

早期安定化に資する可能性がある技術の個票

整理番号 19

技術の名称	厚覆土			
処理対象	一般廃棄物・産業廃棄物			
技術分類	種別	大分類	中分類	対策技術
	覆土	覆土	厚い覆土	厚覆土
対象物質等	COD	T-N	重金属	pH, H ₂ S
技術熟度	★★	★. アイデア段階 ★★. 理論的研究・基礎実験の段階 ★★★. 実証が必要な段階 ★★★★. 実証試験中・終了の段階 ★★★★★. 実際の施工事例がある段階		
適用可能ライフステージ	埋立開始前	埋立開始～埋立後期	埋立後期以降	

技術の概要

建設残土等の良質土により、覆土部分を通常施工される一般的な厚さ（1m）よりも厚く、インフラの埋設深さや施設の基礎の大きさ等も考慮して覆土する技術である。また、保有水等の水位付近まで廃棄物が存在しないように、沈下量を管理して施工することが特徴である。

厚覆土の施工により、保有水等の水位付近まで廃棄物がないため、地表面からの浸透過程での雨水の汚濁を防止できる。

更に、埋立終了以降の土地利用において、表層の掘削時に生活環境に及ぼす影響を抑制することで、管理型廃棄物の埋立地を早期に表層利用することが可能となる。（図-1）

施工に当たっては、表層に覆土するための通常の技術が適用可能である。厚覆土の材料は、跡地を表層利用する際に生活環境に影響を及ぼさずに掘削可能な良質土とする。

港湾用地として表層を有効利用するため、覆土厚さは、既存施設における基礎の事例及びインフラの埋設深さに基づいて計画し（例：基礎深さ3.5m＋最小覆土厚0.5m）、良質土底部が管理水位以下の深さとなるように、廃棄物層の圧密と底部遮水層等の原地盤の沈下分を見込んで施工する。

効率よく集排水するため、管理水位レベルに集排水暗渠等を設置する場合は、暗渠上面より以浅を覆土施工する。また、側溝の整備や整備段階に応じて下水道により雨水排除を行う。



図-1 厚覆土工法の基本概念

出典：大阪湾フェニックス管理型処分場における早期安定化・早期土地利用方策検討委員会報告書
 （大阪湾広域臨海環境整備センター委託）大阪湾フェニックス管理型処分場における早期安定化・
 早期土地利用方策について 2016

技術の名称	キャッピング			
処理対象	一般廃棄物・産業廃棄物			
技術分類	種別	大分類	中分類	対策技術
	維持管理	雨水排除	浸透防止	キャッピング
対象物質等	COD	T-N	重金属	pH H ₂ S
技術熟度	★★★★★	※陸上処分場のみ		★. アイデア段階 ★★. 理論的研究・基礎実験の段階
適用可能ライフステージ	埋立開始前	埋立開始～埋立後期	埋立後期以降	★★★. 実証が必要な段階 ★★★★. 実証試験中・終了の段階 ★★★★★. 実際の施工事例がある段階
	技術の概要			

雨水の浸透を防止するため、覆土部に遮水シート、不透水性土層等遮水工と同等の遮水性を有する不透水層を設置して、保有水等の水位上昇を防止する。
 キャッピングの方法としては、①遮水シートによる方法、②ベントナイト混合土等による工法、③GCL(ジオシンセティッククレイライナー)等加水により膨潤する材料を用いる工法等がある。
 キャッピング層厚は、素材により異なるが、遮水シートは1.5mm厚程度、GCLは数mm、粘性土層は50cm程度である。
 いずれの素材を用いた場合も、上部の土地利用時の衝撃緩和や接触による損傷防止等キャッピング材の保護のため、保護層を設ける。保護層の厚さは、土地利用の内容によって異なり、キャッピングを損傷しない厚さを確保する。(図-1)

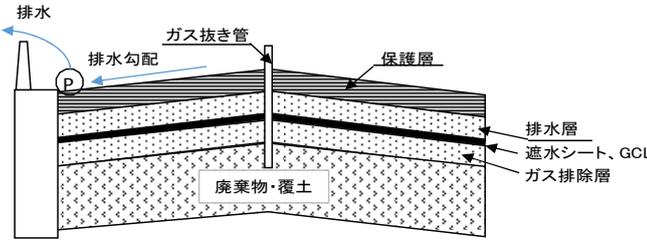


図-1 遮水シートやGCLによるキャッピングの概念図¹⁾

※GCL：一般的にベントナイト粘土層をジオテキスタイルで挟み込んだり、ベントナイト粘土層をジオメンブレンやジオテキスタイルに接着させたジオコンポジットで、廃棄物埋立処分場の遮水ライナーとして使用される。

○ 施工による影響と対策例¹⁾

- ・遮水シート等のキャッピングにより雨水の浸透が阻害されることから、キャッピング上部には排水層を設置する必要がある。排水層は、砂や碎石の層に有孔集排水管を格子状や魚骨状に配置した構造である場合が多い。この場合の排水層の厚さは、流域面積にもよるが、20cm～50cm程度である。排水層やガス排除層にジオテキスタイルやジオコンポジット等を用いる場合もある。この場合の層厚は、それぞれ数cm以下である。
- ・埋立地の地盤は、不等沈下の発生があることから、不等沈下した場所は、雨水溜りが生じるので、これらの対策が必要である。したがって、陸上の埋立地では事例があるものの、沈下の大きい海面埋立地での事例はない。
- ・また、キャッピングにより埋立ガスの放散が阻害されるので、局所的にガスが滞留して高濃度となることがあるので、埋立ガスの排除が必要である。ガス排除層は、砂や碎石などの層内に集ガス管を格子状や魚骨状に配置するとともに、土地利用に支障のない場所でガスを大気放散するガス抜き管が設置された構造が多い。ガス排除層の厚さは、ガス量やガス圧にもよるが、20～50cm程度である。
- ・排水した雨水を排除するため、ポンプアップまたは護岸削孔が必要となる。
- ・地表面を覆うことから、キャッピング層を貫通する工事等を伴う土地利用には制限が生じることが多いので留意する。
- ・また、埋立竣工高さは、ガス排除層、キャッピング層、排水層、及び保護層の厚さ分が高くなること、保護層表面は雨水排水勾配が必要となることから、これらの厚さ分を考慮して設定する必要がある。
- ・なお、別の研究²⁾では、海面埋立処分場は非常に広大な面積を要しているため、全体をキャッピングすることは物理的に不可能である。そこで、非常にCOD濃度が高い場所に関しては、部分的なキャッピングを行い、雨水の浸透を防止するとともに、浸出水を引き抜いて安定化を促進する方法が考えられるとの報告もある。

出典：1) (公財) 廃棄物・3R研究財団 海面最終処分場の形質変更方法検討業務報告書(環境省委託) 2015
 2) 藤原康弘・水岡翔・安田憲二・田中勝 廃棄物海面最終処分場における安定化促進に関する研究 第17回廃棄物学会研究発表会講演論文集 2006

技術の名称： 通気・浸透抑制キャッピングシステム、低透水性覆土材
 処理対象： 一般廃棄物・産業廃棄物

技術分類：	種別	大分類	中分類	対策技術
	維持管理	雨水排除	浸透抑制	通気浸透抑制キャッピング

対象物質等： COD T-N 重金属 pH H₂S

技術熟度： ★★★★★ ※通気防水シート事例は陸上処分場のみ
 ※低透水性覆土材は海面処分場
 ★. アイデア段階
 ★★. 理論的研究・基礎実験の段階
 ★★★. 実証が必要な段階
 ★★★★. 実証試験中・終了の段階
 ★★★★★. 実際の施工事例がある段階

適用可能ライフステージ： 埋立開始前 埋立開始～埋立後期 埋立後期以降

技術の概要：

雨水の浸透を防止するため、覆土部に空気は通すが水を通しにくい通気防水シートによる不透水層を設置して、保有水等の水位上昇を防止する。(図-1)
 通気防水シート層厚は、1mm程度である。(図-2、図-3)
 上部の土地利用時の衝撃緩和や接触による損傷防止等キャッピング材の保護のため、保護層を設ける。
 保護層の厚さは、土地利用の内容によって異なり、キャッピングを損傷しない厚さを確保する。

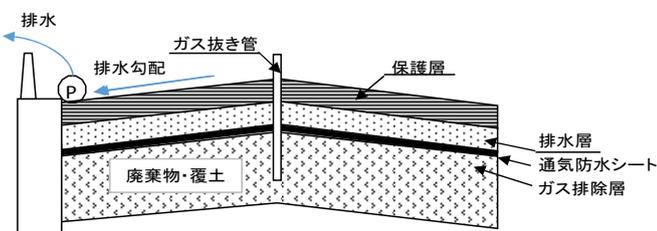


図-1 通気防水シートによるキャッピングの概念図

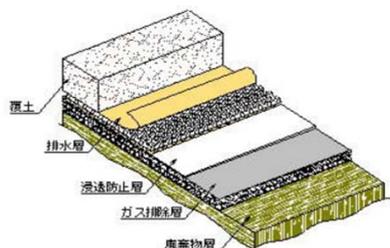


図-2 通気防水シートによるキャッピング構造

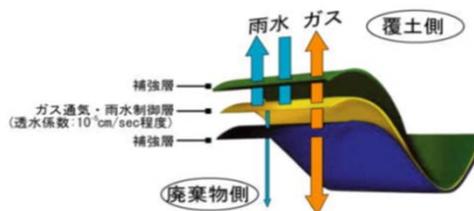


図-3 通気防水シートの構造

○ 施工による影響と対策例

・遮水シート等のキャッピングにより雨水の浸透が阻害されることから、キャッピング上部には排水層を設置する必要がある。排水層は、砂や碎石の層に有孔集排水管を格子状や魚骨状に配置した構造である場合が多い。排水層の厚さは、流域面積にもよるが、20cm～50cm程度である。ジオテキスタイル等を用いる場合は、数mm程度である。

・埋立地の地盤は、不等沈下の発生があることから、不等沈下した場所は、雨水溜りが生じるので、これらの対策が必要である。したがって、陸上の埋立地では事例があるものの、沈下の大きい海面埋立地での事例はない。

また、キャッピングにより埋立ガスの放散が阻害されるので、局所的にガスが滞留して高濃度となることがあるので、埋立ガスの排除が必要である。ガス排除層は、砂や碎石などの層内に集ガス管を格子状や魚骨状に配置するとともに、土地利用に支障のない場所でガスを大気放散するガス抜き管が設置された構造が多い。ガス排除層の厚さは、ガス量やガス圧にもよるが、20～50cm程度である。ジオテキスタイル等を用いる場合の層厚は数mm程度である。

・排水した雨水を排除するため、ポンプアップまたは護岸削孔が必要となる。

(雨水排除に係る事例)

○低透水性覆土材

前項の通気・浸透抑制の事例と異なって、低透水の覆土材を用いて施工する技術である。

透水性の低い土砂を覆土して雨水の浸透を抑制する技術、汚濁物質の移流を抑制することで一定の封じ込め効果を有する。雨水は、道路下の雨水集水管で速やかに海面に放流する。

技術の名称	キャピラリーバリア			
処理対象	一般廃棄物・産業廃棄物			
技術分類	種別	大分類	中分類	対策技術
	維持管理	雨水排除	浸透抑制	キャピラリーバリア
対象物質等	COD	T-N	重金属	pH H ₂ S
技術熟度	★★★★★	※陸上処分場のみ		★. アイデア段階
適用可能ライフステージ	埋立開始前	埋立開始～埋立後期	埋立後期以降	★★. 理論的研究・基礎実験の段階
				★★★★. 実証が必要な段階
技術の概要				★★★★★. 実証試験中・終了の段階
				★★★★★. 実際の施工事例がある段階

雨水の浸透を防止するため、毛管力(キャピラリー)の異なる2種(下部礫と上部砂)の材料を重ねると、下部礫層への雨水浸透が抑制され、上部砂層内を雨水が流下する現象を利用して、雨水の下層への浸透を抑制して保有水等の水位上昇を防止する。(図-1)¹⁾

表面勾配と砂等の材質によるが、3%勾配の場合、下部礫層は約20cm程度、上部砂層は約30cm程度である。(図-2)

キャピラリーバリアの実績では、雨水の浸透率(浸透係数)は、2~10%程度である。(図-3)

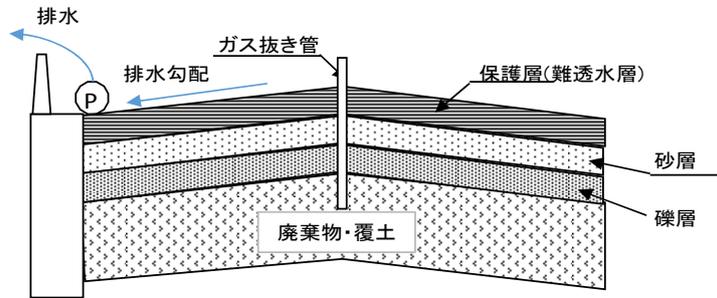


図-1 キャピラリーバリアによるキャッピングの概念図

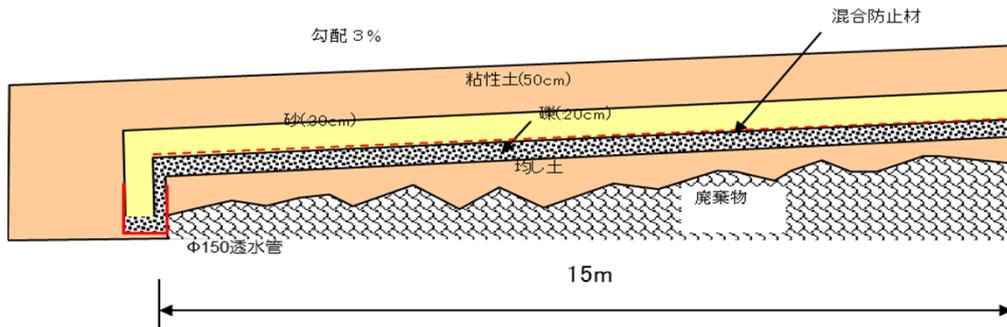


図-2 キャピラリーバリア断面構造

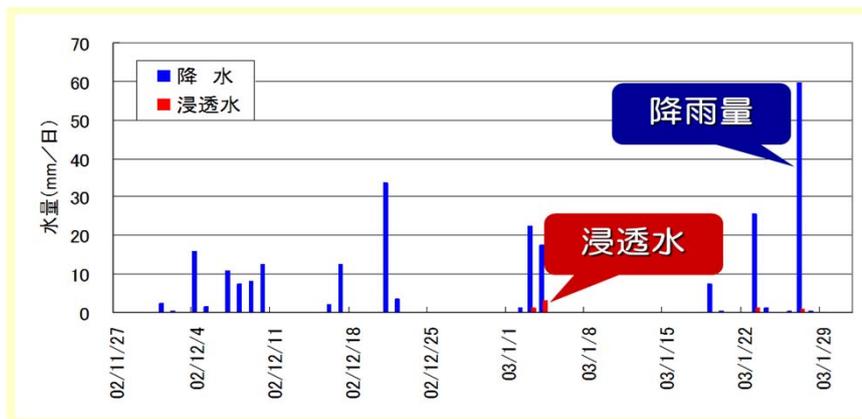


図-3 キャピラリーバリアの浸透防止効果

(1) 施工による影響と対策例

- ・上部土地利用時の保護や雨水等による洗掘防止のため、保護層を設ける。保護層の厚さは、土地利用の内容によって異なるが、透水性の低い粘土等を50cm程度施工する。
 - ・上部砂層内には、雨水排水のため有孔管や排水溝の設置が必要である。その間隔は、勾配等にもよるが最大排水長を15m程度に抑える。
 - ・埋立地の地盤は、不等沈下の発生があることから、不等沈下した場所は、雨水溜りが生じるので、これらの対策が必要である。したがって、陸上の埋立地では事例があるものの、沈下の大きい海面埋立地での事例はない。
- また、キャピラリーバリア本体は透水性が高いので埋立ガスの放散は阻害されないが、透水性の低い保護土がガスの放散を抑制することとなるので、埋立ガスの排除が必要である。砂と積層が設置されることからガス排除層は必要なく、土地利用に支障のない場所でガスを大気放散するガス抜き管が設置すればよい。
- ・排水した雨水を排除するため、ポンプアップまたは護岸削孔が必要となる。
 - ・キャピラリーバリアの場合は、完全に雨水浸透を防止できない(90%以上は雨水排除可能)ので、排水処理との併用が必要である。

(2) 検討事例²⁾

廃棄物処分場内の埋立廃棄物に含まれる有機物残渣を早期に分解して安定化させる技術が望まれている。有機物の分解には適度な水分の供給と空気の循環が必要であり、廃棄物処分場のトップカバーとしてキャピラリーバリア効果を利用した降雨浸透制御システムが知られている。その構造は、上部に細砂層、下部に粗粒層とする地盤材料から構成された二層構造である。本研究では、廃棄物層へより安定した水分量の供給が出来るように、1)地盤材料のみの構造、2)通気性防水シートを利用した構造、3)改良した通気性防水シートを利用した構造の3種類において降雨浸透実験を行い、浸透特性についてそれぞれ検討した。

地盤材料のみの構造や通気性防水シートのみの構造では、廃棄物層への浸透量を意図的に制御することは困難である結果となった。一方、部分的に通水機能を保有する通気性防水シートを利用した構造では、通水部分の突起部の高さを地盤材料の保水性に応じて設定し、また、開口率を調整することで、シート自体の高いキャピラリーバリア効果で側方排水を促進させ、廃棄物層への浸透量を容易に制御できることが示唆された。

- 出典：1) (公財) 廃棄物・3R研究財団 海面最終処分場の形質変更方法検討業務報告書(環境省委託) 2015
2) 小林弘明・小澤一喜・川端淳一・薦田敏郎 キャピラリーバリア効果を利用した処分場トップカバーの検討 第15回廃棄物学会研究発表会講演論文集 2004

技術の名称	水平排水層（全面集水層）			
処理対象	一般廃棄物・産業廃棄物			
技術分類	種別	大分類	中分類	対策技術
	維持管理	雨水排除	浸透抑制	水平排水層
対象物質等	COD	T-N	重金属	pH H ₂ S
技術熟度	★★★★	★. アイデア段階 ★★. 理論的研究・基礎実験の段階 ★★★. 実証が必要な段階 ★★★★. 実証試験中・終了の段階 ★★★★★. 実際の施工事例がある段階		
適用可能ライフステージ	埋立開始前	埋立開始～埋立後期	埋立後期以降	
技術の概要				

処分場全面に廃棄物層よりも透水性の高い粗粒層（全面集水層）を厚覆土直下に敷設することにより、雨水が廃棄物層へ浸透する前に全面集水層を通して側方に排水される。

全面集水層から排水される保有水等は、内水ポンド等を介して速やかに場外に排水することで、廃棄物層に接触する時間が減少し、水質悪化が防止できるため、処分場の早期廃止に資する。（図-1）また、水質の悪化の防止により、水処理の負担も軽減される。

したがって、全面集水層を厚覆土と併せて施工することにより、廃止基準に適合するまでの期間が一層短縮され、また、跡地利用が行いやすくなる。

全面集水層は、杭打ち等によって部分的な破壊があった場合にも、連続性が保たれる限り集水機能は損なわれない。そのため、廃棄物層と雨水等の接触を抑制する他の工法（キャピラリーバリア等）と比べ、高度利用に当たっての支障とならない。

全面集水層の厚さは、不等沈下に配慮した上で保有水等を集水できる必要な断面が確保できる厚さ（1m以上）とする。また、沈下速度が遅い箇所から施工する等、全面集水層の施工順序や施工時の地盤高さを工夫することで、将来的にも全面集水層の連続性を確保することができる。さらに、廃止以降の底部遮水層の残留沈下による全面集水層の沈下量も考慮して施工する。なお、全面集水層を連続的に施工できない場合は、既施工部との残留沈下量の差等を考慮し、接続部は全面集水層を増厚する等の施工上の工夫により対処する。

全面集水層の機能は、保有水等の水位以下に設置し、集水した保有水等を速やかに排水することで発揮される。したがって、底部遮水層の圧密沈下量が小さく、全面集水層の位置が計画した時期に保有水等の管理水位以下とならない場合は、プレロードの施工等の対処が必要となる。

維持管理中の排水は、集水した保有水等を一旦内水ポンドに集め、水処理した上で排水する方法がある。全面集水層で集められた保有水等が排水基準を満足し廃止確認を受けた後は、場外に自然流下で又は揚水して排水する。

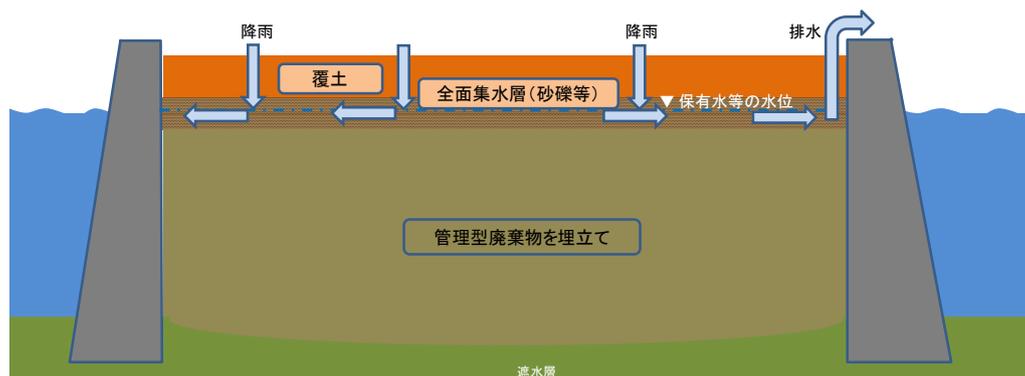


図-1 全面集水層の基本概念

(1) 土槽実験事例²⁾

1) 土槽試験装置と実験ケース

内部を観察できるように透明塩化ビニル製とし、模擬降雨の滴下装置を槽の上部に設け、模擬廃棄物槽内の食紅の移動状況により評価した。実験ケースは、CASE0（従来の排水暗渠を模擬）、CASE2（沈下により保有水に沈没）、CASE3（不等沈下し逆傾斜）、CASE4（上流側と下流側が不連続）、CASE5（高度利用による杭打ち等で部分的に破損）、CASE6（圧密沈下による下部保有水の水質が影響）、CASE7（機能が途中でなくなった若しくは処分場の一部に全面集水層を設置）、CASE8（圧密沈下が進み深い位置となった早期埋没）の計8ケースを設定した。各ケースの概念図を図-2に示す。

2) 実験結果の概要

全面集水層を保有水等の水位以下に設置した場合、浸透した降雨は速やかに排水される。そのため、保有水等の水位の上昇が抑えられ、下部の廃棄物層内の汚濁物質は封じ込められたような状態となる。結果として排水される保有水等の水質は、汚濁物質の影響を受けず、早期に排水基準を満足する可能性がある。この機能は、全面集水層の水平方向の連続性が確保できれば、沈下により全面集水層がかなり深い位置となった場合や、逆勾配となった場合、高度利用（杭打ち等）により部分破損した場合にも期待することができる。食紅の移動評価による保有水流動の可視化実験の結果を図-3に示す。

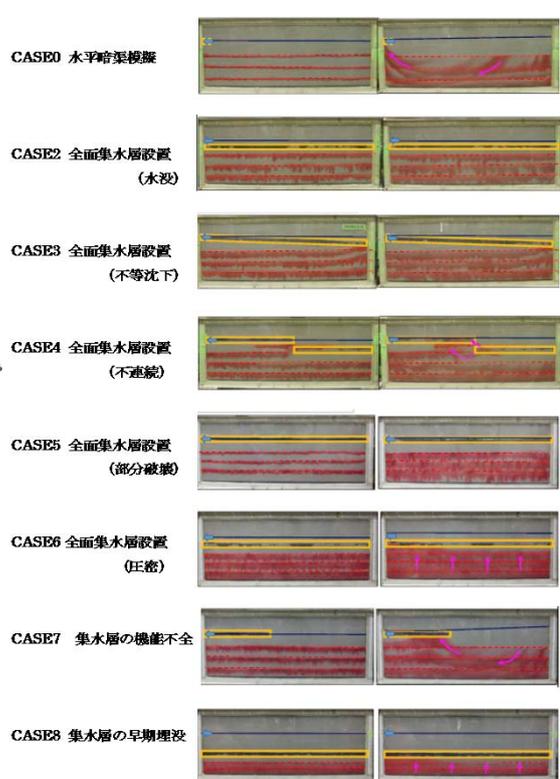
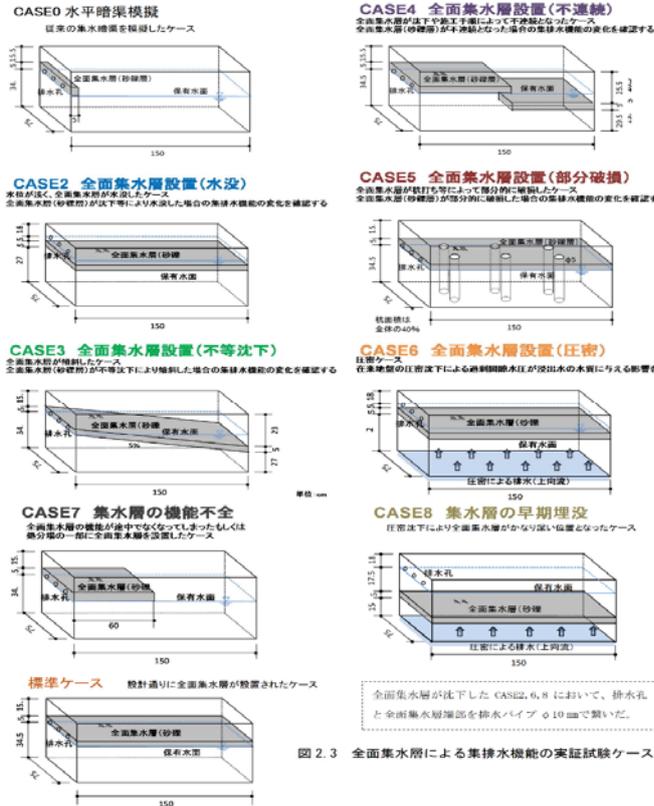


図-3 食紅の移動評価による保有水流動の可視化実験の結果

図-2 土槽実験の各ケースの概念図

出典：1) 国土交通省 全面集水層の基本概念 管理型海面処分場の早期安定化及び利用高度化技術に関する委員会(第1回) 2016
 2) 大阪湾フェニックス管理型処分場における早期安定化・早期土地利用方策検討委員会報告書 (大阪湾広域臨海環境整備センター委託) 大阪湾フェニックス管理型処分場における早期安定化・早期土地利用方策について 2016

技術の名称	水平暗渠			
処理対象	一般廃棄物・産業廃棄物			
技術分類	種別	大分類	中分類	対策技術
	維持管理	洗い出し・安定化促進	洗い出し・集排水促進	水平暗渠
対象物質等	COD	T-N	重金属	pH H ₂ S
技術熟度	★★★★★ ★. アイデア段階 ★★. 理論的研究・基礎実験の段階 ★★★. 実証が必要な段階 ★★★★. 実証試験中・終了の段階 ★★★★★. 実際の施工事例がある段階			
適用可能ライフステージ	埋立開始前	埋立開始～埋立後期	埋立後期以降	

技術の概要

廃棄物層内の浅層部(湖望平均干潮面LWL以浅)における保有水を、水平方向の集水暗渠を通じて連続的に強制排水し、水位をLWL付近まで低下させる。これにより、保有水が低下した領域は好氣的雰囲気になり、廃棄物内に含まれる有機物の分解が進行するとともに、廃棄物層内に浸透した雨水が速やかに排水され、汚濁物質の洗い出しが促進される。

(1) 実証試験事例

【早期安定化のシナリオ】①処分場に降った雨が排水基準を満足する水質で安定して海域に排出される集水暗渠を利用したシステムを構築する。②集水暗渠を処分場全体に設置することで保有水位を地域差なく均等に低下させ、時間遅れのない安定化を期待する。③排水量を増加させることにより短時間に保有水位を低下させ、好氣的雰囲気の領域を拡大する。(図-1)

1) 実証試験概要

設備の構造と概要を図-2と表-1に示す。

廃棄物層内から集水暗渠に流入した保有水は、実証試験設備(長さ30m)の末端に設置した人孔から水中ポンプにより揚水した。また、人孔内の水位を集水管との結合部より低い位置に保ち、保有水が自然流下できるようにした。保有水位は、集水暗渠に直交する2測線に沿って設置した計12箇所と試験ヤード周辺に設置した6箇所の観測孔で、電気式水位計を用いて自動計測した。

2) 試験結果

保有水の集水量と水位変動については、①72~144 m³/dで排水を開始すると、集水暗渠近傍の保有水位は2日間程度で約0.5m低下した。排水量を50m³/dと固定すると、低下水位は0.5~0.6m(保有水位は集水管の管底付近)で維持された。暗渠近傍の各観測孔の水位はほぼ一定で、その経時変化傾向は良く一致した。②平衡状態に達した時点では、集水暗渠から約10m以内の領域の水位低下量はほぼ一定である。集水管から離れると水位低下量は減少し、約30m離れた観測孔で約0.2mの低下が観測された。60m以上離れた地域の保有水位はほとんど変動していなかった。集水暗渠近傍の水位を平衡状態に保てたことから、前記した水位低下範囲(影響範囲)より遠方からも十分に保有水が集水暗渠に流入していることが確認された。(図-3) 集水性能については、①実証試験開始から約1年間保有水を連続して強制排水した。その間、排水量43~50m³/dを維持しており、試験設備の集水性能は現在も低下していない。②実験開始から1年経過した時点で、実証試験設備を掘削調査した結果、集水管とフィルター材にはカルシウムスケール等の付着はほとんど認められず、構造的には集水性能が低下していないことが確認された。また、水中ポンプの分解調査でも、ポンプ内部におけるスケールの付着はほとんど認められなかった。

表-1 実証試験設備の概要¹⁾

区分	項目	内容
集水管	設置深度	LWL 付近、試験前の保有水面下約 1.0m
	設置勾配	1.0%
	管長	30m
	管の材質、管径	塩化ビニール管(有孔管)、VP-200
	フィルター材	割栗石、φ50~100
人孔	規格、規模	2号人孔、φ1200
	全高、設置深度	7110mm、保有水面下約 2.6m
揚水ポンプ	種類、出力	水中ポンプ、0.75kw
掘削方法	オープンカット工法	

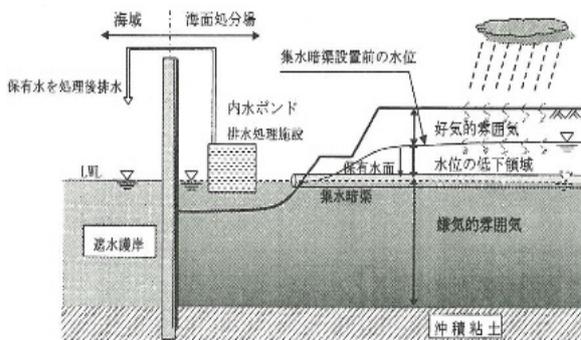


図-1 早期安定化のシナリオ²⁾

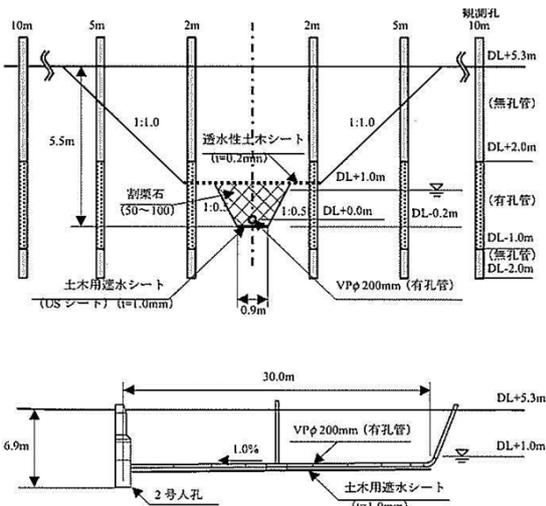


図-2 実証試験設備の構造¹⁾

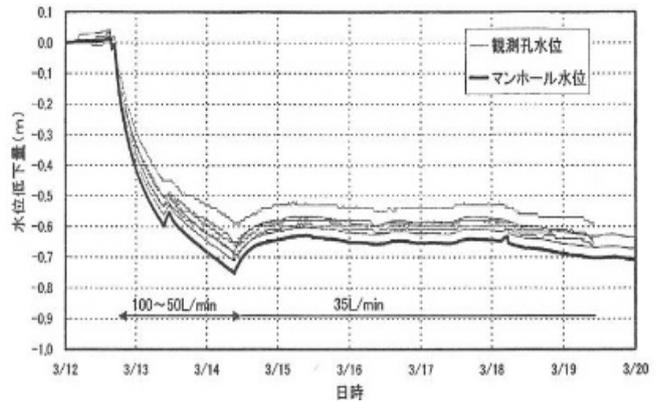


図-3 保有水位の観測結果²⁾

(2) 施工事例

大阪湾広域臨海環境整備センターが管理する泉大津沖埋立処分場と尼崎沖埋立処分場において、集水暗渠を設置して、暗渠末端のピットから揚水ポンプで定量排水している。

1) 集水暗渠の概要

実証試験の結果に基づいて、処分場の周縁部と中央部に集水暗渠を設置し、処分場全体の早期安定化の促進を図っている。設置した集水暗渠は径400mmで総延長約2500mである。(図-4、図-5)

2) 内水ポンドの活用

保有水の水質は高濃度であるため、保有水を直接処理施設へ導入することは、処理施設的能力から困難である。内水ポンドの持つ自浄作用、原水槽機能および雨水調整池機能を活用し、集水された保有水を内水ポンドに導入して処理後放流する仕組みとした。内水ポンドを残した形で廃棄物処分場の廃止を検討することとなる。

3) 内水ポンドへの導入量の制御

可能な限り多くの保有水を排水処理するほど早期の安定化が期待できるが、暗渠の集水能力に比べ処分場の排水処理施設的能力は小さい。内水ポンドへ高濃度の保有水を制御せずに導入すると、内水ポンドの濃度(=原水濃度)が処理能力を超えてしまう。そこで、暗渠の流末の人孔2箇所にゲートとポンプを設置し、導入量の制御を行っている。

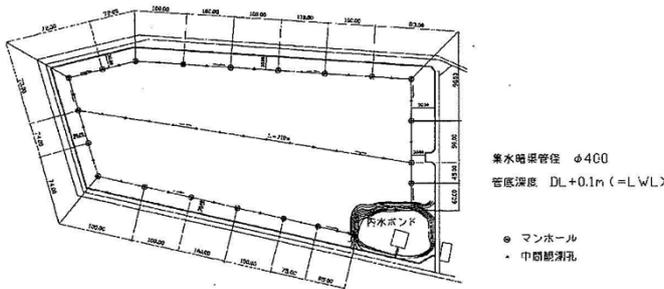


図-4 集水暗渠敷設状況(尼崎沖埋立処分場)²⁾

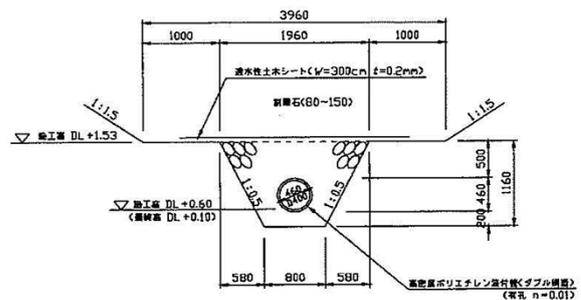


図-5 集水暗渠断面²⁾

出典：1) 東原純・大島高志・榊俊博・前田直也 海面最終処分場の早期安定化実証試験例 第37回地盤工学研究発表会(大阪) 2002

2) 鈴木嘉一・東原純・前田直也 フェニックス尼崎沖管理型処分場の早期安定化対策 地盤工学会誌 2003

技術の名称	群揚水井戸			
処理対象	一般廃棄物・産業廃棄物			
技術分類	種別	大分類	中分類	対策技術
	維持管理	洗い出し・安定化促進	洗い出し・集排水促進	揚水井戸
対象物質等	COD	T-N	重金属	pH H ₂ S
技術熟度	★★★★★ ★. アイデア段階 ★★★. 理論的研究・基礎実験の段階 ★★★★. 実証が必要な段階 ★★★★★. 実証試験中・終了の段階 ★★★★★. 実際の施工事例がある段階			
適用可能ライフステージ	埋立開始前	埋立開始～埋立後期	埋立後期以降	

技術の概要：

処分場の竣工後に揚水井戸を設置し、保有水等を集水して浸出液処理施設で処理することにより、埋立処分地内の保有水を雨水の浸透によって浄化を図る方法である。

(1) 群揚水井戸^{1) 2)}

埋め立てが終了した海面処分場を早期に安定化するために、浮島1期廃棄物埋立処分場で用いられている方法である。(図-1、図-2、写真-1)^{1) 2)}

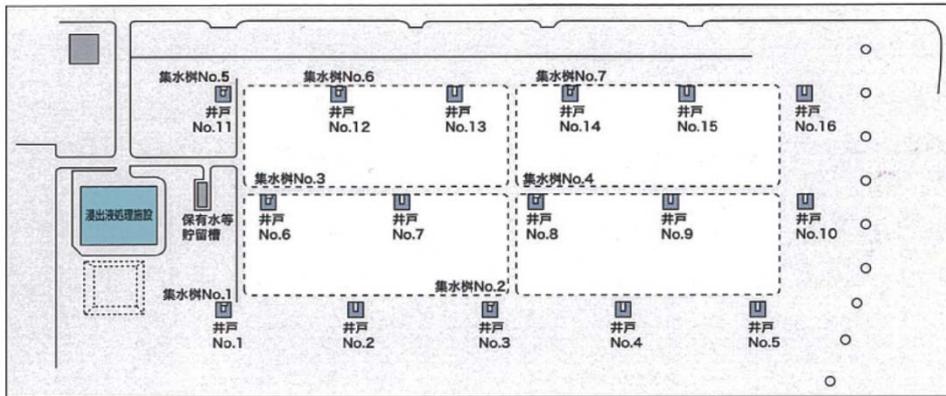


図-1 早期安定化のための井戸及び浸出液処理施設の配置例

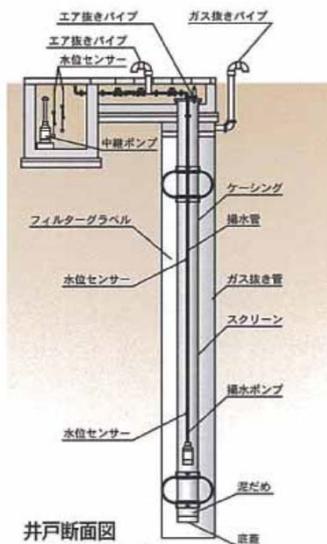


図-2 井戸構造



写真-1 浸出液処理施設全景

(2) 単独井戸³⁾

単独揚水井戸：小規模の処分場で、太い井戸1本程度で揚水する方法である。

揚水井戸の場合、揚水ポンプは水位制御の上限で稼働を開始するが、揚水による保有水等水位面の動水勾配は、廃棄物層の透水係数等によって異なるため、その勾配と管理水位を考慮して、揚水井戸の位置、本数を設定する必要がある。

したがって、単独井戸では、特に留意する必要がある。(図-3)

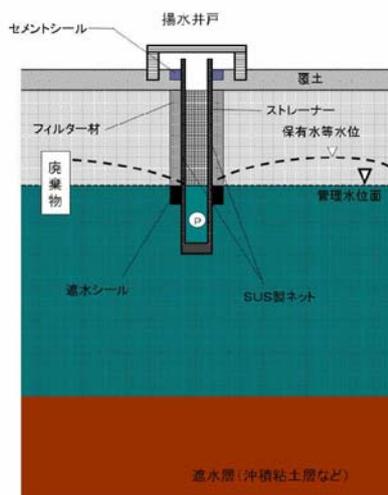


図-3 管理水位面以浅の保有水等を揚水対象とする揚水井戸の設置例 ³⁾

出典：1) 国土交通省 港湾局 (財) 港湾空間高度化環境研究センター 一般廃棄物を受け入れる廃棄物埋立護岸の有効な土地利用検討業務報告書 2009

2) 川崎市 浮島1期廃棄物埋立処理地浸出液処理施設 パンフレット

3) 海面最終処分場閉鎖・廃止基準適用検討会(環境省委託) 海面最終処分場閉鎖・廃止基準適用マニュアル策定に向けた検討結果報告書 2005

技術の名称	鉛直透水孔			
処理対象	一般廃棄物・産業廃棄物			
技術分類	種別	大分類	中分類	対策技術
	維持管理	洗い出し・安定化促進	洗い出し・集排水促進	鉛直透水孔
対象物質等	COD	T-N	重金属	pH, H ₂ S
技術熟度	★★	★. アイデア段階 ★★. 理論的研究・基礎実験の段階 ★★★. 実証が必要な段階 ★★★★. 実証試験中・終了の段階 ★★★★★. 実際の施工事例がある段階		
適用可能ライフステージ	埋立開始前	埋立開始～埋立後期	埋立後期以降	
	技術の概要			

保有水の水質を早期に改善させ、「安定化」に至る期間を短縮するために、「雨水による廃棄物層の汚濁成分を含む保有水等の洗い出し効果」に着目し、閉鎖後の既存処分場における安定化促進工法の新技術として立案した。¹⁾

本工法は図-1に示すように、覆土層および廃棄物層上部まで、打ち込み索孔方式で孔付けをし、その空隙に透水性の良い材料(砂等)を充填することで、降雨を直に廃棄物層に浸透させるほか、覆土の透水機能を増進させ、かつ、発生ガスが抜けやすい構造にすることで、埋立地内の不飽和帯に好氣的雰囲気を作成する工法である。

他の研究報告文献では、覆土の透水性を高めることによって廃棄物層内に空気が進入し、好氣的な生物分解反応が進行することで、層内の安定化が促される可能性があることを、室内実験より得ている。また、廃棄物層への強制通気の効果を生シメーター試験により評価しており、実験当初10~11と強アルカリであった浸出水のpHが、好酸化に伴い7~8へと低減するという実験結果を得ている。一方で、閉鎖した海面処分場において実施したボーリング調査及び標準貫入試験において、廃棄物層表層部(深度1m)で高いN値を示しており、当該ボーリングコアを用いたフェノールフタレイン溶液に対する呈色反応からも、焼却残渣中に含まれるカルシウムの固結作用による透気・透水係数の低下や、状況によっては保有水が被圧されてしまうことに伴う保有水位の高止まりが懸念される。

本工法は、そういった陸化後の十分な転圧効果と、中間処理に伴う脱塩・脱硫剤であるカルシウム系物質(石灰等)を多量に含む廃棄物の再固化に起因する廃棄物上面のフィルム状固化帯を破ることで、一層雨水及び空気が廃棄物内に浸透し得ると考えられる。

さらに、実際に既存処分場に本工法を導入する際には、場内地表面において雨水が集積しやすい構造となっている凹地部(水溜まり)に鉛直透水孔を設置する(図-2)ことで、複合的なメリットを有する安定化促進工法となり得ると考えられる。また、最終覆土を施工したばかりの閉鎖直後の処分場においては、図-3に示すような工法を併用することで、対応は可能であると考えられる。

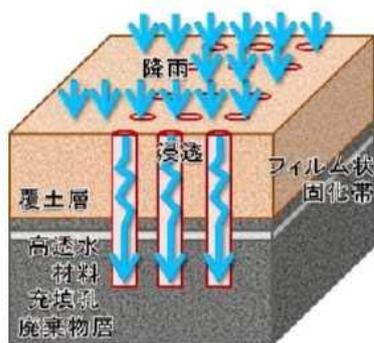


図-1 鉛直透水土法の概要

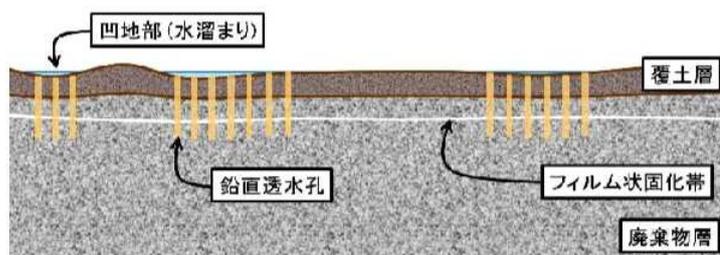


図-2 鉛直透水土法の現場への導入

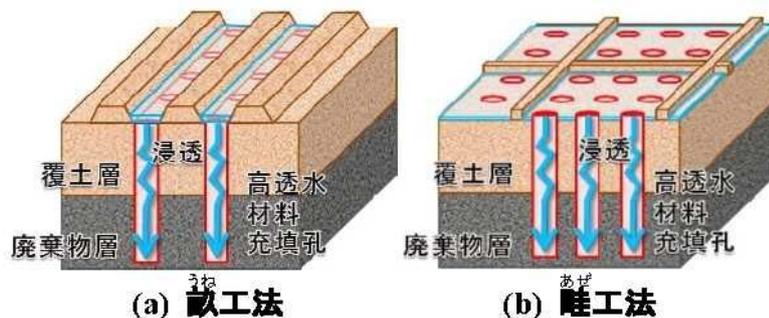


図-3 凹地部の人工的な造成

○ 実験報告例²⁾

閉鎖後の既存処分場における安定化促進工法の新技術として、鉛直透水孔工法の有効性の検証について、一次元円筒水槽を用いた室内実験を行った。

1) 実験概要

実験試料を表-1に示す。まさ土を用いて実際の処分場の透水係数を模擬することとした。また、透水係数を調整するための粒度調整材としてスラグを、鉛直透水孔の充填材として、赤く着色した砂(2mmふるい残留分)を使用した。実験装置は、直径30cm、高さ30cmの亚克力円筒を所定の高さまで積み重ねた水槽である。(図-4) 実際の処分場の廃棄物層及び覆土層と、同等程度の透水係数を有する模擬層を作製し、その上で今回提案する鉛直透水孔を孔付けする。透水係数は、[廃棄物層] $k_c=1.0 \times 10^{-5}$ (m/s)、[覆土層] $k_c=1.0 \times 10^{-6}$ (m/s)を想定している。中間処理に伴う脱塩・脱硫剤であるカルシウム系物質(石灰等)を多量に含む廃棄物の再固化に起因する廃棄物上面のフィルム状固化帯も、まさ土を用いて模擬している。水槽底面に備えられたコックより、塩水を水槽内に供給することで保有水を模擬した。(表-2)

2) 実験結果

室内実験におけるECの低減状況から、鉛直透水孔の設置により覆土層等の透水性が改善されるため、雨水は早期に廃棄物層へと導入し得ることが示唆された。(図-5)

その結果、保有水は透水孔未設置の場合より早期に希釈され、CODの値は低減し得る可能性があると考えられる。

pHについては、鉛直透水孔を設置することにより、早期に低下する可能性が示唆された。(図-6)

表-1 実験試料

用途	覆土及び 廃棄物の模擬	粒度調整	鉛直透水孔 の充填
試料	まさ土	スラグ	焼成化粧砂
写真			
密度 ρ_s (g/cm ³)	2.72	2.75	2.63

表-2 実験条件

(模擬雨水及び模擬保有水の EC 及び pH)		
	電気伝導度 EC, (mS/cm)	水素イオン濃度 pH
模擬雨水 (水道水)	0.163	7.6
模擬保有水 (NaCl, NaOH 水溶液)	Case1	19.2
	Case2	19.6

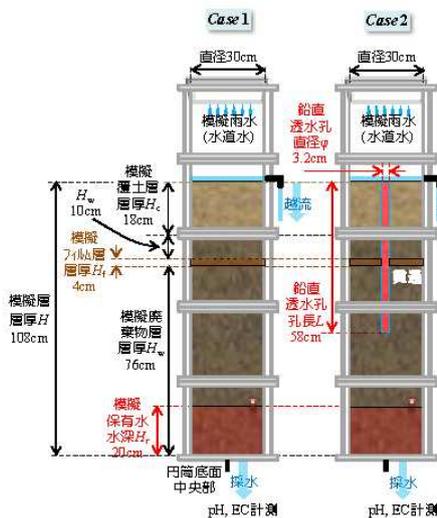


図-4 実験装置

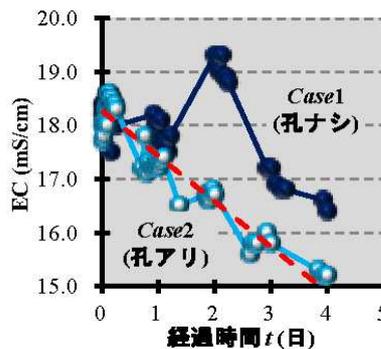


図-5 ECの経時変化

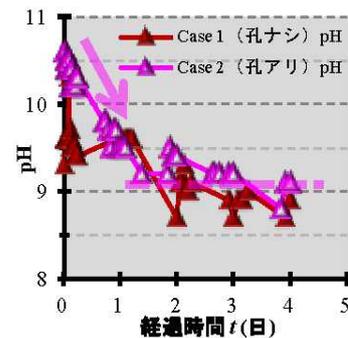


図-6 pHの経時変化

出典：1) 永岡修一・佐藤研一・藤川拓朗・八村智明・杉山詠一・飛田靖之・富田洋平 閉鎖した海面最終処分場に適用可能な安定化促進工法への取り組み(その1) 第23回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集 2012

2) 杉山詠一・永岡修一・佐藤研一・藤川拓朗・八村智明・飛田靖之・富田洋平 閉鎖した海面最終処分場に適用可能な安定化促進工法への取り組み(その2) 第23回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集 2012

技術の名称	井戸（有孔管）			
処理対象	一般廃棄物・産業廃棄物			
技術分類	種別	大分類	中分類	対策技術
	維持管理	洗い出し・安定化促進	洗い出し・集排水促進	井戸（有孔管）
対象物質等	COD	T-N	重金属	pH H ₂ S
技術熟度	★★★★	※陸上処分場のみ		★. アイデア段階 ★★. 理論的研究・基礎実験の段階
適用可能ライフステージ	埋立開始前	埋立開始～埋立後期	埋立後期以降	★★★★. 実証が必要な段階 ★★★★★. 実証試験中・終了の段階 ★★★★★. 実際の施工事例がある段階

技術の概要：

廃棄物最終処分場再生技術のひとつとして、廃棄物層内を好氣的雰囲気へ変換することが有効であることが知られている。廃棄物層内の浸出水排除や、ガス抜きを目的とした井戸を設置する方法がある。しかし、従来工法であるロータリーボーリング工法による廃棄物層の削孔は削孔水の逸水による孔壁崩壊やひも状廃棄物の絡みつき等によって困難である。

埋立てが完了した廃棄物最終処分場のガス排除設備、揚水井戸設備、モニタリング設備を設置するための多目的なストレーナー管等(排気・排水管等)を無水・無排土、短時間、低コストで埋設する工法を確立することを目的とし、従来工法を改善するために、先端部分が着脱可能な鋼管ケーシング工法を考案し、廃棄物層内を無排土、無水で削孔し、内部に設置した有孔管を所定の位置に設置した後、鋼管ケーシングのみ回収する多目的井戸の設置工法の開発技術である。¹⁾

(1) 鋼管ケーシングによる施工技術の概要²⁾

1) 施工機械

施工機械の仕様を表-1に示す。

2) 多目的井戸の施工順序

鋼管ケーシングによる多目的井戸の施工順序を図-1に示す。

施工順序：

- ① 鋼管ケーシングに先端キャップを取付、機械に吊り込む。
- ② 鋼管ケーシングを所定の深度まで建込む。(無水・無排土施工)
- ③ 鋼管ケーシングを所定深度まで削孔後、有孔管を挿入する。
- ④ 鋼管ケーシング先端部に有孔管を固定した後、先端部を鋼管ケーシングから切り離す。
- ⑤ 鋼管ケーシングを引き抜き、廃棄物内に有孔管を残置する。
- ⑥ 有孔管周囲をフィルター材等で埋戻し、地表部をモルタルでキャッピングする。

3) 多目的井戸に使用する有孔管

多目的井戸に使用する管は、廃棄物層内の温度上昇を考慮して耐熱硬質塩ビパイプを使用する。有孔管の基本長は4mであり、管の接続のために両端をネジ加工している。

表-1 施工機械仕様

機械寸法	機械幅(mm)	2400~2500
	機械長(mm)	5200~5600
	走行時機械高(mm)	2800~2900
	施工時機械高(mm)	8700~9500
	機械重量(t)	13~15
機械性能	施工トルク(kN/m)	60~100
	押込力(kN)	50以上
	対応先端羽径(mm)	650以下

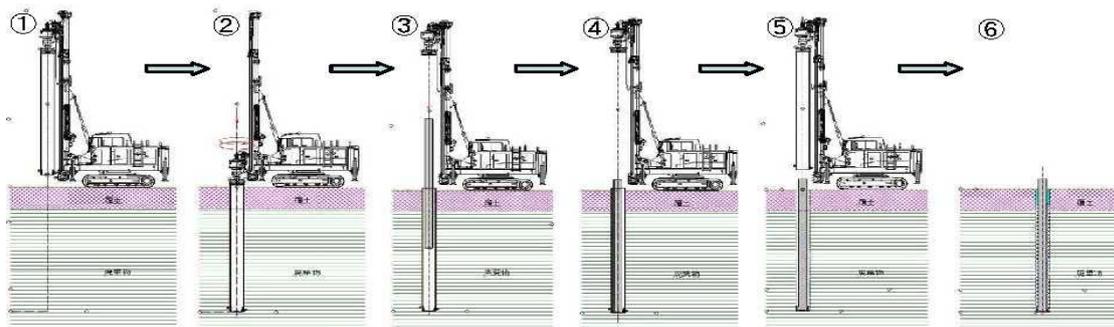


図-1 鋼管ケーシングによる多目的井戸施工順序

(2) 多目的井戸の施工試験

関東地区の産業廃棄物処分場において深さ40m程度の多目的井戸を設置するための実証試験を実施した。図-2に井戸配置図を示す。処分場内に設置した井戸は口径φ125mm、深度L=23m~32m、本数4本。口径φ150mm、深度L=10m~37m、本数9本、総井戸長286m、井戸本数合計13本である。(写真-1)

1日約10m程度の施工が可能であることが確認できた。設置した多目的井戸について、深さ20mクラスの井戸でGL-10~15m、深さ35mクラスの井戸でGL-30m程度の水位が継続的に確認された。これより、井戸としての機能を十分果たしているといえる。実証試験場における多目的井戸の施工コストは、処分場における従来工法の一般的施工コストと比較して約35%の低減が確認できた。



写真-1 先端部及び鋼管ケーシング(開発時)

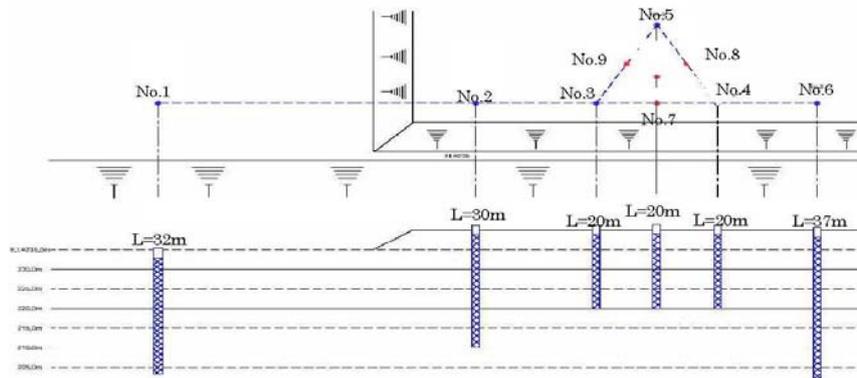


図-2 多目的井戸設置図

- 出典：1) 椿雅俊・梅田雅芳 最終処分場再生を目的とした先端着脱式鋼管ケーシングによる好氣的改善技術の開発 平成18年度次世代廃棄物処理技術基盤整備事業補助金 技術開発報告書 2006
2) 椿雅俊・濱地宏章・下村達也・梅田雅芳・松本一成 廃棄物最終処分場再生を目的とした先端着脱式鋼管ケーシングによる多目的井戸設置技術の開発 第18回廃棄物学会研究発表会講演論文集 2007

技術の名称	循環浄化			
処理対象	焼却灰			
技術分類	種別	大分類	中分類	対策技術
	維持管理	洗い出し・安定化促進	強制浄化	循環浄化
対象物質等	COD	T-N	重金属	pH, H ₂ S
技術熟度	★★★	★. アイデア段階 ★★. 理論的研究・基礎実験の段階 ★★★. 実証が必要な段階 ★★★★. 実証試験中・終了の段階 ★★★★★. 実際の施工事例がある段階		
適用可能ライフステージ	埋立開始前	埋立開始～埋立後期	埋立後期以降	

技術の概要

埋立層内に滞留する海水を強制的に移動させ、繰返し埋立層内に浸透させることにより、埋立廃棄物に含まれる汚濁成分の洗い出しの促進を行う。

(1) 実験事例-1¹⁾

集水井戸と給水井戸により保有水の流れを作り出すことによる埋立廃棄物からの汚濁成分の洗い出しと浄化の可能性を充填カラム実験で確認した。

1) 実験装置

焼却灰を詰めた円筒カラム(φ50cm、長さ200cm)を模擬堆積層内とし、3年間にわたり海水を循環させて水質の変化を調査した。(図-1)

2) 実験結果

①pHは一時期12.5まで上昇したものの300日以降は11程度となった。②カラム内でのガス発生量は循環初期が最も高く(10L/day)循環とともに指数的に減少し、200日以降は発生が認められなくなった。発生ガス量の低減に伴い流量が増加した。③埋立層内の海水を循環させることにより微生物が関与した窒素成分、有機物成分の分解が確認された。保有水の流れにより汚濁成分が洗い出され、BOD、COD濃度が上昇し、その後、浄化されて行く様子が見てとれる。BOD、COD濃度の継時的変化は、陸上埋立地の浸出水水質の経年変化に酷似している。(図-2) ④窒素成分、有機物成分の溶出と分解は通水流の影響を受け、通水流量は発生ガスの影響を受ける。

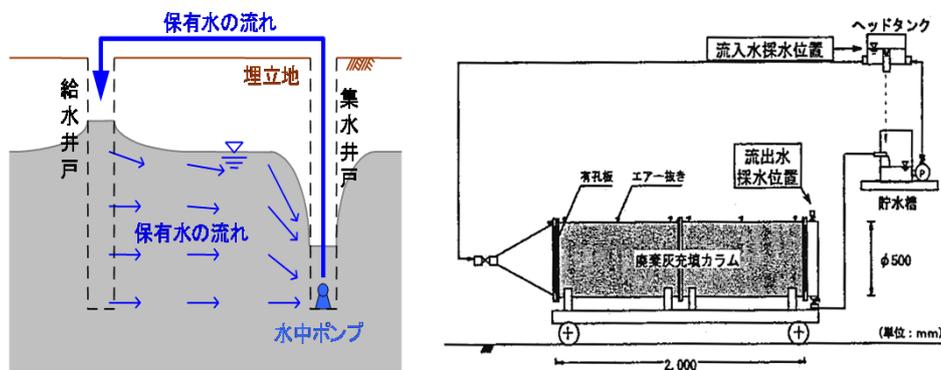


図-1 強制循環洗浄モデルと焼却灰充填カラム実験装置

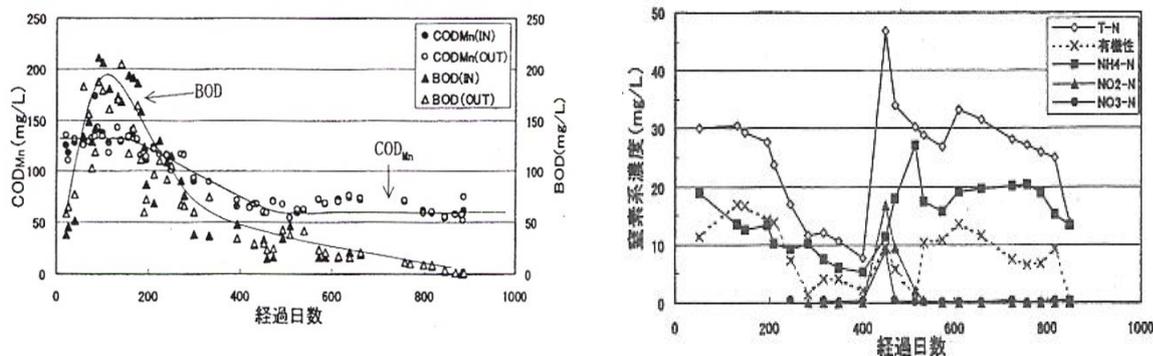


図-2 水質の経年変化 (COD・T-N)

(2) 実験事例-2²⁾

「浸出水循環式」の海面埋立終処分場への適用性を評価するために実証モデル実験槽で、浸出水水質と微生物挙動の観点から評価した。

1) 実験槽方法

海面埋立処分場内に設置された、縦1.5m、横1.5m、高さ3mの底部に栗石を敷いた鉄製実験槽4基に、海面埋立処分場に搬入される廃棄物を底部から2.8mの高さまで充填し、上部に真砂土で20cmの覆土を行った。海面から取水した海水を約900L注入し、埋立廃棄物が海水中にある嫌気的な水部(1.4m)と好気的な非滞水部(1.4m)を設け、実際の海面埋立処分場を再現した。(図-3)

2) 実験結果

「浸出水循環式」により、有機物成分や窒素成分の分解・除去促進効果が認められた。特に埋立層上部において、アンモニア酸化細菌群や脱窒細菌群が共存していることが明らかとなり、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の酸化、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の除去など窒素成分の分解・除去促進効果が確認された。(図-4、図-5)

一般的な海面埋立処分場では、10mの埋立深さで8mの内水(海水)滞水部が想定されることから、モデルをそのままスケールアップして適用することは困難である。このため、実際の海面埋立処分場に適用するには、浸出水と海水余水の混合水である内水を循環させることにより、内水面より上部の埋立廃棄物層に好気性領域の拡大を図ることが必要であると考えられる。

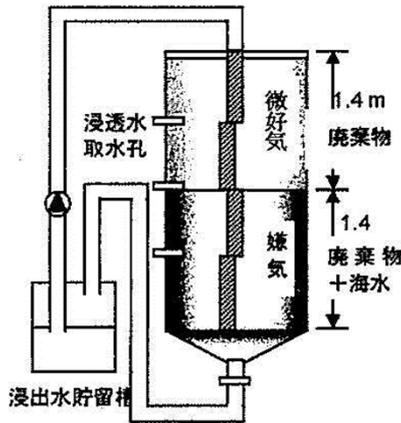


図-3 浸出水循環式モデル

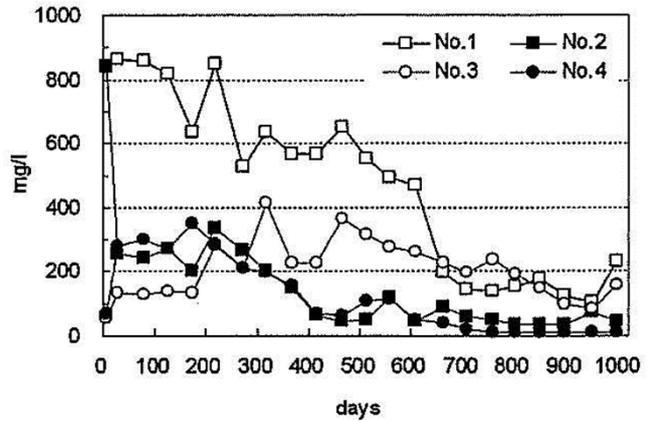


図-4 水質の経日変化(1)(COD)

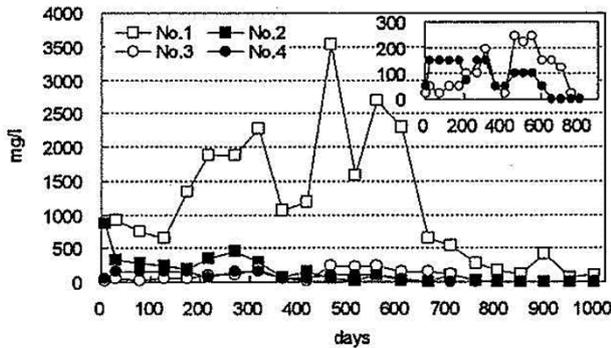
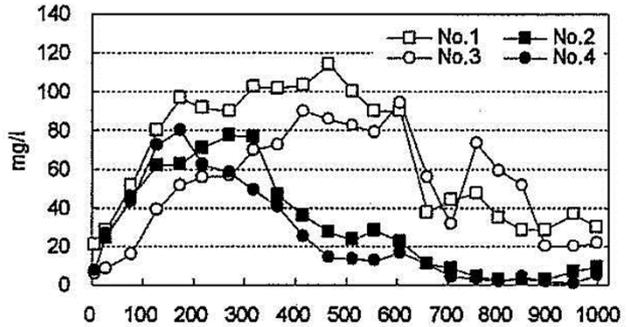


図-5 水質の経日変化(2)(TOC・T-N)



出典：1) 古賀大三郎・島岡隆行・花嶋正孝・宮脇健太郎・吉用剛士 海面埋立地における間隙水の循環浄化に関する研究 第23回全国都市清掃研究事例発表会 2002

2) 清和成・内河裕美・Sang N NGUYEN・池道彦・藤田正憲・石垣智基・Blent INANC・井上雄三・三井清志・前田信一・鈴木學・門上希和夫・肥塚隆男 浸出水循環式を適用した海面埋立廃棄物最終処分場の安定化促進モデル試験 環境工学研究論文集・第43巻 2006

技術の名称	強制的通気工法			
処理対象	一般廃棄物・産業廃棄物			
技術分類	種別	大分類	中分類	対策技術
	維持管理	強制浄化	洗い出し・安定化促進	強制的通気工法
対象物質等	COD	T-N	重金属	pH
技術熟度	★★	※陸上処分場の試験例あり		★. アイデア段階
				★★. 理論的研究・基礎実験の段階
適用可能ライフステージ	埋立開始前	埋立開始～埋立後期	埋立後期以降	★★★. 実証が必要な段階
				★★★★. 実証試験中・終了の段階
技術の概要				★★★★★. 実際の施工事例がある段階

竣工後の地盤に対して、原位置で酸素を添加した空気を土中に吹き込み、土中の好気性微生物による分解を促進し浄化・安定化を行う方法である。産業廃棄物処分場の跡地利用において、悪臭及び可燃性ガス対策として事前のガス抜き工として実施する。

○ 実験事例

廃棄物中に、強制的に好気性環境をつくることで有機物の分解を促進し、臭気及び有害ガスの除去をすることが、日本の廃棄物処分場埋立層の組成及び気候の中でも可能なことを検証する。高压空気を吹き込んで悪臭ガスを分解する方法はヨーロッパにおいていくつかの技術が開発されている。今回はドイツ、ビルフィンガー・バーガー社のバイオプスター工法を用いて実証実験を行った。(図-1)

1) 試験方法

試験区画は、30m×30mで、その中の20m×20m、深さ5mを改良エリアとした。エリアは、吸引遮断装置(遮断用吸引挿入管)を設置して周辺と隔離し、最大深さ23mの埋立地内の比較的浅い場所を確保して下層からの影響がないように配慮した。(写真-1)

試験配置機器は、エアレーション管9基で、それぞれの間隔を8m、吸引遮断管を外周に6.5m間隔で12基配置した。それらの内部中央付近にシステムの稼動と浄化の状況が監視できるようにガス測定用の吸引管4基を設置した。

圧力システムとして、7気圧まで圧縮可能なコンプレッサー1台を使用し、圧縮された空気は貯蔵タンクに貯留された後、圧力系統管網を経て本体容器に蓄えられ、15秒～20秒の間隔で2～3気圧の間で挿入管を通して廃棄物中に断続的に注入される。エアレーションの割合と容量は、個々の本体容器で内容物の状態や圧縮空気の注入状態により適当な値に調節することが可能である。

吸引システムは、吸引用多孔挿入管と吸引管網で構成され、埋立地に注入されるより20～30%多い空気容量を吸引できるように調整されている。そのため圧力による埋立処分場の表層からのガスの漏出を防止している。吸引されたガスは、活性炭フィルターもしくはバイオフィルターで、安全に処理されて大気中に放出される。

2) 試験結果

明らかなエアレーション効果があり、強制的につくりだした好気性環境下では、臭気(980→280)及びメタンガス(30%→110ppm)の大幅な低減が確認できた。また、他の指標については初期値が低いが、ある程度の効果はあると判断できる。(表-1)

特にメタンガスは、1%単位からppm単位へと低減され、臭気濃度も4分の1に低減し、東京都などの工場出口での規制値以下に低減された。

さらに、エアレーション停止後の廃棄物中のガス変動状況は、周辺部で当初濃度(10%超)に移行するのに比べ、中央部では当初より低い値(5%程度)で安定していることから、エアレーションによる有機物の促進が行われた結果の状態であると推定できる。

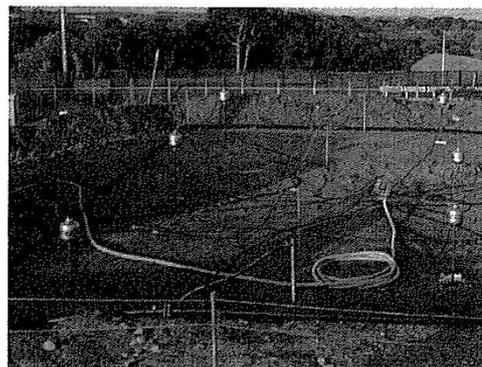
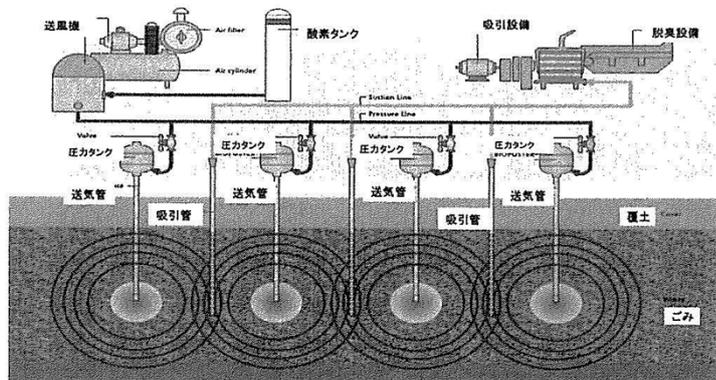


図-1 高压空気吹込み工法(バイオプスター工法)

写真-1 高压空気吹込み試験地

表-1 高圧空気吹込み前後の計測

項目	単位	実施後	初期値	備考
メタン	ppm V/V%	110 —	— 30.0	悪臭防止法による計測
臭気濃度	—	230	980	悪臭防止法による計測
温度	℃	16.0	17.6	—
NH ₄	V/V%	0.0	28.5	簡易機器測定
CO ₂	V/V%	1.2	5.9	簡易機器測定

出典：樋口壯太郎・花嶋正孝・元永優一 強制的好気工法による廃棄物の早期安定化実証試験
第15回廃棄物学会研究発表会講演論文集 2004

技術の名称	ケミカルオキシデーション法			
処理対象	一般廃棄物・産業廃棄物			
技術分類	種別	大分類	中分類	対策技術
	維持管理	洗い出し・安定化促進	強制浄化	ケミカルオキシデーション
対象物質等	COD	T-N	重金属	pH
	COD	T-N	重金属	pH
技術熟度	★★	※霧状酸化剤注入は、陸上処分場の試験例あり		★. アイデア段階 ★★. 理論的研究・基礎実験の段階 ★★★. 実証が必要な段階 ★★★★. 実証試験中・終了の段階 ★★★★★. 実際の施工事例がある段階
	適用可能ライフステージ	埋立開始前	埋立開始～埋立後期	埋立後期以降

技術の概要

霧状の微細粒子にしたオゾン水や可酸化水素水等の酸化剤を供給し、硫化水素やアンモニア等の悪臭物質の分解と発生抑制、浸出水のT-N成分やCOD成分等の難分解性有機物質の酸化分解および早期低減、埋立廃棄物の早期安定化を行う。

最終処分場の維持管理において、浸出水のT-N成分やCOD成分が減少することなく長期間排出され続ける問題は、水処理や維持管理コストを増大させる原因となっている。また、最終処分場から発生するアンモニアや硫化水素等の臭気ガス、メタンや水素等の可燃性ガスの問題は、悪臭問題や火災の危険性を高める原因となる。廃棄物層内を通気によって好気性に維持する従来法ではなかなか解決できない問題である。霧状の微細粒子にしたオゾン水や過酸化水素水等の酸化剤を、最終処分場の廃棄物層に埋設された通気管から供給する方法により、廃棄物層が滞水していない管理型最終処分場ばかりでなく、水処理施設のない安定型処分場や、閉鎖区域で廃棄物が水没し水質の悪化が顕著な海面埋立処分場での臭気対策や浸透水水質の改善等への応用が期待できる。

(1) 実験の概要

安定型処分場不法投棄現場の既存ボーリング孔を利用して霧状酸化剤の注入実験を行った。酸化剤として過酸化水素水を使用した。(図-1、表-1)

(2) 実験結果

1) 硫化水素ガス

深度別硫化水素ガス濃度の経日変化を図-2に示す。霧状酸化剤を注入する前の段階では、井戸深度が深くなるほど濃度が高くなる傾向を示していた。霧状酸化剤注入による影響を見ると、霧状酸化剤(0.1～0.3%)注入の開始以降、いずれの深度とも硫化水素濃度は激減していた。(図-2)

2) メタンガス

深度別メタンガス濃度の経日変化を図-3に示す。霧状酸化剤を注入する前の段階では、深度が深くなるほど濃度が高くなる傾向を示していた。霧状酸化剤注入による影響を見ると、霧状酸化剤(0.1～0.3%)注入の開始以降、メタンガス濃度は減少し、いずれの深度とも減少傾向を示していた。(図-3)

3) 考察

- 霧状酸化剤として過酸化水素(0.1～0.3%)を注入することにより、最終処分場からの硫化水素ガス及びメタンガスの発生抑制が可能であり内部環境を改善できることが確認できた。
- 霧状酸化剤として過酸化水素(0.1～0.3%)を最終処分場内部に注入することにより、内部を好気的狀態に改善することができた。ただし、以前、内部環境は低酸素状態であるので継続的に霧状酸化剤の注入を行う必要がある。

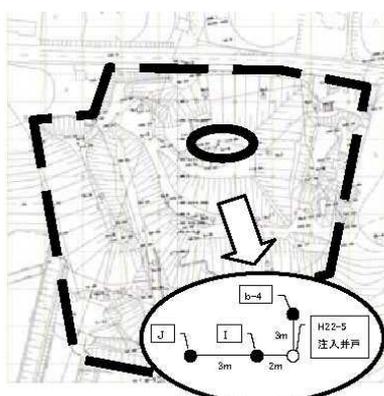


図-1 安定型処分場不法投棄現場

表-1 霧状酸化剤噴霧スケジュール

水の噴霧期間	9月21日噴霧開始～9月24日噴霧停止
0.1%過酸化水素水の噴霧期間	9月28日噴霧開始～10月8日噴霧停止、10月12日噴霧開始～10月22日噴霧停止
0.3%過酸化水素水の噴霧期間	10月25日噴霧開始～11月5日噴霧停止、11月8日噴霧開始～11月19日噴霧停止 11月24日噴霧開始～12月3日噴霧停止、12月6日噴霧開始～

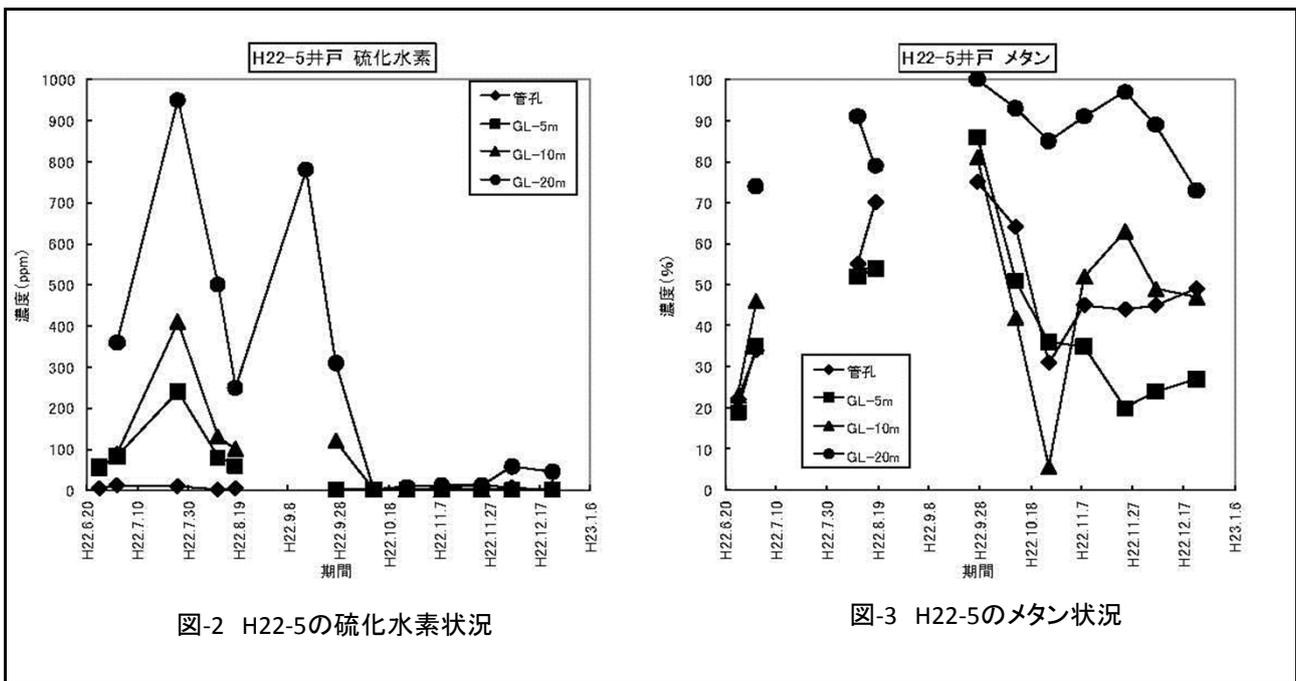


図-2 H22-5の硫化水素状況

図-3 H22-5のメタン状況

出典：為田一雄・内田正信・武下俊宏・樋口壯太郎・西山亨・高士昇吾・寺本佳宏・川合啓之・宮村典仁・山川雅弘・吉岡理 霧状酸化剤を用いた埋立地の早期安定化に関する研究 第22回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集 2011

技術の名称：海水導入による希釈浄化、洗出し促進
 処理対象：一般廃棄物・産業廃棄物

技術分類：	種別	大分類	中分類	対策技術
	維持管理	洗い出し・安定化促進	強制浄化	海水導入

対象物質等：COD T-N 重金属 pH H₂S

技術熟度：★
 適用可能ライフステージ：
 埋立開始前 埋立開始～埋立後期 埋立後期以降

★. アイデア段階
 ★★. 理論的研究・基礎実験の段階
 ★★★. 実証が必要な段階
 ★★★★. 実証試験中・終了の段階
 ★★★★★. 実際の施工事例がある段階

技術の概要：

陸上処分場では埋立地底部に集排水管が設けられるため、降雨の度に、雨水の浸透に伴い廃棄物から汚濁成分が洗い出される。一方、海面最終処分場では、埋立地内の保有水として長期間滞留し、埋立廃棄物からの汚濁成分の洗い出しは極めて小さいものと考えられる。そこで、保有水等の取水-排水方法を工夫することにより、汚濁成分の洗い出しを促進する等、埋立廃棄物を早期安定化させる方法が提案されている。

(1) 海水導入による内水の希釈浄化法

干満の潮位差を利用して、処分場内水面に周辺海面から海水の導入と排水を促し、浸出水で汚濁した内水を希釈する。(図-1)

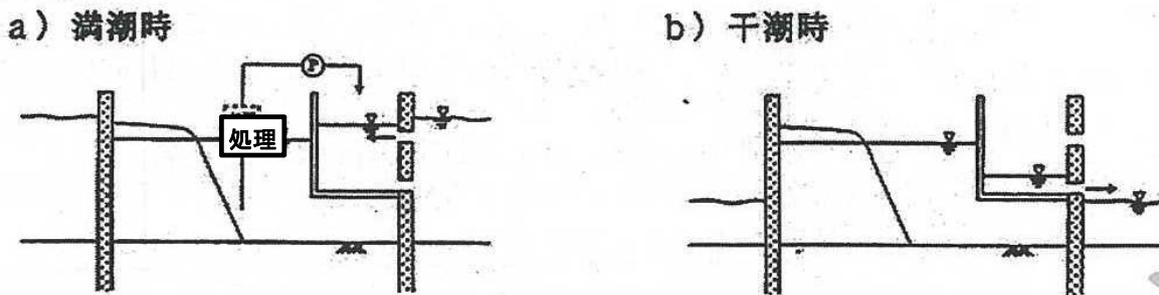


図-1 希釈浄化型

(2) 海水導入による廃棄物層の洗い出し

○洗出促進型

潮位による内水と周辺海面の水位差で、廃棄物層の保有水に流れを発生させ、濁質の移流を促進する。(図-2)

○循環浄化型

護岸内で残留海水を循環させるもので、埋立層内に井戸を設けて給水又は排水することにより、保有水に流れを発生させ、濁質の移流を促進する。(図-3)

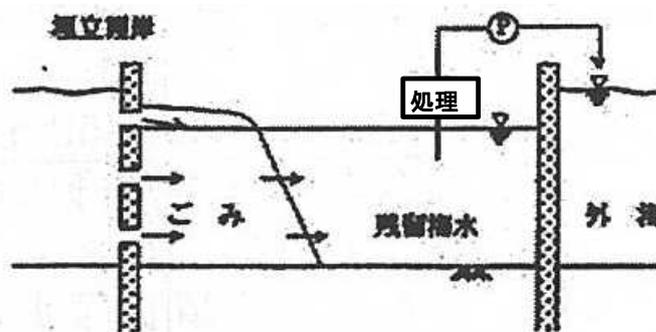


図-2 洗出促進型(潮位差の利用)

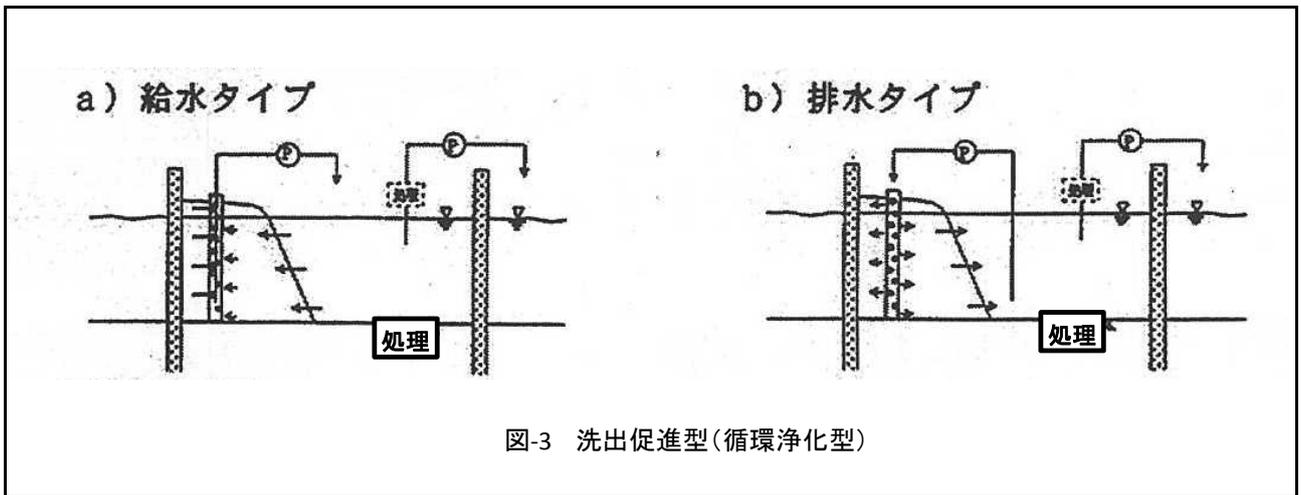


図-3 洗出促進型(循環浄化型)

出典：(社)土木学会 早期安定化のための埋立処分技術 廃棄物海面埋立環境保全調査報告書 1995

技術の名称	微生物注入			
処理対象	一般廃棄物・産業廃棄物			
技術分類	種別	大分類	中分類	対策技術
	維持管理	洗い出し・安定化促進	強制浄化	微生物注入
対象物質等	COD	T-N	重金属	pH H ₂ S
技術熟度	★★		★. アイデア段階 ★★. 理論的研究・基礎実験の段階 ★★★. 実証が必要な段階 ★★★★. 実証試験中・終了の段階 ★★★★★. 実際の施工事例がある段階	
適用可能ライフステージ	埋立開始前	埋立開始～埋立後期	埋立後期以降	
技術の概要				

浸出水の処理工程で分解に有効な微生物を添加して窒素除去するとともに、廃棄物埋立層内にこの微生物を強制的に注入することにより浸出水の水質改善並びに安定化促進を行う。

(1) 実験例¹⁾

1) 実験方法(基礎実験)

簡易水処理模型実験設備(図-1)を2系列製作し、一方に既存管理型処分場の浸出水を、他方に微生物を添加(原水槽に補給水量の5%)した。

微生物は、愛媛県工業技術センターが開発した酵母菌、乳酸菌と納豆菌から構成された微生物群(えひめA I-1)を用いた。

2) 基礎実験結果

原水槽内に微生物を添加するだけで、効率的に窒素を除去できる。

除去率はCOD、BOD、全窒素ともに大きく変動する。窒素分解に各微生物群(酵母菌、乳酸菌、納豆菌)が与える影響を明らかにし、除去高率を高めるための組み合わせ等を調査する必要がある。

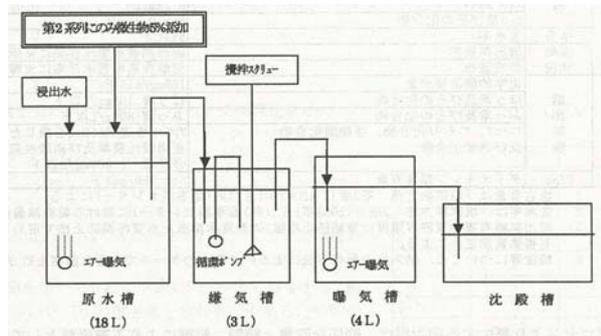


図-1 簡易水処理実験フロー

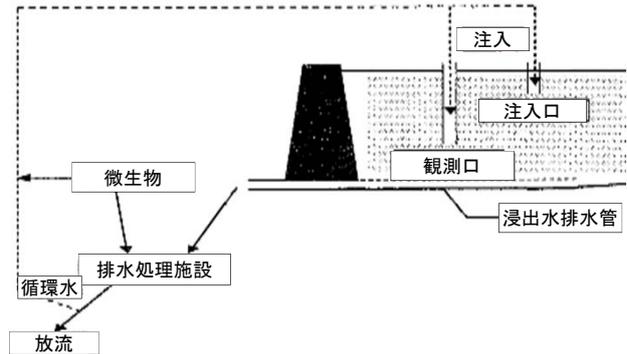


図-2 微生物注入水循環システム

3) 実証実験

既存の管理型処分場内で微生物を添加したシステムの模式図を図-2に示す。

注入口は、約300m毎に1箇所として6箇所設けた。表層部から埋立層厚みの1/3以上程度の深さまでポーリングし、直径約50mmの有孔塩ビパイプを挿入した。微生物の注入は、1箇所につき1週に2回の割合で注入した。

4) 実証実験結果

注入開始後からわずかながらに水質の改善が認められた。浸出水の水質変化を、図-3及び図-4に示す。

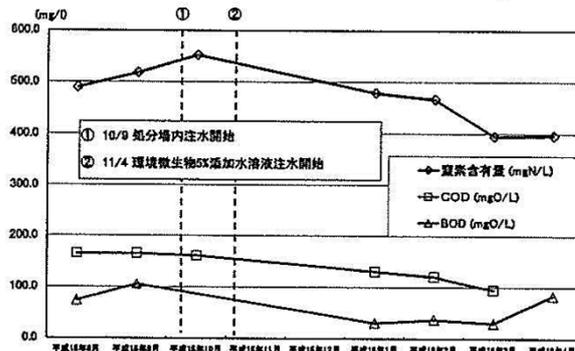


図-3 浸出水の水質の推移



図-4 浸出水の電気伝導率の推移

(2) 参考事例・・・微生物による土壌浄化(バイオレメディエーション)工法²⁾

土壌中の汚染物質に対して、これを分解する能力を持つ微生物に栄養分や酸素等を供給し、微生物の力で土壌の浄化を行なう技術。(表-1)

汚染物質の種類と土壌の条件に応じて、好気性処理と嫌気性処理がある。また、現地の微生物を活性化させる場合と、新たに有用な微生物を移植する場合とがある。

処理が可能な物質揮発性有機化合物(VOCs)、油類、その他有害有機物質に適応できる。土質や汚染物質に応じた補助工法 の選定が必要である。

表-1 工法と施工概要(参考事例)

工 法	ランドファーマーミング	バイオパイル	原位置処理
概 要	汚染土壌を広げ、耕して処理を行う	汚染土壌を盛り立てて通気し、栄養分等を散布して処理を行う	汚染土壌を掘削せずにその場で処理を行う
特 徴	<ul style="list-style-type: none"> ・機械的に耕するため盛土厚は50cm程度まで ・気候に左右されるが、比較的短期間で浄化が進む ・耕す際に、汚染物質が大気拡散する恐れがある 	<ul style="list-style-type: none"> ・環境条件を制御できる ・排ガスや浸出水を管理できる ・耕す必要がないため、盛土高さを高くできる 	<ul style="list-style-type: none"> ・低濃度で、広範囲に拡散した汚染に適用可能 ・汚染や地盤が不均一な場合は、浄化に長期間を要する
概要図			

出典：1) 安藤東洋治・鍵谷淳・鍵谷司 管理型処分場における微生物注入による浸出水の水質改善について(Ⅰ) 第15回廃棄物学会研究発表会講演論文集 2004

2) 鴻池組HP 技術とソリューション 微生物による土壌浄化(バイオレメディエーション)工法

技術の名称	内水ポンド			
処理対象	内水			
技術分類	種別	大分類	中分類	対策技術
	維持管理	浸出水浄化	浄化	機能性ポンド
対象物質等	COD	T-N	重金属	pH, H ₂ S
技術熟度	★★★★★ ★. アイデア段階 ★★. 理論的研究・基礎実験の段階 ★★★. 実証が必要な段階 ★★★★. 実証試験中・終了の段階 ★★★★★. 実際の施工事例がある段階			
適用可能ライフステージ	埋立開始前	埋立開始～埋立後期	埋立後期以降	

技術の概要：

海面埋立処分場では、埋立ての進捗に伴って内水面が少なくなり、埋立て終了間近になると内水の水質が極端に悪化する。処理コストを低減するために残置されている内水(内水ポンド)における自然浄化作用を發揮させ、処理施設の汚濁負荷を低減することが望まれている。内水ポンドの自然酸化池としての機能をより活かすためには、従来の単槽のポンドとは異なり、複数のポンドを直列配置することで、各槽の水環境を変化させることができ、段階的に水質が改善されて後段の槽ほど水質のよい状況を生み出すことができると考えられる。

(1) 実験事例¹⁾

1) 実験概要

内水ポンドを複数に区切り、直列配置した場合の水質浄化効果を検討するため、4槽直列のモデルポンドを採用し、内水ポンドを模した複数直列実験装置で、海面埋立処分場浸出水を連続流入させた水質浄化実験を行った。実験装置の概略を図-1、表-1に示す。

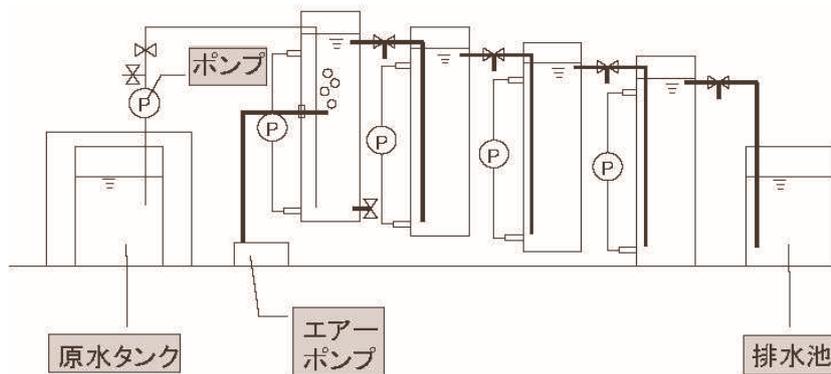


図-1 4槽直列のモデルポンド(A系列)の概略図

表-1 各実験系列の運転条件

系列	ポンド数	曝気の有無	滞留時間	原水流量	循環・攪拌
A	4槽(20L×4)	1槽目のみ曝気	60日	1.3L/日	各槽をポンプで循環
B	4槽(20L×4)	無し			
C	1槽(80L×1)	無し			攪拌機で攪拌

2) 実験結果

○各系列のCODの変化

各系列におけるCOD濃度変動を図-2に示す。A系列では、第1槽から第4槽までのCOD濃度がほぼ等しく、第1槽で生物分解可能なCODがほぼ除去されていた。B系列では、第1槽でのCOD濃度が高く、第2槽、第3槽と段階的に低減した。最終処理水のCOD濃度は、どの系列でも10~20mg/Lであり、大きな差は見られない。また、最終処理水のCOD濃度は、季節変動がほとんど無く、水温の低下が有機物分解反応へ与える影響は小さいことが示唆された。

○各系列の窒素の変化

各系列の第4槽(最終処理水)の形態別窒素濃度変動を図-3に示す。A系列では、流入したアンモニア態窒素の最大約70%が減少し、亜硝酸態窒素を経て硝酸態窒素と硝化されている。ただし、水温が低下するにつれて硝化速度が低減した。B系列では、第1槽目を曝気しなかったために流入したアンモニア態窒素の約半分が硝化されるにとどまり、有機物除去のみならず、硝化反応にも遅れを生じていた。C系列では、夏季でもアンモニア態窒素があまり減少せず、硝化反応が進行していないことが示唆された。同じ容積(同じ滞留時間)の内水ポンドであっても4槽に分割することで、水温の高い時期に硝化反応が起りやすくなることがわかった。

○同じ容積(同じ滞留時間)の内水ポンドを残置するとしても、複数のポンドに分割して順次内水を流下させることで、硝化反応が起りやすくなる環境を生み出せ、さらに一部を曝気することで有機物除去が促進されて早い段階から硝化反応が起りやすくなることがわかった。

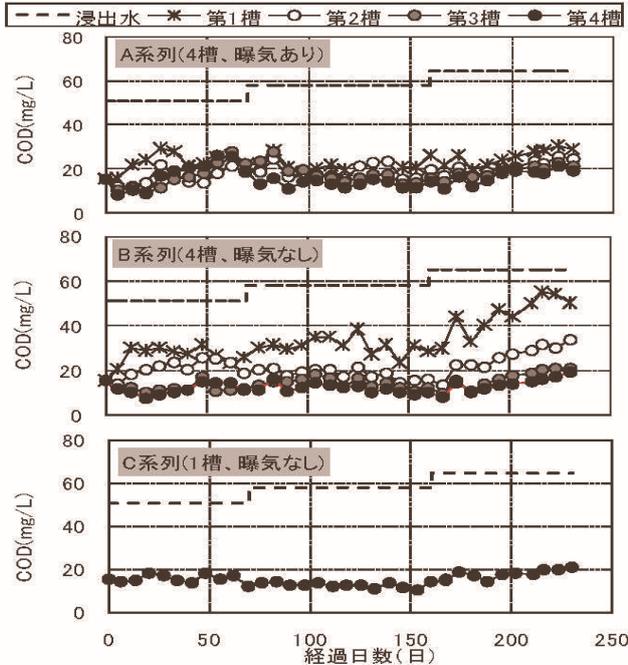


図-2各槽のCOD濃度の変化

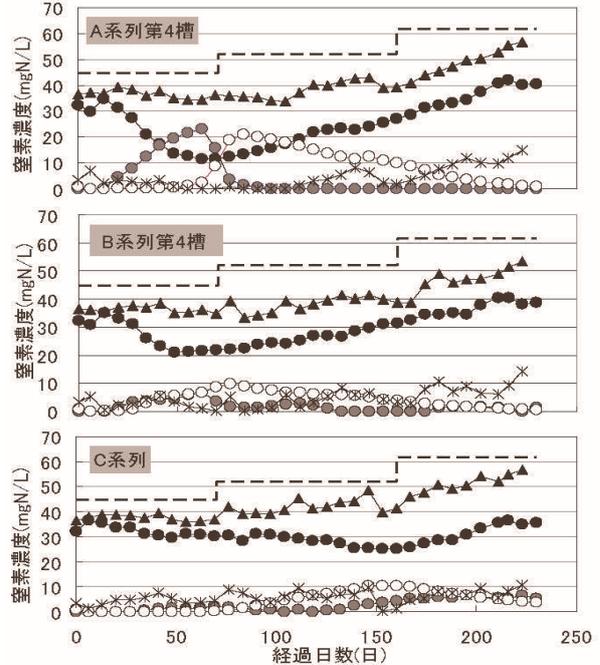


図-3 各系列最終槽の窒素濃度の変化

(2) 水質浄化効果の評価に基づく海面埋立処分場内水ポンドの提案²⁾

海面埋立処分場の内水ポンドには、化学的・生物学的・物理的作用による水質浄化機能が期待されており、適当な条件の内水ポンドを形成することにより、排水処理施設への負担を軽減できると考えられる。そこで、生物学的な水質浄化機能を想定した内水ポンドでの水質予測シミュレーションモデルを作成し、そのモデルを用いた水質浄化効果の評価を行った。本検討では、内水ポンドの自然酸化池としての機能をより活かすため、従来の単槽の内水ポンドとは異なり、複数のポンドを直列配置した内水ポンドの導入を想定した。

1) 水質予測シミュレーションモデルの作成

内水ポンドにおける水質浄化概念図を図-4に示す。複数直列ポンドにおける水質浄化の概念図を図-5に示す。水質予測シミュレーションモデルを用い、同等の容積・水面積の単槽ポンド採用時との比較により、水質浄化効果を評価した。

2) 3槽直列ポンド及び単槽ポンド採用時の水質予測結果

直列ポンドの提案を図-6、数値解析による水質浄化結果を図-7に示す。

水質予測シミュレーションモデルによる水質浄化効果を評価した結果、複数直列ポンドの導入により、COD濃度が低減され、硝化が促進されることが示された。

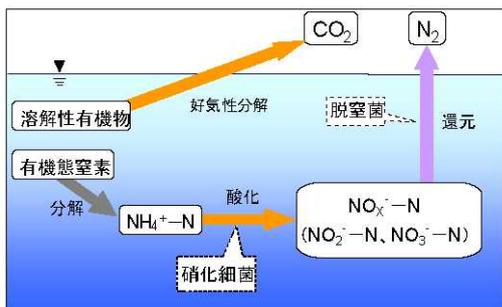


図-4 内水ポンドにおける水質浄化概念図

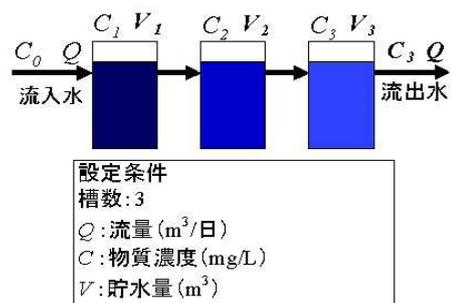
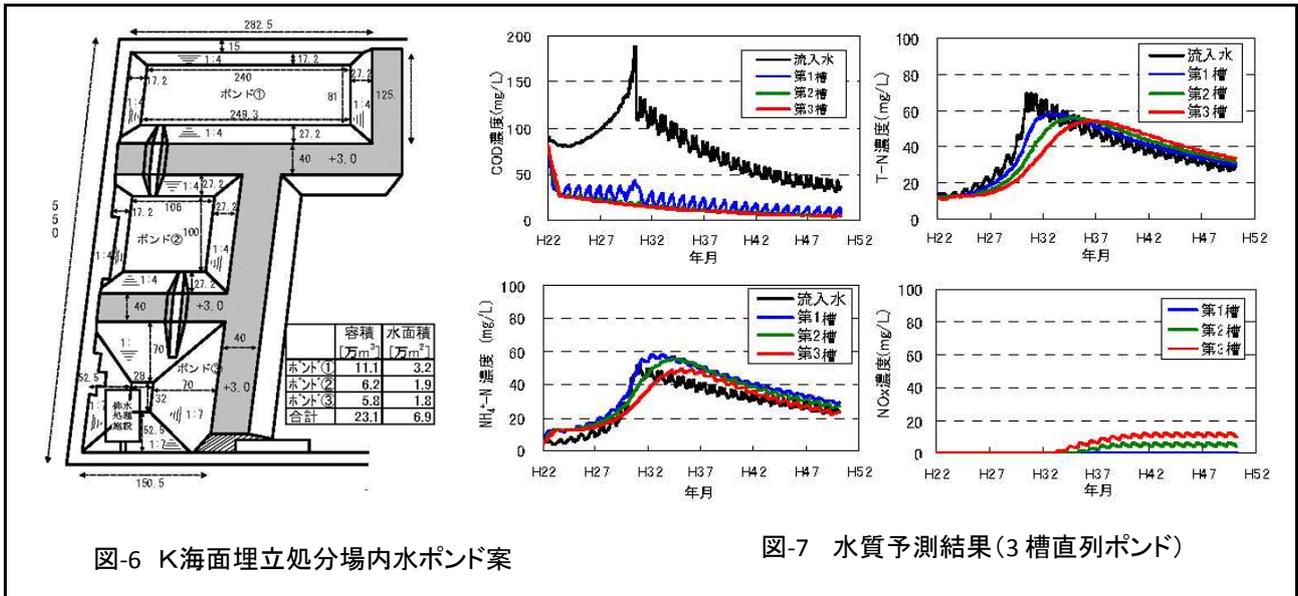


図-5 複数直列ポンドにおける水質浄化の概念図



出典：1) 貫上佳則・吉川克彦・西村想・島岡隆行・八木美雄・西田卓史・高田光康 海面埋立処分場における内水ポンドの構造と水質浄化能 第20回廃棄物資源循環学会研究発表会講演集 2009
 2) 西村想・貫上佳則・吉川克彦・島岡隆行・八木美雄・西田卓史・高田光康 水質浄化効果の評価に基づく海面埋立処分場内水ポンドの提案 第20回廃棄物資源循環学会研究発表会講演集 2009

技術の名称	トレンチ、強制循環				
処理対象	内水				
技術分類	種別	大分類	中分類	対策技術	
	維持管理	浸出水浄化	浄化	内水循環	
対象物質等	COD	T-N	重金属	pH	H ₂ S
技術熟度	★★★★★				
適用可能ライフ ステージ	埋立開始前	埋立開始 ～埋立後期	埋立後期以降		
	★. アイデア段階 ★★. 理論的研究・基礎実験の段階 ★★★. 実証が必要な段階 ★★★★. 実証試験中・終了の段階 ★★★★★. 実際の施工事例がある段階				

技術の概要：

(1) トレンチ
埋立地の残留海水底層から発生する臭気(硫化水素)対策として、トレンチ(水路)を設置し、底層水を揚水して水路を流下させる間に酸素を供給し、底層に戻した。溶存酸素を供給し循環させることにより、内水の水質改善と底層の嫌気性状態を改善する。(写真-1)



写真-1 トレンチの施工事例
A港B区廃棄物最終処分場
(延長約210mL×幅6m及び2m、平成12年度～平成21年4月)

(2) 強制循環
埋立地の残留海水底層から発生する臭気(硫化水素)対策として、噴流ポンプ等による水流発生装置を設置し、ポンド内水に水流を起こしてポンド底層に溶存酸素を供給する。溶存酸素を供給し循環させることにより、内水の水質改善と成層化による澱みを防止する。(写真-2)



写真-2 噴流発生装置事例
A港B区廃棄物最終処分場
(動水量: 約56,000m³/日×2基、平成14年度～平成21年8月)

出典：(財)ひょうご環境創造協会 平成19年度広域最終処分場計画調査
海面最終処分場の閉鎖・廃止適用マニュアル策定に向けた調査委託業務報告書(環境省委託) 2008

技術の名称	エアレーション			
処理対象	内水			
技術分類	種別	大分類	中分類	対策技術
	維持管理	浸出水浄化	浄化	曝気

対象物質等：COD T-N 重金属 pH H₂S

技術熟度：★★★★★

- ★. アイデア段階
- ★★. 理論的研究・基礎実験の段階
- ★★★. 実証が必要な段階
- ★★★★. 実証試験中・終了の段階
- ★★★★★. 実際の施工事例がある段階

適用可能ライフステージ：埋立開始前 埋立開始～埋立後期 埋立後期以降

技術の概要：

内水ポンドの一部で、若しくは一部を区切り曝気する。酸素の供給により有機性物質の微生物分解等を促進するもので、排水処理に効果的である。

○ 実験事例

自然酸化池と高率酸化池(エアレータ設置)での水質の違いを調査した。浸出水は自然酸化池(S1)から高率酸化池(S4)に流入し、沈殿池、凝集沈殿装置を経て放流されている。(図-1)

高率酸化池では、曝気装置によりポンド内に酸素が供給されており、硝化の促進が期待される。これを自然酸化池に返送することで脱窒を促し、窒素成分を除去する。

・ 調査結果

図-2に水質変化を示す(図中のハッチは廃棄物埋立期間)。①COD濃度は、自然酸化と高率酸化池のCOD濃度は変わらない。生物難分解性のCOD成分が蓄積されていると予想される。②アンモニア性窒素の濃度も自然酸化池と高率酸化池とでは大差ない。ただし、硝酸性・亜硝酸性窒素の全窒素に対する割合はS1に比べてS4が高い。③アンモニア性窒素濃度は埋立に伴い増加し、埋立休止期間に入ると低下する。

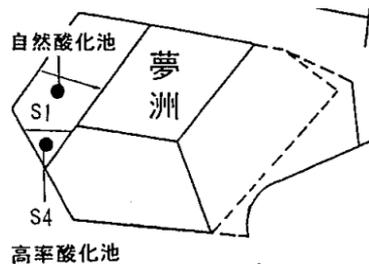


図-1 酸化池の配置

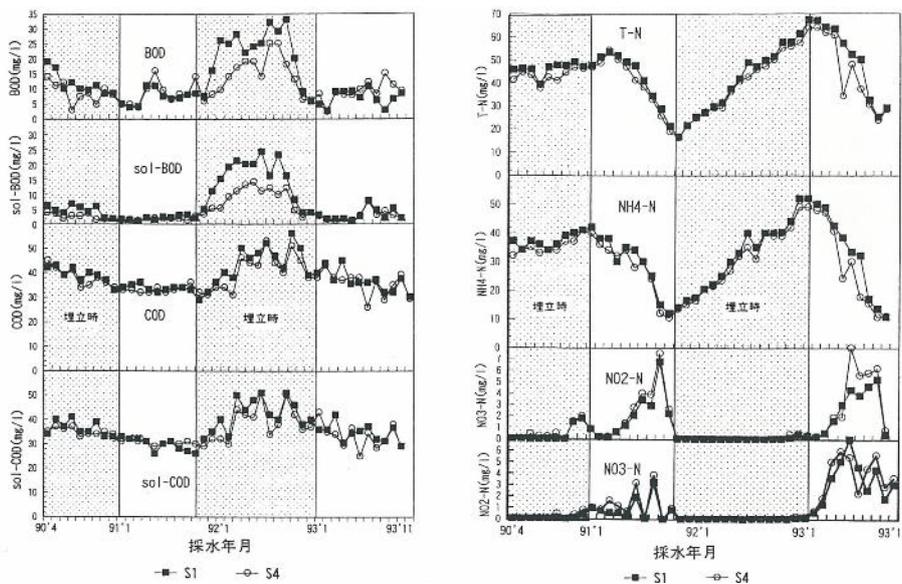


図-2 対象水の水質変化

出典：大阪市立環境科学研究所 海面埋立最終処分地浸出余水の有機性汚濁と窒素化合物の挙動
平成17年度大阪市立環境科学研究所報告 第58集 1996

技術の名称	接触曝気				
処理対象	内水				
技術分類	種別	大分類	中分類	対策技術	
	維持管理	浸出水浄化	浄化	接触曝気	
対象物質等	COD	T-N	重金属	pH	H ₂ S
技術熟度	★★★★★ ★. アイデア段階				
適用可能ライフステージ	埋立開始前	埋立開始～埋立後期	埋立後期以降	★★. 理論的研究・基礎実験の段階	
				★★★. 実証が必要な段階	
				★★★★. 実証試験中・終了の段階	
				★★★★★. 実際の施工事例がある段階	

技術の概要

ポンド水や集排水をコンクリートがら等を敷き詰めた斜面に流し、空気と接触させることにより、水質を浄化する。

(1) 調査報告事例

廃コンクリート、鉋さいバラスという産業廃棄物自体の水質浄化作用によるT-N等を削減する技術で、せせらぎに類似する施設によって内水ポンドの水質を改善することができる。ひびき灘開発に設置されている施設である。

(2) 施設の概要

浸出水調整池(面積14,000m²、水深約6m)に隣接して設けられており、揚水ポンプ部分、空気との接触を図る吐出部分、浸出水が流下する緩傾斜スロープ部分(幅10m、長さ30m)で構成されている。(図-1)

浸出水の吐出部分には、内径22cmの蛇腹管上面に径8cmの噴出穴を50cm間隔で設けており、水深約3mから揚水した浸出水が4~5m³/分で噴出している。浸出水の吐出部分、側壁部、及び緩傾斜スロープの床部分は、粉碎した鉋さいバラスで締め固められており、吐出部分から緩傾斜スロープ部分に向け鉋さいバラスと廃コンクリートが敷き詰められている。

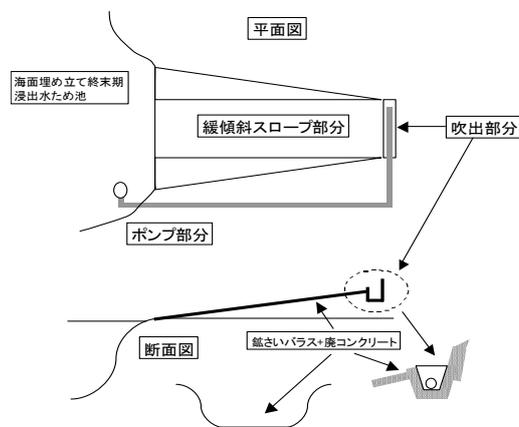


図-1 施設の概要

(3) 期待する効果

- ① 産業廃棄物自体の水質浄化作用
- ② 「せせらぎ施設」による実処分場レベルでの水質浄化効果と硫化水素の発生抑制

(4) 成果

- ① (モデル実験において) 廃コンクリートと汚濁浸出水(海面処分場保有水等)の接触のみで、T-N、NH₄-N、CODの除去効果がみられた。T-N、NH₄-Nに対する効果は、廃コンクリートとの接触により浸出水の液性がアルカリ側(pH10以上)に移行するとともに減少が大きくなっているから浸出水のアルカリ化によるアンモニアの揮散が起きているものと考察している。CODについては、廃コンクリートによるCOD成分の吸着、分解等の作用が示唆されると考察している。
- ② 施設ではT-N、NH₄-Nの除去効果があることが確認できた。浸出水循環後88日でT-Nは当初の約80%、NH₄-Nは約70%の減少率であった。
- ③ 施設では循環開始後、5~6ヶ月経過しても、浸出水のpHが10以上とアルカリ効果が持続しており、硫化水素の発生抑制にも効果が認められると判断された。

出典：大阪湾広域臨海環境整備センター 内水ポンド負荷量低減可能性調査
平成15年度環境保全対策調査報告書 2004

技術の名称	土壌による浄化			
処理対象	保有水			
技術分類	種別	大分類	中分類	対策技術
	維持管理	浸出水浄化	浄化	土壌浄化
対象物質等	COD	T-N	重金属	pH, H ₂ S
技術熟度	★★★★	★. アイデア段階 ★★. 理論的研究・基礎実験の段階 ★★★. 実証が必要な段階 ★★★★. 実証試験中・終了の段階 ★★★★★. 実際の施工事例がある段階		
適用可能ライフステージ	埋立開始前	埋立開始～埋立後期	埋立後期以降	

技術の概要

真砂土を用いた土壌を充填した区画とその内部にトレンチを設置し、汲み上げた保有水を浸透させる。土壌の浄化能力で保有水のpH、TOC、T-N等の水質を改善する。定期的に耕運して浄化機能を維持する。

○ 実験報告事例^{1) 2)}

埋立完了にともない出現する広大な跡地(土壌)の浄化能力を用いた内水の浄化方法を検証する。

1) 実験の概要

実験槽は、容量46.5m³(高さ1.55m、幅3m、長さ10m)の土槽を製作し、真砂土を用いて模擬土壌を作製した。土壌内には長さ9.5mのトレンチを深さ45cmに設置した。(図-1)

2) 実験結果

- ① 土壌中に浸透した保有水のpHは、土壌が持つ緩衝作用により11から7程度まで低下し、2年間以上持続した。(図-2)
- ② 保有水中のTOC成分、T-N成分は、保有水が土壌中を浸透する過程で除去される。除去量は流入負荷量に影響を受けており、流入負荷量を管理することで除去量を管理できる。(図-3)
- ③ 流入流量を管理することで、流入負荷量を管理することができる。
- ④ 土壌中で、流入水の浸透する領域では、Cl、Mg等が蓄積する傾向にあるため定期的に土壌を耕耘し、蓄積物等の解砕により、通気性や透水性を確保する必要がある。

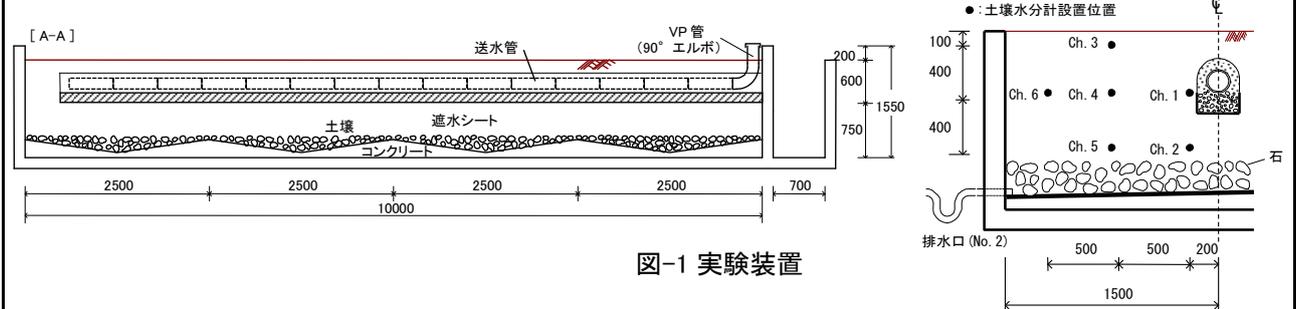


図-1 実験装置

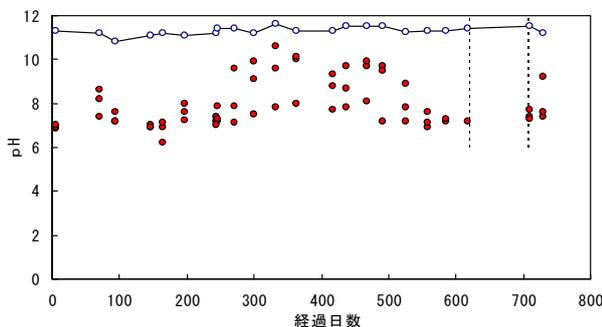


図-2 pHの経日変化

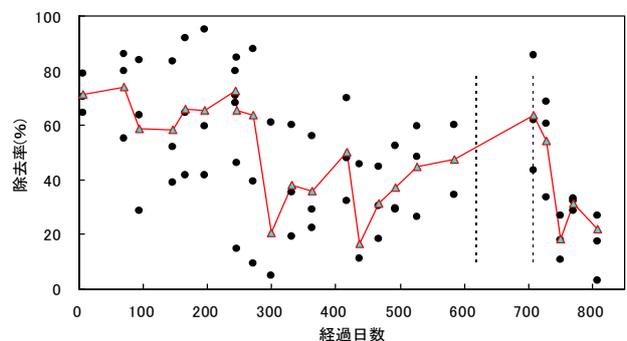


図-3 TOC成分の除去率(実践は月平均値)

出典：1) 大阪湾広域臨海環境整備センター 土壌の浄化機能を利用した内水水質浄化法調査 平成18年度環境保全対策調査報告書 2007

2) 古賀大郎・島岡隆行 土壌の浄化機能を利用した海面埋立地保有水の水質改善(その2) 第29回全国都市清掃研究・事例発表会講演論文集 2008

早期安定化に資する可能性がある技術の個票

整理番号 38

技術の名称 : 凝集剤添加、化学薬品注入

処理対象 : 内水

技術分類 :	種別	大分類	中分類	対策技術
	維持管理	浸出水浄化	浄化	薬剤処理

対象物質等 : COD, T-N, 重金属, pH, H₂S

技術熟度 : ★★

★. アイデア段階
★★. 理論的研究・基礎実験の段階
★★★. 実証が必要な段階
★★★★. 実証試験中・終了の段階
★★★★★. 実際の施工事例がある段階

適用可能ライフステージ : 埋立開始前, 埋立開始～埋立後期, 埋立後期以降

技術の概要 :

(1) 凝集剤添加
内水ポンドに凝集剤を注入し、懸濁物を化学的に凝集してフロックを形成させる排水処理技術である。

1) 調査事例¹⁾
海面最終処分場の廃棄物処理処分に関する研究で報告された、工事現場や工場等で発生する汚濁水を処理する時に使用する無機凝集材[※]の新規情報に基づいた、内水ポンドでの利用を想定したアイデアである。

当凝集材は、以下の特徴を有し、高度な水処理施設が不要であり、貯水ピット等の簡易な設備で効果が期待できるため、コストを削減できる可能性があるとしている。

- ・従来の有機高分子や化学成分を原料とする凝集剤(薬剤)とは異なる、天然無機鉱物を原料とする安全性の高い凝集材である。
- ・処理出来る汚濁水の対象が従来工法に比べ広範囲になっている。
- ・低水温にも対応する為、自然条件に制限がない。
- ・広範囲のpHに対応する為、強アルカリの汚濁水を処理する場合、硫酸等による前段での中和処理が不要。
- ・凝集時間が早く、強い凝集作用を持つことから、水処理のスピードアップが図られる。その結果、コストも軽減される。

【適用範囲】 水温：1～95℃、pH値：4～14、SS：50～20,000mg/L、BOD：0～8,000mg/L

※ 高性能無機凝集材 SNKバイオ(国土交通省 新技術情報提供システム Netis HK-090014-A)

(2) 化学薬品注入
内水ポンドに凝集剤を注入し、懸濁物を化学的に凝集してフロックを形成させる排水処理技術である。
また、内水の溶解性物質を薬品で酸化等の処理を行うアイデア技術である。

出典：国土交通省 国土技術政策総合研究所 持続可能な臨海部における廃棄物処理処分に関する研究 国土技術政策総合研究所資料 第741号 2013

技術の名称	ポンド等による中和			
処理対象	内水			
技術分類	種別	大分類	中分類	対策技術
	維持管理	浸出水浄化	中和	ポンド
対象物質等	COD	T-N	重金属	pH
技術熟度	★★★★			
適用可能ライフステージ	埋立開始前	埋立開始～埋立後期	埋立後期以降	
	★. アイデア段階 ★★. 理論的研究・基礎実験の段階 ★★★. 実証が必要な段階 ★★★★. 実証試験中・終了の段階 ★★★★★. 実際の施工事例がある段階			
技術の概要				

受動的中和：水面から大気中の二酸化炭素が自然に取り込まれ、炭酸中和される。
 能動的中和：水処理施設での薬品中和の他、内水ポンドの曝気やトレンチ処理を行って、浸出水と大気の接触を促進して、二酸化炭素で炭酸中和する。

受動的炭酸中和では、処分場内の集排水システムを活用し、大きく次の3つの要素で排水水質のpHを低減させる。(図-1)¹⁾

- ① 希釈作用
 内水ポンドの大量の池の水による希釈作用により、高アルカリの保有水のpHを低減する。化学当量としては、10倍希釈でpHが1低下する。
 また、降雨量にもよるが、集水暗渠が設置されている場合、集水暗渠内での雨水流入による希釈効果も期待できる。
- ② 炭酸中和作用
 集水暗渠内や内水ポンドに流入する間、内水ポンド水面での二酸化炭素吸収によりpHが低減する。二酸化炭素については、大気からの供給や、有機物分解による生成が期待できる。
- ③ 焼却灰等からのアルカリ成分溶出抑制によるpH低減
 焼却施設における排ガスを利用した炭酸中和や、残渣のセメント固化、灰洗浄など、有害金属処理としての炭酸化についての検討事例が多数存在し、pH低減の効果も期待できる。

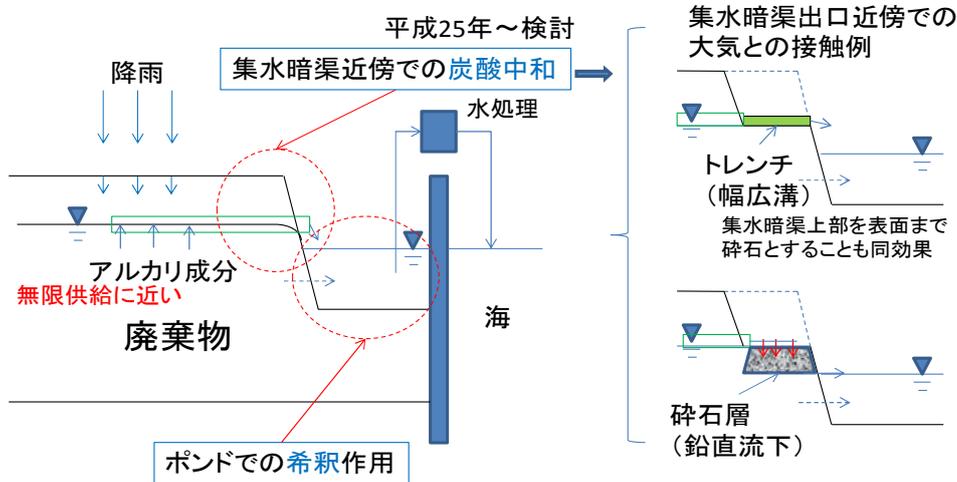


図-1 内水ポンド等における希釈・中和作用の基本概念

○ 実験報告事例²⁾

気相から弱アルカリ水に吸収される二酸化炭素量を実測した。

1) 実験概要

焼却灰等に空気中の二酸化炭素が作用して炭酸化・中性化が進行することが知られている。定量的な設計因子を定めるためには、二酸化炭素吸収量を実測する系を構築する必要がある。容器に満たした試料水(吸収液)を入れ密閉された実験装置内に二酸化炭素を注入して、気相の二酸化炭素濃度の変化を測定し、気液界面での二酸化炭素吸収速度を実測した。(図-2)

実験ケースは、吸収液のpH・容器の水量及び表面積を組み合わせ設定した。(表-1)

2) 実験結果

図-3に示す気相中二酸化炭素濃度の変化から、気相から水へ二酸化炭素が単位面積・単位時間あたりに移動する量(フラックス)を求めた。pH9及び10の吸収液 (Run1, 2, 4, 6)については、初期値(フラックスの最大値)は、 $0.2 \text{ mol m}^{-2} \text{ min}^{-1}$ であった。一方、pH12の吸収液(Run3, 5, 7)については $1.5 \text{ mol m}^{-2} \text{ min}^{-1}$ であった。最終値は、水中濃度と気相中濃度が平衡に近づいた後であるので、比較には使用していない。

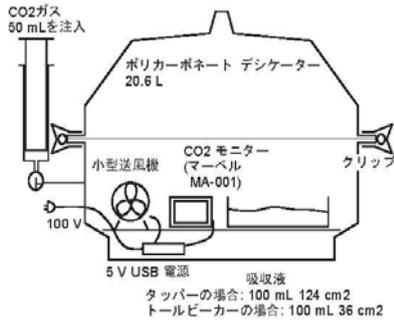


図-2 実験装置

表-1 吸収液のpH・容器の水量及び表面積の設定による実験ケース

吸収液	Run1	Run2	Run3	Run4	Run5	Run6	Run7
	設定	p H7 標準液	p H9 標準液	ホウ酸+NaOH	p H9 標準液	ホウ酸+NaOH	人工海水+p H9 標準液
p H	7	9	12	9	12	9	10
水量 (mL)	100	100	100	100	100	100	100
水表面積 (cm ²)	124	124	124	36	36	124	124

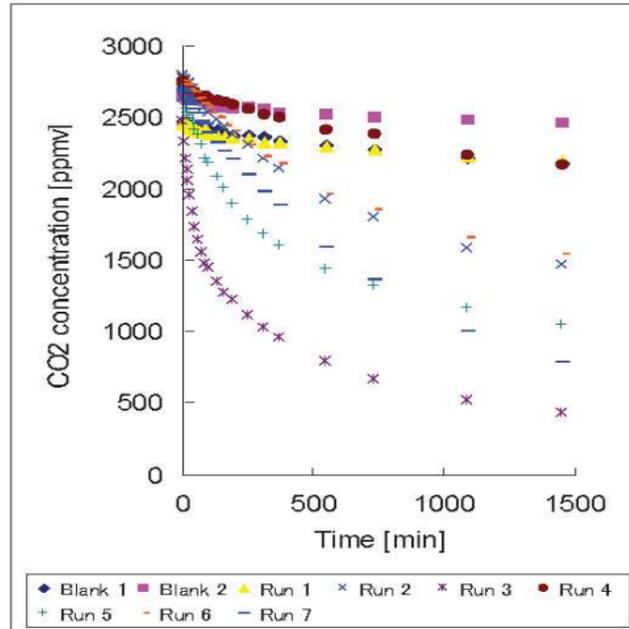


図-3 デシケーター中のCO2濃度の推移

- 出典：1) 宮脇健太郎 ポンド等における pH低減メカニズムの解明 平成25年度環境保全対策調査報告書 (大阪湾広域臨海環境整備センター委託) 2014
 2) 渡辺信久 気相から弱アルカリ水に吸収されるCO2量の実測 第24回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集 2013