

最近の最終処分場における課題と対策

—最終処分場の廃止対策について—

クボタ環境サービス(株)

技術本部 堀井 安雄

1. はじめに

現在、新設のほぼ全ての管理型産業廃棄物処分場と一般廃棄物処分場では、早期安定化が期待できる準好気埋立構造が採用されており、また、埋め立てる前に廃棄物を強制的に洗浄して不活性化させることにより埋立地の早期安定化を図る方法や人工散水による洗い出しで安定化を促進する方法が提案されるなど、早期安定化にむけた施策が講じられている¹⁾²⁾。しかし、既設の最終処分場では、閉鎖から廃止に至るまで長期に渡る場合が多く、その間の維持管理費の負担増や跡地利用の制限等の問題が顕在化している。そればかりでなく、最近では、一部の処分場については半永久的に廃止できないといった状況も生じている。また、近年被覆型の廃棄物処分場の建設が増加する傾向にあるが、準好気性構造の処分場構造ではあるが、散水をしないため半永久的に廃止基準を達成しない処分場が出現してきており、今日的な課題となってきた。その対策としては、埋立終了後廃止できない最終処分場が「負の遺産」として次世代に残されることを回避し、地域住民に最終処分場の必要性を認知してもらうためにも、廃止を促進させるための早期安定化技術が強く求められている。

2. 廃止の阻害要因

最終処分場の廃止基準の概要を表1に示す³⁾。この中で特に達成が難しいとされるのが、管理型処分場における廃止基準の「浸出水水質が2年以上排水基準に適合していること」である。ここで示されている「排水基準」は、総理府令に定められた排水基準ではなく、維持管理計画に定めた排水基準であり、浸出水処理施設の放流先の利水条件によっては、厳しい排水基準のところもある。例えば、浸出水中の塩素やカルシウム濃度を維持管理計画の排水基準に定めた場合や生物化学的酸素要求量（以下「BOD」）や化学的酸素要求量（以下「COD」）の排出基準値を10mg/l等とした場合、これらの項目と基準値が廃止基準値となる。

浸出水の排水基準項目のうち、特に達成が難しいのがCODおよび窒素である²⁾。1970年代に建設された最終処分場の中には、中間処理を受けなかった廃棄物が相当量埋立処分されているところもかなりあると推測され、そのような廃棄物は、埋立層内で分解が進まないままCODや窒素の元である難分解性有機物が浸出水に含有していると推測される。最近の一般廃棄物の最終処分場では、埋立物は焼却残渣が主体となり、高濃度の無機塩類（Ca

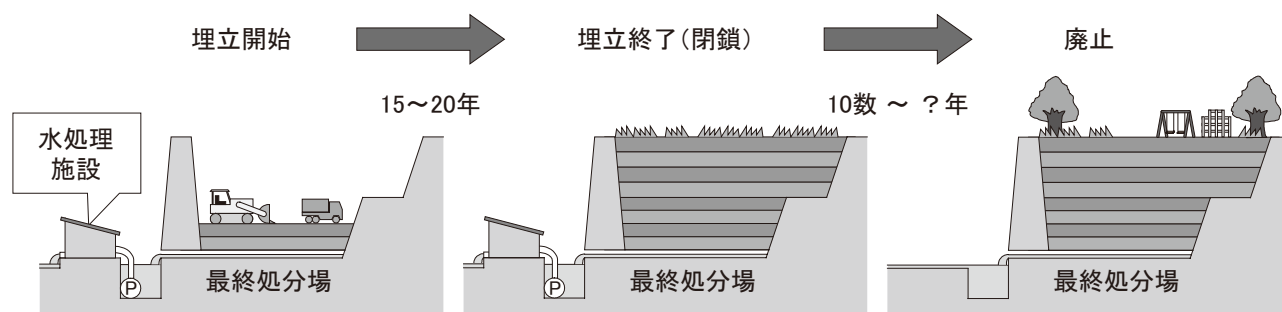


図1 最終処分場の埋立開始から廃止まで（イメージ）

表 1 最終処分場の廃止基準の概要

	安定型処分場	管理型処分場 (一般廃棄物処分場)	しゃ断型処分場
共通基準	1. 最終処分場の外に悪臭が発散しないように必要な措置が講じられていること。 2. 火災の発生を防止するために必要な措置が講じられていること。 3. ねずみが生息し、はえその他の害虫が発生しないように必要な措置が講じられていること。 4. 地下水の水質検査の結果、次のいずれにも該当していないこと。ただし、水質の悪化が認められない場合においてはこの限りでない。 ア) 現に地下水質が基準に適合していないこと イ) 検査結果の傾向に照らし、基準に適合しなくなるおそれがあること 5. 現に生活環境保全上の支障が生じていないこと。		
個別基準	6. 埋立地からガスの発生がほとんど認められない、又はガスの発生量の増加が2年以上にわたり認められないこと。 7. 埋立地の内部が周辺の地中温度に比して異常な高温になっていないこと。 8. おおむね50cm以上の覆いにより開口部が閉鎖されていること。		—
	9. 地滑り、沈下防止工、雨水等排出設備について、構造基準に適合していないと認められないこと。 10. 地下水の水質が次の要件を満たすこと。 (1) 地下水等検査項目：基準に適合 (2) BOD：20mg/L以下	11. 囲い、立て札、調整池、浸出液処理設備を除き構造基準に適合していないと認められないこと。 12. 保有水等集排水設備により集められた保有水等の水質が、次に掲げる項目・頻度で2年以上にわたり行った水質検査の結果、排水基準に適合していると認められること。 (1) 排水基準等：6月に1回以上 (2) BOD、COD、SS：3月に1回以上 13. 雨水が入らず、腐敗せず保有水が生じない廃棄物のみを埋め立てる処分場の覆いについては、沈下、亀裂その他の変形が認められないこと。	14. 地滑り、沈降防止工及び外周仕切設備が構造基準に適合していないと認められないこと。 15. 外周仕切設備と同等の効力を有する覆いにより閉鎖されていること。 16. 埋め立てられた廃棄物又は外周仕切設備について、環境大臣の定める都市が講じられていること。

イオン、Clイオン)を含む浸出水となっており、浸出水中の窒素成分も従来の無機性窒素主体から有機性窒素主体へと移行してきている。その主因としては、焼却飛灰中の重金属溶出防止用の有機性キレート剤が影響していることが判明してきた。

3. 安定化の定義

埋め立てられている廃棄物の「安定化」を定義する場合、大きく二つの考え方がある。一つは、基準省令で定められた廃止基準に基づいて、これを達成した場合に安定化したと判断するものであり、もう一つは、ごみを掘り起こして大気や雨に晒しても環境に影響を与えるような変化が生じない状態を安定化したとするものである。前者は「見

かけの安定化」、後者は「真の安定化」と区別され、より後者に近い状態が理想的であると言える。

しかし、既設の最終処分場の多くは十数m、場合によっては数十mの廃棄物埋立層が既にあり、埋立層表面に降った雨水は、埋立層内に特定の流路いわゆる「みずみち」を形成しながら流下していることが予想される。その場合、降雨水は浸出水として集水施設に集められるまで、埋立廃棄物と均一に接触することなく、廃棄物層間隙に形成されたみずみちを流下するため、雨水による埋立層内の均一な洗い出しはほとんど期待できないと考えられる。すなわち、通常の既設最終処分場の安定化は、限りなく見かけの安定化に近いと考えられる。

埋立地の安定化とは、廃棄物へ浸透した降雨（または散水）と保有水管からの供給される空気により、好気性微生物の作用や物理化学的な作用により進行していく。埋め立てた廃棄物のうち、有機物などの分解性廃棄物は生物学的作用により分解して減容化していく。その他の無機性廃棄物は物理化学的作用により溶出や化学的反応・土壌吸着・脱着を繰り返し分解していく。その結果、浸出水の水質が廃止基準値以下となり、埋立ガス量の増加がなく・臭気も発生しなくなり、埋立地中温度が周辺地盤と顕著な差が認められない状態になり、かつ、埋立地盤の沈下が終了した時点をもって、埋立地が安定化したと言える。

廃止後の法律上の位置づけ

最終処分場の廃止により「廃棄物処理法」の規制が解除された場合、土壌の汚染に係る環境基準（以下「土壌環境基準」と称する。）の適用が考えられるが、廃止後の最終処分場の跡地に対する土壌環境基準の適用については平成10年7月16日、「環水土第51号、環境庁水質保全局長土壌農薬課長通知」により、引き続き一般環境から区別されているものについては、土壌環境基準は適応されない。一般環境から区別されていない状態、すなわち掘削による遮水工の破損や埋め立てられた廃棄物の攪乱により一般環境から区別する機能を損なうような利用が行われる場合は土壌環境基準が適用される。

以上のことから、埋立跡地を自由に土地利用するには土壌環境基準が適用されるわけであり、安定化技術の適用範囲と安定化水準を明確にして実施すべきである。

埋立地の安定化手法には、次項で述べるが、その大半が土壌浄化分野で開発され、実用化されてきたものである。埋立処分地における廃棄物混じりの土壌は、その分解安定化や洗浄安定化など一般の土壌とは、安定化特性が異なることが実証実験で示唆されてきている。したがって、実際の最終処分場で安定化を促進させて廃止基準を早期に達成させるためには、模擬埋立槽やカラム試験等

で事前に安定化手法の選択と安定化指標の把握を行うことが、経済的かつ効果的な安定化を促進する上で必須となる。

4. 早期安定化技術

早期安定化を推進する際のフェーズは、大きく4つのフェーズに分けることができる。フェーズ1では、埋立廃棄物の調査を行う。フェーズ2では、フェーズ1での調査結果から安定化促進技術の適用検討を行い、事業リスクや経済性など総合的に判断して安定化促進事業計画・事業方針を決定する。フェーズ3では、フェーズ2で決定された事業計画に則って、実際に処分場廃止に向けた事業を実施する。フェーズ4では、フェーズ3で実施した安定化技術によって、基準省令に定められた廃止の基準にもとづき廃止の措置が可能かどうかを判断する。最終的に廃止の措置がなされると廃棄物処理法の規制から外れるため、その時点で埋立地は「安定化した」と判断される。

1) 埋立廃棄物の調査

埋立廃棄物の調査においては、最初に埋立履歴調査を行い、埋立廃棄物の種類、量、場所などを把握する必要がある。これは、埋立記録や所轄役所への過去の報告書など既存文献の調査を中心に行うものである。しかし、処分場によっては廃棄物の種類別埋立位置の詳細な記録がない場合があり、必要に応じて埋立層内の廃棄物埋立位置調査を行う必要がある。

埋立層内の探査技術として、高密度電気探査、1m深地温探査、表面波探査などがある。中でも1m深地温探査は、埋立てられた有機性廃棄物の生物分解に伴う発熱を検知して、発熱地点を推測することが可能であり⁴⁾、廃止阻害要因である浸出水中のCODおよび窒素の発生源である有機性廃棄物が分解の進まないまま存在しているポイント（ホットスポット）を類推するのに有効である。さらに、これらの結果からボーリング調査やテストピット位置を決定し、実際の埋立物サンプルの組成を調査する。いずれにしても、埋立層内部の状

況を立体的にかつ経済的に把握する調査の実施が重要である。

2) 早期安定化技術

従来開発されてきた早期安定化技術は、既設の最終処分場で廃止ができない課題を解決するため主たる目的であった。新設の最終処分場について、建設前から埋立完了後の早期の廃止を意図した最終処分場は、ほとんど事例がなかった。最近になって、計画段階から早期安定化を組み込んだ最終処分場の設計が行われ建設された事例が現れてきた。代表的な最終処分場としては、平成27年1月から供用開始された日本最大の被覆型処分場の「エコパークかごしま」がある。廃止促進のために強制通気と散水を、複数の埋立層で行うことが可能なように設計段階から組み込まれている。

一方、既設の最終処分場を早期に安定化させる技術을考えた場合、大きく二つの方向性がある。一つは、埋立物を掘り起こして適正な処理を行った後に埋め戻す「埋立地再生」、もう一つは、埋立物を掘り起こさずに原位置で安定化を促進する「原位置安定化」である。

前者の場合、埋め立てられた廃棄物全体を対象に、適切な処理（溶融、分級洗浄、破碎選別、有価物回収など）を行い新たに埋め戻すことから、「真の安定化」を目指す場合には有効な手段である反面、掘削に伴う埋立物の変化やガス・粉塵の発生に対するリスク回避手段の難しさや費用対効果の評価など、実施の際に解決すべき課題が多い。

後者の場合、原位置でバイオレメディエーション、ソイルフラッシング、ケミカルオキシデーションなど汚染土壌浄化技術を元にした技術を応用し安定化を促進するもので、掘削を伴わないことから埋立地再生に付随する課題の多くを回避することができる反面、みずみちの問題を完全には解消できないことから「見かけの安定化」を最終目標にせざるを得ない。どちらの方法を選択するかは、それぞれの地域の事情に鑑みて決定する必要がある。ここでは、新設の最終処分場で早期安定化で効果的な埋立前洗浄法と、既設の最終処分場を早

期に安定化させる技術のうち、後者である原位置安定化技術について述べる。

①埋立前洗浄法

廃棄物洗浄型埋立処理システム（WOWシステム）は、焼却残渣などの廃棄物を埋立処分する前に、水などの溶媒を用いて洗浄し、汚濁物質の溶出リスクを低減化させて最終処分を行う新しい埋立処理システムである。WOWシステムにより、埋立地の安定化や埋立地からの汚濁物質放リスクを軽減し、洗浄残渣の再資源化（セメント原料化等）などの効果が期待できる。筆者は、10年以上前からWOWシステム研究会のメンバーとして、廃棄物の洗浄実験、洗浄排水の処理実験、洗浄廃棄物の埋立評価実験等の研究開発を行ってきて、埋立処分場の安定化にとって極めて有効なシステムであることを実証して、学会発表等の普及活動も行ってきた⁵⁾⁶⁾。最近になって、一般廃棄物の最終処分場で実用化されてきている。

WOWシステムを導入することによる安定化の効果を示す実証実験結果を紹介する。表2は、実験に供した廃棄物の組成である。一般廃棄物の焼却灰を使っている。

埋立する前に機械を使って水洗浄した廃棄物を埋立した埋立槽（洗浄灰の埋立槽）と洗浄していない埋立槽（通常埋立：非洗浄埋立槽）との安定化の進行状況を調査した事例である。機械洗浄方式としては、イジェクター式洗浄機とスパイラル式洗浄機の2種類の機械洗浄の効果の違いも同時に調査した⁵⁾⁶⁾。表2には、洗浄前の埋立廃棄物（焼却灰）の組成と2種類の機械洗浄後の廃棄物の組成を示している。

顕著な成分の差異は、洗浄前の廃棄物のCl含有量16,500mg/lが、機械洗浄後の洗浄灰のCl含有量は、イジェクター式洗浄灰2,140mg/l、スパイラル式洗浄灰は644mg/lとなり、いずれの場合もセメント原料化が可能なCl含有量の3,000mg/l以下となることが判明した。また、実験期間中の降水量を調べたところ、夏季の7月には、月間降水量が700mmを超えており、その期間に、集中豪雨が観測されている。

表2 ライシメータ充填埋廃棄物（非洗浄灰）と洗浄後廃棄物（洗浄灰）の成分

項目	単位	非洗浄灰 (No.0)	イジェクター 洗浄灰 (No.4)	スパイラル 洗浄灰 (No.7)	スパイラル 洗浄灰 (参考)
水分	%	26.1	22.9	37.8	26.0
灼熱減量	%	6.8	3.3	2.9	6.2
Pb	mg/kg	960	580	123	192
Cu	mg/kg	38,600	1,910	6,690	1,850
Zn	mg/kg	13,800	3,410	3,060	2,690
Cr	mg/kg	124	76	142	78
Fe	mg/kg	55,400	57,600	7,060	4,280
Mn	mg/kg	4,380	728	740	432
Na	mg/kg	18,900	5,150	6,590	6,710
K	mg/kg	12,100	6,200	7,840	9,280
Ca	mg/kg	8,380	5,740	9,210	6,780
Mg	mg/kg	8,340	7,780	10,500	9,160
Al	mg/kg	44,200	47,200	44,400	41,000
Cl	mg/kg	16,500	2,140	644	5,440
DXNs	ng-TEQ/kg	1.10	0.49	0.0074	0.032

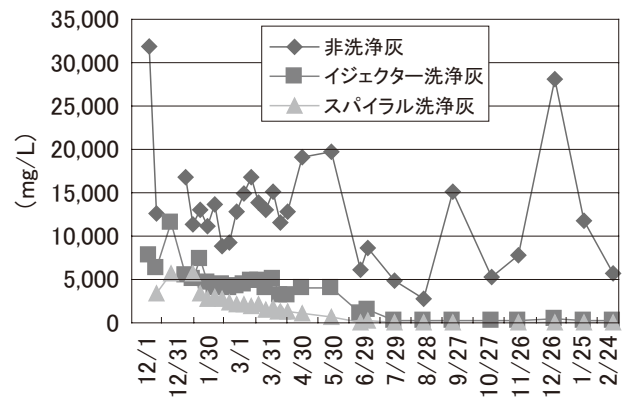


図2 塩素イオン (Cl) の経日変化

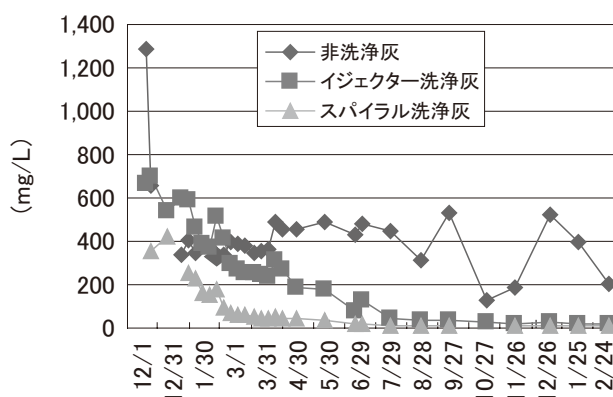


図3 CODMnの経日変化

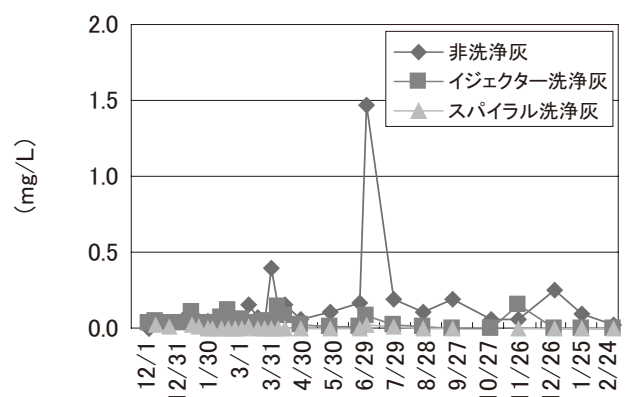


図4 Pbの経日変化

図2～4は、埋立前に機械洗浄した廃棄物としてない廃棄物を充填した模擬埋立地（幅1m×長1m×深さ1.5m）からの浸出水の水質（Cl、CODMn、Pb）の経日変化を調査した結果である。WOWシステムの導入が、埋立地の安定化にどのような効果をもたらすかを評価するための実験である。その結果、機械洗浄を行えば浸出水中の塩素イオンは、初期値4,000～12,000mg/lが9か月経過すれば、200mg/l以下となることが判明した。

また、浸出水中のCODについては、図3の機械洗浄の方法によってCODの濃度が異なり、安定化の促進度合の違いが出てくることが実証された。スパイラル洗浄方式の方が早く安定化することが分かった。

また、図4では、Pbの経年変化を図示している。機械洗浄をしていない埋立地（非洗浄埋立地）からの浸出水は、集中豪雨のあった降水量の多い月（7月）には、Pbのピークが見られる。

Pb成分の構成を分析するとSS性のPb濃度が主体であったが、排水基準の0.1mg/lを大きく上回っている。一方、機械洗浄後の廃棄物埋立地からは、集中豪雨が観測された時期においてもPbの上昇は見られず、排水基準の0.1mg/l以下を満足していた。WOWシステムの効果が顕著に現れていると評価している。

②強制通気法（バイオレメディエーション法）

強制通気法は、埋立地に直接空気を送り込み、層内を好気性にすることで好気性分解菌を活性化させ、層内の有機物の分解を促進すると共に、浸出水中のCODおよび窒素を低減させる方法である。浸出水中のCODおよび窒素が廃止阻害要因となっている処分場の場合、埋立層内が嫌気的で、埋立てられている有機性廃棄物の生物分解が進まないことがその原因となっていると考えられる。したがって、埋立層内に強制的に空気を送り込むことで層内を好氣的にし、好気性分解菌による有

機性廃棄物の分解を促進することで早期安定化が期待できる。

埋立層内を好氣的にすることで安定化が促進することは、準好氣性埋立構造の研究過程においても実証されており²⁾、集水管や立渠等の構造体がある場合は、それらを使って空気を埋立地に送り込むことが可能である。花嶋らは、好氣性埋立における経済的な空気吹き込み量をおおよそ5 L/(min・m³)と見積もっており、その送気量で十分な効果を確認している⁷⁾。しかし、埋立層が厚すぎて内部まで空気が入らない処分場や集水管等の埋立層内に空気を送り込む構造体のない処分場においては、何らかの方法でホットスポットに空気を送り込む機構が必要となる。埋立層内に空気を送り込むことは、土壤汚染浄化技術の一つであるバイオレメディエーションに使用される機器を用いることによって可能となる。具体的には、ボーリングによって地中に堅穴を開け、空気を通気するパイプを挿入して、コンプレッサー等から空気を強制的に送り込む装置である。ボーリング孔の深さは選定する機種によって様々であるが、10m前後である場合が多いようである。数十mまで注気可能な装置を開発しているとの報告もあり⁸⁾、数十mにもなる廃棄物埋立層の処分場に対しても適用可能になるものと期待される。

また、特に埋立層が厚い処分場では層内部が嫌氣化しやすく、層の上部で硝化された硝酸性窒素が雨水と共に層内部に浸透し、嫌氣化した層内部で炭素原の有機物と脱窒菌によって脱窒されることが期待される。その効果を促進させるために、空気吹き込み期間（好氣）と吹き込み停止期間（嫌氣）を交互に繰り返すことで、硝化・脱窒による窒素低減を促進する方法も考えられており、焼却灰を主体とした模擬廃棄物を使用した実証試験が行われ、その効果が確認されている⁸⁾。

③強制散水法（ソイルフラッシング法）

通常、開放型の処分場では雨水によって廃棄物層が洗われるが、強制散水法は、降雨による洗浄以上に水を散水して強制的に汚染物を洗い流す方法である。永田らは、焼却灰を主体とした模擬廃

棄物を使用した実験で、強制散水によって安定化が促進することを示しているが、一方で、強すぎる散水はBODおよびCODの低減に寄与しないことを示している⁹⁾。これは、強すぎる散水は好氣的な生物分解を促進せず、有機性廃棄物の低減には時間が必要であることを示している。また、強すぎる散水は処分場の浸出水処理施設の能力を上回り、適正な水処理を損なう可能性があることから、適用にあたっては注意が必要である。

④ケミカルオキシデーション法

ケミカルオキシデーション法は、元々汚染土壤浄化技術の一つであり、土壤中の汚染物質に酸化剤を直接作用させて、汚染物質を直接分解・浄化促進させる技術である。欧米では種々実績があるが、日本においてはほとんど実施された例がない。それは、特に土地の所有区画の狭い日本の場合、汚染区画に隣接する他の所有者の土地にも酸化剤が拡散し、汚染以外の不具合を引き起こす可能性を排除しきれないことが要因と考えられる。しかし、遮水シート等で完全に外界と区切られた最終処分場の場合、酸化剤が他へ拡散する可能性が非常に低いことから、安定化促進のための原位置浄化技術として適用できる可能性は非常に高い。すなわち、埋立地内部のホットスポットに酸化剤を直接作用させて有機性廃棄物を分解し、安定化を促進するものである。

筆者らは、焼却灰を主体とした模擬廃棄物埋立地に対するケミカルオキシデーション法による安定化促進の実証試験を実施している¹⁰⁾。縦1.75m×横7m×深さ2mのコンクリート製矩形槽に、焼却灰90%、有機性廃棄物としてし尿コンポスト5%、碎石5%を混合した模擬廃棄物を充填し、定期的に年間降雨量程度の散水を行いながら、埋立地に酸化剤（過酸化水素＋助剤）を注入した。実験施設概略図を図5に示す。その結果、散水のみコントロール槽と比較して、ケミカルオキシデーションを実施した槽の方がCODの低減が早くなり、さらにケミカルオキシデーションに強制通気を組み合わせることによって安定化が促進されることが示された¹⁰⁾。（図6）

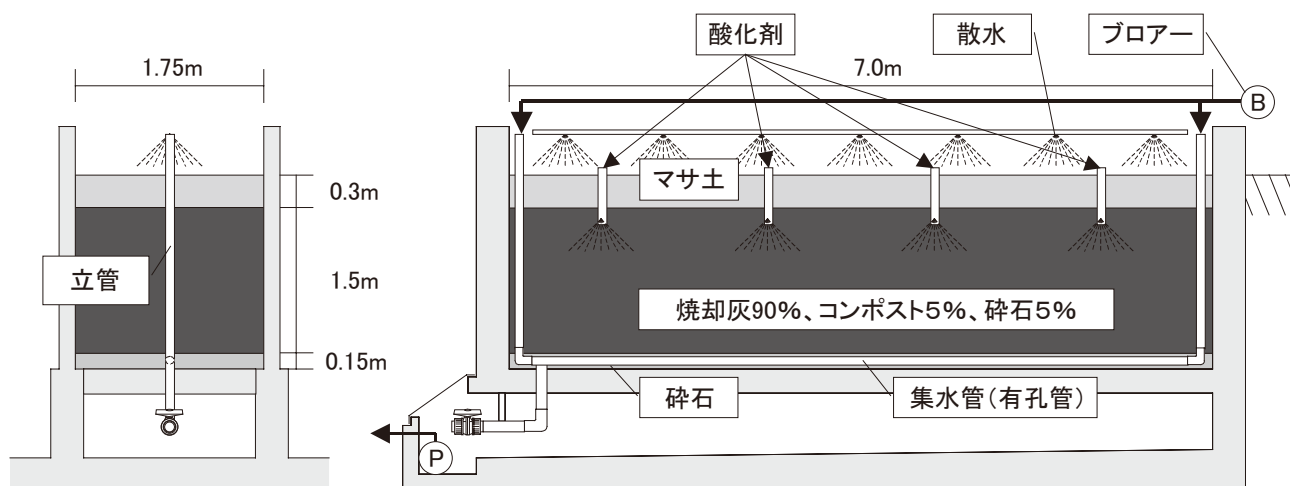


図5 実験施設概略図

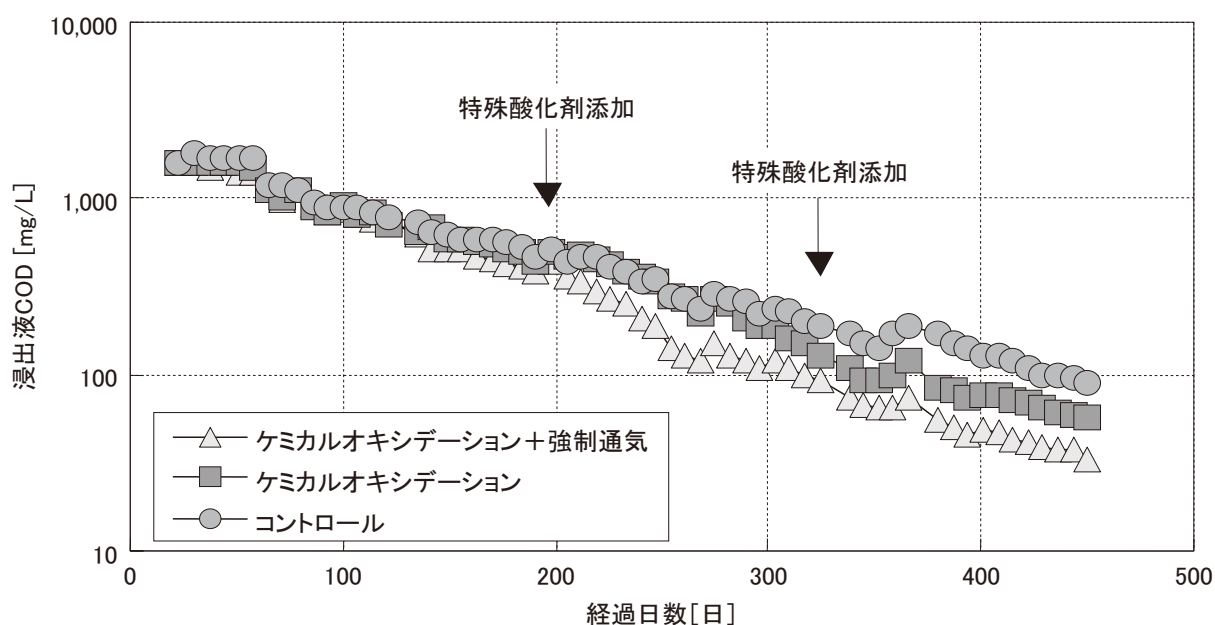


図6 実証試験浸出液のCOD

また山田らは、実際の処分場に対して、オゾンを使ったケミカルオキシデーション法の適用を試みている¹¹⁾。オゾンは非常に酸化力が強く、反応の過程で生じる水酸化ラジカル (OHラジカル) はほぼ全ての有機物と反応して分解する能力をもつ。彼らは、1m深地温調査によってホットスポットの位置を三次元的に割り出し、そこに酸化剤を注入するための井戸を設置、さらに、オゾンを効果的に作用させるために、浸出水を生物処理した水にオゾンを吹き込んで溶解させたオゾン水を作り注入井から連続的に注入している。その結果は現

在のところ明らかとなっていないが、模擬試験による効果は確認されており今後の成果が期待される。

3) 安定化指標

現在のところ、処分場の安定化については、基準省令で定めるところの廃止基準に適合するかどうか判断基準となっている。しかし、この廃止基準は、「ガスの発生」や「埋立地内部温度」「浸出水水質」など処分場で見て取れる「現象」にのみ基準が示されているのみであり、処分場跡地の

利用条件によっては「安全性評価」といった側面での指標が必要と考えられる。

福田らは硫化水素やメタンなどのガスの発生がある最終処分場において、埋立地内の微生物のDNAから菌叢を解析しており、硫化水素発生のメカニズムに関わる微生物を同定し、安定化評価指標としての菌叢解析の可能性について提案している¹²⁾。また、筆者らは焼却灰を主体とした模擬廃棄物を用いた実証試験において、安定化中期と後期に廃棄物層内の微生物の菌叢解析を行って安定化に伴う菌叢の変化を示し、より安定化が進行した状態で減少する菌や逆に支配的に現れる菌を同定している。焼却残渣を埋め立てた大型埋立地で安定化促進実験をした際の細菌叢解析結果を表3に示す。¹⁰⁾¹³⁾

キャッピング直後とその後で生物種に大きな違いは見られなかったが、キャッピング直後に見られた *Alkalibacterium olivapovliticus* 種 および *Pseudomonas spinosa* 種のうち、さらに安定化が

進んだ状態では *Alkalibacterium olivapovliticus* 種は見られなくなった。これは、元々アルカリ性であった槽内が、安定化が進むにしたがって中性化し、それに伴って生物種が変化した好例であると考えられる。すなわち、この世うな生物種の有無を解析することで、安定化としての新たな指標になるものと考えられる。このように、廃棄物の安定化の過程で生物叢を解析し、その細菌叢の変遷についての結果を得たのは世界的にも初めてのことであり、最終処分場の早期安定化技術を確立する上で有用なデータを得ることができた。

このように、埋立地の微生物種を同定することで安定化の進行状態を予測することができると同時に、人の健康や生活環境に害となる微生物の有無を証明することが可能であると考えられる。つまり、従来の「現象」に根拠付けされていた安定化基準に菌叢解析を加えることで、安全性を補完したより信頼性の高い安定化指標になるものと考えている。

表3 細菌叢解析結果

Phylum (門)	Class (綱)	Order (目)	Family (科)	Genus (属)	Species (種)	06.10.19 採取					08.02.08 採取				
						clone number					clone number				
						No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
<i>Bacteroidetes</i>	<i>Sphingobacteria</i>	<i>Sphingobacteriales</i>	<i>Flexibacteraceae</i>	<i>Reichenbachia</i>	<i>Reichenbachia agariperforans</i>	3	0	0	1	0	3	4	7	8	6
<i>Firmicutes</i>	<i>Bacilli</i>	<i>Bacillales</i>	<i>Bacillaceae</i>	<i>Bacillus</i>	<i>Bacillus carboniphilus</i>	10	7	0	1	2	3	1	1	2	1
			<i>Thermoactinomycetaceae</i>	<i>Thermoactinomyces</i>	<i>Thermoactinomyces intermedius</i>	8	4	0	0	2	0	3	0	0	1
		<i>Lactobacillales</i>	<i>Carnobacteriaceae</i>	<i>Alkalibacterium</i>	<i>Alkalibacterium olivapovliticus</i>	28	40	17	12	4	2	0	0	2	0
<i>Nitrospirae</i>	<i>Nitrospira (class)</i>	<i>Nitrospirales</i>	<i>Nitrospiraceae</i>	<i>Nitrospira</i>	<i>Nitrospira moscoviensis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Proteobacteria</i>	<i>Betaproteobacteria</i>	<i>Burkholderiales</i>	<i>Comamonadaceae</i>	<i>Hydrogenophaga</i>	<i>Pseudomonas spinosa</i>	22	31	24	25	71	49	32	5	13	1
	<i>Gammaproteobacteria</i>	<i>Xanthomonadales</i>	<i>Xanthomonadaceae</i>	<i>Lysobacter</i>	<i>Lysobacter antibioticus</i>	1	0	11	25	9	16	29	41	46	13
				<i>Pseudoxanthomonas</i>	<i>Pseudoxanthomonas broegbernensis</i>	0	0	5	3	0	1	2	1	6	4
Total clone number						92	84	89	89	93	89	91	88	94	91

5. おわりに

現在、全国の一般廃棄物最終処分場は約1,700施設、産業廃棄物最終処分場（管理型）は約770施設が稼動中である。また、過去に閉鎖され現在までに廃止に至っていない処分場の総数はこれを大きく上回っており、実際に早期安定化が望まれる処分場の数は相当数に上るものと予測される。また、CDM（クリーン開発メカニズム）事業の一環として、途上国において最終処分場から発生する

処分場ガス（LFG：Landfill Gas）を回収・発電する事業が展開されているが、ガスの発生が終わった処分場においても早期安定化が必要になるものと考えられる。

このように、原位置における早期安定化技術は、国内に留まらず国際貢献という側面をもって海外でも有望視される技術である。事業者の負担を軽減し、負の遺産を地域に残さないためにも、さらなる今後の技術開発および技術革新が望まれる。

〈参考文献〉

- 1) 樋口壯太郎, 花嶋正孝: 廃棄物洗浄型埋立処理システムの開発, 用水と廃水, Vol.41, No.12, pp1126-1132 (1999)
- 2) 堀井安雄, 吉崎耕大, 内田正信, 中島健一, 樋口壯太郎, 武下俊宏, 花嶋正孝: 最終処分場の早期廃止・安定化促進に関する研究, 廃棄物学会研究発表会講演論文集, Vol.17th, pp959-961 (2006)
- 3) 環境庁: 98.06.15一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の一部改正について, 環境庁報道発表資料 (1998)
- 4) 田中英幸, 樋口壯太郎, 渡辺俊一: 1 m 深地温測定による廃棄物層（有機物）の三次元分布探査, 廃棄物学会研究発表会講演論文集, Vol.15th, pp1218-1220 (2004)
- 5) 堀井安雄, 広瀬洋一郎, 皆方護, 樋口壯太郎, 花嶋正孝他: イジェクター式洗浄装置による廃棄物洗浄, 第14回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp503-505 (2003)
- 6) 堀井安雄, 川端康二, 小林哲男, 中村寿美, 樋口壯太郎, 花嶋正孝他: 埋立前処理による廃棄物洗浄排水の処理, 第14回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp1023-1025 (2003)
- 7) 花嶋正孝, 長野修治, 松藤康司, 立藤綾子: 廃棄物と好気性埋立Ⅲ, 土木学会年次学術講演会講演概要集第2部, pp957-958 (1984)
- 8) 元永優一, 樋口壯太郎, 花嶋正孝, 武下俊宏, 中家祥介, 上周史, 小屋町法之: 強制的な好気性工法による生活環境修復早期安定化システムの研究開発（その3）, 廃棄物学会研究発表会講演論文集, Vol.19th, pp778-780 (2008)
- 9) 永田考, 小桜義隆, 樋口壯太郎, 花嶋正孝: 散水による廃棄物の安定化に関する実証研究, 廃棄物学会研究発表会講演論文集, Vol.13th, pp987-989 (2002)
- 10) 堀井安雄, 吉崎耕大, 内田正信, 中島健一, 樋口壯太郎, 武下俊宏, 花嶋正孝: 最終処分場の早期廃止・安定化促進に関する研究, 廃棄物学会研究発表会講演論文集, Vol.18th, pp799-801 (2007)
- 11) 山田龍義, 樋口壯太郎, 趙銀娥, 為田一雄, 花嶋正孝: オゾン水を用いた最終処分場の安定化促進に関する研究, 全国都市清掃研究・事例発表会講演論文集, Vol.27th, pp261-263 (2007)
- 12) Kazumasa Fukuda, Yan Wang, Kazuki Yamauchi, Hatsumi Taniguchi, Mitsuo Hinoue: The Cultivation-Independent Approach For Determining Microbial Flora in Contaminated Soil, Proceedings of the Third Asian-Pacific Landfill Symposium in Kitakyushu, pp728-731 (2004)
- 13) 堀井安雄, 内田正信, 樋口壯太郎, 武下俊宏, 花嶋正孝: 最終処分場の早期廃止・安定化促進に関する研究, 廃棄物学会研究発表会講演論文集, Vol.19th, pp781-783 (2008)