

最終処分場を考える

I 最終処分場における覆土のあり方

松 藤 敏 彦*
Toshihiko MATSUTO

1. はじめに

廃棄物最終処分場においては、廃棄物層2～3mごとに中間覆土をすることが定められている。廃棄物処理法施行令に明記されているためだが、これを忠実に守ることによる問題も発生する。まず、有機物の分解を進めるには空気を入れて同時に雨水による洗い出しをはかるのがよいが、土壌の透水性・透気性は低いいため、水と空気が移動しにくくなる。雨水が中間覆土の上を流れると、覆土の下の廃棄物が乾燥状態となりいつまでも分解が進まない。また、埋立地内の空間を土壌が消費してしまう。最近では資源化の進行により埋立量が減少傾向にあるので、廃棄物より土壌の方が多いことも起こりうる。

法に定められたことは、守らなければならない。しかしもし不合理性があるならば、変えるべきは法である。本稿では、欧米との比較をもとに覆土の「目的」を明らかにし、「科学的合理性」のある埋立方法について考えたい。

2. わが国の定義

これまでに、廃棄物最終処分場指針解説は3度発行されている。最初は1989年の「廃棄物最終処分場指針解説(以下、指針解説)¹⁾」で、1979年に制定された指針の解説であり、その後2001年の改訂をへて、2010年の「廃棄物最終処分場整備の計画・設計・管理要領(以下、設計要領)²⁾」が最新のものである。まず、そこに書かれている覆土関係の内容を整理する。1989年指針解説以降、記載箇所の変化はあるが覆土に関する内容はほぼ同じなので主に2010年設計要領p.26～27か

らまとめた。以下では、引用部分を「」でくくって示す(ただし一部要約)。英文については翻訳である。

表1(a)は指針であり、指針解説p.226に記載されている。即日、中間、最終の区別がないが、(1)は「すみやかに」とあるので即日覆土、(3)は「最終の」とあるので最終覆土に相当する。(2)はおそらく中間覆土と思われるが、明確ではない。(4)は材質の選択である。

この指針に対して設計要領は、覆土の目的と効果を説明している。表1(b)は筆者が内容を整理したものが、周辺環境保全上の対策、処分場の管理対策に分け、「目的や廃棄物の種類などを考慮して適切な覆土材、厚さ、施工方法を選択すべき」と述べている。即日、中間、最終ごとに、その効果が述べられ、まとめると表1(b)の「○」のようになる。ここまでは、矛盾なく理解できるが、以下のような不明確さがある。

材質の選択については、即日覆土は、「廃棄物の分解を阻害しないように透水性・通気性の良い砂質系の土壌」がよいが、「臭気の発散防止のためにはシルトや粘性土のように(つまり透水性の低い)吸着容量の大きい土壌」がよい。中間覆土は「ガスの放散・雨水浸透を防止するには難透水性の土質が適する」が、「場内道路地盤等に利用するには礫系の土壌が望ましい」。最終覆土は景観の向上、浸透水の削減に加えて跡地利用を目的としているので、「降雨侵食に強く、透水性が小さい」という安定性に加えて、「植生に適した土壌」であるとしている。すなわち、相反する、あるいは異なる条件が並べられており、どう選択すべきかが明確ではない。

また、いつ覆土をするかもわかりにくい。即日覆土は「埋立層の厚さが一定の厚さに達したとき、もしくは一日の埋立作業が終了したとき」とあり、高さか時間かが明確でない。中間覆土は、「運搬車の道路地盤

*北海道大学大学院

表1 指針解説等に記載された覆土の説明

(a)指針に記載された「覆土」

(1)	埋立ごみは放置することなく、すみやかに覆土を行わなければならない。厚さは、ごみの種類、覆土材料の種類によって選定する。
(2)	ガスの拡散防止、火災予防及び必要に応じてごみの収集運搬者の通行のため、所定の区域に対して覆土を行わなければならない。
(3)	埋立地の最上層には、最終の覆土を行わなければならない。厚さは、跡地利用計画等を勘案して決定しなければならない。
(4)	覆土材の種類、量の確保、経済性
(5)	ごみ層の表面を覆い、締め固め、所定の厚さと勾配

(4)(5)は文章を一部略
(指針解説¹⁾より作成)

(b)覆土の効果と必要性

		即日	中間	最終
周辺環境保全	悪臭防止	○		
	飛散流出防止	○		
	衛生害虫獣防止	○		
	火災燃焼防止			
	景観向上	○		○
埋立地管理対策	走行の容易化		○	
	作業の容易化		○	
	雨水浸透防止		○	○
跡地利用			○	

火災燃焼防止はどの覆土かが明確に書かれていないので空白とした。
(設計要領²⁾より作成)

や比較的長期間放置される部分の雨水排除」とされており、前者(運搬)は一部の区域、後者(放置)は時間である。表1(a)2)の運搬車の走行路は、この前者である。すなわち、埋立作業に伴う場所(埋立高さ、走行路)と時間(一日の作業、長期間放置)、さらに上述した材質については廃棄物の分解への影響も示され、さまざまな条件がばらばらに記載されている。

表1の「効果と必要性」は要するに目的であり、以下では覆土は何のために必要なのから考えることにする。

3. 欧米における埋立「覆土」

ここではEUと米国の考え方を紹介する。EUでは埋立指令(Landfill Directive)が共通の指針である。各国が自国に適用しているが、アイルランドEPAの資料³⁾を利用する(以下EU)。米国は、RCRA(資源保全回収法)のサブタイトルDに基準が示されているが、構造的な規定が大部分であった。そこで米国のテキスト⁴⁾から引用する(以下HB)。両者を混合して説明し、一部にISWAのガイドライン⁵⁾を用いる(以下ISWA)。

3. 1 覆土とカバー

まず最初に注意すべきは、海外では覆土cover soilという表現はないことである。単にカバーcoverと称し、その材料はカバー材料cover materialであって、「土」には限らない。即日、中間、最終に当たるのはdaily, intermediate, finalである。

3. 2 カバーの種類と目的

まず、即日カバーは「都市ごみ、生物分解性ごみを受け入れるすべての埋立地に必須である。埋立作業面の見た目を整え、紙やプラスチックなどの飛散を防止する。鳥、昆虫、害虫を遠ざけ、臭気や火災リスクを減少させる(EU)」。中間カバーは、「廃棄物の埋立表面が、次の埋立まで数週あるいは数か月放置されるときに設置し、雨水の浸透量を削減し、埋め立てたごみを押さえつけて飛散を防ぐ(EU)」。そして最終カバーの目的は「埋立終了後の雨水浸入最小化、埋立ガス放出のコントロール、衛生害虫獣の繁殖抑制、火災の発生可能性をなくすこと、そして跡地利用のための再植生に適切な表層を提供すること(HB)」である。

即日カバーの目的は設計要領(表1(b))と一致しており、日々の作業終了時の飛散・悪臭等の防止である。

最終カバーの最大の目的は雨水を入れないことであり、跡地利用のための植生は低透水層の上に加えられる別の層である。中間カバーも雨水浸透の削減を目的とする。「中間」というと深さの中間ともとれるが、最終カバーをするまでの途中段階とのニュアンスがある。

3. 3 封じ込め埋立地の概念

欧米の最終カバー、中間カバーの考えは、余分な雨水を入れないことの重要視によっている。雨水が浸入すると浸出水処理量が増大し、その結果コストが増加するためであり、最終カバーは底部しゃ水と同程度かそれ以上のしゃ水性能をもつことが要求されてきた。埋立地を低透水層で囲む図1のような概念であり、封じ込め型埋立Containment landfillと呼ばれている。最終カバーはFinal coverのほかに、“フタをする”との意味で capping, final cappingなどと呼ばれている。わが国でも最終覆土をキャッピングと呼ぶことがあるが、要求されるしゃ水レベルは全く異なっている。

埋立の途中でも雨水をできるだけ排除するには、中間カバーにも低透水性が求められる。しかしこれは“仮あるいは一時的”であり、埋立地内の透水性は確保しなければならない。そこで、「土壌を中間カバーとする場合は、上部にさらに埋立するときはがしとらなければならない。すべて取り去るのには限界があるが、これは中間カバーが埋立ガスや浸出水の流れを阻害しないようにするためである。(EU)」と考える。即日カバーも同じで、「日々の埋立を始める前に土質カバーのはぎ取りを考えるべきだ。すべてをはぎとることができないなら、部分的にはぎ取るだけでも浸出水、ガスの移動を保つことができるし、空間の消費を大幅に減らせる。(EU)」としている。

封じ込め型埋立地の最終カバーは、図2のようである。バリア層のジオメンブレンとは合成樹性のしゃ水シートを指しており、雨水の浸透を削減し、雨水を排除するためのために排水層を置く。ジオテキスタイルとは合成樹脂製の不織布であり、跡地利用の植生のための層は、その上に置く別の層である。

3. 4 即日カバーの材料

最終カバーが低透水性を必要とするのに対し、即日カバーは透水性が高い方が望ましく、「土」以外のさまざまな材料が使用可能とされている。即日カバーの材料としては、「下層土(subsoil)、その他の掘り起こしごみ(excavation wastes)、レンガやコンクリート

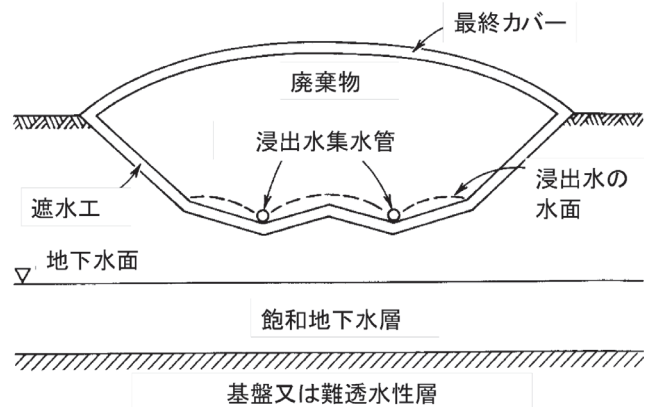


図1 欧米の封じ込め型埋立地(文献6)の図を和訳

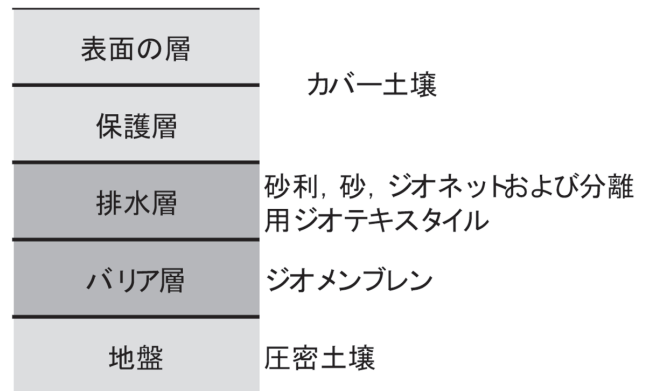


図2 最終カバーの構造(文献4)より作成

などの建設廃棄物(EU)」が挙げられている。条件としては、「水切れがよい(free draining)、粘土質含有量の少ないものがよい。不透水性のカバーは、浸出水の宙水をつくってしまう。過去には、下層土や建設廃棄物を15cm程度のカバーとしていたが、低透水性の面を作ることになり、浸出水の宙水化につながる。また貴重なスペースをカバーが消費することになる。(EU)」

さらに、「以上の材料の入手が難しい、あるいは埋立で問題を引き起こす場合には、他の種類のカバーを考えなければならない。代替カバーとしては、以下のものがある。繰り返し使用できる丈夫なプラスチックシート、一回使用のプラスチックシート、ジオテキスタイル、繊維状マット、フォーム(泡)、木材・庭ごみの破碎物、コンポスト化された廃棄物(EU)」など、多様である。ISWAは表2のようなカバー材料の例を挙げており、左から不活性な物質、廃棄物、人工材料と、実にさまざまである。設計要領においても覆土代替材の記述があるが、例示はフォーム、古紙、熔融スラグなど少数である。

表2 即日カバー材料

不活性 (inert)	廃棄物由来	人工物質
土壌	紙パルプPaper pulp	合成樹脂フォーム(泡)
汚染土壌	パルプ化した紙Pulped paper	ジキテキスタイルマット
鑄鉄砂 Foundry sand	破碎木くず	プラスチックフィルム
炭鉱残渣 Colliery waste	破碎タイヤ	合成樹脂メッシュ
採鉱残渣 Quarry waste	破碎プラスチック	麻の繊維 Hessian fabric
灰 Ash	資源化残渣	防水シート Taupaulins
川底の土壌 River silt	破碎庭ごみ	
	粉碎した家庭ごみ	
	コンポスト	

(文献5)の表を和訳

表2の廃棄物由来のうち、特に推奨されているのがコンポストの使用である。その理由は、以下のように述べられている。「庭ごみのコンポストやマルチング、家庭ごみのコンポストを使うと、土質カバーに使われていた埋立空間を、廃棄物の処分に使えるとの利点がある。余ったコンポストは埋立地に仮置きすればよく、熟成コンポストは悪臭のフィルターとしても働く。(HB)」コンポストはその微生物活性の高さのため、嫌気性埋立においてもメタン発酵を促進し、安定化の進んだ埋立地表面でメタンガスを分解するとの機能ももつ。

3. 5 埋立作業とカバーの関係

即日カバー、中間カバーと、埋立作業との関係をまとめておく。図3はEUにおける埋立方法の例であり、FaceとOnion skinは廃棄物を広げる厚さが異なっており、十分な転圧(コンパクション)のためFace tippingの勾配は1/3以下とするとしている。一日の埋立作業はおそらく複数の層からなり、終了後に上面に即日カバーが施され、セルを形成する。この作業をつづけると2~3mの廃棄物層となり、次の埋立まで長期間置く場合には、この上に中間カバーを設置する。

一方わが国の設計要領には、埋立工法として図4が掲載されている。即日覆土とあることから、いずれも

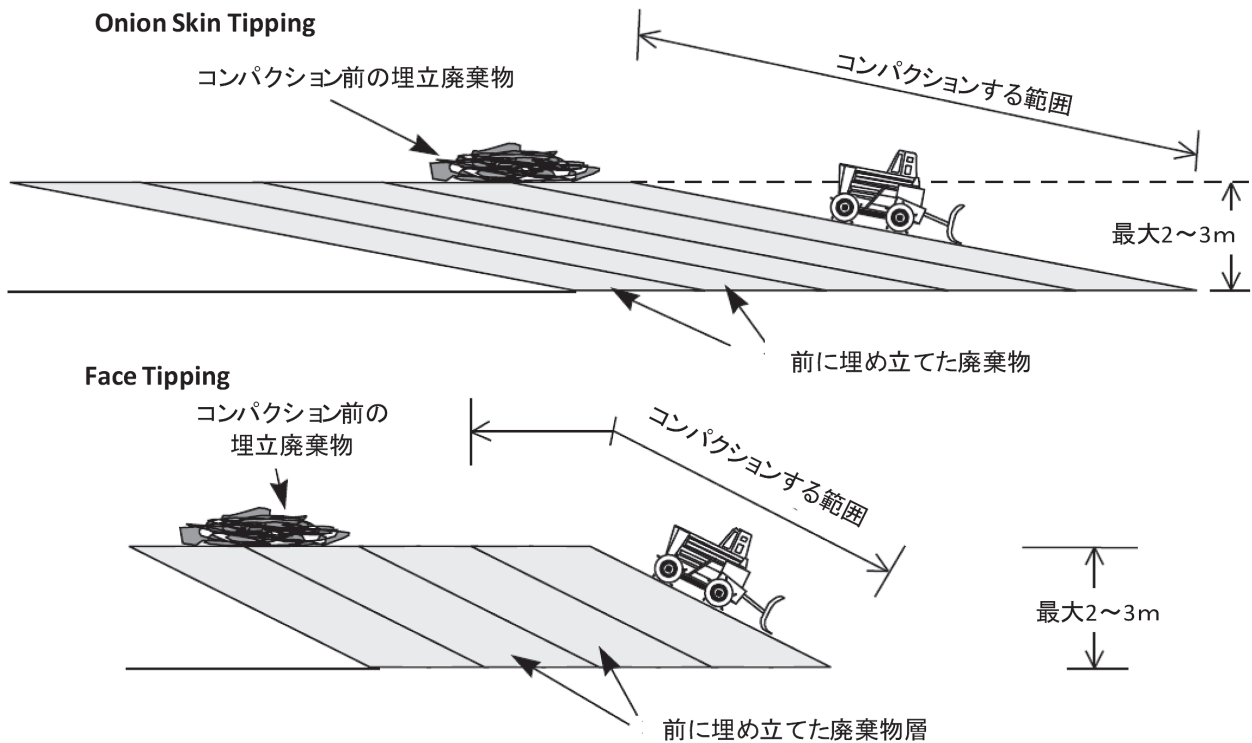


図3 EUにおける埋立作業とコンパクション(文献3)の図を和訳

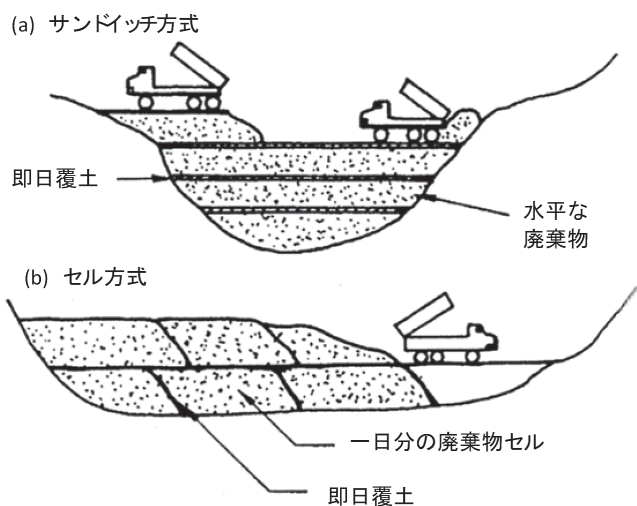


図4 埋立工法(設計要領)

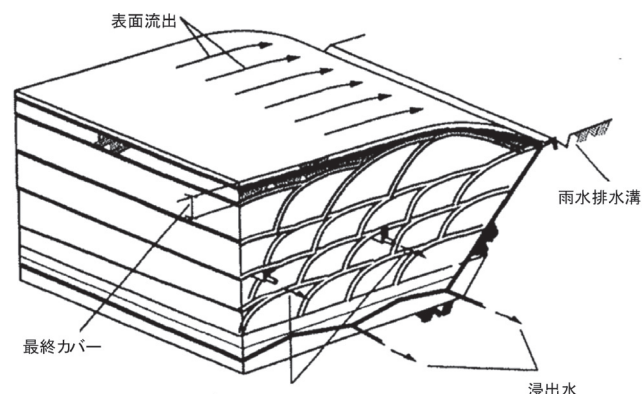


図5 埋立を終了した処分場(文献4)より作成

一日の作業単位の作業単位として描かれている。しかし一般にサンドイッチ方式とは、廃棄物と中間覆土を交互にすることを指すので、図4(a)は中間覆土と理解されるのではないだろうか。この点で、図4は即日と中間が混乱しているように思われる。

図5は、埋立終了した米国の最終処分場の例である。これまで述べてきたように、埋立地内に低透水性の土壌があることは、浸出水・ガスの移動を妨げて浸出水の「たまり」を発生させるため望ましくない。図5中のセルは透水性の高い即日カバーで覆われた一日の作業単位であり、それを積み上げていくイメージを表している。なお、EU諸国の中でも考え方の違いはある。ドイツ⁷⁾では「埋立て厚さを薄くし、十分な転圧をする。

即日カバーはせず、埋立面を1年以上おく場合にはシートを敷いておく」そうである。ちなみに、欧米ではサンドイッチとの表現は見当たらない。

4. 法における要件

最後に、法の規定を確認する。表3は施行令と技術上の基準からの抜粋であり、読みやすくするため数値はアラビア数字とし、ただし書きは注釈とした。これらから、以下のことがわかる。

施行令の①③は「一層の厚さを3m以下、一層ごとに50cm」とあるので中間覆土に相当し、最終覆土については技術上の基準の④⑤に記載されている。いずれも目的が書かれなまま「土砂で覆う(フタをする)」

表3 法による覆土の規定

廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令

第三条(一般廃棄物)三(埋立処分)

ハ	埋め立てる一般廃棄物(熱しやく減量15%以下に焼却したものを除く。)の一層の厚さはおおむね3m以下とし、一層ごとにその表面を土砂でおおむね50cm覆うこと。(ただし、小規模埋立処分(※1)を行う場合は、この限りでない。)	①
ホ	埋立処分を終了する場合には、ハによるほか、生活環境の保全上支障が生じないように当該埋立地を土砂で覆うこと。	②

第六条(産業廃棄物)三(埋立処分)

ヲ	腐敗物(以下のうち、熱しやく減量15%以下に焼却したもの及びコンクリート固型化を行ったもの以外)を含む産業廃棄物の埋立処分を行う場合には、埋め立てる産業廃棄物の一層の厚さは、おおむね3m(※2)以下とし、かつ、一層ごとに、その表面を土砂でおおむね50cm覆うこと。ただし、小規模埋立処分を行う場合は、この限りでない。	③
---	--	---

※1 小規模埋立処分=埋立地面積1万㎡以下又は埋立容量5万㎡以下の埋立処分

※2 腐敗物40%以上の場合は、50cm

一般廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準

第一条2(一般廃棄物 維持管理)

十七	埋立処分が終了した埋立地は、厚さがおおむね50cm以上の土砂による覆いその他これに類する覆いにより開口部を閉鎖すること。	④
----	--	---

第二条2二(産業廃棄物 維持管理)

ト	埋立処分が終了した埋立地を埋立処分以外の用に供する場合には、厚さがおおむね50cm以上の土砂等の覆いにより開口部を閉鎖すること。	⑤
---	--	---

とだけあり、埋立地内部の現象を考えない土木工事的な印象を受ける。(一廃と産廃は、施行令では一廃のみ(②)の記述、産廃は技術上の基準で跡地利用する場合にのみ最終覆土が要求される(⑤)といった違いがある。)

さらに、除外規定があることも注意しなければならない。①にあるように焼却残渣にはこの要件が必要ではない。ところがこの除外が適用されることは少ないと思われる。またなぜ「焼却したもの」に限るのかも疑問である。問題が浸出水の発生にあるならば生物分解性の有機物量を基準とすべきで、不燃残渣、粗大ごみ破碎残渣などは中間覆土のみならず即日覆土も不要となる可能性が高い。もうひとつ、①には小規模埋立地は除外とある。一般廃棄物最終処分場の約半数は埋立面積が1万㎡以下であり、①が不要となってよい。

このように施行令の「一層ごとに覆土」は根拠も目的も不明であるにもかかわらず、ほぼ絶対的な順守が、例外規定も無視されたまま求められている。具体的な説明は設計要領でなされているが、施行令の意図がいまいなので2で述べたような混乱が生じるのであろう。

5. おわりに

以上のように、わが国の「覆土」に関する規定等には科学的合理性がなく、1で述べたように有機物分解を阻害し、貴重な埋立空間を消費するとのマイナス面が生じている。深さ方向のガス流れを遮断するので、

準好気性構造の機能の障害ともなる。

施行令のうち表3の①③は削除すべきであろう。衛生害虫獣の規定はあるので、飛散、悪臭の防止を加えれば十分である。規定すべきは「厚さ」ではなく、早期安定化を含めた埋立地が健全であるための「性能」である。設計要領については、まず「覆土」との表現を「カバー」に変え、即日と中間の目的を明確にする必要がある。即日カバーについては透水性、透気性を確保するため代替材料の利用を優先すべきである。中間カバーは本来一時的であり、連続的に埋めたるならば中間カバーなしでもよい。土質材料を用いる場合は次の埋立開始時に除去してなるべく残さないことや、雨水排除のためシートで覆うなどの代替方法の推奨が必要である。

埋立地が本来持つべき機能を果たせるよう、改善を望みたい。

参 考 文 献

- 1) 全国都市清掃会議：廃棄物最終処分場指針解説，1989
- 2) 全国都市清掃会議：廃棄物最終処分場整備の計画・設計・管理要領(2010改訂版)，2010
- 3) EPA(Ireland)：Landfill Manuals – Landfill Operational Practice, 1997
- 4) G.Tchobanoglous, F.Kreith: Handbook of Solid Waste Management(2nd Ed), Mc-Graw-Hill, 2002
- 5) ISWA: Landfill Operational Guidelines(2nd Edition), 2010
- 6) A. Baggi: Design Construction, and Monitoring of Sanitary Landfill, Wiley-Interscience, p. 3, 1990
- 7) Prof. Rainer Stegmann(ハンブルグ工科大学)との意見交換。2019年2月20日