

(続紙 1)

京都大学	博士 (地球環境学)	氏名	山名宗之
論文題目	シールド工事での建設汚泥の統合管理システムの開発と埋立用土としての活用に関する研究		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文は、再資源化率が低く、地盤環境工学上の重要課題である建設汚泥を対象とし、従来行われてきた最終処分に代わり「建設汚泥統合管理システム」を開発・運用しリサイクルを行った事例を取り上げ、品質管理・トレーサビリティ・埋立地盤管理についてとりまとめるとともに、得られた知見を総括してシステム利用の効果を検証したものである。対象とした建設汚泥の発生現場は阪神高速道路大和川線であり、約3.9 kmに及ぶ泥土圧式シールドトンネル工事から約100万m³の掘削土が建設汚泥として発生する計画であったため、適切かつ有効な建設汚泥の処分方法を検討することが大きな懸案事項であった。この課題を解決するため、建設汚泥であるシールド発生土を再資源化処理し、海面埋立資材として再生利用することが立案されたが、事業全体で複数の管理者や施工者が関わることから、品質管理・トレーサビリティ・埋立地盤管理のそれぞれについて、科学的・客観的で透明性のある仕組みのもとでの確実な施工が求められ、「建設汚泥統合管理システム」を立案して実運用が行われた。本論文は7つの章で構成されており、以下に各章の内容を説明する。</p> <p>第1章では、建設工事と建設廃棄物の現状及び課題について、これまでの経緯も含めて説明している。中でも地盤環境工学における我が国の重要課題である建設汚泥の再資源化率の向上にむけた国をはじめとする各機関の取り組みの成果として、これまでに制定された法制度や施策等の経緯や内容等についてまとめている。</p> <p>第2章では、阪神高速道路大和川線の泥土圧シールドトンネルから発生した建設汚泥を再生活用する「建設汚泥統合管理システム」の開発の背景や関連する事業の概要について整理している。併せて、第3章以降を論じる上で参考となる既往の研究事例・文献を整理し、本論文の新規性や独自性をまとめている。</p> <p>第3章では、シールドトンネル工事から発生した建設汚泥を、中性固化材を用いて埋立資材として再資源化するための、品質管理手法について論じている。要求性能（コーン指数400 kN/m²以上、pH = 6.0～9.0）や土壌環境基準を満たしつつ、適正かつ安定的に再資源化を行うため、実証実験等を経て合理的な試験頻度や試験項目を設定した品質管理マニュアルを策定し、運用した。また、このマニュアルにより行った実施工での品質管理の結果について</p>			

まとめ、得られた結果から品質保証方法の妥当性を検証している。

第4章では、建設廃棄物とみなされたシールド発生土の発生から再生活用までの過程におけるトレーサビリティを確保するための、情報通信技術（ICT: Information and Communication Technology）を活用したトレーサビリティ管理システム「ETC電子マニフェストシステム」について論じている。このトレーサビリティ管理システムにより運行管理及び電子マニフェスト管理を行うことにより、排出、運搬及び処理に係る各事業者には即時性のあるマニフェストデータの収集・統合・共有を可能とすることや、建設廃棄物の大量排出・処理現場における各事業者の責任の明確化と運搬管理作業の効率化、省力化につながるなどの優位性を実証している。

第5章では、建設汚泥の再資源化処理により製造された埋立資材を用いた海面埋立を対象に、都市内埋立工事における発生土と受入土の土量収支バランスの検討と、周辺地盤の沈下対策について論じている。土量収支バランスについては、埋立工事前の計画だけでなく、シールドトンネル工事開始後の発生土の実データに基づいた一次元圧密沈下解析を実施し、最終的な受入土量予測への反映を行い、発生土の全てを埋立資材として再生活用できるという確実性を担保した。また、都市内かつ短期間での施工が求められる制約条件での埋立工事として、周辺に建物が密集する既設護岸に対して、埋立に伴う連れ込み沈下による影響を平面二次元有限要素解析により検討し、さらには沈下対策工施工後の実測沈下との比較監視を行うことにより安全で適正に工事を進めて、施工の確実性を実証している。

第6章では、建設汚泥統合管理システムによるシールド発生土再生活用を実施することにより期待された利点及び優位性等を検証している。事業全体の費用や温室効果ガス排出の削減効果に関する定量評価から、建設汚泥を最終処分した場合と比較して海面埋立への活用の優位性を示すとともに、処分場の延命に寄与することを明らかにした。

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)

建設廃棄物の適正な処理は重要な環境課題であり、特に再資源化率の低い建設汚泥の適正な有効活用が求められている。本論文は、シールドトンネル工事で発生する大量の建設汚泥を再資源化処理し、海面埋立資材に有効利用する「建設汚泥統合管理システム」を適用した事例を対象に、品質管理・トレーサビリティ・埋立地盤管理について論じ、事業スキームの利点や効果を評価したものである。得られた主な成果は以下の通りである。

第一に、建設汚泥の再資源化処理にかかる品質管理手法の策定・適用・検証を行った。室内試験をはじめとした複数のステップを経て策定した品質管理マニュアルによる品質管理を行うことで、95万 m^3 に達するシールド発生土から、要求性能や土壌環境基準値を満たした埋立資材を安定的に製造し、全量を埋立資材として有効活用することを可能にしており、適正なリサイクルを担保する品質管理手法として学術的な意義がみられる。

第二に、建設汚泥の発生現場から再資源化処理施設に至るトレーサビリティを確保するための技術として開発された「ETC電子マニフェストシステム」の検証を行い、リサイクルの透明性を証明するマニフェストの作成及び管理に要する労力を大幅に削減するなどの利点を示した。今後の大規模な工事や災害対応などでの廃棄物処理におけるトレーサビリティの確保は、搬送経路や受入地における近隣住民の理解や事業者側の説明責任の明確化の観点から必須であり、適切な建設廃棄物処理を進める上でETC電子マニフェストシステムの導入は有効な手段であることを示唆している。

第三に、地盤沈下等を考慮した埋立容量確保のための逐次監視や、埋立による近接地盤・既設護岸への影響の評価と対策などにより、埋立工事の適正な遂行に寄与した。科学的評価のもとでの安全で確実な施工は、大量の発生土を受け入れるべく一定期間に相当量の埋立を行う場合には必須の事項であり、前例の少なかった都市内埋立工事の事例として実務上の意義が大きい。

以上の成果より、本論文は建設汚泥の適正かつ有効な活用に資する重要な科学的知見を提示しており、社会的意義は大きく、地球環境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、令和2年7月31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。