特集・廃棄物処理・処分の現状と課題

最終処分場の機能と維持管理

柳瀬 龍二*

1. はじめに

廃棄物の適正な処理・処分は生活環境保全上、重要な役割を持っており、欠かすことのできないものである。しかし、大量生産・大量消費社会の中で、わが国の一般廃棄物と産業廃棄物は大量に発生し、我々生活者の周辺にも排出されている。そして、時として、最近の廃棄物の多種多様化と大量発生は廃棄物処理技術対策の遅れや施設の維持管理の不備等を招き、廃棄物の不法投棄や不適正な処理によって、廃棄物処理施設周辺での環境に対する不安感や、行政および廃棄物処理業者への不信感を持たせる状況が出てきている。

このため、廃棄物処理施設に対する建設反対運動が各地で発生する等、廃棄物の適正処理が行き詰まっているのが現状である。本報では最終処分場の本来の機能と維持管理の必要性等について整理した。

2. 最終処分場の機能

廃棄物最終処分場指針解説（1989年版）には『廃棄物の最終処分場は単なる廃棄物の捨て場ではなく、生活環境の保全上支障が生じない方法で、廃棄物を適切に貯留し、自然界の代謝機能を利用し、廃棄物を分解・安定化し無害化することである』と埋立処分の考え方が明記されている。したがって、廃棄物を分解・安定化させ周辺環境を保全するには、廃棄物の処理処分に携わる関係者が、埋立処分技術（①廃棄物の分解機能、②遮水機能等）や維持管理技術および情報管理等、埋立地の機能を十分理解していることが前提となる。

図一 土壌微生物による分解メカニズム

2.1 廃棄物の分解機能

埋立地に処分された廃棄物は自然の作用（空気、熱、光、水、土壌、微生物等）により、時間をかけて分解し、ガス化・無機化する。廃棄物が分解し安定化する過程で、もっとも大きな役割を果たすものが埋立地内での生物作用と物理化学作用である。この安定メカニズムは十分解明されていないが、埋立地の安定化をあらわす指標として、①埋立地盤の沈下速度、②浸出水の水質、③発生ガスの質と量があり、廃棄物の埋立処分はこれらの安定化を促進する方法で埋め立てることが重要である。ここでは特に、生物作用について述べる。

廃棄物の分解に寄与する微生物の作用¹⁾は、図一に示したように廃棄物中の有機物を微生物が分解しガス化・無機化するが、その分解は好気性分解と嫌気性分解に区分される。好気性分解は酸素が十分

* 福岡大学工学部土木工学科
Ryuji YANASE

図-2 埋立構造と浸出水中の BOD の経時変化 (可燃ごみ)

にある状態で微生物が活発に作用するため、反応速度が大きく有機物の分解が早く、浸出水の水質悪化を防止するなど衛生的見地から好ましい。一方、嫌気性分解は廃棄物層内での酸素不足や埋立地内への浸出水の滞水によって嫌気的となり、浸出水の水質悪化や発生ガス等の問題が発生しやすい。

2.1.1 浸出水へ与える影響

埋立地内が好気性状態と嫌気性状態では、浸出水の水質に与える影響が違ふ。その事例を図-2 に示した花嶋²⁾らの最終処分場の「埋立構造による BOD 変化の相違」から判断すると、有機物が多い可燃ごみの埋立地において、嫌気性状態の埋立地(嫌気性埋立)の場合は BOD が埋立開始から 1 年半後も約 5 万 mg/l を推移しているのに対し、現在わが国で採用されている準好気性埋立では 1 年後には約 50 mg/l と BOD が急激に減少し、埋立構造の違い(嫌気性状態と好気性状態)が浸出水の水質を大きく左右している。

2.1.2 発生ガスへの影響³⁾

廃棄物中の有機物が埋立地内で好気性条件下で分解した場合、一般的に二酸化炭素、水が生成する。一方、嫌気性条件下では、初期に有機酸類が生成し、最終的にはこれらがメタンと二酸化炭素のガスとして発生する。嫌気性条件下で発生したメタンは有機物の含有量によっても異なるが、多い場合では 30～70% 程度発生している。メタンの爆発限界は一般に 5～15% であり、埋立地でのメタンによる爆発の危険性があることから、埋立地内はできる限り好

気性雰囲気を保つことが重要である。

このように、浸出水や発生ガスに対して、埋立地内は好気性状態を維持することが好ましい。そのためには、後述する準好気性埋立の構造を維持する事であり、埋立地内の浸出水を埋立地系外へ速やかに排除し、浸出水を滞水させないことがもっとも重要であり、これは浸出水集排水管の機能が十分に働いていることが前提条件となる。

2.2 準好気性埋立の考え方

わが国における一般廃棄物の最終処分場は「廃棄物最終処分場指針解説」より準好気性埋立構造を有する埋立地が採用されている。

準好気性埋立構造とそのメカニズム⁴⁾は図-3 に示したように、埋立地内に空気(酸素)が供給されることで有機物の好気的な分解が進み、発酵熱が発生し埋立地内の温度が 50～70℃ となる。このため埋立地内と外部間に温度差が生じ、空気(酸素)が浸出水集排水管を通して埋立地内に流入する。さらに、埋立地内に空気が流入することで、有機物の分解→発酵熱の発生→温度差が生じることで繰り返し空気が埋立地内に流入するなど、微生物の作用を利用したメカニズムとなっている。また、埋立地内で有機物の分解が好気的条件下で進むことで、浸出水の水質が良好に保たれ、メタンガスの発生も抑制することが可能となる。

準好気性埋立構造のメカニズムを維持するには、浸出水集排水管の 1/3 の断面が浸出水の流出用として、残り 2/3 の断面が埋立地内への空気流入用として

常に維持管理していくことであり、そのためには、浸出水集排水管を滞水させない事が重要である。さらに、埋立地内での浸出水の滞水は、浸出水によって埋立地底部や一部の法面が被圧され地下浸透する原因を作ることにもなる。

このように、浸出水を埋立地内に滞水させることは嫌気性状態となり、① 浸出水質の悪化、② メタンガス等の発生、③ 地下浸透の可能性など、「埋立処分の基本」に反しており、廃棄物の適切な最終処分は埋立地が準好気性埋立構造で、その機能を十分理解し維持管理することで、廃棄物の安全・無害化と周辺環境を保全することが可能と言える。

2.3 遮水機能の考え方と指針

2.3.1 遮水機能の考え方

廃棄物の最終処分場においてもっとも懸念される点が浸出水による公共水域や地下水の汚染であり、これらの悪影響を防止することを目的として遮水機能が計画実施される。最終処分場の遮水機能には、① 浸出水集排水管による浸出水の埋立地系外への排除、② 遮水工による浸出水の漏水防止、③ 表流水や地下水の埋立地への流入防止に伴う浸出水量削減があり、これらが十分に機能することが最終処分場における浸出水の漏水防止と、同時にその周辺の環境保全対策と言える。特に、①は浸出水による地下水汚染防止対策の生命線と言えるほど重要である。

2.3.2 遮水工

遮水工⁵⁾は構造および使用材料によって図-4に示した鉛直遮水工と表面遮水工に分類されるが、埋立地ではシート等による表面遮水工が多く施工されている。しかし、各地でシート破損や施工上の不備等で問題が発生している。このため、平成10年6月16日付で「一般廃棄物の最終

図-3 準好気性埋立構造のメカニズム

図-4 遮水工の概念図

図-5 遮水工の種類

処分場及び産業廃棄物の最終処分場に関わる技術上の基準を定める命令の一部を改正する命令」(総理府, 厚生省令第2号)(共同命令)によって, 以下の項目が遮水工として改正された。

(1) 遮水工を設置しない場合

埋立地の側面または底面に不透水性地層(厚さ5m以上, 透水係数 1×10^{-5} cm/s以下の地層もしくはルジオン値1以下の岩盤またはこれと同等以上の遮水効力を有する地層)がある部分については遮水工を設置する必要がない。

(2) 遮水工を設置する場合

1) 表面遮水工

- イ) 厚さ50cm以上, 透水係数が 10^{-6} cm/s以下である粘土等の層に遮水シートが敷設されていること
- ロ) 厚さ5cm以上, 透水係数が 10^{-7} cm/s以下であるアスファルト・コンクリートの層に遮水シートが敷設されていること
- ハ) 不織布その他の物の表面に二重の遮水シート(二重の遮水シートの間に車両の走行等の衝撃により双方のシートが同時に損傷することを防止できる不織布その他の物が設けられているものに限る)が敷設されていること
- ニ) 基礎地盤の勾配が50%であって, 内部水位が達しない部分については基礎地盤に吹き付けられたモルタルに遮水シートまたはゴムアスファルトが敷設させていること
- ホ) 遮水層の下部に必要な強度を有し, 平らな基礎地盤が設けられていること(シートの破損防止)
- ヘ) 遮水層の表面に遮光性を有する不織布その他の物が敷設されていること(シートの劣化防止および保護対策)

2) 鉛直遮水工

- イ) 薬剤等の注入により不透水性地層までの地盤のルジオン値が1以下となるまで固化されている

こと

- ロ) 厚さ50cm以上, 透水係数が 10^{-6} cm/s以下である連続壁が不透水性地層まで設けられていること
- ハ) 鋼矢板が不透水性地層まで設けられていること
- 3) 地下水による遮水工が損傷する場合には管渠その他の地下水集排水設備を設けること
- 4) 保有水等を有効に集め速やかに排出することができる堅固で耐久力を有する構造の管渠その他の保有水等集排水設備を設けること

また, 最終処分場で使用されている表面遮水工は図-5に示したように, 遮水シート, アースライニング, 舗装フェーシングに大別できるが, 今回の廃棄物処理法の一部改正により二重構造による遮水工が義務付けられることになった。

法改正の中でも遮水構造として, 一番目に粘土等の層とシートによる二重構造が挙げられるが, この二重構造タイプには自己修復能力を応用したベントナイトを用いた混合土とシートの二重構造のケースがあり, 東京都日出町の第二処分場や新潟県環境保全事業団の出雲崎最終処分場で施工されている。

また三番目として, シートによる二重構造のタイプが挙げられるが, これはシート破損時の修復対策を含めた手法(真空吸引法, 自然流下法, コロイド溶液加圧法, 地下水区排水法等)が実施されている。

このように今回の法改正に伴う二重構造への対応策は進んできているが, どの工法においても一長一短があると考えられるため, 最終処分場は長期間の埋立処分とその後の跡地利用対策まで考慮した遮水対策が必要であるとする。

2.3.3 表面遮水施工と漏水検知および修復

浸出水の漏水防止対策として表面遮水工が一般的に施工されているが, 遮水シートの素材のみでは遮水工が不十分であり, 漏水防止対策には①建設時の遮水シートの施工技術や施工検査, ②埋立期間中の

遮水工の維持管理が重要となる。シートによる遮水工の不備な条件として、ア) シートの接合・接着不備および剥がれ、イ) 下地（基礎地盤層）の整備の不備、ウ) 保護材の種類・厚みの問題、エ) 廃棄物の搬入車・作業機械による運転ミス等によって、シートの破損や漏水が発生する。

図一 6 に浸出水集排水管と遮水シートの保護例⁶⁾を示したが、シートの下地の整形・転圧や改良（ベントナイト混合土）とシートの上下層の不織布による保護および、廃棄物や作業機材からの保護のための土（約50cmを必要とする）等による、二重・三重のシート破損防止策を行った施工が実施されている。

また、下地をベントナイト混合土で改良した場合、下地とシートの間に不織布を敷設しているが、不織布の有無については議論が残るが、シートの破損防止としては不織布を敷設した方が安全であるが、シートが破損した場合は、不織布を通しての漏水量が多くなる可能性があり、この点を考慮すると下地とシートが密着した方が、ベントナイトの膨潤によって漏水量を抑制すると考えられる。

次にシートの破損や接合ミス等を早期に発見する手段として、漏水検知システム（電気的検知法、真空吸入法等）がシート遮水工施工時に同時に敷設されている。シートの物理的破損として埋立初期（ごみ層厚3m程度）の、廃棄物搬入時の廃棄物による破損と重機による埋立作業時のシート破損等が考えられ、ごみ層が厚くなるとシートへの荷重が分散され、シートへの影響は埋立初期に比べ小さくなるものと考えられる。したがって、漏水検知システムは

図一 6 浸出水集排水管と遮水シートの保護例

主にシート遮水工の施工チェックと、埋立初期のシート破損検査の手法として効果的であり、早期修復も可能と言える。

また、漏水検知システムはシート自体の劣化（物理化学的・生物的）や接合部の剥がれおよび接着剤の劣化に対する長期的モニタリングが可能と考えられるが、同時に検知用のセンサー類の劣化・不良を、長期的にモニタリングした事例が少ないため、その安全性・安定性については今後の長期的な調査・研究を見極めていく必要があると考える。

2.3.4 浸出水集排水管による内部滞水防止

浸出水集排水管は埋立地内に発生した浸出水を、速やかに場外へ排除する目的を持っており、これは、浸出水による地下汚染防止対策の生命線とも考えられるほど重要な施設である。特に、浸出水集排水管の目詰まり等による構造上の不備は、浸出水を速やかに排除できなくなり、埋立地内に浸出水の滞水を招き、地下水汚染の原因を作ることになる。一方、浸出水集排水管の機能が十分に発揮されている場合は、埋立地内の浸出水を速やかに排除し、滞水がない状態を常に維持できると同時に、浸出水集排水管を通して埋立地内へ空気（酸素）が流入することで、埋立地内がより好気的な状態となり浸出水の浄化機能も促される（準好気性埋立構造のメカニズム）。

このようなことから、最終処分場における浸出水集排水管の機能を十分に保持するための設計時の考え方と、維持管理が最終処分場の大きな生命線となる。そこで、浸出水集排水管の構造例⁷⁾を図一 7 に示す。また、図一 8 には浸出水の底部集排水管の目詰まりしやすい事例⁸⁾を示す。一般的には埋立地底部に敷設した底部集排水管の被覆材は、粒径50~150mmの栗石が適しているが、目詰まりが起きる事例では①集排水管表面に有孔シートや砂などの粒径の小さい被覆材を用いることにより、浸出水中の有機物質などが砂層等の間につまって目詰まりを起こす。

②集排水管の高さに比べ保護層の高さとほとんど差がない場合や保護層の方が高い場合は、浸出水を集水する面積が小さくなる。

③降雨などによって流亡してきた保護土が集水管に覆われ目詰まりを起こすケースもある。

これらの底部集排水管の悪い事例から、結果的には浸出水が埋立地内に滞水し、速やかに埋立地外へ排除できない状況となり、さらに、集排水管からの

図一 底部集排水管の構造例

空気の流通も悪くなり、廃棄物の分解も遅れるなど、構造上の不備が認められる。

3. 最終処分場の維持管理の重要性

最終処分場の目的は生活環境の保全上支障が生じない方法で廃棄物を適切に貯留し、自然界の代謝機能を利用し安定化・無害化することにより自然に還元することであり、その目的のために十分な計画を立案し最良の処分場を建設している。

しかし、処分場の埋立期間が10～20年と長期なため、処分場に携わる人の変化、処分技術の継承・継続性等、処分場の埋立作業管理を含めた維持管理が不十分な状況になると、周辺の環境保全や防災面で不備が生じてくる。

このため、最終処分場の維持管理の継続性は周辺環境の汚染を防止すると同時に、廃棄物を衛生的で且つ安全に処分するための基本と言える。

表1(次ページ)に最終処分場の維持管理技術と情報管理の一覧⁹⁾を示した。搬入する廃棄物の管理・埋立作業管理・維持管理等の技術と情報管理の保持は、埋立廃棄物を安全に処分し管理することであり、

図一 8 浸出水集排水管の悪い例

これからの情報開示の流れの中で、環境保全上の情報管理が埋立地周辺住民に対する、信頼と安全を構築することになる。また、埋立地の跡地利用計画の基礎情報である事からも、最終処分にとって大切な問題である。そのためには、これらの個々の維持管理技術や情報管理ができる人材の確保が最も重要であると言える。

参考文献

- 1) 日本環境衛生センター：廃棄物処理施設技術管理者資格認定講習テキストIV (56年版)
- 2) ㈱全国都市清掃会議：埋立処分場における浸出液処理システムの開発に関する研究、昭和54年度報告書
- 3) 日本環境衛生センター：廃棄物処理施設技術管理者資格認定講習テキストIV (56年版)

- 4) 花嶋：第3回日米廃棄物会議資料，昭和51年 版
 5) (社)全国都市清掃会議：廃棄物最終処分場指針解説，1989年 版
 6) (財)日本産業廃棄物処理振興センター：産業廃棄物処理業に関する更新許可講習会テキスト「産業廃棄物の処分課程」
 7) (財)全国都市清掃会議：廃棄物最終処分場指針解説，1989年 版
 8) (財)日本産業廃棄物処理振興センター：産業廃棄物処理業に関する更新許可講習会テキスト「産業廃棄物の処分課程」
 9) (財)日本産業廃棄物処理振興センター：産業廃棄物処理業に関する更新許可講習会テキスト「産業廃棄物の処分課程」

表1 最終処分場の維持管理項目

大分類		中分類	小分類
搬入管理	搬入する廃棄物	廃棄物のチェック機能	抜き取り調査
		廃棄物の計量	ごみ量、ごみ質
		付帯項目の記録	搬入日、排出源、収集運搬業者
	覆土	覆土の搬入記録	搬入日、覆土量、材質
埋立管理	埋立作業管理	埋立方法	埋立面積・容量、埋立位置図
			分画埋立と混合埋立
			埋立工法（サンドイッチ方式・セル方式・投げ込み方式）
		破碎・転圧・締固めの実施	撤き出し厚さ、一層の仕上げ厚さ
			転圧回数・管理（危険物への注意）
			使用機材の点検・調整・補修
		覆土作業の実施	即日覆土の厚さ・中間覆土の厚さ・最終覆土の厚さ
			覆土の実施日・位置
		沈下量の管理	知音加療の測定位置と測定頻度、沈下状況管理票・図の作成
		その他	場内走行路の確保、閉障等の点検・補修、火災発生の防止 第3者の侵入防止、ごみの飛散防止
施設管理	貯留構造物	損傷防止対策	損傷の有無、補修の必要性、漏水の有無、構造の沈下・傾き等
		地震・大雨の異常時の対策	同上
	遮水工	遮水工の点検・補修	損傷の有無と補修、突起状廃棄物の除去
		底面部・法面部保護土の実施	使用保護土の土質、粒径、敷設方法等
		詳細検査計画	しゃ水材の簡易検査と試験等
	雨水集配水施設	集排水路	場内及び周辺側溝等の点検・清掃
		排水管の開閉管理	埋立場内の雨水配水管の開閉状況の確認
	浸出水集排水施設	防災調整池	防護柵の点検、堆積土等の排除、水位の測定、放水路の点検・清掃
		集水管の点検	管のひび割れ、管の継ぎ手の漏水、管のバルブの固着とつまり
		集水管周辺の管理	保護土の堆積と管の目詰まり
		集水管の開閉管理	埋立場内の浸出水集水管の開閉状況の確認
	浸出水処理施設	環境情報	埋立地内の水位状況の揭示・敵推移の確認
		水処理施設の点検	適正な運転条件の確認、各設備の点検・調整・補修
		浸出水集水ピットの点検	点検・整備及びピット内酸素濃度の測定、水位の監視
		環境管理情報	浸出水量・水の測定・頻度・位置及び管理
			気象状況の管理（温度・降雨量）
			放流量・水質の測定・頻度及び管理
	発生ガス処理施設	埋立地周辺部のモニタリング（地下水・河川）	水質は浸出水と同じ
		施設の点検	ガス抜き設備の目詰まり、埋立作業中のガス抜き設備の設置工法
情報管理	維持管理情報	環境管理情報	発生ガス量とガス質（メタン・炭酸ガス・悪臭物質）の測定と場所
		最終処分場に関する計画等	基本計画書・設計書、環境アセスメント関係等
		搬入管理	搬入管理に準ずる
		埋立作業管理	埋立の出来高の推移、沈下の経時的推移、埋立地の記録（写真）等
		環境管理	各種の測定結果の一覧（浸出水関係・発生ガス関係）等