

面集水層と厚覆土による廃棄物海面最終処分場の  
早期安定化・早期土地利用方策に関する研究

【要約】

2021 年

前 田 直 也

## 第1章

### 序論

我が国は国土が狭く、限られた平野部に人口が集積していることから、生活産業活動に伴い発生する廃棄物を都市部に近接した海上の廃棄物海面最終処分場に埋立処分することが多い。海面最終処分場は、臨海開発地域に立地し、跡地の有効利用促進が重要課題であるが、廃棄物による埋立が完了し、閉鎖した後も発生する浸出水の水質が排水基準を満たさない等の理由により処分場の廃止ができず、その広大な土地の有効利用ができないまま維持管理期間が長期化している。本論文は、海面最終処分場を対象に、処分場の早期廃止と廃止を待たずして土地を有効利用する方策として面集水層・厚覆土システムを提案し、その機能や有効性について検討を行ったものである。面集水層・厚覆土システムは、厚さ4 m以上の厚い最終覆土（厚覆土）を設置して、跡地利用におけるインフラ整備に必要な覆土厚さを確保し、さらに、透水性の良い面的な集排水システム（面集水層）を導入することで下部の汚濁された廃棄物層内の保有水等を封じ込めることにより、処分場の廃止を待たずに環境保全と高度土地利用を両立させる工法である。海面最終処分場の特性を踏まえて、跡地利用が進まない実態と跡地の利用に係る課題を整理し、新たな方策として面集水層・厚覆土システムによる対策を立案した。さらに、面集水層・厚覆土システムの機能について、土槽実験、現場実証試験、数値解析によってその有効性を確認するとともに、各種実験結果に基づき設計手法の検討を行った。提案する面集水層・厚覆土システムが普及拡大すれば海面最終処分場の環境安全性を確保した早期土地利用の促進に寄与しうることを述べている。

## 第2章

### 既往の知見と研究

既往の知見から、廃棄物処分場とその安定化に対する技術と制度の動向を整理し、その上で、海面最終処分場の特性や埋立処分された廃棄物の性状、実際の海面最終処分場における浸出水の挙動および現在導入されている早期安定化対策の特徴や問題点を説明している。海面最終処分場は、閉鎖された海域に大

量の廃棄物を投入するため、埋立廃棄物は、大量の保有水等で満たされて飽和しており、間隙水の移動が少ないこと、塩分濃度が高いことで飽和溶解度も小さいことにより、埋立廃棄物層への空気(酸素)の侵入や間隙水への汚濁成分(有機物)の溶出は限定され、埋立廃棄物は嫌氣的かつ還元的雰囲気には晒されている。処分場はこの保有水等の外部への漏えいを防止するため、水処理施設で処理した上で周辺海域へ排出しており、この保有水等の水質が廃止基準を満足するには非常に長い年月が必要であり、維持管理や廃止にあたっての重要課題となっていることを述べている。

### 第3章

#### 海面最終処分場の早期安定化・早期土地利用方策

海面最終処分場における土地利用や安定化に係る課題を整理し、既往の研究や対策事例や対策工法の比較検討の結果から、海面最終処分場の実情に適したより効果的な早期土地利用、早期安定化方策として、厚さ4m以上の厚い覆土「厚覆土」と透水性の良い礫層「面集水層」を組み合わせた対策工法、面集水層・厚覆土システムを選定して検討を進めた。面集水層・厚覆土システムは、厚覆土を設置することにより処分場の廃止を待たずに基準省令の最終覆土厚(0.5m)を残した上部の利用が可能となり、表面から表層利用までを可能にするとともに、処分場の保有水水位より上部の汚濁負荷を軽減する。併せて、面集水層を設置することにより、処分場内部の保有水水位の管理を容易にするとともに、下部の廃棄物層への降雨浸透を抑制し、排出される浸出水の水質を早期に排水基準以下とすることで処分場の早期廃止を実現することを狙いとしたものである。厚覆土の直下の全面に面集水層を設置すれば、浸透した降雨は廃棄物層の影響をほとんど受けずに場外に排出できることから、浸出水の水質が良化し、処分場の水処理の負担を軽減できるとともに、結果として処分場の早期廃止の実現が期待できる。面集水層・厚覆土システムを用いることで、処分場の廃止を待たずに表層利用が可能になるとともに汚濁負荷を軽減しうること、下部の廃棄物層への降雨浸透を抑制し浸出水水質の改善を早期化しうること等を述べている。さらに、対策を導入する上での法制度上の適用や解釈、課題を整理している。

## 第4章

### 土層実験による面集水層・厚覆土システムの機能評価

面集水層・厚覆土システムの集水機能と浸出水の改善効果について、土槽実験により評価している。実処分場に導入した場合に懸念される諸課題を模擬した複数の条件で土槽実験を行い、実処分場への導入可能性や手順、課題について検討している。検討の結果、面集水層は、保有水等の水位以下に設置することで処分場内の水位管理を容易にし、厚覆土の直下に設置すれば浸出水は廃棄物層の影響をほとんど受けずに排出しうること、排水機能は廃棄物層や粘土層が沈下して逆勾配となったり管理水位より深くなった場合であっても高い水準で維持されること、跡地の高度利用時に杭打ち等によって部分的に破損が生じる場合でも機能が損なわれることがなく、十分な効果が見込まれること等を明らかにしている。なお、土槽実験における暗渠排水と面集水層との比較では、暗渠排水の挙動は、暗渠出口から底面までの深さ、横幅（実験であれば土槽のスケール）に依存するのに対し、面集水層では底面までの深さの影響をほとんど受けず、浸出水のEC比濃度の低下速度が3～4倍速い結果となっており、さらに、面集水層の効果は、その機能から、面集水層の下部の廃棄物層が深いほど大きいことが示されている。厚覆土や面集水層を設置する場合は、設置のための費用と廃棄物の処分容量が減少することによる収入減が大きな支出となる可能性があるが、水処理施設の負荷低減による維持管理費用の削減効果が高く、埋立完了後の処理施設の増強等の維持管理費の増大の必要性が低くなること、土地が有効利用できることと早期廃止により維持管理期間が短縮できる可能性も考えると高い費用対効果が見込まれることを整理している。

## 第5章

### 現場実証試験による面集水層・厚覆土システムの効果確認

現場実証試験を行い、面集水層の効果を検証するとともに、室内の土槽実験では検討できなかった現場適用時の効果や問題点を確認している。具体的には、実際に埋立処分される焼却灰を使用し、健全な面集水層と圧密沈下による水没

時の面集水層を再現した2種類の実験土槽を実現場に設置し、廃棄物層内の保有水や浸出水の水質を約2年間モニタリングするとともに、移流分散解析による再現解析も行い、結果の妥当性を議論している。両土槽とも観測期間を通して、保有水水位が排水孔の高さでほぼ一定に推移し、面集水層を設置することによって、水位管理が容易となる可能性が示された。さらに、浸出水のECはどちらも0.2 S/m程度で土槽内部の廃棄物層のEC=2.0~3.0 S/mと比較して1/10以下であり、この結果は、先の土層実験の結果と一致していることが確認された。また、浸出水のpHは、概ね廃止基準である9以下を、CODやT-Nは排水基準を大きく下回り、現場実証試験においても面集水層が期待した効果を発揮していることを明らかとした。この結果は、移流分散解析でも再現され、面集水層の下面より上部の水質は、それより下部の廃棄物層内の水質の影響をほとんど受けずに排出されることが確認され、面集水層により水位・水質管理を行うことの有効性が示された。

## 第6章

### 面集水層・厚覆土システムの設計手法の検討

第5章で構築した移流分散解析モデルを用いて、面集水層の透水係数や土槽規模を変化させて数値解析を行い、面集水層に必要な性能を確認している。その結果、面集水層には廃棄物層より透水係数が2オーダー以上高い礫材を用いる必要があること、面集水層は廃棄物層の深さの影響を受けず、面集水層下部の廃棄物層が厚いほど効果が大きくなること等を示している。この効果は、面集水層の透水係数（実際には、透水量係数）が大きい程高く、下部の廃棄物層内の汚濁物質は封じ込められたようになり、結果として浸出水の水質が早期に排水基準に適合することが期待できることを議論している。厚覆土は、港湾用地としての利用を促進するために、港湾施設が設置可能な厚さ4 m以上（基礎深さ3.5 m+法定覆土厚0.5 m）を標準とし、面集水層の機能を期待するためには、砂から砂質土相当の比較的透水係数の高い材料であること等、厚覆土や面集水層の施工手順や材料の要件を含めて、実処分場に適用するための要求性能を示すとともに、設計・施工段階において留意すべき事項について整理している。

## 第7章

### 研究総括および結論

第7章では、第1章から第6章までの研究内容全体のとりまとめを行うとともに、本研究で得られた結論と今後の展望についてまとめている。面集水層・厚覆土システムは、厚覆土を設置することにより処分場の廃止を待たずに土地の表層利用までを可能にし、さらに、処分場の保有水水位より上部の汚濁負荷を軽減し、面集水層とあわせて設置することで、処分場の水位管理を容易にするとともに降雨の廃棄物層への浸透を抑制し、排出される浸出水の水質を早期に排水基準以下とすることで処分場の早期廃止を実現する工法であることが示され、面集水層は、維持管理期間の短縮や水処理負荷の低減に寄与し、その効果は跡地利用後もメンテナンスせずに長期にわたって高水準に期待できることを明らかとされた。今後は、本工法を導入することにより、海面最終処分場の早期安定化と早期土地利用が可能とし、安定的な廃棄物の海面最終処分と港湾の秩序ある整備がともに促進することが期待される。