

(論文内容の要旨)

本論文は、廃棄物最終処分場の遮水性能の確保を目的として新しい遮水システムを考案し、その遮水システムの設計手法を構築するための理論的考察と実験的検証について論じるとともに、考案した遮水システムを実際に適用した結果をまとめたものである。論文は7章からなっており、以下に各章の内容を説明する。

第1章は序論であり、社会基盤施設としての廃棄物最終処分場の必要性について、地球環境との親和性において将来的にも有用な構造物であることを示している。廃棄物と地球環境との因果関係を示すとともに、廃棄物が人類の生命に関わるあらゆる活動との関係によって生まれた副次的産物であるという観点から廃棄物最終処分場の役割を述べている。また、廃棄物最終処分場における諸課題や役割を体系化するとともに、遮水性確保の意義について示している。

第2章は、廃棄物最終処分場における遮水性確保の現状について論じており、国内外11カ国の遮水構造基準および遮水工の構造を法的な側面と技術的な側面から体系化するとともに、日本の遮水工が欧米各国のそれと比べて低い遮水性能であることを示している。また、国内における遮水工および遮水工に関わるその他の構造物についての課題を抽出している。遮水性能確保のためには遮水性能の評価が必要であるが、現状の遮水性能評価の考え方を整理するとともに、新しい遮水性能評価方法の提言を行っている。さらに、遮水性能確保に対する技術的課題を解決する方法として、遮水システムの自己修復機能の有効性を示すとともに、コロイド溶液のゾル・ゲル特性を有したベントナイト溶液を応用することで自己修復機能を持たせた「自然加圧型修復システム」の基本概念を示している。

第3章は、自然加圧型修復システムに適用する材料であるベントナイトについて、その基礎的な知見を体系化するとともに、システムの確立にとって重要なベントナイト溶液の諸特性を、遮水性・流動性・耐久性の三つの評価項目で考察している。ベントナイト溶液の挙動は、溶液および溶液が存在する場における物理・化学現象に大きく支配されるという前提に基づき、ベントナイト溶液の諸現象を定量的に模擬するための定式化を実施している。

第4章は、第3章で定式化したベントナイト溶液の三つの特性を、多岐にわたる室内実験と屋外実験で定量的に確認している。実験では、ベントナイト溶液の土粒子層への浸透による遮水性の評価や、ベントナイトの種類や添加量(溶液濃度)を変えた場合の流動特性や沈降特性の評価を行い、ベントナイト溶液の基本特性に及ぼす影響要因を定量的に明らかにしている。その結果、第3章で提示した提案式の有効性を示すとともに、自然加圧型修復システムが遮水システムとして必要な機能を有していることを示し、さらには、設計段階で考慮すべき事項を明らかにしている。

第5章は、第4章で明らかになったベントナイト溶液の諸特性から自然加圧型修復システムの具体的な設計要素を体系化するとともに、遮水システムとして既存技術では成しえなかった遮水性能確保を実現することが可能な全体システムを構築するための設計方法を考案し、実際の現場への適用事例を取りま

とめている。ベントナイト溶液の作液管理、ベントナイト溶液の処分場遮水工区画内への充填・還流管理、ベントナイト溶液を加圧するためのスタンドパイプ内の圧力管理、ベントナイト溶液の品質管理といった制御項目について、各設計対象の制約条件下における最適制御を実現する管理方法を提示し、必要な計装設備の項目を抽出してその機能を決定している。

第6章は、自然加圧型修復システムを実際の現場へ適用した施工事例のデータを取りまとめたものである。自然加圧型修復システムが適用されたのは管理型土捨場の遮水システムであり、効率的な現場作業と遮水性能の確保のための検討を実施するとともに、4年半にわたる全自動設備によるシステムの稼働と、その後のシステムの簡易化の提案・実施を行っており、これらの実績について詳細に述べている。

第7章は結論であり、論文を総括するとともに今後の課題を示している。

(論文審査の結果の要旨)

廃棄物最終処分場における汚染物質の周辺環境への漏洩防止対策は、地球上の様々な国・地域における重要な環境課題であり、処分場遮水工の遮水性能を適切に評価するとともに、安全で信頼性が高く、かつコストパフォーマンスの高い工法やシステムを開発することが求められている。本論文では、廃棄物最終処分場の遮水性能の確保に求められる諸機能を整理するとともに、ベントナイト溶液の遮水性、ゾル・ゲル特性、耐久性に着目し、この特性を活かして遮水シートの損傷を自然的に修復するシステム、すなわち「自然加圧型修復システム」を提案し、理論的考察、実験的検証、現場での適用を実施したものである。得られた主な成果は以下の通りである。

第一に、廃棄物最終処分場における遮水性能の確保が、直接的な周辺環境保全機能のみならず、資源循環型社会の形成の推進につながる保管機能にも寄与することを明らかにした。また、欧米各国での廃棄物最終処分場の遮水工における法的な考え方となる遮水基準や遮水構造および廃棄物の分類や廃棄物最終処分場の立地場所などについて比較することで、多角的な観点から廃棄物最終処分場の遮水工に関して取り上げるべき要素を考察し、廃棄物最終処分場の遮水性能確保のために必要な機能を整理した。

第二に、ベントナイト溶液の遮水性、流動性、耐久性を実験および理論的考察に基づいて明らかにするとともに、ベントナイト溶液を用いた「自然加圧型修復システム」を提案した。詳細かつ多岐にわたる室内実験および実規模屋外実験の結果から、ベントナイト溶液が土粒子層に浸透して遮水性を確保しうることを示し、システムに適用しうるベントナイト溶液の濃度の範囲を流動性および耐久性の点から明らかにした。さらに、提案した理論式の有効性をこれらの実験結果に基づいて論じ、実設計における自然加圧型修復システムの設計要素の抽出や評価方法を考案した。

第三に、自然加圧型修復システムの詳細設計を実施するとともに、実際の管理土捨場の現場に二度にわたって自然加圧型修復システムの施工を行い、その実績を体系的に整理して取りまとめた。自然加圧型修復システムの施工、運用から管理を経て、埋立完了に伴うシステムの制御方法の変更という閉鎖段階までのシステム構築を実施した。また、システムの品質管理項目決定のために施工した実際の作液設備によるベントナイト溶液作液実験や実区画でのベントナイト溶液の充填および還流現象の検証において実証データを得、自然加圧型修復システムの設計・実施工と構築に有用となる諸現象を明らかにした。

以上の成果により、本論文は地球環境学、特に地盤環境工学の発展に大きく寄与した。よって本論文は博士(地球環境学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成21年4月8日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。