

(1) 埋立廃棄物の安定化に及ぼす即日覆土材の影響

Impact of Daily Cover for Stabilization of Landfilled Waste

宮脇 健太郎*, 島岡 隆行*, 花嶋 正孝*

Kentaro MIYAWAKI *, Takayuki SHIMAOKA *, Masataka HANASHIMA *

ABSTRACT ; Through experiments utilizing a large scale landfill model lysimeter it has been found that cover soil have the purification capacity of organic pollutants . In the case of utilizing soil cover, as gas permeability of soil layer is lower than waste layer, anaerobic area in lysimeter was extended and stabilization of landfilled solid waste was late. In the case of no cover, waste layer had a large purification capacity. In the case of *foam cover*(alternative daily cover), purification capacity of waste layer was same as at no cover.

KEYWORDS ; Landfilled solid waste, Daily cover, Landfill stabilization, Aerobic degradation, Leachate

1. 埋立地における覆土の必要性と覆土材の種類

埋立地における覆土の施工は、様々な目的を有している。覆土は即日覆土、中間覆土及び最終覆土に区別され、即日覆土の目的は、悪臭の発散防止、ごみの飛散・流出防止、衛生害虫獣対策、火災の発生・延焼防止、景観の向上や浸出水量の削減とされている。1970年以前の多くの埋立地には、生ごみが中間処理されずに処分されていたが、近年では焼却残渣や不燃破碎ごみが主体となっている。そのため、埋立地での悪臭の発散防止、衛生害虫獣対策、防火に対する即日覆土の必要性が希薄となり、覆土の施工が徹底されていない場合が多く見受けられる。しかし、焼却残渣は有害物質を多く含有し、かつ微細な粒子も含まれているため、埋立地における焼却残渣の飛散による周辺環境への影響が懸念される。即日覆土が施工されていない焼却灰を主体とする埋立地における焼却残渣飛散の実態が調査されており、埋立地外への焼却残渣の飛散の生じている可能性が高いことが報告されている¹⁾。この様に埋立廃棄物が生ごみから焼却残渣へと変わっても、即日覆土の重要性は変わらないといえる。

廃棄物の再利用や資源循環の取り組みがなされつつあるが、際だった廃棄物排出量の減少は認められていない。また、最終処分場建設への住民の合意が得られないことから新規処分場の設置が困難になっており、埋立残余容量も減少し続けている。廃棄物を埋立処分する場合、廃棄物厚1～2mに対して約30cmの即日覆土で覆うことが定められているが²⁾、全国1,849施設を対象とした即日覆土施行の事態調査によると、施工厚さは10～14cmである施設が多かったと報告されている³⁾。また、埋立地では日々の即日覆土のほかに、中間覆土や最終覆土が施され、埋立地容量に占める覆土の総容量は15～20%にも達し、埋立地を延命化させるために覆土の施工が回避される傾向にある。これらの背景を受け、土壌に代わる様々な覆土材（以下、覆土代替材）が開発され、実用化に向けての検討が行われている。Table1には、米国で用いられている覆土代替材の種類と、各覆土代替材の衛生害虫抑制への有効性や埋立地の安定化に及ぼす影響などが比較検討されているものを示す⁴⁾。覆土材は、焼却灰、破碎ごみ、剪定ごみ、破碎タイヤなどの廃棄物をそのまま用いるものと、覆土代替材として新たに開発されたフォーム、ジオシンセティック、リサイクルされた材料（古紙を利用した覆土代替材）に大別されている。廃棄物を利用した覆土材は、廃棄物の飛散抑制の面からは問題が多いとの結果と

*福岡大学工学部土木工学科 (Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Fukuoka University)

Table 1 Alternative daily cover for landfills and cover control features²⁾

Alternative Daily Cover Material	Vector Control	Safety & Ease of Application	Space Saving	Fire Suppression	Biodegradable & Based on Recycled Materials	Odor Control	VOC Control	Ease of Application In Inclement Weather	Leachate Minimization	Landfill Stabilization
INDIGENOUS*										
Ash	○	○	△	○	△	○	△	△	△	△
Foundry Sand	◎	○	△	◎	◎	○	△	◎	△	△
Compost-based	◎	○	○	◎	◎	△	△	◎	△	△
Dredge Spoils	◎	△	△	◎	△	○	○	◎	△	△
Mixed Shredded Waste	◎	△	○	◎	△	○	△	○	◎	◎
Yard Waste	○	△	○	○	◎	○	△	○	○	○
Sludge-based	○	△	△	◎	○	○	○	△	○	△
Shredded Tires	◎	◎	△	△	△	△	△	◎	△	○
COMMERCIAL PRODUCTS										
Foam-Based ¹⁾	◎	△	◎	○	△	○	○	△	△	○
Geosynthetic-based ²⁾	◎	◎	◎	△	◎	△	△	◎	◎	◎
Recycled Material-based ³⁾	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎

◎ GOOD, ○ : FAIR, △ POOR

* Assumes 15cm application

1) AC-645-Rusmarr foam technology, Sanfoam-3M, terre-Foram-Chubb National Foam, Plastisoil-Schaum Chemie

2) Fabrisoil-Phillips Fibers Corp. 3) ConCover™-Newastecon

なっているのに対して、フォーム、ジオシンセティック、リサイクルされた材料については比較的良い結果が示されている。しかし、Table1中の検討項目の多くは、埋立廃棄物の質が日本と米国とでは異なり、さらには埋立構造も異なるため日本での適用性は異なるものと考えられる。

覆土代替材の一つであるフォームの有用性については日本でも既に検討されており、日本の気候条件下でも施工が可能であり⁵⁾、臭気物質の発散抑制⁶⁾や廃棄物の飛散抑制の効果が確認されており⁷⁾、またフォーム自体が汚濁源とはならないこと^{8,9)}等報告がなされている。ジオシンセティックは、施工性や経済性にも優れているとの報告^{10,11)}がある。また、古紙を利用した覆土代替材についても検討が始められている¹²⁾。しかし、これらの報告では即日覆土としての適応性については検討されているが、従前の方法である土壌の覆土をはじめ、覆土が廃棄物の安定化へ与える影響について定量的に検討した事例は見あたらない。

筆者らは、覆土施工が埋立廃棄物の安定化に及ぼす影響について検討するため、大型埋立模型槽（以下、埋立槽）を用いた埋立実験を継続的に行ってきた^{13,14,15)}。本研究では、土壌（真砂土）を覆土として用いた場合と覆土を行わない場合についての埋立廃棄物の安定化への検討を行うと同時に、覆土代替材フォームについても同様の検討を行った。埋立実験では、浸出水及び浸透水の水量・水質を測定した。また、埋立廃棄物中の有機物の生物分解特性に及ぼす覆土材の影響を明らかにするために廃棄物層内のガス成分を測定し、また廃棄物層の通気性の相違についても実験的に確認を行った。また、埋立廃棄物の分解の程度を把握するために実験終了後、埋立槽中の廃棄物を回収し、溶出試験と成分分析を行い、埋立廃棄物の安定化についても検討した。

2. 埋立廃棄物の安定化に及ぼす

即日覆土材の影響

2.1 実験方法及び条件

(1) 大型埋立模型槽と廃棄物の充填条件
実験には Fig. 1 に示す内径 1.2m、高さ 5.25m、または 6.5m の埋立槽を 3 槽用いた。埋立槽の構造は、浸出水集水管から空気の流入が容易な準好気性埋立構造とした。各埋立槽の即日覆土の施工状態は異なり、覆土の無い「無覆土槽」(No cover)、即日覆土として真砂土を被覆した「真砂土槽」(Soil cover)、覆土代替材の一つである硬化

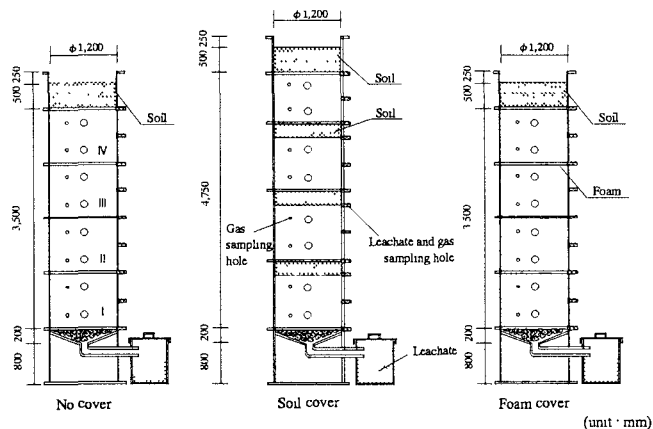


Fig. 1 Cross section through a landfill lysimeter

型フォーム（以下、フォーム）を施した「フォーム槽」(Foam cover) の3槽とした。埋立槽の外壁には、浸透水採水栓(無覆土槽とフォーム槽9ヶ所、真砂土槽12ヶ所)、ガス採取孔(各槽8ヶ所)が設置されていた。

埋立槽に充填した廃棄物は、焼却灰、不燃性破砕ごみ、都市ごみコンポストを湿潤重量で7:1.5:1.5の割合で混合した調整ごみである。また、実際の埋立地での埋立方法を再現するために、廃棄物の積み増しを3回繰り返した(廃棄物層厚1m×3層)。まず始めに、各槽に層厚1mになるように廃棄物(第Ⅰ層)を充填し、35日後に第Ⅱ層、115日後に第Ⅲ層、203日後に第Ⅳ層を充填した。即日覆土の施工は各充填直後に行い、第Ⅳ層を充填した後は各槽とも50cm厚の真砂土を中間覆土として被覆した。Table 2に充填条件を示す。充填した廃棄物の含水率(Moisture content)は18.3~23.1%であった。強熱減量(Ignition loss)は18.3~23.4%となっており、同一施設から排出された焼却灰及び破砕ごみであるが変動が見られた。埋立槽は屋外に設置され、自然降雨を受け入れ、降水量は埋立槽に近接して設置された転倒ます式雨量計で計量した。

Table 2 Landfilling condition

Layers	I	II	III	IV
Elapsed time (days)	0	35	115	203
Landfilled solid waste (wet-t)	1.2	1.2	1.2	1.3
Apparent density (t/m ³)	1.1	1.1	1.1	1.1
Moisture content (%)	18.3	22.9	15.2	23.1
Ignition loss (%)	20.3	18.3	21.3	23.4

(2) 即日覆土の被覆方法

無覆土槽では廃棄物の積み増し後も即日覆土は被覆しなかった。真砂土槽では積み増し毎に25cmの真砂土で被覆し、フォーム槽では積み増し毎に約5cm厚のフォームで被覆し、散布2日後に硬化したフォームを約5cm角に破砕した(実際の埋立地における重機走行に伴う破砕を再現)。なお、フォームはアミノ酸系樹脂を発泡硬化させたもので、薬剤2液を混合し、圧縮空気により発泡散布を行った。各槽とも第Ⅳ層の廃棄物の積み増し後に、中間覆土として50cmの真砂土を被覆した。

(3) 実験及び分析方法

埋立槽からの浸透水・浸出水の採水は、第Ⅳ層を充填するまでは1週間に1度の頻度で行い、採取した浸透水・浸出水の水量を計量し、水質分析を行った。浸出水と浸透水については、主にpH、ORP、電気伝導度(EC)、TOC、T-Nの分析を行った。また、有機物の分解特性を埋立廃棄物のガス組成から見るために、各埋立槽の採取孔からプラスチックシリンジで50mLのガスを採取し、ガスクロマトグラフによりN₂、O₂、CO₂、CH₄の分析を行った。

実験終了後には、埋立槽から充填していた廃棄物を回収した。埋立廃棄物は廃棄物層厚25cm毎に、真砂土の覆土層は厚さ5cm毎に採取し、直ちに含水率を測定し、同時に溶出試験を行った。また、強熱減量(800℃、1時間)、CNコーダーにより炭素・窒素含有率の測定を行った。

2.2 実験の結果

(1) 浸出水の流出特性

Fig. 2に累加浸出水量と累加降水量の経時変化を示す。実験開始1180日時点で、累加降水量に対する累加浸出水量の割合は、無覆土槽(No cover)で61%、真砂土槽(Soil cover)で55%、フォーム槽(Foam cover)で59%となった。各槽間の累加浸出水量に大差は見られず、真砂土槽の浸出率がやや小さな値を示した。

Fig. 3には、浸出水中のTOC濃度、T-N濃度の経

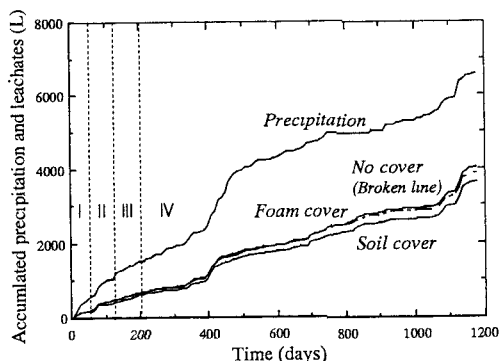


Fig.2 Accumulated precipitation and leachates

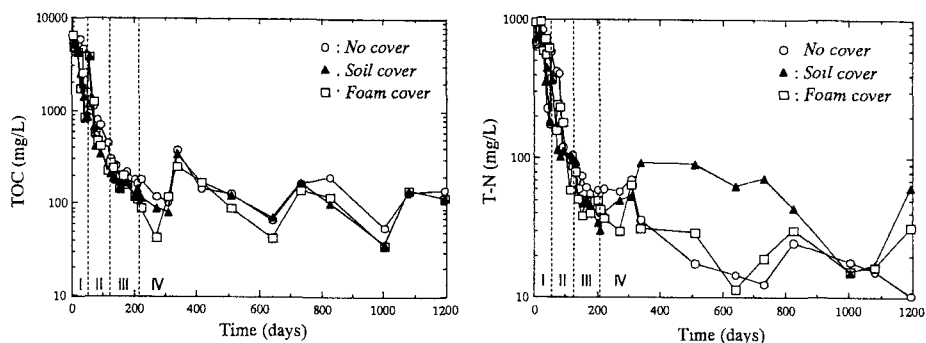


Fig. 3 Leachate TOC, T-N of lysimeters

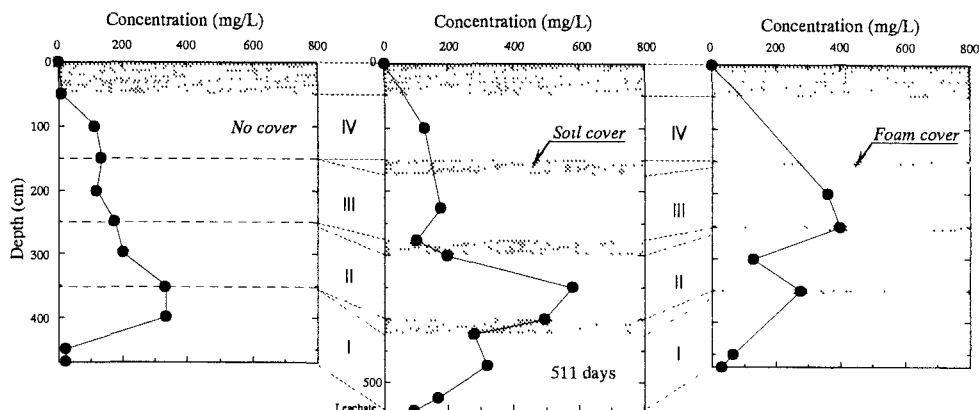


Fig.4 T-N profiles of lysimeters

時変化を示す。TOC濃度、T-N濃度ともに段階的な積み増し（第Ⅰ層～第Ⅲ層）直後に、一時的に濃度が上昇する様子が見受けられたが、時間の経過に伴い濃度が低下した。TOCに関しては、各槽間の差はあまり見られず、覆土材の影響は認められなかった。しかし、T-Nについては、真砂土槽のT-N濃度が300日以降、80mg/L程度と無覆土槽及びフォーム槽と比較して高い値を示した。真砂土槽で浸出水中のT-N濃度が他の2槽に比べて高かった時期の層内の様子を明らかにするために、大きな差が見られた511日目における各埋立槽浸透水のT-Nの鉛直濃度分布をFig. 4に示す。真砂土槽の第Ⅱ層では高い濃度でT-Nが検出されているのに対して、無覆土槽では第Ⅲ層におけるT-N濃度の上昇が小さかった。また、フォーム槽では第Ⅱ層から第Ⅰ層にかけて深さ方向にT-N濃度を減少しており、これらの廃棄物層内でT-Nの分解が進んでいる様子が示唆される。これらのことから、真砂土槽の第Ⅱ層において高い濃度で存在していた浸透水中のT-Nが第Ⅰ層においても十分に分解されることなく、浸出水とともに流出したものと考えられる。

(2) 浸透水水質の経時的推移

Fig. 5, Fig. 6に浸透水中のTOC及びT-Nについて、鉛直方向の濃度分布を示す。なお、図中の最も深い地点の濃度は、浸出水の濃度を示している。TOCについて見ると、実験初期の第Ⅰ層における無覆土槽のTOCは、真砂土槽に比べて若干、高い値を示すとき（28日目、深さ100cm）も見られたが、第Ⅱ層を積み増し後（35～114days）、83日目には1.59g/L（深さ100cm）まで濃度が低下していることがわかる。第Ⅲ層積み増し後においても、真砂土槽と比較して、急速に濃度が低下していることがわかる。また、真砂土槽においては、第Ⅲ層の積み増し後における即日覆土層での濃度を見ると、第Ⅲ層と第Ⅱ層の間の覆土層内で濃度が大きく減少し

ていることから、覆土によって TOC 濃度が低減される様子が認められる。フォーム槽は、無覆土槽の濃度分布に近い形状を示した。

T-Nについては、第Ⅲ層を積み増すまで無覆土槽と真砂土槽の浸出水の濃度には大差は見られなかった。埋立槽内部の浸透水中濃度については、槽により異なる傾向を示した。積み増し直後には、どの埋立槽も内部で2g/L程度を示すが、真砂土槽では濃度低下が遅くなっており、無覆土槽では急速に濃度が低下した。フォーム槽では、無覆土槽よりも、緩慢な濃度の低下が認められた。各槽とも初期に有機物の可溶化が進行していると考えられるが、無覆土槽、フォーム槽では、酸素進入が真砂土槽より容易であるため硝化が進行しやすく、廃棄物層内の嫌氣的部位において脱窒反応が進行していたと考えられる。また、覆土が存在する場合、酸素の侵入が遅いため硝化反応が進まず、T-Nの減少が進行しなかったと考えられる。

また、真砂土槽では、第Ⅲ層積み増し後における覆土層でのT-Nを見ると、TOC同様に覆土層内で濃度が減少していることから、浸透水中の有機汚濁成分が覆土（真砂土）内で分解、または吸着されることにより除去されている様子が認められた。

(3) ガス組成

511日目の各埋立槽のガス濃度分布をFig. 7に示す。無覆土槽ではCH₄の発生は見られず、CO₂濃度が高くなっており、有機物の好氣的な分解またはメタンが蓄積しない程度の嫌氣的条件下での酸発酵が進んでいたと考えられる。また、嫌氣的な領域は真砂土槽に比べて少ないといえる。真砂土槽では第Ⅲ層と第Ⅳ層においてCH₄が高い濃度で存在しており、層内の嫌氣的領域が広がっていることがわかる。フォーム槽では低いCH₄濃度であり、第Ⅰ層の好氣的領域も広く、無覆土槽と同様の傾向が見られた。

(4) 埋立廃棄物層の通気性

真砂土を即日覆土材として用いた場合、廃棄物層内での浸透水中の有機物分解は覆土が無い場合に比べて小さいと考えられる。この理由として、前節で述べた様に真砂土槽では即日覆土層で挟まれた廃棄物層内でCH₄濃度が高くなっており、覆土間の廃棄物層までは表層及び浸出水集水管からの酸素の供給量が少なく、嫌氣的

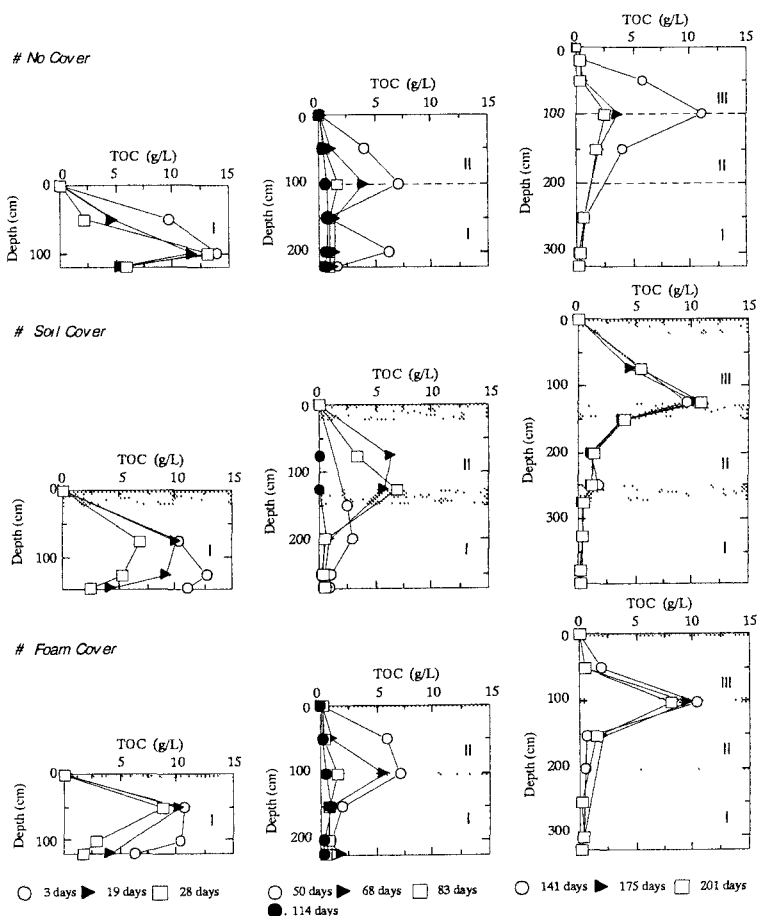


Fig. 5 TOC profiles of lysimeters

な状態になり易いためと考えられた。このことを実験的に確認するために、約900日目の時点で各埋立槽の通気性を把握することにした。各埋立槽の浸出水集水管よりエアポンプを用いて所定の流量 (20, 25, 30, 35, 40L/min) の空気を送気し、マンメーターを用いて廃棄物層8ヶ所での圧力の損失を測定することにより通気係数を算出した。その結果、無覆土槽では $1.9 \times 10^{-2} \text{m}^2/\text{s} \cdot \text{Pa}$ 、真砂土槽で $6.5 \times 10^{-4} \text{m}^2/\text{s} \cdot \text{Pa}$ 、フォーム槽で $1.8 \times 10^{-5} \text{m}^2/\text{s} \cdot \text{Pa}$ となった。即日覆土を被覆していない場合の通気性は、土壤の即日覆土を被覆した場合の約3倍となっており、また覆土代替材としてフォームを用いた場合には無覆土槽と同等の通気性を示した。この結果から、廃棄物層内への酸素供給は、覆土が無くなることにより増加すると考えられ、廃棄物中の有機物の分解が促進されると考えられる。

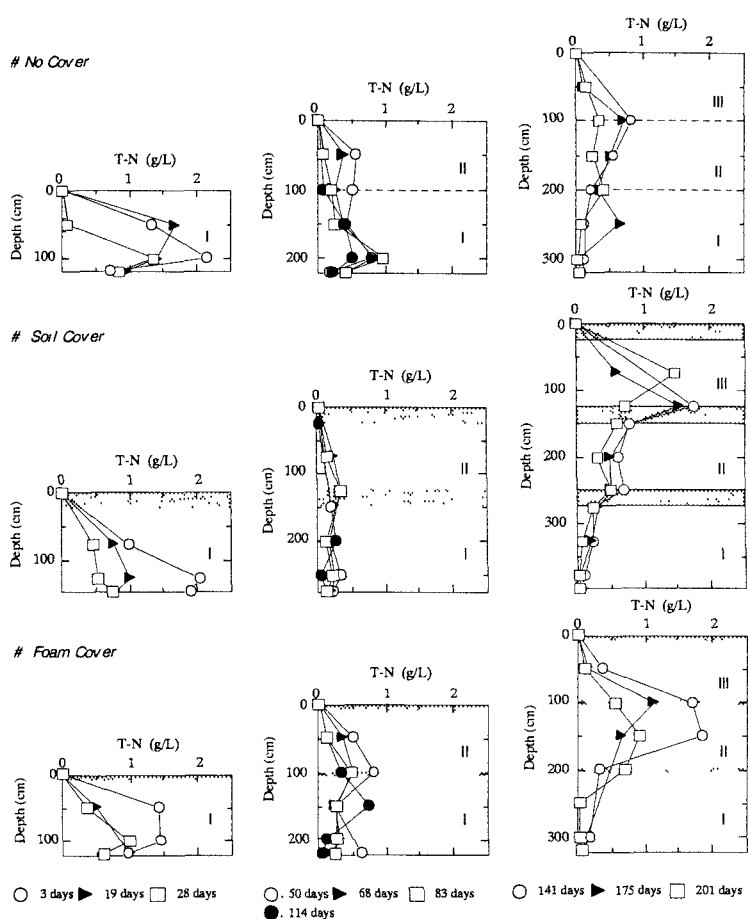


Fig. 6 T-N profiles of lysimeters

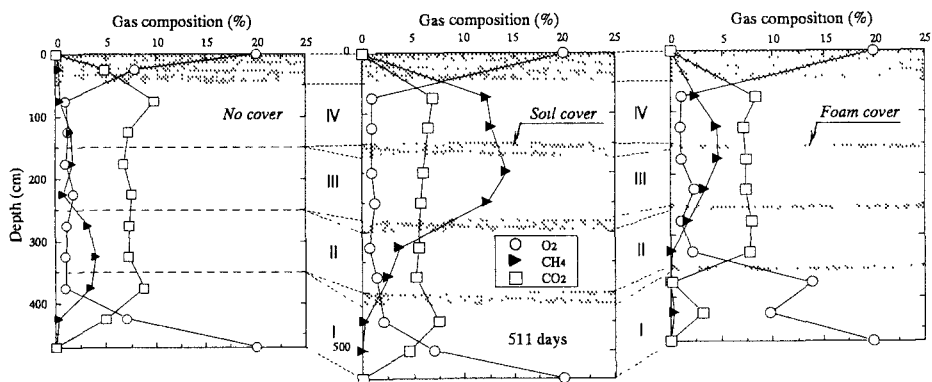


Fig.7 O₂, CH₄, CO₂ profiles of lysimeters

2.3 実験結果の考察

(1) 土壤覆土層による汚濁成分の除去特性

真砂土の覆土層の直上部に比較して直下部でのTOC濃度は低く、土壤の覆土層内でTOCが除去されている様子が認められた。そこで、真砂土槽における浸透水の覆土層への流入濃度と流出濃度の差より、覆土単位厚

さ当たりの減少濃度と覆土層による濃度減少率(=(流入水濃度-流出水濃度)/流入濃度×100)を求めた結果をFig. 8に示す。図中のS-1層、S-2層は、それぞれ第Ⅰ層と第Ⅱ層、第Ⅱ層と第Ⅲ層の廃棄物層に挟まれた即日覆土層を示している。S-1層及びS-2層の上下部の浸透水は採取の度に得ることができたが、第Ⅳ層の廃棄物を積み増し以降、第Ⅳ層の覆土層の上下部からは浸透水を採取することが必ずしもできなかった。S-1層での濃度の低下はS-2層と比較して全体的に小さくなっているが、減少率で見ると203日までは60%以上と高い値を示した。S-2層については上部からの流入濃度が高かったため(Fig. 5参照)、最大442mg/L/cmという高い減少濃度を示したが、減少率で比較するとS-1層と同程度であった。次に、両者の経時変化について検討する。S-1、S-2両層とも203日まで50%以上と初期に高い値を示した。S-1層の濃度減少率は経時的に低下しているが、S-2層では338日まで増加傾向を示した後、減少傾向に転じた。

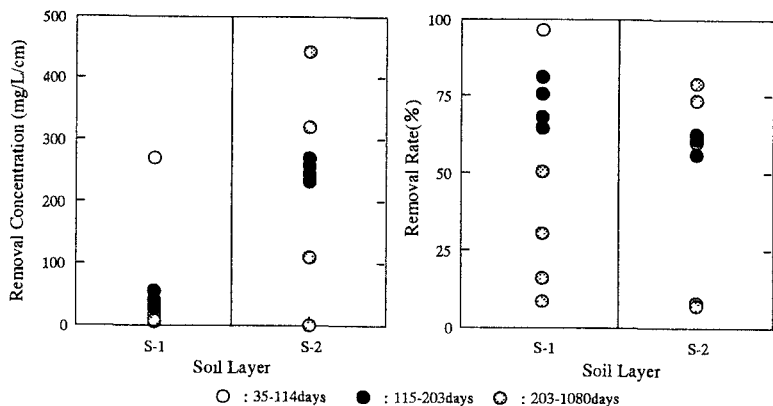


Fig. 8 Removal TOC Concentration at Soil Layers and Removal Rate

(2) 土壌覆土の施工と埋立廃棄物の安定化

土壌の覆土材を被覆しないと埋立廃棄物層の通気性は向上し、好気的な領域が拡大することによって、浸透水や浸出水の水質が改善され、ひいては埋立廃棄物そのものの安定化が促進される可能性が示唆された。このことを検討するため、浸透水中 TOC 濃度の経時的な変化より、定量的に充填廃棄物層における有機炭素の変化量を求めた。まず、埋立槽の覆土に挟まれた廃棄物層(第Ⅰ層～第Ⅳ層)及び覆土層それぞれをコンパートメントと考えたときの物質収支式を以下に示す。液相率 ε_L と浸透速度 U は時間と深さ方向によらず一定とし、 ε_L は回収した廃棄物の含水率から定め、 U は浸出水量を埋立槽断面積で除して算出した。有機炭素の変化量は、廃棄物固体への吸脱着及び分解量を合わせた変化量 R_m として算出した。 R_m が正の値であれば、埋立廃棄物層中の TOC の質量が減少していることを示しており、負であれば、埋立廃棄物中の TOC が増加したことを示している。

$$\varepsilon_L \cdot \partial C_L / \partial t + U \cdot \partial C_L / \partial z = -\varepsilon_S \cdot \partial C_S / \partial t - R_d = R_m \quad (1)$$

ここで、 C_L : 層内濃度 (g/m^3)、 C_S : 廃棄物固体中濃度 (g/m^3)、 U : 浸透速度 (m/day)、 R_d : 分解及び吸着量 ($\text{g/m}^3 \cdot \text{day}$)、 R_m : 変化量 ($\text{g/m}^3 \cdot \text{day}$)、 ε_L : 液相率 (-)、 ε_S : 固相率 (-)、 z : 深さ (m)、 t : 経過日数 (day)

式(1)を実測データを用いるために差分表現に書き直すと(2)式となる。

$$A \cdot \Delta z \cdot \varepsilon_L \cdot (((C_{i+1}^{t+1} - C_{i+1}^t) + (C_i^{t+1} - C_i^t)) / 2) + A \cdot ((U_i + U_{i+1}) / 2) \cdot ((C_{i+1}^t + C_{i+1}^{t+1}) / 2 - (C_i^t + C_i^{t+1}) / 2) \cdot \Delta t = R \quad (2)$$

ここで、 C_t : 時間 t における層内濃度 (g/m^3), U_t : 時間 t における浸透速度 (m/day), R : 変化量 (g), A : 埋立槽断面面積 (m^2), ε_L : 液相率 (-), z : 深さ (m)
 t : 経過日数 (day), Δz : 廃棄物層または覆土層の厚さ (m), Δt : 実験データの間隔日数 (day)

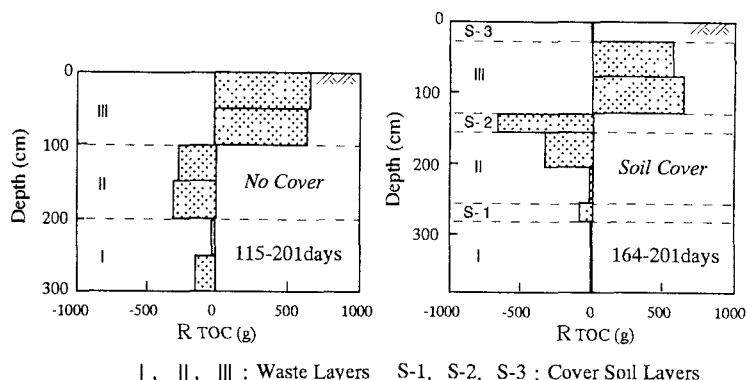


Fig. 9 TOC degradation profile of lysimeters (No cover, Soil cover)

Fig. 9 には、第Ⅲ層を積み増した後、第Ⅳ層を積み増すまでの期間 (115～202days) で、浸透水がすべての採水栓よりで

取できたときの無覆土槽 (No cover, 115～201days) と真砂土槽 (Soil cover, 164～201days) の結果を示す。期間は異なる (無覆土槽 86日間, 真砂土槽 37日間) が、第Ⅲ層の変化量はあまり変わらない。これは、第Ⅲ層積み増し後 50～100 日程度で、廃棄物中の固形有機物の可溶化が進行し、同程度の可溶性 TOC が廃棄物より流出したことが考えられる。まず始めに、無覆土槽の場合、積み増した廃棄物層 (第Ⅲ層) から供給された TOC が直下の廃棄物層 (第Ⅱ層) で除去されており、廃棄物自体による浄化効果が認められた。真砂土槽では、第Ⅲ層が TOC の供給源となっており、直下の覆土層 (S-2) や、その下層の廃棄物層 (第Ⅱ層) でも TOC の取り込みが認められる。さらに、残留していた TOC が覆土層 (S-1) でも取り込まれている。真砂土槽の場合、前節で述べたように覆土層による浄化効果が見られた。

(3) 埋立廃棄物中の炭素・窒素の分解

浸透水から検討した結果、真砂土を覆土として用いた場合、嫌氣的領域が拡大し有機物の生物分解が低下していることが推測された。このことから、廃棄物自体の分解・安定化も遅れていると考えられた。そこで埋立廃棄物を実験終了時に回収し、廃棄物中の炭素・窒素成分の含有率を求めた。各槽ともに廃棄物層厚さは計 4m であり、覆土層厚を除いた廃棄物の方の深さ方向の炭素・窒素成分含有率の分布を Fig. 10 に示す。

各槽とも第Ⅳ層の炭素含有率が低くなっており、下層に行くにしたがって、含有率が高くなっていった。窒素については含有率が低くばらつきも多いが、ほぼ同様の傾向を示している。これは、上層では廃棄物の分解、汚濁成分の溶出、ガス化が進行し、下層では、上層から長期間にわたり有機物が供給され、菌体の増殖による蓄積も考えられる。

次に各槽間の比較をすると、真砂土を覆土として用いた場合、埋立槽の中層 (第Ⅱ層, 第Ⅲ層) で炭素・窒素の含有率が高くなっており、明らかに分解が進んでいないことがわかる。このことは、真砂土槽では第Ⅲ層, 第Ⅳ層で嫌氣的になっていたこと (Fig. 7 参照) から、廃棄物の分解が遅れていたものと考えられる。埋立廃棄物の回収時に真砂土槽は、廃棄物が黒色を呈していたことから嫌氣的条件下での硫化物の生成があったと考えられた。フォーム槽の

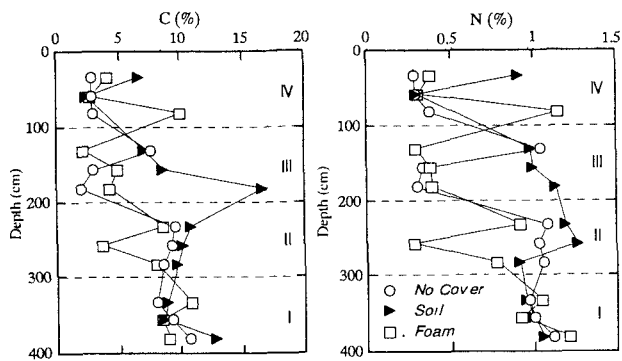


Fig. 10 Carbon and Nitrogen content profile of lysimeters

断面は無覆土槽と同様に廃棄物は濃茶色を呈していたことから、廃棄物層内が酸化状態にあったことが推察され、真砂土槽よりも廃棄物中の有機物が好氣的に分解されていたことが考えられる。

3. まとめ

大型埋立模型槽を用いて、埋立廃棄物の安定化に及ぼす即日覆土の影響を検討した。以下に、本研究において得られた知見をまとめる。

- 1) 土壌覆土層での有機汚濁成分の除去は、大きいことが確かめられた。
- 2) 即日覆土材として土壌を用いた場合、浸出水中の T-N 濃度は、覆土を施工しない場合の濃度に比べて一時的に高い値を示した。
- 3) 土壌を即日覆土材として用いた場合に比べて覆土を施工しない場合、埋立廃棄物層内の浸透水中の有機汚濁成分は、早く濃度が低下した。
- 4) 即日覆土材として真砂土を用いた埋立槽では、即日覆土層で挟まれた廃棄物層内で CH_4 が高濃度で検出され、嫌氣的な状態となっていることがわかった。
- 5) 即日覆土を施工しない場合、廃棄物層の通気性が改善されることがわかり、廃棄物層に好氣的な領域が拡大し、有機物の分解が促進されることが示唆された。また、フォームを覆土代替材として用いたとき、即日覆土を施工しない場合と同等の通気性が得られた。
- 6) 廃棄物層毎に埋立廃棄物中の TOC 変化量を算出した結果、即日覆土材として真砂土を用いた場合、覆土層において TOC が浄化されることが認められた。また、即日覆土を施工しない場合は、廃棄物層で即日覆土層と同等に浄化されることが確認された。
- 7) 実験終了時における回収廃棄物中の炭素と窒素含有率は、上層（深さ 0～1m）での含有率が低下し、下層（深さ 3～4m）での含有率の低下は認められなかった。このことから、埋立廃棄物は上層ほど早期に安定することが示唆された。また、真砂土を即日覆土材として用いた場合、中層（深さ 2～3m）での炭素と窒素含有率が高く、覆土を施工しない場合に比べて、廃棄物そのものの分解が遅れている様子が窺えた。また、覆土代替材としてフォームを用いることによって、覆土を施工しない場合と同程度に埋立廃棄物の安定化を促進することが示唆された。

土壌を即日覆土材として用いると、覆土の無い場合に比べて廃棄物自体の安定化が遅くなる可能性が示唆された。しかし、即日覆土は焼却残渣の飛散防止等において必要性であり、廃棄物の埋立に際して、覆土を施工することは避けられない。今後とも、埋立地の延命化策と同時に、埋立廃棄物層から流出する有機性汚濁物質の浄化を促進し、さらに埋立廃棄物自体も早期に安定化させるための覆土の施工法や覆土代替材について検討することが望まれる。

最後になりましたが、本研究を遂行するにあたり荏原製作所(株)、並びに住友スリーエム(株)の皆様には大変お世話になりました。ここに記して感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 東條安国，肴倉宏史，田中信寿，松藤敏彦：焼却灰飛散による最終処分場周辺の重金属分布，土木学会第 49 回年次学術講演会講演論文集Ⅱ，pp.1232-1233（1994）
- 2) New Waste Concept 社技術資料（1995）
- 3) （社）全国都市清掃会議，厚生省水道環境部 監修：廃棄物最終処分場指針解説，p228（1989）
- 4) （財）日本環境衛生センター：最終処分場における衛生害虫対策に関する調査研究報告書，p14（1994）
- 5) 島岡隆行，花嶋正孝，松藤康司：フォーム（発泡材）の覆土材への利用に関する研究，第 13 回全国都市清

掃研究発表会講演論文集, pp.186-188 (1992)

6) 花嶋正孝, 島岡隆行, 近藤俣, 中島尚道, 橘克憲: フォーム被覆による廃棄物の悪臭防止について, 第3回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp.387-390 (1992)

7) 伊藤三郎, 辻秀樹: フォーム覆土代替材の有効性について, 第3回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp.395-398 (1992)

8) 青木陽士, 島岡隆行, 松藤康司, 花嶋正孝: フォームの覆土材への利用に関する研究 (その2), 第3回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp.391-394 (1992)

9) 青木陽士, 島岡隆行, 松藤康司, 花嶋正孝: フォームの覆土材への利用に関する研究 (その3), 第14回全国都市清掃研究発表会講演論文集, pp.257-259 (1993)

10) A. J. Querio, C. M. Lundell : Geosynthetic Use as Dailycover, Geotextiles and Geomembranes , Vol. 11 , pp.621-627 (1992)

11) John D. Belken, Richard D. Yabroff : Use of Non-Woven Geotextile as a Substitute for Landfill Daily cover, Proceedings of Madison Waste Conference (Municipal Industrial Waste), Vol. 13, pp.184-191 (1990)

12) Horace K. Moo-young Jr and Thomas F. Zimmie : Waste Minimization and Re-use of Paper Sludges in Landfill covers: A Case Study, Waste Management & Research, Vol. 15, pp.593-605 (1997)

13) 堀浩志, 青木陽士, 島岡隆行, 花嶋正孝: 埋立地における硬化型フォームの即日覆土材としての有効性について, 第13回全国都市清掃研究発表会講演論文集, pp.263-265 (1992)

14) 西村文緒, 島岡隆行, 花嶋正孝: 埋立地における硬化型フォームの即日覆土材としての有効性について (その2), 第4回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp.469-472 (1993)

15) T.Shimaoka, K.Miyawaki, M.Hanashima, H.Tsuji and H.Ito : Impact of Daily Cover Soil on the Stabilization of a Landfill, Proceedings of 6th International Landfill Symposium, Vol. 1, pp.341-350 (1997)