

5. 廃棄物海面処分場の建設・管理技術

我が国における廃棄物の現状をみると、平成14年度の一般廃棄物の総排出量は、5,161万トン、産業廃棄物の総排出量は約4億1200万トンで、いずれも概ね減少傾向が続いているものの、依然として膨大な排出量となっている。

廃棄物対策としてはゼロ・エミッションを目指し、Reduce（減量）、Reuse（再利用）、Recycle（再生利用）の3つのRが基本である。しかしながらこれらの施策を鋭意進めたとしても、依然として大量の廃棄物が発生し、これを適切に処分しなければならない。最終処分量も減少傾向にあるものの、平成15年度には、一般廃棄物については総排出量の約16%に当たる845万トンが、産業廃棄物については、総排出量の約7%に当たる3,044万トンが最終処分されている。

平成15年度末現在、一般廃棄物最終処分場の残余容量は、1億3708万 m^3 であり、残余年数は、全国平均で13.2年分である。一方、産業廃棄物最終処分場の残余容量は、同じく平成15年度末現在で全国で1億8414万 m^3 、6.1年分と依然として極めて厳しい状況にあり、特に大都市圏で逼迫している。このように、最終処分場を安定的に確保していくことが大きな課題となっている。とりわけ、内陸部での最終処分場の立地がますます困難となっているため、海面処分場の新たな整備への要請が高くなっている。

上述の社会的要請を踏まえ、本研究課題では、廃棄物海面処分場の信頼性・安全性を向上させるために遮水性能の評価手法の構築、極大地震動を考慮した設計法の開発、立地のための社会的受容性の分析を行う。

5.1 極大地震動を考慮した管理型廃棄物埋立護岸遮水構造の性能設計に関する研究

5.1.1 研究の概要

管理型廃棄物埋立護岸に要求される性能は、常時・異常時（地震動作用時等）を問わず護岸内部の管理型廃棄物を安定的に保管し、護岸内部の廃棄物や保有水等を護岸外部の海域に流出させない（遮水機能）ことである。ここで、従来の港湾構造物はレベル1およびレベル2地震動に対する耐震設計がなされており、レベル1地震動については変形を許容せず、レベル2地震動については許容変形量が規定されている。これに対し、管理型廃棄物埋立護岸の耐震設計法は原則として上述の設計法に準拠したものとなっているが、護岸変形が遮水機能に及ぼす影響について十分な検討がなされていないため、護岸の許容変形量の明確な設定は困難である。このため、現時点ではレベル2地震動に対して許容変形量を考慮した設計法を適用できない。したがって、極大地震動作用時における管理型廃棄物埋立護岸の耐震設計法を確立するためには、護岸変形にともなう遮水機能の健全性およびその評価手法を整備し、体系化する必要がある。

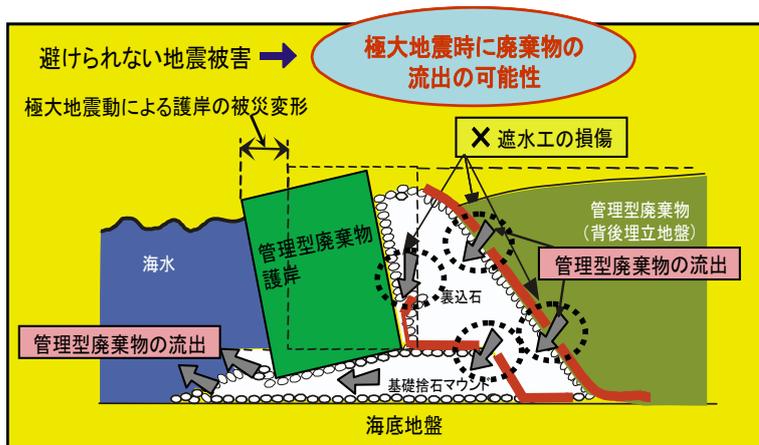


図-10 極大地震動による廃棄物護岸被災のイメージ

ばす影響について十分な検討がなされていないため、護岸の許容変形量の明確な設定は困難である。このため、現時点ではレベル2地震動に対して許容変形量を考慮した設計法を適用できない。したがって、極大地震動作用時における管理型廃棄物埋立護岸の耐震設計法を確立するためには、護岸変形にともなう遮水機能の健全性およびその評価手法を整備し、体系化する必要がある。

本研究では、管理型廃棄物埋立護岸が極大地震動により被災変形した際に、護岸変形が遮水機能に及ぼす影響について、数値解析および模型実験により検討し、その結果を踏まえて遮水機能の地震時健全性の評価・検討手法を開発する。以上の検討結果から、極大地震動に対応した管理型廃棄物埋立護岸の耐震要求性能を明確に規定し、極大地震動に耐えることができる管理型廃棄物埋立護岸の遮水機能の検討・提案を行う。

具体的な実施内容は大きく以下の項目に大別される。

- ①遮水シート・不織布の物理的特性の把握

- ②極大地震動の作用による管理型廃棄物埋立護岸の変動特性に関する模型実験
- ③極大地震動を考慮した管理型廃棄物埋立護岸の性能設計手法の開発
- ④管理型廃棄物埋立護岸遮水工健全性評価手法の開発

このうち、「①遮水シート・不織布の物理的特性の把握」は、土木シート技術協会との共同研究により実施した。「④管理型廃棄物埋立護岸遮水工の健全性評価手法」は、当初の研究計画にはなかった項目であるが、検討を進める過程で、通常想定される地盤及び構造物の変形レベルでは遮水シートは破断せず、局所的な突き刺し等により破損すると考えるべきであることが明らかになったことにより、検討項目として追加した。本研究項目は民間企業4グループとの共同研究（共同研究課題名：管理型廃棄物埋立護岸の遮水シートを用いた遮水工の健全性評価手法に関する研究）により研究開発を進めた。

5.1.2 研究の成果

(1) 遮水シート・不織布の物理的特性の把握

a) 遮水シートの耐久性に関する現地実証試験

発破による人工地震動作用時の遮水シートの地盤への変形追随性を現地実験によって評価した。

b) 単軸引張り強度の温度依存性・速度依存性

PVCシートの単軸引張変形の温度依存性、引張速度依存性、応力緩和傾向を室内実験および数学モデルによって検討した。

c) 突起物による遮水シート・不織布の突き破り特性

ステンレス製コーン、裏込石を用いたPVCシートの貫入試験・耐圧試験を行い、遮水シートの破断プロセスを検討した。また、さまざまな種類の不織布に対して大きさの異なる貫入棒を用いた貫入試験を行い、不織布の破断時特性を評価した。

d) 遮水シートの折れ曲がり性能

折り曲げたシート供試体を用いた水圧膨張試験を行い、折れ曲がりの有無が材質の強度に及ぼす影響を評価した

(写真-3)。

e) 遮水シート・不織布の接合部強度

接合部を有する各種遮水シートおよび各種不織布を用いた水圧膨張試験を行い、接合の有無が材質の強度に及ぼす影響を評価した。

f) 遮水シートの多軸引張変形特性・ひずみエネルギー密度関数を用いた破水シートの変形共同評価

PVCシートの一軸拘束引二軸引張試験、均等二軸引張試験を行い、この結果に基づいてひずみエネルギー密度関数(W関数)を用いた導入により多軸変形時の応力-ひずみ曲線を推定した。この応力-ひずみ曲線は、図-11に示すように水圧膨張試験結果も良好に再現できた。本手法は、遮水シートの様々な変形挙動を統一的に評価することができ、遮水工の設計を行う上で有効であると考えられる。



写真-3 水圧膨張試験によるシートの破断

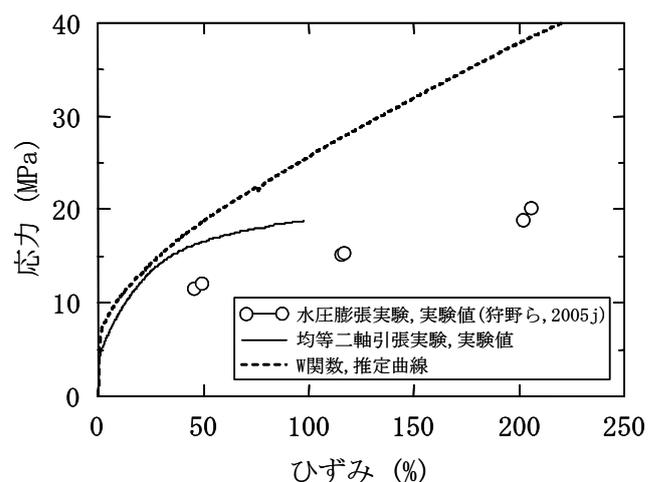


図-11 水圧膨張実験の天頂部における応力ひずみ

(2) 極大地震動の作用による管理型廃棄物埋立護岸の変動特性に関する模型実験

地震動等の外力作用により管理型廃棄物埋立護岸に変形が生じた場合に遮水シートが受ける変形損傷メカニズムを把握するため模型実験を行った。

護岸にみたてた鉄板に油圧ジャッキで強制変位を与え、その背後の裏込石、遮水シートの挙動・破壊メカニズムの把握、遮水シートの護岸変形への追従性向上に主眼を置いた実スケールの静的載荷実験と地震動作用時における遮水シートの動的変形特性を把握するための模型振動実験の2種類の実験を行った。

a) 護岸の動的挙動に関する模型振動実験

模型振動実験は、大型水中振動台を用いて行われた(写真-4)。入力加振波には通常港湾施設の設計に用いられる地震波及び極大地震動を想定した継続時間が長く、長周期成分を多く含む模擬波を使用した。加振後、護岸は海側に移動、沈下し、遮水シートにも変形が生じた。本実験により、以下のとおり地震時のケーソンおよび地盤の変形と遮水シートの変形挙動との関係が定性的に明らかになった。

① 模型振動実験の結果、加振中に遮水シートに発生するひずみは場所によって異なり、振動に伴う最大ひずみは裏込法肩から法面上部において発生した。また、これらの箇所のひずみの時刻歴はケーソン上端の水平変位の時刻歴と相関性が高いことがわかった。



写真-4 大型水中振動台による動的載荷実験

② 模型振動実験における加振後の遮水シートの残留ひずみは、裏込法肩から法面上部において顕著だった。目視による観察の結果、遮水シートは地盤と一体となって変形したこと、および背後地盤のターゲット移動量の計測結果から、遮水シートの残留ひずみ分布は背後地盤の変形に追従した結果であることが明らかになった。

b) 遮水シートの地盤追従性に関する静的載荷実験

静的載荷実験では実スケールの地盤模型を作成し、ケーソンに見たてた鋼板に油圧ジャッキで静的に変位を与えた時の背後地盤の挙動、並びに地盤中に敷設された二重遮水シートの挙動を検討した(図-12)。

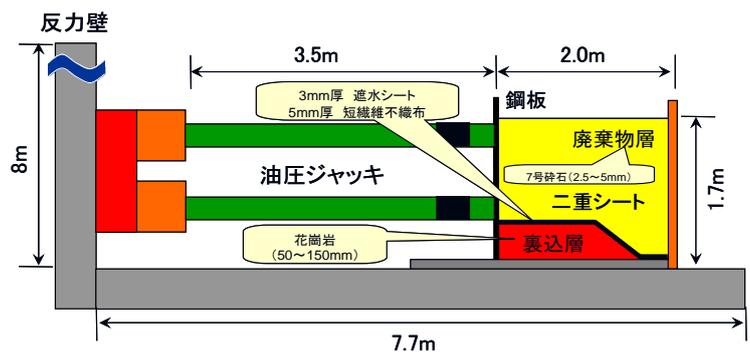


図-12 静的載荷実験のイメージ

① 静的載荷実験において鋼板が変位した結果、背後地盤は大きく変形・崩壊し、それに伴い二重遮水シートにも変形が生じた。その際、2枚の遮水シートに発生したひずみがほぼ等しかったことから、2枚の遮水シートは一体となって変形したことがわかった。

② 静的載荷実験において、二重遮水シートの地盤への追従性は天端の固定条件によって変化し、地盤に追従して変形した場合、約90cmの鋼板変位に対して遮水シートには局所的に最大約60%のひずみが発生したが、シートは破断しなかった。これにより、地盤の変形時の二重遮水シートの健全性が確認された。

c) 遮水シートの地盤変形への追随性

地震時において、遮水シートの天端端部をケーソン等の護岸構造物から切り離し、固定端を裏込天端上に設置することにより、遮水シートの地盤への追随性が損なわれないことが明らかになった(図-13 参照)。

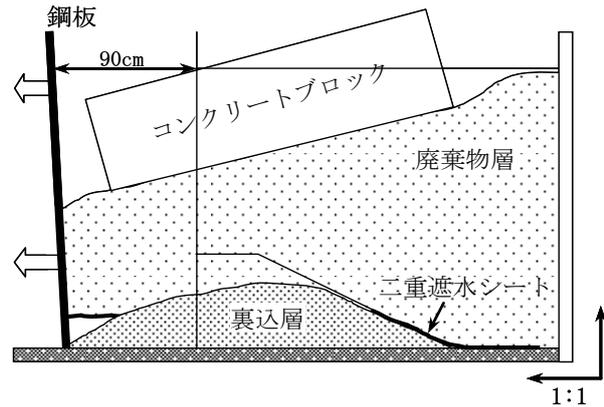


図-13 地盤と遮水シートの変形

(3) 管理型廃棄物埋立護岸遮水工健全性評価手法の開発

地震時の遮水シートの挙動は地盤の変形に追随して地盤と同程度の変形を起こすと想定できる。地盤と遮水シートは物性が全く異なっており、遮水シートは、地震時の地盤変形レベルの変形で破断しない。遮水工が健全であれば、護岸本体だけの補修・復旧で本来の機能が回復できる。このため、民間企業4グループと共同研究で遮水シートの変形又は損傷を電氣的に検知あるいは光ファイバーを用いて検知する技術について要素実験を行い、検知性能の確認等を行った(表-10 参照)。

表-10 共同研究の概要

共同研究者 (国総研以外)	技術開発内容
五洋建設, 坂田電気*	印加電極からの電流測定による遮水シートの破損検知技術の開発
東亜建設工業, 東急建設, エヌティティインフラネット, 太陽工業	フレネル反射型光ファイバーを用いた廃棄物処分場の漏水位置検知方法と遮水構造の開発
東洋建設	変光ファイバーを利用した遮水シートの健全性モニタリングシステムの開発
若築建設, 大林組, 太洋興業, 東ソー・ニッケミ	電気検知方式を用いた袋状二重遮水シートの健全性評価方法の開発

図-14 に電氣的検知の原理の一例を示す。図-15 は、光ファイバーを用いた検知システムの概念図である。

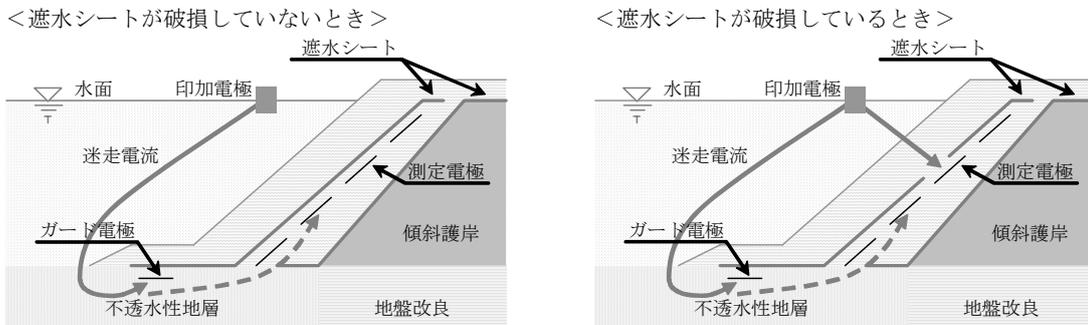


図-14 電氣的検知システムの原理

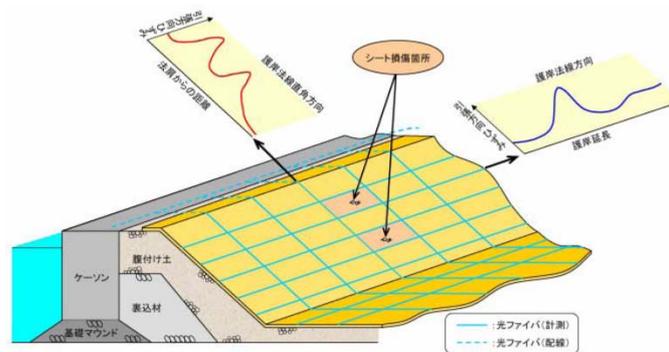


図-15 光ファイバーを用いた検知システムの概念

(4) 極大地震動を考慮した管理型廃棄物埋立護岸の性能設計手法の開発

護岸の動的挙動に関する模型振動実験・遮水シートの地盤追従性に関する静的載荷実験の結果、非線形動的解析等に基づいて設計手法の検討を行った。

管理型廃棄物護岸に要求される性能は、護岸内部の廃棄物・保有水等を護岸外部の海域に流出させないことである。極大地震動による被災を受けた場合、地盤・構造物は大きく変形する。一方、遮水シートは地盤の変形に追随し、その変形は破断するレベル以下である。これより、非線形動的解析により地盤・構造物の変形を確認し(図-16 参照)、遮水シートの変形が弾性的な挙動を示す範囲であれば、シートの健全性は維持されるとする考え方に基づいた設計法を検討・整理した(図-17 参照)。

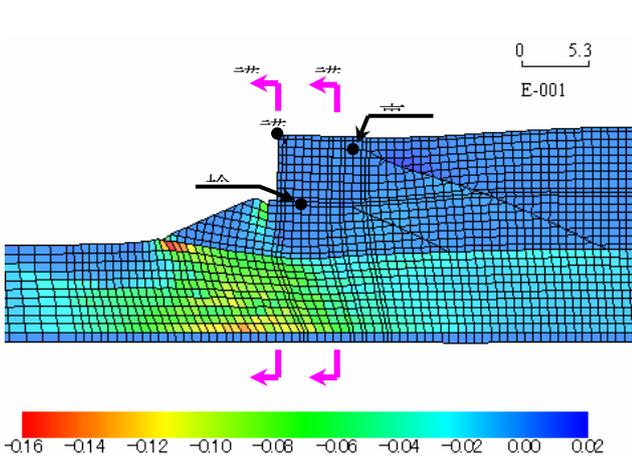


図-16 重力式廃棄物埋立護岸の地震時変形

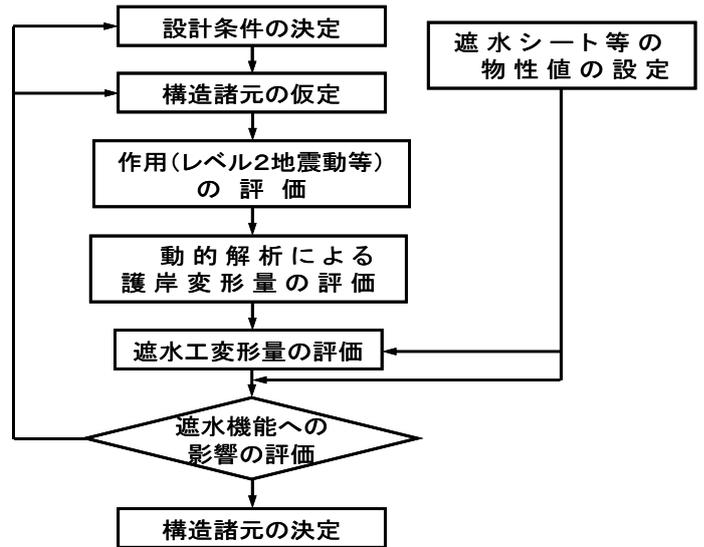


図-17 極大地震動を考慮した廃棄物護岸設計法の概要

5.1.3 施策への反映

本研究で得られた知見は、国総研が委員として環境省が設置した委員会に参画し、検討した以下の制度改正に反映された。

① 廃棄物最終処分場跡地形質変更にかかる政省令の制定及び基準策定

平成16年に廃棄物処理法が改正され、廃棄物が地中にある土地(最終処分場跡地等)で形質変更が行われることにより、生活環境保全上の支障が生じるおそれがある区域を都道府県知事が指定し、指定区域内での形質変更は施行方法の基準に従い実施することと都道府県知事への届出が義務づけられた。国総研では同制度の施行に関連する政令、省令の制定及び施行に当たってのガイドラインの策定に参画し、海面廃棄物処分場設計手法等に関する研究成果がこれらに反映された。同制度は平成17年4月から施行された。

② 海面最終処分場閉鎖・廃止基準適用マニュアル(案)の策定

現在、廃棄物の最終処分場の閉鎖・廃止等の基準は、廃棄物の処理及び清掃に関する法律に基づき「一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める省令」により規定されている。ところが、海面最終処分場における閉鎖・廃止の適用の仕方について、各処分場で異なる考え方が見受けられることなど、このままでは閉鎖・廃止後に周辺生活環境等への支障の恐れも危惧されている。すなわち各処分場における閉鎖・廃止の適用状況の実態を把握した上で、それらの考え方を示す必要が出てきた。このため、最終処分場における閉鎖・廃止の考え方を整理し、早期廃止に向けた構造要件、具体的には、海面最終処分場における維持管理の考え方、閉鎖の考え方、廃止の考え方を早期廃止の観点からとりまとめたマニュアル案が策定された。現在、本マニュアルの施行について環境省と国土交通省で調整が進められている。

また、研究成果は、現在改訂作業が進められている「管理型廃棄物埋立護岸の設計・施工・管理マニ

ユアル（旧運輸省港湾局監修）」の改訂（平成19年に発行予定）に反映させる予定である。

これにより、極大地震動に対応した管理型廃棄物埋立護岸の耐震要求性能を明確に規定することで、極大地震動を考慮した管理型廃棄物埋立護岸遮水構造設計の高度化が可能となり、海面廃棄物処分場の安全性・信頼性の向上、ひいては沿岸域の環境保全、循環型社会形成の促進を支援することに資すると期待される。

5.1.4 今後の課題

極大地震動を考慮した廃棄物埋立護岸の設計については、遮水シートを用いた遮水工を有する施設の設計手法を提案できた。この手法は、構造全体の動的挙動を解析し、設計を行うものである。一方、遮水シートの損傷は突き刺し等の局所的な現象によって発生すると考えられる。このため、設計時点で耐震性を考慮するとともに、地震時などの大規模変形時や定常的な地盤沈下による遮水機能への影響をモニタリングし、健全性を評価する手法の開発が必要である。

本研究の一環として実施した遮水工健全性評価手法の開発では検知手法に関する要素的な実験により計測原理の妥当性等が実証されたが、実用化に向けては、耐久性の検証、計測機器も含めたシステム設計、施工方法等の検討が必要であり、実海域等における実証実験により実用化に向けた検討を進める必要がある。

遮水工の補修・修復技術も今後の課題である。これらの損傷検知技術、補修・修復技術の開発に当たっては、廃棄物海面処分場及びその周辺における有害物質の挙動予測や環境リスク評価も考慮した手法の検討が必要である。

成果の公表

(1) 学会等発表論文

a) 2002年（平成14年）

- 1) 長尾毅，近藤三樹郎，宮田正史，西守男雄，菅野高弘：海面処分場における遮水シートの耐久性に関する現地実証実験（その1），第37回地盤工学研究発表会発表講演集，pp.1941-1942，2002.
- 2) 長尾毅，近藤三樹郎，宮田正史，西守男雄，菅野高弘：海面処分場における遮水シートの耐久性に関する現地実証実験（その2），第37回地盤工学研究発表会発表講演集，pp.1943-1944，2002.
- 3) 永治勇吉，近藤三樹郎，宮田正史，長尾毅，河島幸雄：海面処分場の遮水シートの落下物による損傷特性に関する実験，第37回地盤工学研究発表会発表講演集，pp.1945-1946，2002.
- 4) 長尾毅，宮田正史，諸星一信，近藤三樹郎：海面処分場における遮水シートの耐震性に関する現地実証試験，第57回土木学会年次学術講演会，pp.437-438，2002.
- 5) 近藤三樹郎，諸星一信，永治勇吉，河島幸雄，清水昭二：土木遮水シートの実用耐震実験研究報告，第13回廃棄物学会研究発表会講演論文集，pp.936-938，2002.
- 6) 小竹望，山崎智弘，北浦良樹，近藤三樹郎：管理型海面処分場の表面遮水工における構成材料間のせん断特性，ジオシンセティックス論文集，Vol.17，pp.71-78，2002.

b) 2003年（平成15年）

- 7) 狩野真吾，近藤三樹郎，諸星一信：Deformation and strength properties of waterproof sheet applied at coastal waste disposal site，港湾・臨海部都市機能の耐震性向上に関するシンポジウム発表論文集，pp.141-146，2003.
- 8) 狩野真吾，近藤三樹郎，長尾毅，諸星一信：遮水シートの変形強度特性に関する実験的考察－引張り強度の温度特性および応力緩和特性の評価－，海洋開発論文集，Vol.19，pp.189-193，2003.
- 9) 狩野真吾，近藤三樹郎，長尾毅，諸星一信：遮水シートおよび不織布の応力緩和特性，第38回地盤工学研究発表会発表講演集，pp.2165-2166，2003.
- 10) 狩野真吾，吉田誠，三藤正明，近藤三樹郎，諸星一信：突起物貫入による遮水シートの破断とひずみ分布の関係，第14回廃棄物学会研究発表会講演論文集，pp.943-945，2003.
- 11) 吉田誠，狩野真吾，諸星一信，三藤正明，近藤三樹郎：遮水シートの厚さがシート破断に及ぼす影

響について，第14回廃棄物学会研究発表会講演論文集，pp.946-948，2003.

12) 近藤三樹郎，狩野真吾，渡辺克也，岩井勉，永治勇吉：遮水シートの折れ曲がり性能，ジオシンセティックス論文集，Vol.18，pp.33-40，2003.

c) 2004年（平成16年）

13) 狩野真吾，小田勝也，吉田誠，三藤正明：PVC遮水シートの突起物貫入に対する変形破断プロセス，ジオシンセティックス技術情報，Vol.20，No.1，pp.18-23，2004.

14) 狩野真吾，小田勝也，吉田誠，三藤正明：管理型廃棄物埋立護岸遮水シートの敷設面不陸に対する変形追随性，海洋開発論文集，Vol.20，pp.809-814，2004.

15) 狩野真吾，小田勝也，吉田誠，三藤正明：管理型廃棄物埋立護岸の地震時変動に伴う遮水シートの変形特性，海岸工学論文集，Vol.51，pp.796-800，2004.

16) 近藤三樹郎，小田勝也，狩野真吾，篠幸次，佐藤晶英：海面処分場遮水シートの折れ曲がり破断特性試験，第39回地盤工学研究発表会発表講演集，pp.643-644，2004.

17) 狩野真吾，小田勝也，吉田誠，三藤正明：裏込め上に敷設された遮水シートの厚さと破断特性に関する基礎実験，第39回地盤工学研究発表会発表講演集，pp.2309-2310，2004.

18) 狩野真吾：極大地震動を考慮した管理型廃棄物護岸の性能設計に関する研究，港湾空港技術振興会平成16年度講演会，pp.23-32，2004.

19) 狩野真吾，小田勝也，吉田誠，三藤正明：管理型廃棄物埋立護岸遮水シートの地震時変形特性，第15回廃棄物学会研究発表会講演論文集，pp.1131-1133，2004.

20) 狩野真吾，小田勝也，近藤三樹郎，吉田誠，三藤正明：遮水シートの突起物貫入時における応力ひずみ挙動，第15回廃棄物学会研究発表会講演論文集，pp.1137-1139，2004.

21) 清水昭二，小田勝也，狩野真吾，佐藤晶英，渡辺克也，竹内克昌：保護マット不織布の性能試験方法，第15回廃棄物学会研究発表会講演論文集，pp.1142-1144，2004.

22) 近藤三樹郎，小田勝也，狩野真吾，佐藤晶英，渡辺克也：土木遮水シート突刺し貫入試験結果の応用，第15回廃棄物学会研究発表会講演論文集，pp.1140-1141，2004.

23) 狩野真吾，小田勝也，近藤三樹郎：水圧膨張実験における遮水シートの変形破断挙動，ジオシンセティックス論文集，Vol.19，pp.99-104，2004.

d) 2005年（平成17年）

24) 狩野真吾，小田勝也，吉田誠，三藤正明：管理型廃棄物埋立護岸の地震時変形挙動に関する模型振動実験，海洋開発論文集，Vol.21，pp.843-848，2005.

25) 狩野真吾，小田勝也，近藤三樹郎：接合部を考慮した遮水シートの水圧負荷時の変形強度特性，第40回地盤工学研究発表会発表講演集，pp.2541-2542，2005.

26) 近藤三樹郎，狩野真吾，小田勝也，佐藤晶英，渡辺克也：遮水シートの貫入試験とその応力ひずみ曲線化，第40回地盤工学研究発表会発表講演集，pp.2575-2576，2005.

27) 狩野真吾，小田勝也，吉田誠，三藤正明，秋本哲平：管理型廃棄物埋立護岸の動的挙動に関する模型振動実験，第40回地盤工学研究発表会発表講演集，pp.2539-2540，2005.

28) 狩野真吾，小田勝也，吉田誠，三藤正明：管理型廃棄物埋立護岸の地震時挙動に関する実験的検討，土木学会地震工学論文集，Vol.28，CD-ROM，2005.

29) 狩野真吾，小田勝也，吉田誠，三藤正明，秋本哲平：管理型廃棄物埋立護岸遮水シートの模型振動実験，第60回土木学会年次学術講演会，pp.413-414，2005.

30) 小田勝也：海面廃棄物処分場の信頼性向上，ベース設計資料，No.126，pp.36-41，2005.

31) 狩野真吾，小田勝也，近藤三樹郎，竹内克昌：接合部を考慮した不織布の水圧負荷時の変形強度特性，第16回廃棄物学会研究発表会講演論文集，pp.974-976，2005.

32) 小田勝也，狩野真吾，木俣陽一，渡邊陽二郎，黒岩正夫，石田道彦，下田宏治，松村聡：二重シート構造（袋状）による健全性評価技術の開発：その1，第16回廃棄物学会研究発表会講演論文集，pp.35-93，2005.

33) 小田勝也，狩野真吾，大西健司，黒岩正夫，下田宏治，松村聡，木俣陽一，衣笠泰広：二重シート

構造（袋状）による健全性評価技術の開発：その 2，第 16 回廃棄物学会研究発表会講演論文集，pp938-940，2005.

- 34) 小田勝也，狩野真吾，羽田晃，五月女洋，小久保裕，山崎宣悦，高濱利光：海面処分場に適用可能な漏水検知システムー材料の電気抵抗特性に関する基礎的検討ー，第 16 回廃棄物学会研究発表会講演論文集，pp1019-1021，2005.
 - 35) 近藤三樹郎，小田勝也，狩野真吾，渡辺克也，永治勇治：土水遮水シートの低温での折曲がり性能，第 16 回廃棄物学会研究発表会講演論文集，pp947-949，2005.
 - 36) 狩野真吾，小田勝也，吉田誠，三藤正明，秋本哲平：管理型廃棄物埋立護岸遮水シートの動的挙動に関する模型振動実験，第 16 回廃棄物学会研究発表会講演論文集，pp977-979，2005.
 - 37) 狩野真吾，小田勝也，吉田誠，三藤正明，秋本哲平：管理型廃棄物埋立護岸の遮水シートの地震時変形特性に関する静的加力実験，日本地震工学会・大会ー2005 梗概集，pp198-199，2005.
 - 38) 狩野真吾，小田勝也，近藤三樹郎：遮水シートの水圧膨張変形に関するスケール効果と応力ひずみ挙動の評価，ジオシンセティックス論文集，Vol.20，pp185-192，2005.
 - 39) 狩野真吾，小田勝也，吉田誠，三藤正明：遮水シートを敷設した管理型廃棄物埋立護岸の地震時挙動に関する水中振動台実験，日本地震工学会・大会ー2005 梗概集，pp200-201，2005.
 - 40) 狩野真吾，小田勝也，吉田誠，三藤正明，秋本哲平：地震動の違いによる遮水工の動的変形特性に関する模型振動実験，ジオシンセティックス論文集，Vol.20，pp47-52，2005.
 - 41) 近藤三樹郎，狩野真吾，小田勝也，渡部克也，永治勇治：ジオメンブレンの折れ曲がり特性，ジオシンセティックス論文集，Vol.20，pp141-150，2005.
- e) 2006 年（平成 18 年）
- 42) 小田勝也：海面処分場跡地利用に当たっての技術開発の現状と課題，廃棄物研究財団だより，No.67，pp28-35，（財）廃棄物研究財団，2006.
 - 43) 小田勝也，狩野真吾，吉田誠，三藤正明，秋本哲平：敷設条件の異なる遮水シートの変形特性に関する静的加力実験，第 41 回地盤工学研究発表会，pp2429-2430，2006.
 - 44) 狩野真吾，小田勝也，近藤三樹郎：ネッキング応力を考慮した遮水シートの接合部強度に関する実験的検討，第 41 回地盤工学研究発表会，pp2427-2428，2006.
 - 44) 小田勝也，狩野真吾，羽田晃，小久保裕，五月女洋，山崎宣悦，高濱利光：管理型廃棄物埋立護岸の遮水シートを用いた遮水工の健全性評価手法ー電気式漏水検知システムを用いた手法についてー，第 41 回地盤工学研究発表会，pp2425-2426，2006.
 - 45) 小田勝也，小竹望，佐藤毅，鶴ヶ崎和博，北出圭介，近藤三樹郎，篠幸次，渡部直人，山浦剛俊：遮水シート健全性評価における大ひずみ計測センサーの開発ー光ファイバー余長センサーの基本性能試験ー，第 41 回地盤工学研究発表会，pp2423-2424，2006.
 - 46) 小田勝也，小竹望，佐藤毅，鶴ヶ崎和博，渡辺克也，岩井勉，山浦剛俊：遮水シート健全性評価における大ひずみ計測センサーの開発ー不陸模型地盤における光ファイバー余長センサーの性能確認実験ー，第 41 回地盤工学研究発表会，pp2421-2422，2006.
 - 47) 近藤三樹郎，小田勝也，狩野真吾，渡辺克也，永治勇吉：遮水シートの応力履歴特性，第 41 回地盤工学研究発表会，pp2431-2432，2006.
 - 48) 石川雅洋，小田勝也，狩野真吾，竹内克昌，渡辺克也：保護マットの貫入試験とその応力ひずみ曲線化，第 41 回地盤工学研究発表会，pp2455-2456，2006.
 - 49) 小田勝也，狩野真吾，吉田誠，三藤正明，秋本哲平年：遮水シートによる管理型廃棄物埋立護岸の地震応答解析，第 61 回土木学会年次学術講演会，pp443-444，2006
 - 50) Hada A., Kokubo H., Saotome H., Oda K., Kano S. : Leakage Detection System Applicable to Coastal Disposal Site, Proceedings of APLAS Shanghai volume I , pp181-189, the Forth Asian-Pacific Landfill Symposium, Tongi University Press, 2006.
 - 51) 吉田誠，小田勝也，狩野真吾，三藤正明，秋本哲平：管理型廃棄物埋立護岸の耐震性に関する模型振動実験，第 12 回日本地震工学シンポジウム論文集，pp606-609，2006.

- 52) 小田勝也, 狩野真吾, 木俣陽一, 渡邊陽二郎), 黒岩正夫, 大西健司, 下田宏治, 吉田和久, 清水禎一 : 電気検知方式を用いた二重遮水シートの損傷孔規模の把握, 第17回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp895-897, 2006.
- 53) 小田勝也, 狩野真吾, 大西健司, 黒岩正夫, 木俣陽一, 渡邊陽二郎, 下田宏治, 吉田和久, 清水禎一 : 電気検知システムを用いた袋状二重シートの健全性評価技術の開発, 第17回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp898-900, 2006.
- 54) 小田勝也, 笹井剛, 佐々木理, 椿雅俊, 梶尾孝之 : 光ファイバセンサを用いた漏水検知システムの開発, 第17回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp910-912, 2006.
- 55) 狩野真吾, 近藤三樹郎, 小田勝也 : ひずみエネルギー密度関数を用いた遮水シートの二軸引張変形挙動の検討, 第17回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp947-949, 2006.
- 56) 吉田誠, 小田勝也, 狩野真吾, 三藤正明, 秋本哲平 : 大型土槽を用いた遮水シートの引き抜き実験, 第17回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp950-952, 2006.
- 57) 近藤三樹郎, 狩野真吾, 増淵光亮, 岩井勉, 竹内克昌 : 保護マットの貫入抵抗性能とその保護性能についての考察, 第17回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp953-955, 2006.
- 58) 小田勝也 : 海面廃棄物最終処分場における遮水シートの変形・破損検知技術の開発, 第4回環境研究機関連絡会成果発表会概要集, pp4-5, 2006.
- 59) 小田勝也, 吉田誠, 狩野真吾, 三藤正明, 秋本哲平 : 遮水シートの摩擦特性に関する数値解析, ジオシンセティックス論文集, Vol.21, pp255-262, 2006.
- 60) 狩野真吾, 小田勝也, 近藤三樹郎 : ひずみエネルギー密度関数を用いた遮水シートの二軸引張変形挙動評価, ジオシンセティックス論文集, Vol.21, pp263-270, 2006.
- 61) 小田勝也, 小竹望, 佐藤毅, 岩井勉, 山浦剛俊, 根岸聖司, 佐藤毅 : 海面処分場の遮水シートに生じる大ひずみ計測を目的とした光ファイバー余長センサの開発, ジオシンセティックス論文集, Vol.21, pp297-302, 2006.

(2) 国総研資料

- 62) 狩野真吾, 諸星一信, 小田勝也, 近藤三樹郎 : 廃棄物海面処分場遮水工に用いられる遮水材の変形強度特性, 国土技術政策総合研究所資料, No.124, 2003.
- 63) 狩野真吾, 諸星一信, 小田勝也 : 廃棄物海面処分場遮水シートの突き破り抵抗に関する研究, 国土技術政策総合研究所資料, No.142, 2004.
- 64) 狩野真吾, 小田勝也, 近藤三樹郎 : 水圧膨張実験における遮水シート・不織布の変形強度特性に関する研究, 国土技術政策総合研究所資料, No.213, 2005.
- 65) 狩野真吾, 小田勝也 : 遮水シートを用いた遮水工を有する管理型廃棄物埋立護岸の地震時挙動に関する実験的研究, 国土技術政策総合研究所資料, No.256, 2005.
- 66) 狩野真吾, 小田勝也, 近藤三樹郎 : ひずみエネルギー関数を用いた管理型廃棄物埋立護岸遮水シートの変形共同評価, 国土技術政策総合研究所資料, No.307, 2006.

○その他, 極大地震動を考慮した廃棄物埋立護岸の設計手法, 遮水シートの変形・破損検知技術の開発等について国土技術政策総合研究所資料としてとりまとめる予定.

5.2 管理型廃棄物海面処分場の信頼性向上技術の開発

5.2.1 研究の概要

今後、廃棄物海面処分の要請に適切に対応していくためには、安定型や遮断型に比較して環境インパクトが大きい管理型廃棄物海面処分場埋立護岸（以下、「埋立護岸」という。）の信頼性向上を図るための技術の体系化が不可欠である。このため、本研究は、管理型廃棄物海面処分場の埋立護岸の遮水性評価手法の高度化を図るため、保有水の浸出を予測評価する手法を確立するとともに、信頼性の高い遮水構造の提案、海面処分場の維持管理手法の高度化を目標とする。

(1) 遮水性能の評価手法の高度化

遮水性能の評価手法の高度化を目指し、その保有水の浸出状況を明らかにするための計算手法を確立することを目的としている。埋立護岸の遮水性能が問題となるのは、処分場内の廃棄物と海水が混じり合った保有水の浸出が、処分場周辺の海域の水質汚染を招くおそれがある場合である。保有水が外海へと浸出する過程は、地下水の浸透のみではなく、移流と分散の現象を伴うので、シミュレーションを行う場合には、このような現象を正確に再現できるモデルを用いなければならない。その際に、海面処分場については陸上のそれと異なり、潮汐の影響を考慮することが必要であり、また埋立護岸は、海底地盤、捨石、鋼材、化学繊維といった複合的な構造で築造されており、これも忠実に表す必要がある。このような複雑な現象を数値計算で再現するために、安定性や収束性の問題を解決し、効率的に計算するための方法が、オイリアン・ラグランジュ有限要素法(Eulerian/Lagrangian Finite Element Method)として知られている。具体的な数値計算のための解析コードとしては、これを我が国の大学や企業の研究者が更に発展させた「Dtransu-2D・EL」がある。浸透・移流分散解析を行う意義は、遮水工の長期安定性を確保する観点から①埋立護岸の構造体と地盤が、想定した遮水性能を有する場合に、保有水の浸出時間と浸出流量を知ること、②埋立護岸の構造体が、何らかの原因によって破損した場合に、保有水の浸出時間と浸出流量を知ることにある。この研究では、埋立護岸の遮水性能の評価に上述の解析コードを改良を加えたうえで適用し、代表的な埋立護岸の構造断面について外海水位に潮位変動を与えた場合と、遮水工に損傷を生じた場合の保有水の浸出状況を明らかにした。

(2) 信頼性の高い遮水構造の提案

埋立護岸は、軟弱な自然堆積粘土地盤を底面の遮水層（不透水性地層）とし、護岸や陸域に配置される側面の遮水工と組み合わせて整備される場合が多い。底面と側面の遮水性を確保するために、不透水性地層または底面の遮水工と側面の遮水工を組み合わせることになる。このため、埋立護岸施工時や廃棄物埋立時に護岸周辺に地盤沈下等が発生し、遮水工にもその影響が及ぶことが懸念される。長期的に遮水性を確保するためには、遮水工が地盤等の変形に追従することにより、遮水性に影響が及ばない構造とすることが望ましい。

埋立護岸の遮水工は、波浪や潮位の影響を絶えず受け続ける、また、地震の影響が大きいなどの陸上処分場にはない厳しい条件下で必要な遮水性能を維持することが求められる。こうした観点から遮水工が有する機能を整理すると以下のとおりである。

①基本的な機能として遮水機能と損傷防止機能があげられる。

②付加的な機能としてフェイルセーフとしてのバックアップ機能・モニタリング機能・修復機能

本研究では、埋立護岸の遮水工に求められる上記の機能を有する新材料及び新形式遮水構造として変形追随性遮水材料及びフェイルセーフ機能を有する鋼（管）矢板による鉛直遮水工の開発を行った。技術開発は、主として独立行政法人港湾空港技術研究所が民間企業等との共同研究により行った。

(3) 海面処分場の維持管理手法の高度化

廃棄物埋立護岸は、前述のとおり、廃棄物等の埋立処分と、埋立完了後の土地利用の両方を目的とする施設である。この目的を果たすためには、廃棄物最終処分が完了し、処分場廃止後可能な限り早期に処分場を廃止することが必要である。このための有効な方策が保有水位以上の廃棄物の分解を促進し、安定化を図ることである。また、土地利用に伴うリスクをコントロールするためは、適切な水位管理や施設のモニタリングを行うことと併せ早期安定化と安定化した領域をできるだけ大きくすることが望ましい。このため、積極的な保有水管理を導入した先行事例の実態把握及び維持管理手法のあり方につい

て検討した。

5.2.2 研究の成果

(1) 遮水性能の評価手法の高度化

a) 遮水工に損傷を生じた場合の遮水性能の解析

遮水工に損傷を生じた場合の遮水性能の解析は、2重シートを用いた遮水工を有する重力式ケーソン護岸、2重止水矢板護岸等を対象として行った。ここでは、重力式ケーソン護岸（2重遮水シート）に関する解析を示す。

(7) 重力式ケーソン護岸（2重遮水シート）の解析モデル

解析モデルは、構成材料の透水係数、構成材料の大きさ、解析領域内に発生する単位時間あたりの圧力変化、濃度勾配を考慮して、有限要素のサイズを条件に合わせて変更した。ここでの解析では、すべてのケースに同一の有限要素メッシュを用いることが困難であったため、上部堤体のメッシュが粗いものと細かいものの2種類を用いた。

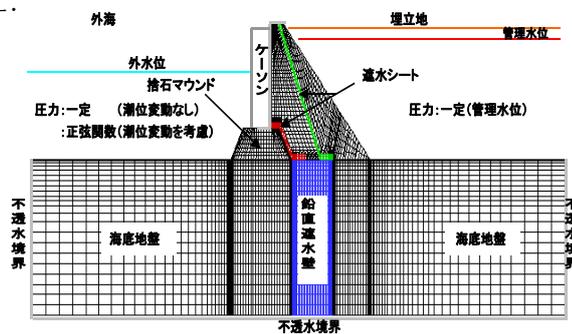


図-18 重力式ケーソン護岸（2重シート）の境界条件と要素分割

境界条件及び要素分割を、図-18に示す。境界条件は、より現実に近い条件とするため、海底地盤の左右端を不透水境界とした。

(i) 解析ケース

解析は、潮汐変動を考慮した場合と考慮しない場合及び遮水シートの損傷を模擬した遮水シートからの漏出の程度を①漏出なしの場合、②漏出小の場合、③漏出大の場合の3段階に変えて行った。漏出が小さい場合の遮水シートの損傷は、2.5個/haとし、漏出が大きい場合は、200個/haとした。損傷部の大きさは、通常発見される最大径の損傷として直径1.0cmとした。解析ではこの損傷割合に基づいて遮水シートの平均透水係数を計算して用いた。計算時間はいずれも50年である。

(ii) 計算結果

i) 外海水位に潮位変動を与えた場合

外海水位を振幅1.0mの正弦曲線（+2.0m～0.0m）で与え、管理水位1.5mとしたときの保有水の浸出状況の計算結果を図-19～図-20に示す。図中の濃度は、護岸内部の濃度を1.0であるとした場合の濃度である。また、護岸内部の濃度は時間経過によらず一定であると仮定した。

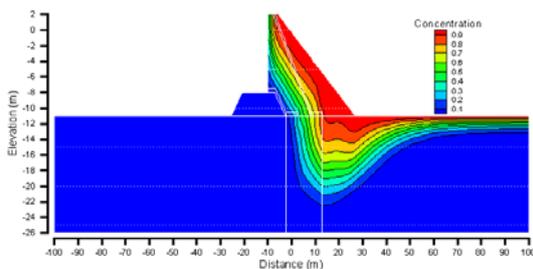


図-19 遮水シートの損傷が少ない（50年後）

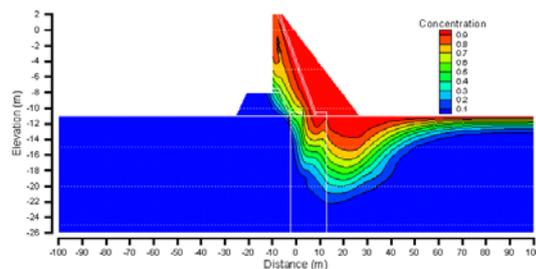


図-20 遮水シートの損傷が多い（50年後）

ii) 外海の水位を一定とした場合

外海の水位を一定とした場合の計算結果を図-21～図-22に示す。外海の水位と計算時間間隔以外の計算条件は、外海水位に潮位変動を与えた場合と同じである。

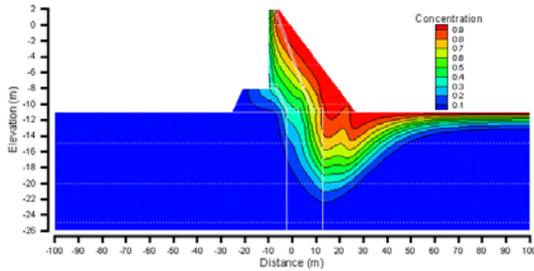


図-21 遮水シートの損傷が少ない(50年後)

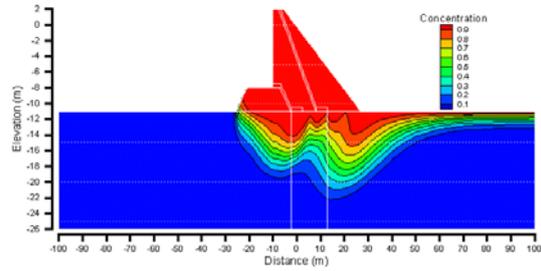


図-22 遮水シートの損傷が多い(50年後)

以上から明らかなように、外海の水位に潮位変動を与えた場合について、遮水シートに損傷がない場合と、ある場合の両方について計算することができた。

iii) 比濃度流量

廃棄物埋立護岸から漏出する有害物質を評価するために比濃度流量を用いることとした。これは、護岸内の濃度を一定値(1.0)であると仮定し、それとの濃度比で流出するフラックスを捉えるものである。比濃度流量 S の定義は以下のとおりである。

$$S = \sum (c_i v_i \Delta H_i)$$

ここに、 c_i : i 番目の要素の平均濃度、 v_i : i 番目の要素の平均ダルシー流速、 ΔH_i : i 番目の要素の鉛直方向の長さ。

図-23に外海水位に潮位変動を考慮したケース、図-24に考慮しないケースの計算結果を示す。これより、2重シートをもつ埋立護岸構造の場合にも、外海水位に潮位変動を与えると、これを一定とした場合に比較して浸出が抑制されることが分かった。具体的には、遮水シートの損傷が大きき場合についてのみ比濃度流量が増大し、潮位変動を与えた場合は、外海水位を一定とした場合の約半分となることが分かった。

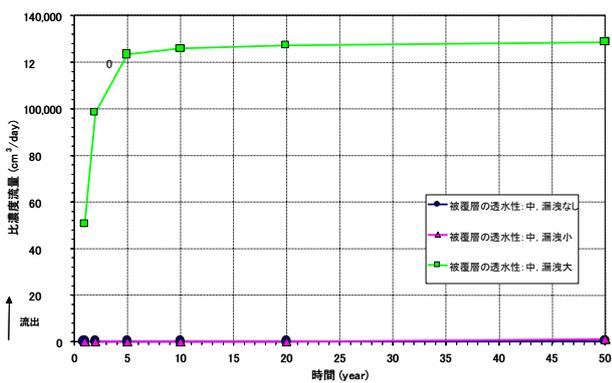


図-23 比濃度流量 (外海水位：潮位変動)

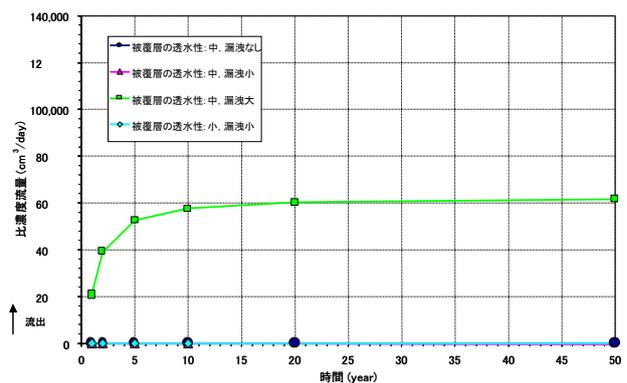


図-24 比濃度流量 (外海水位：一定)

b) 主要な結論

上記以外の検討結果も含め、本研究の主要な結論を以下に示す。

- ①外海水位を一定とした場合には、計算時間を2日とすれば、数値計算上の安定性が得られた。
- ②外海水位の潮位変動として12時間周期の正弦曲線を与えた場合には、計算時間間隔を1時間とすれば、数値計算上の安定性が得られた。
- ③外海の水位に潮位変動を与えた場合には、これを一定とした場合に比較して、保有水の浸出が抑制されることが分かった。
- ④重力式ケーソン護岸（2重遮水シート）及び2重止水矢板護岸の構造について、外海の水位に潮位変動を与え、遮水工の損傷を考慮して保有水の浸出量（比濃度流量）を計算することができた。
- ⑤捨石堤（透水係数 $1.0 \times 10^{-1} \text{cm/s}$ ）の背後に止水矢板が打ち込まれた埋立護岸断面について解析を試みたが、数値安定性が得られなかった。更に、移流による濃度の計算手法の改良などについて検討する必要がある。

以上の結論から本研究において提案した、外海水位の変動を考慮した浸透・移流分散解析手法は、これまでに提案されている解析手法に比べ、より実態に近い状態を再現できていると考えられ、管理型廃棄物海面処分場の信頼性を検討する上で有効な手法であると考えられる。

(2) 信頼性の高い遮水構造の提案

a) 変形追従性遮水材の開発

多くの管理型廃棄物埋立護岸は、海底に堆積した粘土層を底面遮水として利用している。遮水性の高い粘性土地盤上に建設されることは、周辺環境への影響を押さえることが可能であり、底面全体にわたる遮水工を設ける必要がない反面、地盤沈下等による地盤変形が大きいという問題を持っている。このため、護岸の遮水機能には十分な変形追従性が要求される。港湾空港技術研究所を中心として浚渫粘土を主原料とし、これにベントナイトを添加して遮水性を向上させた変形追従性遮水材の開発を行った。この新材料は、粘土地盤の変形に対して追従性を有するとともに、自然材料を用いることにより劣化しないという特性を有している。性能確認に実験により変形追従性遮水材は、底面遮水と側面遮水の両者に対して適用可能であるとの結論を得た。

b) 鋼矢板・鋼管矢板による鉛直遮水工の開発

独法港湾空港技術研究所は民間企業等と共同で、鋼矢板・鋼管矢板継手部の遮水性能をさらに高め、より信頼性の高い廃棄物埋立護岸を実現するために開発された表-11に示す7種類の工法について、その施工性や遮水性能を確認するために、実海域において長期実証実験(写真-5, 写真-6)を行っている。なお、表中、粘土系遮水材とされているのは、上記a)の変形追従性遮水材である。

その結果によると、実験した全ての工法で、換算透水係数 10^{-7}cm/s 以下を実現でき、「一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める命令」で規定されている側面遮水の遮水性の基準（壁厚 50cm, 透水係数 $k \leq 1.0 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ ）よりワンオーダー低い遮水性能を有していることが確認された。

表-11 鋼（管）矢板による鉛直遮水工実証実験を実施した工法

記号	遮水工の説明
1	継手部に膨潤性遮水材を塗布した遮水矢板
2	ポケット付継手を有する遮水矢板（膨潤性ゴムを事前挿入）
2'	ポケット付継手を有する遮水矢板（一方のポケットは膨潤性ゴム，他方はシリコン樹脂を注入）
3	継手部を溶接した二重遮水矢板
4	ゴム板付き継手にモルタルを充填した鋼管矢板遮水壁
5	アスファルト事前充填鋼管矢板継手を用いた鋼管矢板遮水壁
6	継手部に粘土系遮水材を充填した鋼管矢板遮水壁
7	継手部に粘土系遮水材を充填したH鋼矢板壁

注）「渡部要一，山田耕一，吉野久能，柿本龍二，鳥崎肇一，沖 健，喜田 浩：鋼（管）矢板による管理型廃棄物埋立護岸の鉛直遮水工に関する実証実験，第6回地盤環境シンポジウム，2005」を改変

また、水張り試験を行うための狭い空間を設けた構造物になっていることから、万一漏水が生じたときにも漏水箇所を特定することができ、かつ、補修が可能であった。このことから、継手を二重にして空間を設けることは、遮水の信頼性を高めると同時に、施工後の遮水性能の検査（漏水検査）が可能になること、遮水性能が不合格となる不良箇所が発見された場合にも補修ができること、さらには将来においても漏水検査が継続的に可能であること（遮水性能のモニタリング）等のメリットを有していると考えられる。さらに、一部のタイプについては強制変位を与えて、遮水性の変化を調査した。その結果、鋼矢板（最大 42~56 mm 程度の強制変位）、鋼管矢板（最大 125 mm 程度の繰り返し強制変位）とも強制変位を与えた後も遮水性能は変化がなく、一定値を保つことが確認された。

(3) 海面処分場の維持管理手法の高度化

a) 先行事例調査

海面処分場の維持管理、埋め立てられた廃棄物の早期安定化等を目的として保有水位の管理を導入した以下の先行事例について実態を整理した。

①大阪湾フェニックス尼崎沖処分場の早期安定化対策

②ひびき灘開発処分場跡地の雨水排水

この内、大阪湾広域臨海環境整備センターの尼崎沖管理型処分場は、既に廃棄物の受け入れを終了している。処分場を早期に廃止するために、処分場全域の保有水位を低下させ、好氣的雰囲気領域を拡大することにより、廃棄物の分解を促進し、早期安定化を期待するとのシナリオのもとに現地実験を行い、実験結果に基づいて、処分場の周縁部と中央部に集水暗渠を設置している

ひびき灘開発株式会社は北九州市の第三セクターで、廃棄物処分及び廃棄物処分による分譲目的の土地造成を行っている。同社の処分場の廃止手続きが完了した埋立地では、覆土等に透水性の低い土砂を



写真-5 各種の新形式遮水工の現地実証実験 外観(港湾空港技術研究所提供を改変)

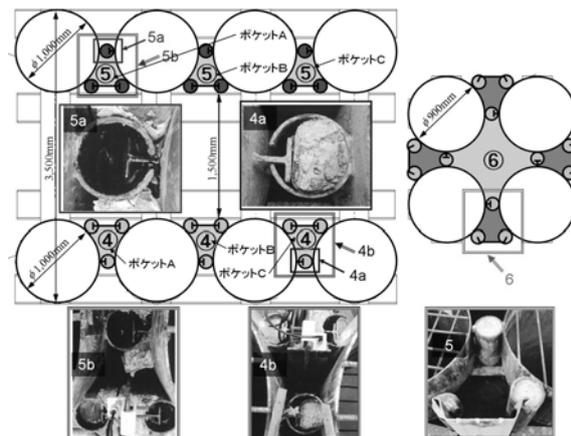


写真-6 鋼管矢板継手遮水性能確認試験 (工法4, 5, 6) (出典:表-1 注)の文献)

使用し、雨水の廃棄物層への浸透を押さえるとともに雨水を道路下に埋設された雨水排水管に集水し海面へ放流する方式を採用している。これは、フェニックスセンター尼崎沖処分場と同様の設備であるが、保有水位が上がらないようにコントロールすることを主目的にしている。

b) 維持管理手法のあり方

上記の事例調査等に基づいて周辺環境を汚染するリスクの軽減、廃棄物の早期安定化による効率的な土地利用の推進等の観点から保有水管理のあり方等について検討した。

これより、積極的に保有水等を処理し、廃棄物の安定化を早めることにより処分場の廃止までの期間が短縮可能と考えられることから、保有水等処理施設的能力設定等、保有水等の処理計画は、このような海面処分場の跡地利用を促進するという観点も含め、総合的な判断により行うことが重要である、という新たな考え方の導入が望ましいと考えられる。

5.2.3 施策への反映

本研究で得られた知見は、国総研が委員として環境省が設置した委員会に参画し、検討した以下の制度改正に反映された。

(1) 廃棄物最終処分場跡地形質変更にかかる政省令の制定及び基準策定

平成 16 年に廃棄物処理法が改正され、廃棄物が地中にある土地（最終処分場跡地等）で形質変更が行われることにより、生活環境保全上の支障が生じるおそれがある区域を都道府県知事が指定し、指定区域内での形質変更は施行方法の基準に従い実施することと都道府県知事への届出が義務づけられた。国総研では同制度の施行に関連する政令、省令の制定及び施行に当たってのガイドラインの策定に参画し、海面廃棄物処分場設計手法等に関する研究成果がこれらに反映された。同制度は平成 17 年 4 月から施行された。

(2) 海面最終処分場閉鎖・廃止基準適用マニュアル(案)の策定

現在、廃棄物の最終処分場の閉鎖・廃止等の基準は、廃棄物の処理及び清掃に関する法律に基づき「一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める省令」により規定されている。ところが、海面最終処分場における閉鎖・廃止の適用の仕方について、各処分場で異なる考え方が見受けられることなど、このままでは閉鎖・廃止後に周辺生活環境等への支障の恐れも危惧されている。すなわち各処分場における閉鎖・廃止の適用状況の実態を把握した上で、それらの考え方を示す必要が出てきた。このため、最終処分場における閉鎖・廃止の考え方を整理し、早期廃止に向けた構造要件、具体的には、海面最終処分場における維持管理の考え方、閉鎖の考え方、廃止の考え方を早期廃止の観点からとりまとめたマニュアル案が策定された。現在、本マニュアルの施行について環境省と国土交通省で調整が進められている。

また、研究成果は、現在改訂作業が進められている「管理型廃棄物埋立護岸の設計・施工・管理マニュアル(旧運輸省港湾局監修)」の改訂(平成 19 年に発行予定)に反映させる予定である。これにより、提案した手法を活用した長期的な信頼性評価に基づく管理型廃棄物埋立護岸の計画・設計、維持管理等が行われると期待される。

5.2.4 今後の課題

本研究課題において目標とした、①埋立護岸からの保有水の浸出に対する長期安全性評価手法の構築、②信頼性の高い遮水構造の提案、③維持管理手法(モニタリング、保有水管理)の高度化のうち、①については、上述のとおり目標を達成できた。

②に関しては、予算の制約から当所では実施せず、独立行政法人港湾空港技術研究所が民間企業との共同研究として実施した。③に関しては、当初本プロジェクト研究の枠内で実施し、完了させる予定で、保有水の水位管理等に基づく海面処分場の維持管理手法の高度化について、平成 16 年度に予備的な検討を実施した。しかしながら、環境省が施行する予定である上述の「海面最終処分場閉鎖・廃止基準適用マニュアル」との整合、港湾法に基づく「港湾の施設の技術上の基準」に廃棄物埋立護岸を位置付けるべ

きかどうかの検討との整合を確保する必要があることから維持管理手法の備えるべき要件を整理したに留まった。平成 18 年度内にガイドライン案をとりまとめることを目指して現在検討を進めている。

成果の公表

- 1)足立一美，北澤壮介：管理型廃棄物埋立護岸の浸透・移流分散解析による遮水性能の評価，国土技術政策総合研究所資料 No.91，2003.
- 2)北澤壮介，足立一美，森屋陽一，菱谷智幸，前村庸之：潮位変動を考慮した廃棄物埋立護岸の遮水性能に関する研究，海洋開発論文集，第 19 巻，2003.
- 3)足立一美，管理型廃棄物護岸・遮水工の耐震性能照査手法に関する考察，国土技術政策総合研究所資料 No.215，2005.
- 4)小田勝也：海面廃棄物処分場の信頼性向上，ベース設計資料 No.126，建設工業調査会，2005.
- 5)小田勝也：海面処分場跡地利用に当たっての技術開発の現状と課題，廃棄物研究財団だより No.67，(財)廃棄物研究財団，2006.

5.3 海面処分場立地のための社会的受容性の分析

5.3.1 研究の概要

海面処分場立地のための社会的受容性を分析するため、平成14年から廃棄物処分場の紛争事例について情報収集を行った。研究を進めるなかで、海面処分場に関する紛争事例に大きく問題が顕在化したものが見あらず、存在する資料が極めて希薄であった。このため、海面処分場のみを対象とする研究を継続することは適当でないと判断し、海面処分場を直接の研究対象とすることを1年間で終了した。海面処分場を直接の対象として研究することは困難であったが、広く沿岸開発を対象として研究を進めることにより海面処分場についての社会的受容性を推測する示唆を得ることは可能であると考え、平成15年からは対象を沿岸開発に広げ、住民意識の分析によって社会的受容性の理解に接近しようとする研究を行った。

5.3.2 研究の成果

(1) 廃棄物処分場の紛争事例

陸上の廃棄物処分場の特徴を把握するため、陸上廃棄物処分場における紛争情報をインターネットにより収集し、紛争の場所、廃棄物の種類、施設の規模、紛争の期間、問題物質、問題の程度、問題発生の機構、廃棄物の量、問題解決のための対策について要点を整理した(表-12)。得られた事例から読み取ることができる傾向は、「問題は基本的に安定型及び管理型処分場からの有害化学物質の漏洩である。」ということであった。こうした問題の発生によって原因箇所の特定や対策工事に大きな費用が必要になるため、未然防止が重要であること、信頼性を著しく高める対策工法が必要であることが分かった。

海面処分場については、一般的な処分場としての問題、例えば悪臭の発生やゴミ運搬車の通行による騒音などの問題や、漁業影響などの埋立の一般的な問題の発生は2件ほどあったものの、海面処分場であるが故の紛争事例は見つからなかった。

桜井(2002)は、新聞記事を1992年～2002年まで調べた結果、次のようなことが分かったとしている。建設に反対する内容が掲載されていた施設は54施設あり、そのうち新規運用に至った施設は10施設である。1992年～2002年までの新規運用施設数618件に対し、1.6%の施設でしか反対運動が起こっていない。また、反対運動が起こった施設のうち44施設が停滞や断念となっている。新聞記事に取り上げられるような反対運動が起これば、計画が長期化し、新規運用にまで進むのが難しい状況になる場合が多いことがわかる。処分場建設反対の理由は、土地選定に対する疑問と安全性に対する不安がほとんどの事例であげられていた。建設に反対する住民運動の内容は、反対運動団体の結成と陳情書の提出が多い、などというものである。これらの分析は、今回インターネットから収集した事例の整理にも当てはまる。

瀬尾・高橋(1989)は廃棄物処理施設建設における紛争のパターンを対立型、条件型、行動型、協調型に分類している。今回の分析では情報源をインターネットとしたため、条件型はその性格から情報が掲載されておらず、把握されていない可能性が高い。このため、対立型、行動型、協調型といった分類に当てはまる場合に、分析を行う際の参考にすることができると考えられる。さらに、瀬尾・古市ら(1993)は、産業廃棄物処理施設の建設に対する住民の不安や反対の理由を、「何が持ち込まれるか分からない」、「関係のないゴミを押しつけられる」、「なぜここに」、「ちゃんと処理されるか不安」、「公害発生や健康影響が心配」、「リスクばかりの施設だ」、「イメージが悪い」、「業者はこわい・うそをつく・騙すのではないか」、「業者が倒産したらどうなる」というように整理している。こうした整理も、また今後の分析の参考になる。

表-12 廃棄物処分場における紛争事例の整理

場所	形式	問題物質	問題物質の量・程度	問題物質の発生原因	◆漏洩の機構	原因廃棄物の量	対策	対策の詳細
滋賀県東海市(旧東東町)埋立て後	安定産業	◆面積不明 ◆容量不明 ◆期間1982～1998年	①硫化水素②ベンゼン、トルエン、ホルムアルデヒド、CODなど11種類の有害物質	①15,200～22,000ppm(追加調査を含む) ②記載なし、いずれにしても環境基準は超えている。	◆①タンポールなどの有機物が土中の微生物に分解されて雨水にも関係して大量の乳酸や脂肪酸が生じる。それが、石膏ボードの硫酸土と土中で硫酸還元菌と反応して硫化水素を発生させる。 ◆②違法廃棄物を大量に埋めていると考えられる。 ◆③ガスとして地中にたまり大気中に拡散する恐れがある。	詳細不明。原因究明のためにも立ち入り調査や掘削をして明らかにする必要がある。	問題発生後の対策 ①覆土。②ガス抜き管の設置。 ③発生原因確認のための立ち入り調査や搬入物確認、掘削	①遊離性の硫化鉄を多く含む土壌(火山灰土壌等)を層状に30～50cm敷くことにより、雨水の浸入を抑え、有機物の揮発性を防止する。②徐々にガス抜き管を行い換気による放散を行う。設置場所、廃棄物の性状に留意した十分な調査計画が必要である。
福岡県筑紫野市埋立て後	安定産業	◆面積不明 ◆容量不明 ◆期間不明	①硫化水素②ウラン	①15,000ppm ②暫定基準値0.002 mg/Lとして、その2.4倍	◆①②上記と同様(そのとき、層内に30cmにも及び湿潤状態で揮発的性状あり、有機物が10%含まれていた)。③悪臭対策として、注入している硫酸第一鉄が硫化水素の発生を促進させるものとなる。 ◆上記と同様。	処分場面積が不明であった。高さ30mの廃棄物の層内に原因となる有機物が10%含まれていた。石膏ボードの量も不明である。詳細は不明。	問題発生後の対策 上記の①②③④以外に、⑤硫酸第一鉄の注入中止、⑥石膏ボードの埋め立て中止。	①硫化第一鉄は硫化水素の生成を促進させる働きがあるため、注入を中止すべきである。②石膏ボードによる硫酸源をなくすべきである。
愛知県津島市埋立て後	一般管理	◆面積18,500㎡ ◆容量50,800? ◆期間1986年～8ヶ月間(終了)	悪臭が発生したが詳細不明。	不明。	◆記載なし。受入廃棄物は、不燃ごみ、粗大ごみ、廃プラスチック、焼却残渣(焼却灰、反応灰)とされそれ以外の物質も考えられる。 ◆処分場閉鎖後、遮水シートの再検査を行った際に、破損箇所が増えついで、最高で34箇所にもなる。	閉鎖した理由は、遮水シートの破損であり、やむを得ず既存処分場から、粗大ごみ等の不燃物、廃プラスチック(焼却灰など11,800?)を搬入して埋め立てを完了させ閉鎖した。	埋め立て中の対策 ①遮水工法②水処理機	①遮水シートの素材を合成ゴム(E. P. D. M)とし、厚みが1.5mmの2重構造として、2重ライナー真空管理方式とされている。一袋構造体で300㎡とし、43の袋構造体でブロックとする。②廃棄物の重みで吹き出る地下水を処理するため、大手動機会社から水処理機を設置。集水管で地下水を汲み上げ、1時間当たり60?を放流する構造。
横浜市神明台埋立て中	一般管理	◆面積35,000㎡ ◆容量810,000? ◆期間1973～2007年(終了予定)	①ダイオキシン②塩化水素③カルシウム	①少量ダイオキシンが出るご自身、問題。②高濃度 詳細不明。	◆焼却施設でプラスチック類による焼却灰からダイオキシンが発生する。 ◆焼却灰中の塩化水素が水に溶け出す。遮水シートの破損により地下水の粘土層に浸透し流出する。	焼却灰73万ト/年。埋め立て開始の1973年から終了予定とされる2007年までに約660万トン埋め立てられる。東京日の出町の2倍。	埋め立て中の対策 ①遮水シート	①2重の遮水シートの間にベントナイトシート(不織布)を用いる。こうすることにより、自己修復機能が働き遮水シート破損時に浸出水よりベントナイトが膨張して損傷箇所を塞ぐことができる。②上部及び下部の漏水を検知する。遮水シート1㎡あたり1cmの損傷位置を検知することができる。
千葉県八千代市埋立て中	一般管理	◆面積12,700㎡ ◆容量111,500? ◆期間1995年～現在	①鉛②砒素③トリクロロエチレン④テトラクロロエチレン⑤ダイオキシン(2002年2月、周縁観測井24本中)	①0.012～0.019mg/L ②0.015～0.039mg/L ③0.07mg/L ④0.012mg/L ⑤1.4～2.6pg-TEQ/L	◆ごみの不完全燃焼による焼却残渣(焼却灰)。 ◆遮水シートの亀裂によって漏水する。	詳細不明。総容量111,500?の6割まで埋め立ては進んでいる。(2002年時)埋め立て廃棄物は焼却残渣の他、不燃物、粗大ごみ等。	問題発生後の対策 ①活性炭吸着装置、ろ過式集塵器。 ②安定燃焼、完全燃焼③脱臭装置(活性炭吸着塔)④遮水シートの補修、不織布の設置、地盤沈下対策	①活性炭吸着装置、ろ過式集塵器によるダイオキシン削減を図る。②ごみの定量供給による安定燃焼や高温(950℃以上)を維持した完全燃焼などによるダイオキシン発生を抑制を行う。③活性炭吸着塔(悪臭ガスを活性炭に吸着させるシステム)などにより排ガスを高度処理する。
東京都日の出町・谷戸沢・二ツ塚埋立て中	一般管理	◆面積220,000㎡、184,000㎡ ◆容量520,000?、370,000? ◆期間1984～1998年、1998～16	①ダイオキシン②TBP(トリブチキシルフェニル)③TCEP(トリクロロエチルホスフェート)④カドミウム⑤砒素⑥鉛⑦水銀及びその他の化合物	①160g ②③0.02 mg/L最大なもので ④45.6mg/kg ⑤5.3mg/kg ⑥2200mg/kg ⑦4mg/kg	◆焼却灰、医療廃棄物、不燃物等の連立したごみ等が原因となる。 ◆遮水シートが破損する。廃棄物の層が増すとごみの圧力がかかると引張られて裂けてしまう。特に雨水排水弁付近のシートとボックスカルバートの接合部は裂け易い。	計600トン以上の焼却灰(2001年4月～)。その他の詳細は不明。	問題発生後の対策 ①遮水シート②混合土③モニタリングシステム④電気漏洩検知システム	①厚さ1.5cm以上の熱塑性ポリウレタンシートは強度、耐久性に優れる。シートの接合は自動式熱溶着機を使用して完全に接合箇所が一体化して引張り強度が強い。②ベントナイト混合土は水性性を高め、浸出水の漏洩を防止する。③漏水位置を早期検知できる。50?ブロックに分けてに設置。④シートは電気を通さないため、破損が生じた場合、シート上の電極により電流が流れる。
山梨県明野埋立て前	両方管理	◆面積86,000㎡ ◆容量520,000? ◆期間5.5年(予定期間)	事前評価:ダイオキシン	-	事前評価: ◆管理型の処分場であっても違法の廃棄物が持ち込まれることにより、予定外の有害物質が含まれることは避けられない。 ◆大量の廃棄物を埋立てるために、不燃沈下などが生じ、遮水シートが破損し、有害物質が外に漏れる。	-	埋め立て開始前の対策 ①遮水工法②焼却灰の処理	①②2重の遮水シート+電気的漏水検知システムの組み合わせとなる。シートの下にベントナイト等を敷く。ただし、廃棄物が無害化する前にシートが劣化し有害物質が外に漏れだしてしまうことは否定されない。②搬入されてくる焼却灰を溶融化等して無害化する。

限られた範囲の情報ではあるが、こうしたインターネットによる陸上廃棄物処分場の紛争事例と既往の研究のレビューから導かれる廃棄物処分場の立地を検討する際に留意すべき事項は、①紛争回避努力の重要性、②処分場の必要性と規模、③処分場の場所、④自区域内処理と広域処理の比較、⑤対象廃棄物、⑥施設の構造、⑦施設の維持・管理、⑧モニタリング、⑨漏洩防止技術の高度化、⑩漏洩時の緊急対応、⑪地域還元であると整理することができる(表-13)。この整理は、これだけを留意すれば十分であるというものではない。こうした点に留意することで紛争の発生や悪化を軽減できる可能性があるというものである。このため、海面処分場の立地を検討する際には、これらの留意事項の他にも地域や事業の特性を種々分析し、必要な配慮を行うことが必要である。

表-13 廃棄物処分場の立地を検討する際の留意事項

No	項目	留意事項
1	紛争回避努力の重要性	マスコミに取り上げられるような反対運動が起これば、計画が長期化し、運用開始に至るのが難しい状況になることを認識し、そうした事態を回避する努力の重要性を認識する。
2	処分場の必要性と規模	廃棄物の減量化や再資源化の努力をできるだけ具体的に示し、その上での必要処分量であることを示す。
3	処分場の場所	場所選定の考え方、現地の各種データ、代替地との比較などによって、なぜその場所に処分場を建設する必要があるのかを、できるだけ具体的に示す。
4	自区域内処理と広域処理の比較	自区域内処理と広域処分場の長所短所を比較するなどし、選択した方式がより合理的であることをできるだけ具体的に示す。
5	対象廃棄物	対象廃棄物の種類と選別方法を示し、処分場からの有害物質の漏洩等の不安をできるだけ取り除く。
6	施設の構造	施設の構造や埋立方法を示すなどし、処分場からの有害物質の漏洩等の不安をできるだけ取り除く。
7	施設の維持・管理	護岸や遮水工の健全性確保の方法、場内から排出する水の処理方法、廃棄物の搬入方法を示すなどして、処分場からの有害物質の漏洩、悪臭・騒音・振動、交通渋滞等の不安をできるだけ取り除く。
8	モニタリング	工事期間、埋立期間、埋立後のモニタリングの方法と結果を開示するなどして、危険が大きくなる前に検知する努力をすることを示す。
9	漏洩防止技術の高度化	処分場からの有害物質の漏洩が、人々の最も関心の高い事柄である。このため、処分場からの有害物質の漏洩防止の信頼性を大きく高める技術開発に取り組む。
10	漏洩時の緊急対応	有害物質の漏洩等が発見された場合の緊急対応のルール、体制などを示し、処分場からの有害物質の漏洩等の不安をできるだけ取り除く。また、緊急時の汚染拡大防止や汚染処理技術の高度化に取り組む。
11	地域還元	埋立完了後の処分場の利用方法を示すなどして、地域の負担緩和の努力を示す。

(2) 沿岸開発に関する住民の意識

海面処分場についての社会的受容性を分析する際の参考とするため、有明海の環境問題を事例として沿岸開発と環境保護についての住民意識を調査し、分析した。

a) 調査の対象者と調査票の送付

アンケート調査の対象者は、熊本県熊本市，本渡市，菊池市の住民とし、住宅地図から無作為に各市800名を抽出し、全体で2,400名を抽出した。調査票は2005年8月に発送し、回収した。

b) 有明海の環境対策に対する認識

(ア) 対策の方向

有明海の環境の現状を考えたとき、各環境項目に対して、「今より悪化させない」、「もっと良くする」、「現状の対応でよい」、「対応を少し減らす」のいずれの取組が必要か、回答者の考えを質問した。そして、質問の際には、どの対策にも必ず何らかのコストがかかることを考慮するように付記した。この質問に対する回答は、図-25のとおりである。

「もっと良くする」とした割合が最も多いのは「海岸でのゴミや利用のマナー」で、回答割合は74%である。次に多いのは、「魚介類」と「水質・底質」の62%である。その次に多いのは、「藻場」の44%、「砂浜」の41%、「干潟」の39%、「公園や緑地」の46%、「海や海辺の景観」の38%である。

「もっと良くする」と「今より悪化させない」をあわせ、「何らかの対応が必要」と考えている割合が多いのは「水質・底質」，「海岸での利用やゴミのマナー」，「魚介類」で90%強あり、1位グループを形成している。2位グループは「干潟」，「藻場」，「砂浜」で80%弱である。

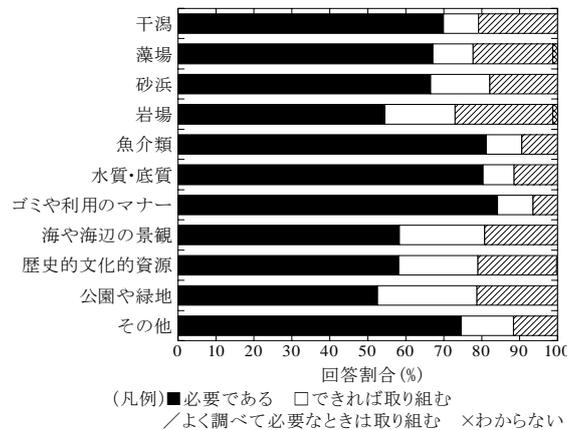
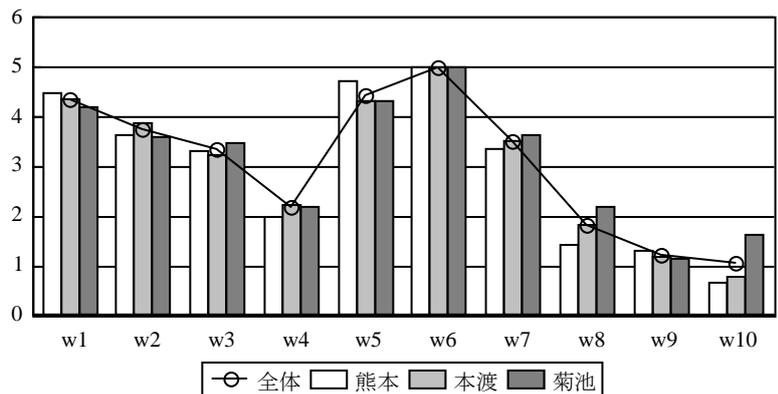


図-25 各環境項目に対する対応の必要度

(イ) 対策の重要な順位

各環境項目に対する対策の取り組み方を調べただけでは、各環境項目間の相対的な対策の重要度が分からない。そのため、対策をとることが重要であると考える環境項目を1位から6位まで質問した。その結果をLogitモデルを使って各変数の重み係数を求めたものが図-26である。1位グループは、(ア)の結果とは異なり、「水質・底質」、「魚介類」、「干潟」である。

「海や海辺の景観」で若干の地域差があるが、それ以外は地域間で違いがほとんどない。それは、対策間の相対的な重要度が地域ごとにあまり違いがないことを意味している。



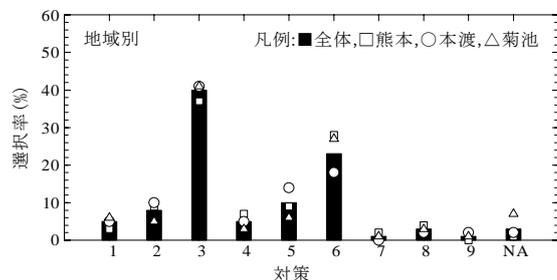
(凡例) 縦軸は重み係数の値、横軸は環境項目である。環境項目は、w1:「干潟」、w2:「藻場」、w3:「砂浜」、w4:「岩場」、w5:「魚介類」、w6:「水質・底質」、w7:「海岸でのゴミや利用のマナー」、w8:「海や海辺の景観」、w9:「歴史的・文化的資源」、w10:「公園や緑地」である。

図-26 対策の重み係数

(ウ) 有明海の環境に関心を持つ理由

有明海の環境に関心を持つ最も大きな理由を質問した。その結果は図-27のとおりである。回答割合が大きいのは、「子供たちや後世の人々のために汚れない自然を残さなければならない」の39%、「むだな開発による環境破壊を止めたい」の23%、「水産資源の減少を防がなければならない」の10%、「汚れた環境は人間の健康を害するおそれがある」の8%の順である。

有明海の環境に関心を持つ理由を地域で分けてみると、「子供たちや後世の人々のために汚れない自然を残さなければならない」では熊本が少し小さく、「むだな開発による環境破壊を止めたい」では本渡が小さい。「水産資源の減少を防がなければならない」では本渡が大きく、「汚れた環境は人間の健康を害するおそれがある」では菊池が小さい。

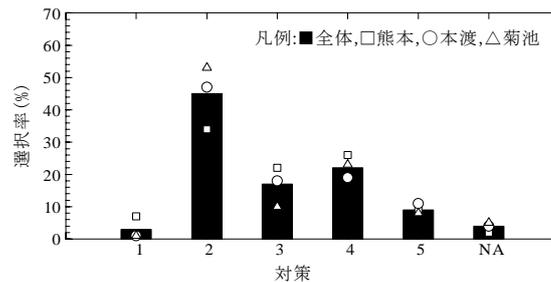


(凡例) 1: 汚れない環境は人生を快適にする、2: 汚れた環境は人間の健康を害するおそれがある、3: 子供たちや後世の人々のために汚れない自然を残さなければならない、4: あらゆる生命を大切にしなければならない、5: 水産資源の減少を防がなければならない、6: むだな開発による環境破壊を止めたい、7: その他、8: よく分からないが、何となく心配だ、9: 関心がない

図-27 有明海の環境に関心を持つ理由

(エ) 費用の負担

有明海の環境問題について周辺地域の人々や企業がどれだけ費用を負担すべきかを質問した。結果は図-28 のとおりである。「ほとんどを地域で負担すべきだが地域だけではどうしようもない」とした割合が45%で最も多い。それに対して、無力感を含んでいない「ほとんどを地域で負担すべき」を選択した割合は3%しかない。2番目に多いのは「ほとんどを全国で均等に負担すべき」で22%、3番目に多いのは「有明海周辺地域と他地域が同等に負担すべき」で17%であり、両者をあわせた何らかの割合で国の負担を求める回答の割合は39%である。「ほとんどを地域で負担すべきだが地域だけではどうしようもない」では熊本が小さく、「有明海周辺地域と他地域が同等に負担すべき」では菊池が小さい。



(凡例) 1: ほとんどを地域で負担すべき, 2: ほとんどを地域で負担すべきだが地域だけではどうしようもない, 3: 有明海周辺地域と他地域が同等に負担すべき, 4: ほとんどを全国で均等に負担すべき, 5: その他

図-28 有明海の環境問題に対する費用負担

5.3.2 施策への反映

海面処分場立地のための社会的受容性を分析するため、インターネット情報検索や文献の整理により、廃棄物処分場の紛争事例について情報収集を行い、廃棄物処分場立地の際の紛争の特徴を把握し、廃棄物処分場の立地を検討する際の留意事項を整理した。また、沿岸開発と環境保護についての住民意識分析を有明海の環境問題を対象に行い、周辺地域の人々が持っている有明海の環境問題に対する認識の特徴を把握した。

ここで整理した海面処分量の立地を検討する際の留意点は、これだけを留意すれば十分であるというものではない。こうした点に留意することで紛争の発生や悪化を軽減できる可能性があるという性格のものである。このため、海面処分場の立地を検討する際には、これらの留意事項の他に地域や事業の特性を種々分析し、必要な配慮を行うことが必要である。このようなものではあるが、ここで整理した留意事項を海面処分場の立地を検討する際の参考とし、丁寧に各種の配慮を行うことにより、紛争発生のリスクを低減することができる。と考える。

マスコミ報道では特徴的な出来事が報道されるが、そこから地域の人々が沿岸開発や環境保護に対してどのような認識を持っているかを推量することができない。有明海の環境問題のような広域的な問題に取り組んでいくためには、科学的知見の他に地域の人々がどのような思いを持っているかを知ることが必要である。この研究によって、地域の人々が有明海の環境に対してどのような認識を持っているかについて一定の知見を提供することができたと考える。また、こうした知見は、他の地域での沿岸開発を考える際にも有益な示唆を与え、紛争発生を低減させ、より良い公共事業を行っていくことにもつながる有用なものである。

5.3.3 今後の課題

海面処分場の紛争は、建設事例が陸上に比べて著しく少ないこともあり、事例や情報が不足していたため、直接に分析を行うことができなかった。このため、海面処分場についての紛争が発生した場合にはそれについての情報を蓄積し、分析につなげていく環境の整備に努めることが必要である。

沿岸開発と環境保護についての住民意識調査は、回答率が低く、結果の信頼性が十分とは言えない。このため、今後は、もっと偏りの少ない、回答率の高いアンケートを行い、人々の意識をより正確に把

握していくように努めることが必要である。

今回行った研究方法以外にも種々の研究方法がある。そうした様々な手法をうまく動員して、社会の状況や動きをより正確に把握することに努めることも、分析の信頼性や有効性を高めていくために必要である。

成果の公表

- 1) 鈴木武：有明海の環境問題に対する周辺地域住民の意識の特徴，環境システム研究論文発表会講演集，Vol.33，土木学会，2005年11月，pp.239-244.
- 2) 鈴木武：有明海の環境に対する周辺地域の人々の意識構造，有明海・八代海の再生・維持への研究，熊本大学沿岸域環境科学教育研究センター，2006年3月.
- 3) 鈴木武：有明海の環境に対する住民の意識構造，国土技術政策総合研究所資料，No.325，2006年9月.
- 4) 鈴木武：コンジョイント分析による有明海の環境改善に対する支払意思の推定，環境システム研究論文発表会講演集 Vol.34，土木学会，2006年10月，pp.85-90.
- 5) 鈴木武：住民意識からみた有明海の環境問題，港湾空港技術特別講演会 in 九州，2006年11月.

参考文献

- 1) 桜井宏之（2002）：一般廃棄物最終処分場建設における反対運動及び新規運用の要因分析，滋賀県立大学.
- 2) 瀬尾潔・高橋富男（1989）：廃棄物処理施設建設にかかわる紛争要因の解析，第10回全国都市清掃研究発表会講演論文集，全国都市清掃協会，pp.13-15.
- 3) 瀬尾潔・古市徹・高橋富男（1993）：産業廃棄物処理施設の住民合意と公共関与の課題，第4回廃棄物学会研究発表会講演論文集，廃棄物学会，pp.68-83.