

摂南大学工学部 正会員 伊藤 譲

摂南大学工学部 学生員 ○新本 健司

美樹工業 (株)

豊田 俊介

1. 目的

近年、土壌汚染は深刻な問題となり、平成 15 年 2 月 15 日に土壌汚染対策法が施行された。著者らは、凍結融解現象を利用した洗浄方法を提案して、従来洗浄困難であった粘性土等に対する洗浄効果を確認した。これまでに、凍結融解の効果について、冷却方法、温度勾配、冷却速度等の影響について調べている¹⁾。本研究では、凍結融解の過程におけるイオン状物質の挙動を調べた。

2. 実験方法

実験では、NaCl を混合した試料土に対して凍結融解実験を行い、凍結過程における Na^+ と Cl^- イオンの分布を調べた。イオン測定には、実験後の自然乾燥土 30g に対して、水 138.6g を加えて攪拌し、そのろ液を 20ml 取り出し、10 倍に薄めたものを検液として使用した。測定はイオンメータを用いて行った。

実験で用いた試料は藤の森粘土 ($\rho_s: 2.71\text{g/cm}^3$, LL: 53.4%, PL: 28.7%, 砂分: 7.2%, シルト分: 54.8%, 粘土分: 38.0%) である。試料土に 2% の NaCl 溶液を液性限界の約 1.5 倍加えて調整した。その後 100kPa まで予圧密し、高さ 80mm に整形したものを供試体とした。

実験条件は表 1 に示す。実験では供試体を 1 次元凍結融解実験装置 (図 1) にセットし、下部から凍結させた。C4 では、給水を行わない閉式凍結実験を行い、凍結後に解体をした。C6 では、凍結時に上部より給水を行う開式凍結実験を行い、凍結後に解体した。C9 では、凍結時に給水を行い、融解後に解体した。

3. 実験結果

(1) 凍結時のイオンの動き

図 2 に閉式凍結実験の温度変化、図 3 に変位量を示す。図 4 より含水比分布は、凍結後には初期値に対して、供試体上部では減少し、下部では増加した。これより、上部から下部へと水分移動が起こったことがわかる。図 5 の供試体から調整した検液のイオン濃度から、 Na^+ 、 Cl^- ともに初期値に対して上部は減少し、下部は増加した。このことから、上部から下部へとイオンが移動したことがわかる。また、図

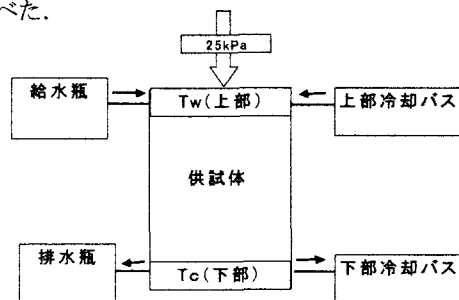


図1 一次元凍結融解実験装置

表1 実験条件

実験条件	No	凍結時の $T_w/T_c(^{\circ}\text{C})$	融解時の $T_w/T_c(^{\circ}\text{C})$	冷却速度 ($^{\circ}\text{C}/\text{h}$)	実験荷重 (kPa)
閉式凍結	C4	6/0 → 4/-10		0.5	25
開式凍結	C6	6/0 → 4/-10			
凍結融解	C9	6/0 → 4/-10	(0/-10 → 6/8)		

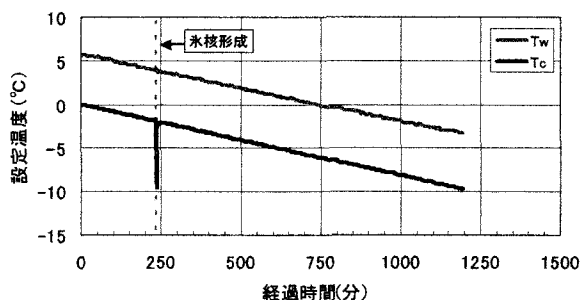


図2 上下プレート温度の変化 (C4)

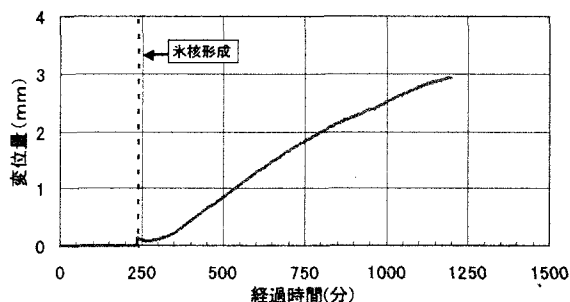


図3 変位量の変化 (C4)

4, 5より間隙水中のイオン濃度を計算した結果を図6に示す。間隙水中のイオン濃度は、上部、下部、ともに凍結前後で変化が少ない。従って、凍結時のイオンの移動は間隙水に伴われて移動すると思われる。

(2) 開式凍結実験

図7に開式凍結の間隙水のイオン濃度を示す。この図では、間隙中のイオン濃度が初期値に対して供試体上部が減少している。図6と比較すると開式の方がイオンの移動が大きいことがわかる。これは、凍結時に上部より水分が補給され、上部のイオン濃度が低下することを示す。また(1)の結果とあわせると、給水を行うことにより、新たに流入した水分により、間隙水が押し出されたと言えよう。

(3) 凍結融解実験

図8に凍結融解の間隙水のイオン濃度を示す。図8では、図7と同様イオン濃度が初期値に対して供試体上部が低下している。この結果を図7と比較すると、間隙中のイオン濃度はそれほど変化がないことがわかる。このことより、間隙水中のイオンの移動は融解時ではなく、凍結時に高温側からの補給水により起こると考えられる。

また、図6～8より、全体的に Na^+ イオンより Cl^- イオンの移動が容易な傾向が見られた。

4. まとめ

実験結果より、凍結時のイオンの移動は、間隙水の移動によるものであることが示された。さらに、開式状態で凍結すると、上部から新たに流入した水分により、間隙水が押し出され、上部のイオン濃度が低下した。また、 Na^+ イオンより Cl^- イオンの移動が容易な傾向が見られた。

謝辞： 本研究は、日本学術振興会科研費基盤研究(C) (No.14550502, 代表：伊藤謙) の一環として行った。

【参考文献】

1) 伊藤謙・嘉門雅史・鳩裕幸・新居和人：汚染土壌の凍結融解現象を利用した浄化修復技術の実験的研究 第5回地盤改良シンポジウム論文集, pp. 237-242, 2002

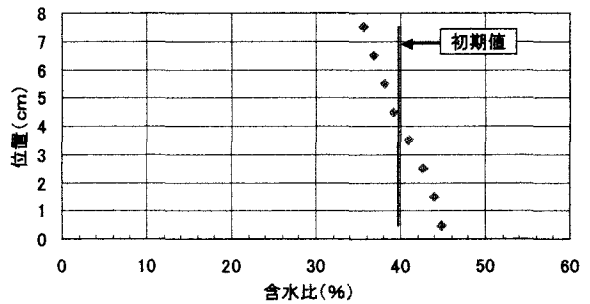


図4 供試体の含水比分布 (C4)

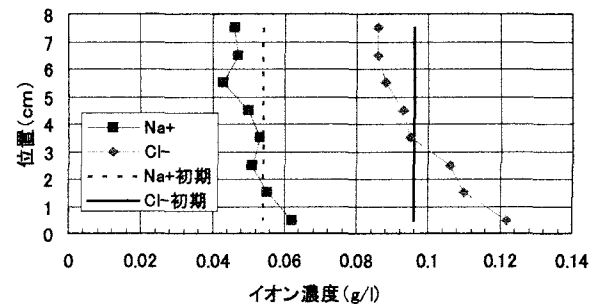


図5 検液のイオン濃度 (C4)

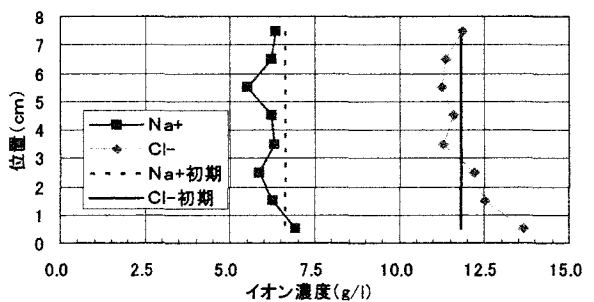


図6 閉式凍結実験 間隙水のイオン濃度 (C4)

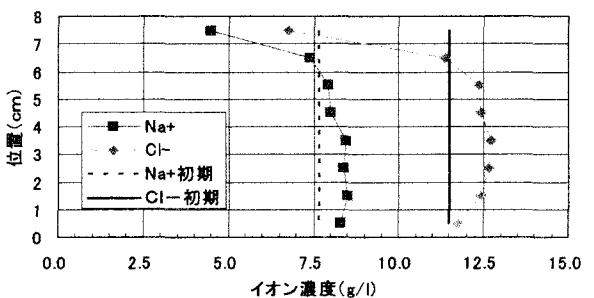


図7 開式凍結実験 間隙水のイオン濃度 (C6)

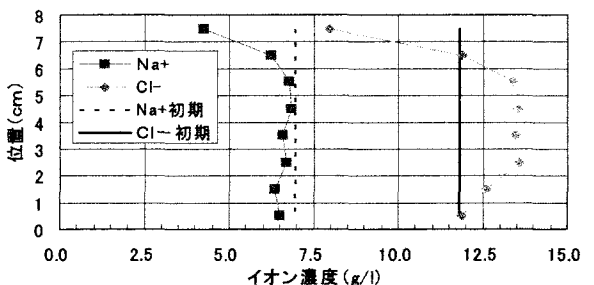


図8 凍結融解実験後 間隙中のイオン濃度 (C9)