度と膨潤力あるいは透水係数の相関は低いことから、ベントナイトの膨潤の阻害は Na^+ のような 1 価の陽イオンよりも、 Ca^{2+} のような 2 価の陽イオンの影響をうけやすいと考えられる。

図 5 に、Kolstad²⁾による顆粒状ベントナイトの GCL の $\text{LiCl}-\text{CaCl}_2$ 混合溶液に対する実験結果との比較を示す。本実験および Kolstad²⁾いずれも、膨潤力が低いほど透水係数が増加する。ただし、膨潤力が低い範囲では、同レベルの膨潤力に対して Kolstad²⁾の使用した GCL の方が全体的に高い透水係数を示している。これは、GCL 内のベントナイトが顆粒状か粉末状であるかの違いによるもので、顆粒状の場合は化学物質溶液に対して膨潤が作用せず、間隙が塞がれないため透水係数がより高くなると考えられる。

4. 結論

$\text{NaCl}-\text{CaCl}_2$ 混合溶液を使用した場合、ベントナイトの膨潤力は脱イオン水を使用した場合より低下し、GCL の透水係数も増加する。これらの化学物質溶液による影響は、1 価よりも 2 価陽イオンの影響を受けやすいと考えられる。さらに、GCL の遮水性能は GCL 内のベントナイトの粒径に依存し、ベントナイトが粉末状のものの方が顆粒状のものより、高い遮水性能を示すことが明らかとなった。Kolstad²⁾の実験結果を提供いただいた C.H. Benson 教授（ウィスコンシン大学マディソン校）に感謝します。

参考文献

- 1) 勝見 武, H.Y. Jo, C.H. Benson, T.B. Edil (1999): ジオシンセティッククレイライナーの無機化学物質溶液に対する遮水性能, ジオシンセティックス論文集, Vol.14, pp.360-369.
- 2) Kolstad, D.C. (2000): *Compatibility of Geosynthetic Clay Liners (GCLs) with Multi-Species Inorganic Solutions*, MS Thesis, University of Wisconsin-Madison.

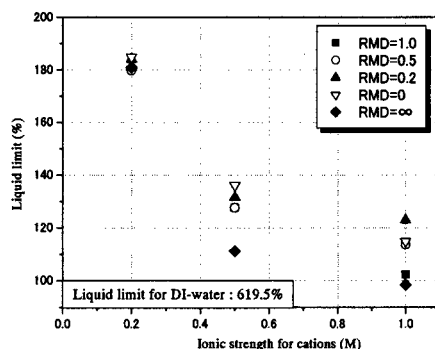


図 2 イオン強度と液性限界の関係

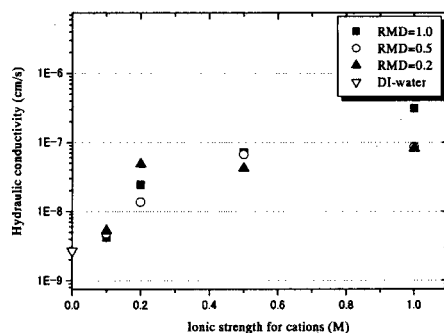


図 3 イオン強度と透水係数の関係

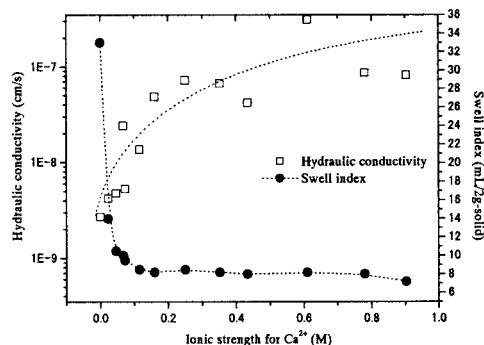


図 4 Ca^{2+} 濃度と透水係数、膨潤力の関係

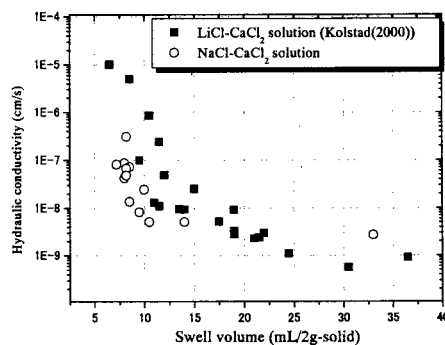


図 5 膨潤力・透水係数の関係