

## 別紙 1 (博士論文の審査結果の要旨)

専攻名 システム創成科学専攻

氏名 Nie Jixiang

産業廃棄物及び生活ごみを安全に最終埋め立て処理するにあたり、一番重要なことは長期的に安定な高性能のライナーシステムの構築である。ジオシンセティッククレイライナー (GCL) はその高度な施工性、低透水性及び一定の損傷に対する自己修復能力があるので、遮水ライナーとして世界中幅広く使用されている。ところが、GCL の心材のベントナイトは陽イオン溶液に遭遇するとその膨潤性能が低下し、透水係数が増加する傾向がある。しかし、埋め立て処理する廃棄物に  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Na}^{+}$ 、 $\text{K}^{+}$  等多くの陽イオンが含まれている。重合法により陽イオン溶液中でも高い膨潤性、低透水係数の重合ベントナイト (PB) の開発、及び高い陽イオン濃度等浸食環境下に用いる GCL への応用は本研究の目的である。普通の重合法は一種類のモノマーを用いるが、Nie Jixiang 氏は二種類のモノマー：アクリル酸とアクリルアミドを用いて、遊離基重合法による 0.6 M NaCl 溶液 (海水に相当) 中も高膨潤性、低透水係数の新 PB の合成法を確立した。また、新 PB を心材とする GCL を作製して、漏水試験によりその遮水性能、損傷穴に対する自己修復能力を検討・評価し、高い陽イオン濃度等の浸食環境下でも効果的な遮水ライナーとして使用できる可能性を示した。

Nie Jixiang 氏の学位論文は 6 章の構成である。

第 1 章では、研究の背景と目的を述べている。

第 2 章はリテラチャーレビューである。まずベントナイトの化学成分と微視構造、及び GCL の構造とその性能について文献調査によって総括した。また、PB の生成法、生成した PB の性質 (透水性、膨潤性等) を系統的にまとめた。一般的に PB の膨潤性は天然ベントナイト (UB) より優れているが、既存 PB は高濃度陽イオン溶液中の自由膨張率 (FSI) は

GCL の心材として使える限界値 24 ml/2g より低く、さらに陽イオン溶液中でも高い膨潤性能がある新 PB の開発が必要であることが分かった。

第 3 章は新 PB の開発過程及び適切な重合条件を述べている。0.6 M NaCl 溶液中の FSI を指標として、一連の試験結果から、適切な新 PB の重合条件を確立した。即ち、遊離基重合法；アクリル酸 (M1)：アクリルアミド (M2) = 0.5 : 1.0；イニシエータ (I) はペルオキソ 2 硫酸カリウム、 $I/(M1+M2) = 0.5\%$ ；重合時の溶液の pH は 6.0 であった。また、重合過程において、窒素を用いた酸素除去の代わりに真空圧による酸素の除去法を確立した。以下ポリマー含有量 10% と 20% の PB をそれぞれ 0.1PB と 0.2PB とする。

第 4 章は新 PB の透水性、膨潤性と圧密性能の試験の検討である。4 種類の溶液 (蒸留水、0.6 M NaCl 溶液、0.03 M  $\text{CaCl}_2$  と 0.06 M  $\text{CaCl}_2$  溶液) を用いて、一連の FSI 試験、膨潤圧試験、透水試験と圧密試験によって、新 PB の性能を検討・評価した。UB より新 PB は高い膨潤性、低い透水性と高圧縮性を有することが分かった。特に 0.1P と 0.2PB は、0.6 M NaCl 溶液中での FSI は全部 24 ml/2g 以上になり、GCL の心材として使用できることを示している。ポリマー含有量が高い程、FSI は高い。

第 5 章は新 PB を心材とする GCL (PB-GCL) の性能評価である。試験した条件では無損傷 PB-GCL に対して漏水はなかった。PB-GCL は天然ベントナイト (UB) を用いる GCL (UB-GCL) より自己修復能力が高い。例えば、0.6 M NaCl 溶液の場合、UB-GCL は直径 5 mm までの損傷穴が自己修復できたが、PB-GCL (0.1PB) は直径 20 mm までの損傷穴が自己修復できた。

第 6 章は本研究の成果のまとめと将来の展望について述べている。

以上の成果により、本研究の成果は廃棄物最終処分場の遮水ライナーに応用できる高性能重合ベントナイトの開発・性能評価に貢献があり、地盤環境保

護の面での応用価値も高い。また、本研究では、審査付学術ジャーナル論文 2 編、国際会議論文 2 編が発表された。

令和 3 年 8 月 5 日に実施した博士論文公聴会において種々の質問がなされ、いずれも著者の説明により質問者の理解が得られた。

以上の審査結果に基づき、本博士論文は博士（工学）の学位を授与するに値すると判断され、審査員全員一致で合格と判定した。