

二次元埋立模型槽におけるガス組成分布特性について

福岡大学工学部 ○ 朴 祥徹・島岡 隆行・松藤 康司

// 大西 和榮・花嶋 正孝

1. はじめに

廃棄物層内に空気を取り込ませ好氣的にすると廃棄物の分解速度が大きくなり、さらに有機物のガス化率が高まるなどの理由から、欧米で主流の嫌気性埋立と異なり、我が国では準好気性埋立が多く採用されている。近年では、嫌気性埋立からはメタンガスが主として発生するのに対して、準好気性埋立では温室ガス効果の小さい二酸化炭素（メタンガスの1/10）が主成分であることから、廃棄物層が好気的である埋立地が注目されている。これらの背景に鑑み本研究は、大型二次元埋立模型槽を用いて、①知見が殆どない廃棄物層内横（水平）方向のガスの挙動を把握すること、さらに②再利用が比較的遅れている部分の製鋼スラグ（産業廃棄物）を利用した、廃棄物層をより一層好氣的にする埋立工法の開発を目的とするものである。

2. 二次元埋立模型槽および測定方法

廃棄物層内のガスの挙動を調査するため、図-1に示す準好気性埋立構造の埋立模型槽を3槽（A槽、B槽、C槽）用いた。各埋立模型槽の形状および大きさ（奥行きは全て50cm）は異なるが、廃棄物充填部の体積（6 m³）は等しくしている。A槽には豎型ガス抜き設備がなく、B槽とC槽には埋立模型槽の端部に幅50cmのガス流通部を設け、豎型ガス抜き設備を有した埋立地を模擬している。C槽は横方向への空気の供給を促進させるため、通気性が大きい製鋼スラグ（粒径60～80mm）の中間覆土層を有している。なお、この中間覆土層による酸素浸入の影響を把握するため、廃棄物層と豎型ガス抜き設備は鉄板で仕切られている（C槽図中実線）。

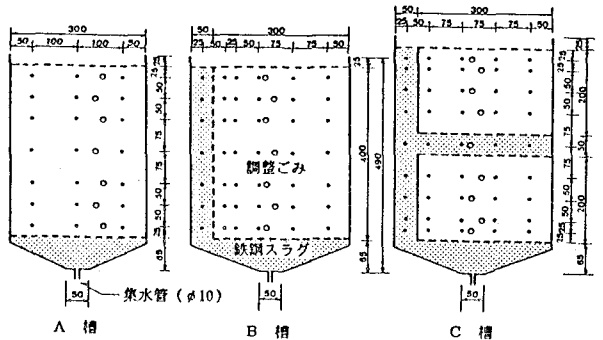
充填廃棄物は焼却灰、破碎ごみ、都市ごみコンポストからなる調整ごみで、表-1にその充填条件を示す。

また、埋立模型槽には廃棄物層内のガスを採取するための注射針を高さ方向および横方向に取り付け、廃棄物層内浸透水を採取するために浸透水受け皿（縦27cm×横17cm×高さ4cm）を深さ方向に埋設している。ガス組成分析は、廃棄物層中のガスをシリンジで5～10ml採取し、O₂、CO₂、CH₄、N₂についてガスクロマトグラフィ（T.C.D）で行った。水質は、浸透水および浸出水のについて分析した。

3. 実験結果および考察

3.1 高さ方向のガス濃度分布

図-2には、埋立模型槽中央列（B槽、C槽はガス抜き設備より2列目）の高さ方向のガス濃度分布の経日変化を示している。まず始めに、A槽について検討する。最下部（高さ0cm）で大気の酸素濃度と同じ21%を示しているが、25cmの地点では10%以下と廃棄物の好気性分解により酸素が急激に消費され、二酸化炭素はこの地点で最大濃度を示している。このことから、準好気性埋立地の底部での分解は極めて顕著であると言える。一方、高さ25cm～350cmにかけての酸素濃度は、高さ方向に酸素が消費されることなくほぼ一定の値で推移している。37日目の酸素濃度は約10%で、廃棄物充填時に持ち込まれたと思われる酸素が高濃度で残存し、さらにメタンガスが殆ど検出されないことから、廃棄物の嫌気性分解が生じていないと言える。また、この層位の二酸化炭素濃度は、37日目から111日目にかけて高さ方向に濃度が増加しており、廃棄物の好気性分解が底部から上部に進行している。高さ350cm～400cmまでの表層部では、底部と同じく浸入した酸素が狭い領域で著しく消費され、その少し下部でメタンガスが高濃度で検出されている。好気性



○：ガス採取及び温度測定点 ○：浸透水採取点 (単位：cm)

図-1 大型二次元埋立模型槽

表-1 充填条件及び実験条件

埋立模型槽名	A 槽	B 槽	C 槽
埋立構造	準好気性埋立		
降雨形態	自然降雨		
充填ごみ調整割合 (%)	70.0		
	15.0		
	15.0		
充填初期 (L)	7.10	7.17	7.12
鉄鋼スラグ	0.89	3.06	4.68
充填初期 (L/a)	1.22	1.22	1.21
鉄鋼スラグ	1.62	1.85	1.85
含水率 (%)	24.3	24.0	24.2
強熱減量 (%)	13.3	13.3	13.4
C/N 比	28.4	28.4	28.5

分解と嫌気性分解が同じ層位で生じ、好気性雰囲気と嫌気性雰囲気が混在した、微生物にとって極めて複雑な環境が創りだされていることが想像される。次に、堅型ガス抜き設備を有するB槽は、各ガス成分ともA槽と似通った濃度分布形状を示しているが、横方向から空気の供給があるため高さ方向全体にA槽よりも酸素濃度が高く、メタン濃度も高さ200cmまでの層位においてA槽より低くなっている。しかし、高さ200cmの地点の酸素濃度はその周辺に比べて高く、A槽と異なる現象を呈している。最後に、鉄鋼スラグの中間覆土層（スラグ層）を有する、C槽について考察する。各成分の濃度分布形状は、スラグ層を軸に上下ほぼ対象で、スラグ層より上部での廃棄物の分解過程と同様の現象が、下部の廃棄物層で繰り返されていると考えられる。メタン濃度は3%以下で、A槽やB槽に比べて小さく、スラグ層を設けると廃棄物層内が好氣的になることが分かる。

3.2 横方向のガス濃度分布

図-3にはA槽とB槽の高さ275cm、C槽の高さ350cmにおける横方向のガス濃度分布を示す。A槽の酸素濃度は時間と共に低下し、111日目には2%程度までに低下している。その後は酸素濃度が上昇し、廃棄物の好気性分解がおさまりつつある。また、埋立模型槽中央部の酸素濃度は、両端部より若干高い傾向にある。二酸化炭素濃度は、廃棄物の好気性分解および嫌気性分解により発生する二酸化炭素により時間と共に高くなっている。特に、埋立模型槽両端部での111日目以降の二酸化炭素濃度の増加は著しく、メタン濃度から判断してこの領域は中央部よりも嫌気性分解が盛んで、この時期に嫌気性分解の酸生成期がメタン発酵期に移行し、酸生成期では水に溶解し検出され難かった二酸化炭素が検出され始めたものと考えられる。

B槽の酸素濃度は、廃棄物層の底部で見られた酸素消費と同様、堅型ガス抜き設備より横方向50cmの間に急激に濃度が低下している。しかし、これより奥の部分では酸素の消費が無く、好気性分解があまり生じていない。二酸化炭素の最大濃度を示す地点は、37日目においては堅型ガス抜き設備より横方向25cm、173日目においては100cmと、一日当たり6mm程度の速度で奥に移動している。メタン濃度は、横方向奥に行くに従い直線的に増加している。173日目の横方向300cmの地点は、酸素濃度が7.4%にもかかわらずメタン濃度は8.3%と、前述したように廃棄物層には好気的な雰囲気と嫌気的な雰囲気が同じ部位

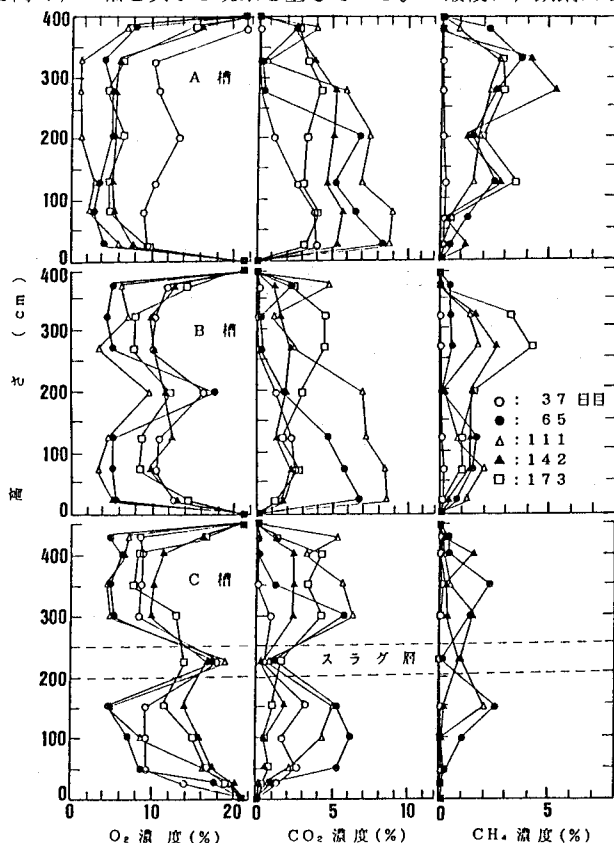


図-2 高さ方向のガス濃度分布

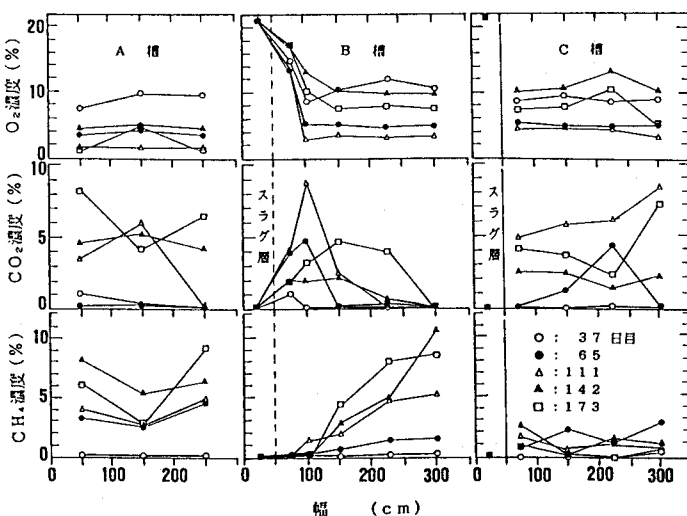


図-3 横方向のガス濃度分布

に存在していると理解される。最後に、C槽の各成分のガス濃度分布傾向は、基本的にはA槽のガス濃度分布と同じであると考えられる。C槽の酸素濃度分布は、廃棄物層のほぼ中央部に位置する横方向225cm地点での濃度は、両端部より高くなっている。ただし、

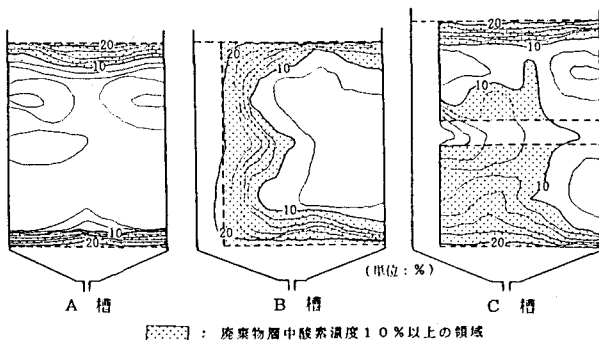


図-4 酸素の等濃度曲線

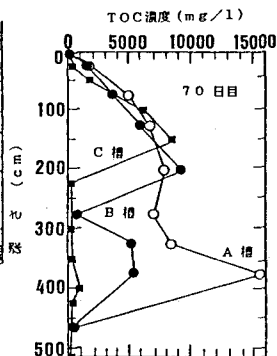


図-5 TOC濃度分布

C層の酸素濃度は、空気が表層および中間覆土層の2方向より酸素が浸入して来るため、同時期のA槽の濃度に比べ高くなっている。特に、142日目の酸素濃度は、廃棄物充填時に持ち込まれたと思われる37日目の酸素濃度よりも高くなっている。二酸化炭素濃度もA槽と同じ傾向を示し、実験初期は中央部が両端部より濃度が高く、その後逆に両端部が高くなっている。メタン濃度は実験期間を通して3%以下と他の槽よりも小さく、鉄鋼スラグの中間覆土層は廃棄物層への酸素浸入をかなり促進すると考えられる。

3.3 酸素浸入深と浸透水水質

図-4は、酸素の等濃度線(173日目)を示している。好気性分解に影響をほぼ及ぼさない最低の酸素濃度10%¹⁾を参考に議論を行う。A槽においては酸素濃度10%以上を示す領域は、表層部の50cmと底部の25cm前後で廃棄物層厚400cmに比べ極めて狭い範囲である。B槽においては、酸素濃度10%の領域がガス抜き設備より横方向100cmまで達している。高さ200cm地点では横方向125cmに及び、10%等濃度線が突き出た形になっている。この現象は、A槽やC槽の表層部と底部に見られる埋立模型槽の中央部が両端部より廃棄物層の内部まで酸素が浸入しているのと同じであると思われる。C槽では鉄鋼スラグの中間覆土層から上下方向に酸素が浸入し、好気性領域が随分拡張されている。埋立模型槽の廃棄物充填部の断面積は12m²であり、各槽の酸素濃度が10%以上の面積占有率を求めて見たところ、A槽は11%、B槽は46%、C槽は60%となり、堅型ガス抜き設備を設けることにより約4倍に好気的領域が拡張され、中間覆土材に鉄鋼スラグを用いることにより6倍近くに好気的領域が拡っている。さらに、C槽の下部の廃棄物層は総面積6m²の内、75%が酸素濃度10%以上の領域となっている。堅型ガス抜き設備と鉄鋼スラグの中間覆土層を同時に設けると、廃棄物層をかなり好気的にできることが示唆された。

図-5には、TOC濃度の深さ方向の分布を示す。浸出水の濃度には大差がないが、層内のTOC濃度分布は特徴的な傾向を呈している。つまり、深さ150cmまでは各埋立模型槽とも同じ傾向であるが、B槽とC槽のTOC濃度は深さ150~300cmにかけて急激に濃度が低下し、スラグ層からの酸素の供給により著しく浸透水が浄化されている。C槽においては深さ150~200cmの僅か50cmの浸透距離で8500mg/lが420mg/lに低下し、さらに下部の廃棄物層では濃度の増加が見られず、好気性領域の拡張にともなう廃棄物の分解促進、水質の改善が明白に認められる。

4. まとめ

(1) 準好気性埋立地の底部においては廃棄物の分解が極めて著しいが、その領域は25~50cmと比較的狭い。また、堅型ガス抜き設備を設けたときの酸素濃度10%以上の領域は、横方向約1m以内であった。(2) 廃棄物層の同じ地点で酸素と二酸化炭素が検出され、好気性雰囲気と嫌気性雰囲気が混在した中で、廃棄物が分解されていることが分かった。(3) 堅型ガス抜き設備を設けることにより、酸素濃度10%以上の領域(断面積)は約4倍に、また通気性が大い鉄鋼スラグからなる中間覆土層を設けることにより約6倍に拡大した。(4) 鉄鋼スラグからなる中間覆土層は、廃棄物層への酸素の浸入を盛んにし、浸透水を著しく浄化する。このことから、廃棄物の分解をも促進すると考えられる。

最後に本研究を行うにあたり御協力願いました、新日本製鉄㈱の関係各位に感謝いたします。なお、本研究は、(財)鉄鋼業環境保全技術開発基金の助成により得られた成果であり、付記して感謝の意を表します。

【参考文献】1) 神山他：第36回土木学会年次学術講演会講演概要集，第II部門，pp.33-34，1981.10