

国立公衆衛生院 正 田中 勝

福岡大学 正 花嶋正孝

“ 正 松藤康司

国立公衆衛生院 正 南畑祥一

東京理科大学 正 左合正雄

1. はじめに 廃棄物埋立における環境影響予測の取り組みが各分野で開始されているが予測のための基礎データは極めて少ないのが現状である。特に、最近の新しい埋立構造における廃棄物の経時変化や、経時変化と短期間に把握するための実験手法は確立されていない。こうレレなかで、廃棄物埋立における環境影響予測手法を体系化するためには、過去の研究の流れや、研究レベルの集約を行うと同時に、廃棄物の埋立特性を測定するための埋立場のモデル化が必要といえよう。

本論では、環境影響予測のための実験的手法の手始めとして、「廃棄物埋立の模型化」を目的として実験を行い、若干の知見を得たので、その報告を行う。

2. 準好気性埋立による実験的研究

2.1 実験目的 全国の埋立処分場は、大中小規模を合せると、実に2300ヶ所あるといわれ、埋立は依然として重要な問題となっている。一方、廃棄物の埋立処分技術については、技術開発の進めが目立ち、埋立処分場周辺の住民からの苦情が為述している。そこで埋立場の考え方として、従来のような廃棄物の投棄場という考え方に代わって、廃棄物の早期安定化をはかり、周辺環境に悪影響を及ぼさない処理場と考え、これを科学的にとらえたものが「埋立構造」である。この埋立構造の中で、埋立場の早期安定化と浸出汚水処理の立場から「準好気性埋立」が注目されているが、まだその分解メカニズムは解明されていない。こうレレ中心、準好気性埋立のメカニズムを解明するために、準好気性埋立、及び嫌気性埋立の模型槽を作製し、実験を行った。

2.2 実験方法

(1). 模型装置 廃棄物の埋立特性、とくに埋立構造による経時的埋立特性を解明するために、「廃棄物埋立模型槽」を8基製作レレ。この模型槽は準好気性埋立と嫌気性埋立を比較できる装置である。模型槽のうち、準好気性槽は、集水管を常時開口、嫌気性槽は常時閉じ、屋内に設置レレ。また準好気性槽、嫌気性槽各々4基は実験開始後1ヵ月、3ヵ月、6ヵ月、1年後に解体し、経時的な分解過程がみられるようにレレ。

(2). 実験条件 実験に供レレごみの組成は、厨芥25%、プラスチック22%、紙・木・布30%、不燃物8%、その他15% からなる一般廃棄物で、プラスチックと紙・木・布の含有率の高いごみである。含水率は70.4%と高含水率で夏期、特有の性質をもったものである。ごみは破砕機で粉砕して、ごみ質が均一になるように混合レレ後、重量を秤量レレ、模型槽に充填レレ。準好気性槽、嫌気性槽の充填量、

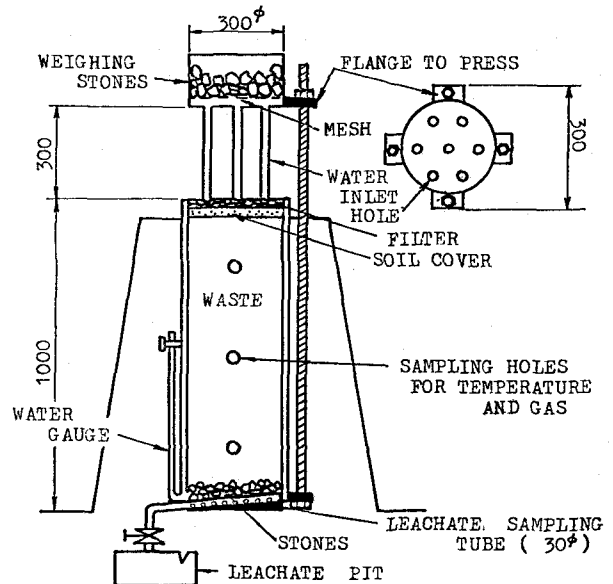


図1. 準好気性埋立模型槽

充填条件などは表1に示す通りであり、単位体積重量を1.1 t/m³程度とした。一般的には、生ごみ主体の廃棄物の埋立における単位体積重量は、埋立初期においては、0.8 t/m³程度であるが、

COLUMN NO.	WASTE FILLED(kg)	SAND(kg)	DIA.xHEIGHT (cm x cm)	TOTAL DENSITY (t/m ³)	DENSITY OF WASTE(t/m ³)
7S-1	68.4	4.1	30x90	1.15	1.08
7S-2	65.1	3.8	30x90	1.09	1.02
7S-3	71.5	5.2	30x100	1.08	1.01
7S-4	72.6	4.6	30x100	1.09	1.03
7A-1	68.7	3.7	30x90	1.15	1.08
7A-2	66.1	4.8	30x90	1.14	1.04
7A-3	72.4	4.3	30x100	1.09	1.02
7A-4	71.7	3.9	30x100	1.07	1.01

表1 各槽の廃棄物充填条件

経時的に分解が進み、沈下等が生じて単位体積重量は1.0 t/m³近くになる。そこで実験の性格上、最初から埋立後期にみられる単位体積重量に近づけて1.1 t/m³の条件で充填した。模型槽は屋内に設置し、週一回、実際に降った降雨量相当の水量を散水した。

(3). 調査項目 調査項目として、槽内温度、沈下量の経時的变化、浸出污水の水質、浸出污水中の細菌叢内部物質変化を測定した。

2.3 実験結果及び考察

(1). 浸出污水水質 浸出污水水質の経時変化をみると、BOD・CODに関しては図2に示すようになる。おむろ準好気性埋立において、埋立初期60000 ppmであったものが、充填後3ヵ月頃より徐々に減少し、4~5ヵ月後には6000~8000 ppmと約1/10程度まで低下している。しかし外気温の低下に伴い1ヵ月頃(充填後6ヵ月後)から再び水質は悪化し現在に至っている。一方、嫌気性埋立は、埋立時点からはほとんど変化せず、70000 ppm前後と相変らず、水質は悪い。CODに関しては、準好気性埋立と嫌気性埋立との差はみられ、準好気性埋立が嫌気性埋立の約半分の値を示している。またBODの減少する時期にCODも減少の傾向を示すが、その減少程度はBODに比べて小さい。pHの経時変化は、準好気性埋立で7.0~7.8の弱アルカリ性、嫌気性埋立で6.5~6.8の弱酸性を示し、準好気性埋立は、安定化のさびしみがみられる。窒素系物質は、T-Nが準好気性埋立で2300 ppm、嫌気性埋立で5400 ppmと相変らず相対的に高濃度である。全体的にみて、冬期において、水質の悪化がみられるが、これは、図3に示すように外気温の低下に伴って槽内温度も低下し、特に12月以後、10℃以下になって生物活動が弱まったに因ると考えられる。なお、槽内温度と分解の活性度の相関をみるために、模型槽の温度を20±2℃に制御した実験を11月から開始し、現在検討中である。沈下量は、6ヵ月後の準好気性埋立では8 cm、嫌気性埋立では2 cmであった。

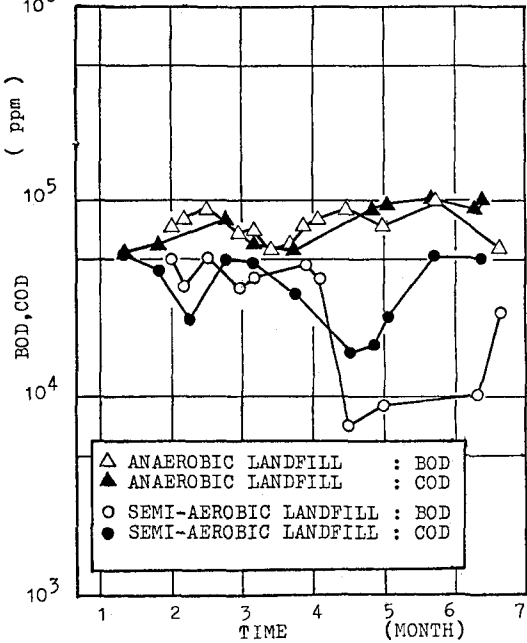


図2. 浸出液の水質(BOD, COD)

(2). 内部物質変化 埋立廃棄物の内部変化をみるため、充填1ヵ月、3ヵ月、6ヵ月後に模型槽を解体し、廃棄物の組成分析を行った。充填時における廃棄物の乾燥重量と解体時における乾燥重量の差が、分解した廃棄物量、分解の性能を示すものとしてその値の測定を行った。分解割合を示したものが図4である。準好気性埋立では、6ヵ月で10.8%が分解しているのに対し、嫌気性埋立では4.1%であり、準好気性条件下での分解

の程度は嫌気性に比べて約2.5倍である。さらに、分解した廃棄物の組成ごとの変化をみると、図4に示すように、「厨芥」の減少がみられるのに対し、「その他」は若干の増加傾向がみられる。

(3) 細菌数 埋立の分解程度は、埋立内部の土壌微生物の活性程度によって左右されると考えられる。そこで、分解Xカニズムを把握するために浸出汚水中の細菌数について調査した。準好気性埋立の一般細菌数は、埋立初期1ヵ月後にあたりは 10^6 個/mlであり、好気性埋立の菌数ライン上にある(図6)。

しかし、これは、充填時におけるごみの間隙中の空気の影響も考えられ、その後は、 10^6 個/mlをオーパスである。嫌気性埋立では、初期 10^6 個/mlあったものが、経時的に徐々に減少し、6ヵ月後には 10^2 個/mlとなっている。これは、嫌気性分解に伴う低級脂肪酸の影響で、細菌が生育抑制されていると考えられ、以後、極めて緩慢な分解が予想される(図7)。一方、芽胞形成菌は、7ヵ月以後に準好気性埋立 10^4 個/ml、嫌気性埋立 10^6 個/ml

と、やはり、準好気性埋立が生物学的に安定に状態を分解しているといえる。一般に、好気性埋立条件では、嫌気性埋立に比べて、菌数の絶対数が少ないことが報告されているが、準好気性埋立でも、嫌気性埋立に比べて菌数の絶対数の多い傾向を示した。すなわち、図7に示すように、一般細菌数は560~2000倍、芽胞形成菌数は60~580倍であり、また、放線菌や糸状菌の菌数も多く、準好気性埋立でも微生物の活性が高いことを示している。

2.4 実験成果の要約 埋立構造、とくに、準好気性埋立構造による廃棄物の埋立特性が徐々に明らかになりつつあるが、これらによる実験によって得られ

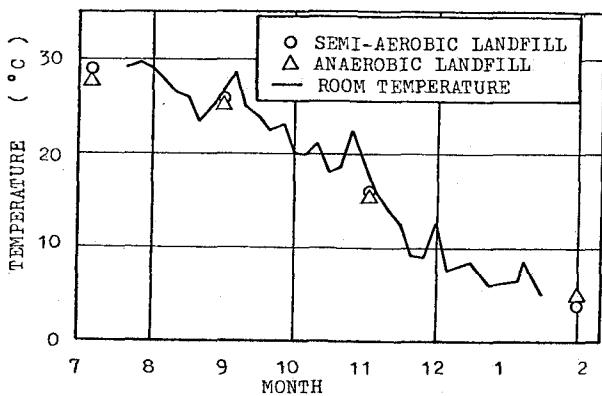


図3. 外気温と槽内温度

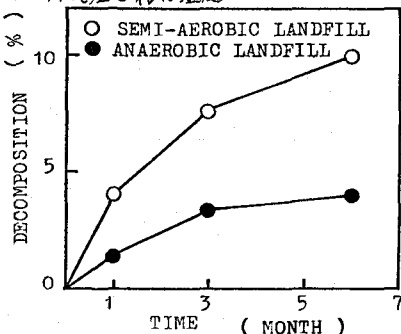


図4. 槽内廃棄物の経時的分解度

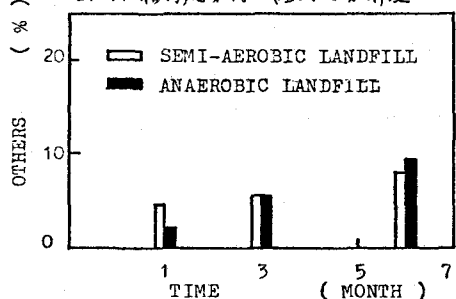


図5. 廃棄物の組成別経時変化

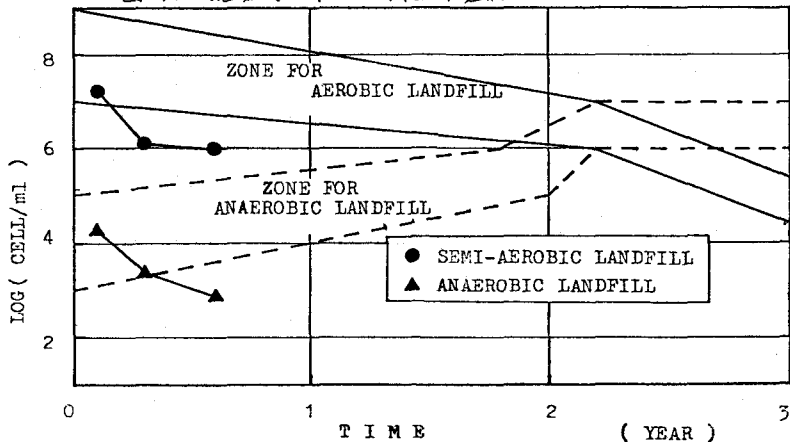


図6. 埋立構造による菌数の経時変化

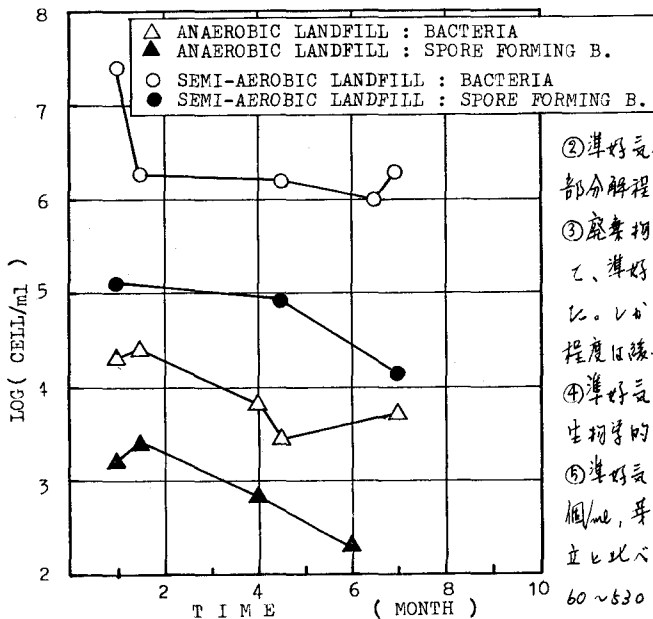


図7. 槽内廃棄物中の菌数

以上の事より、準好気性埋立構造は、集水装置による通気によって、槽内の好気性領域を拡大し、微生物の活性を高めることにより、ごみの分解を促進し、槽内の早期安定化をはかる埋立構造と考えられる。

3. ごみの埋立特性試験装置の開発実験

3.1 実験目的 ごみの埋立処分において、二次公害対策上不利にならないような技術の開発、改良が望まれており、同時に、埋立の基礎となる廃棄物の埋立特性を知るための試験装置の開発が渴望されている。すなわち、埋立てられた廃棄物の経時的変化が比較的簡単に、そして正確に把握できる試験装置の開発である。このような要請から、本研究の主目的は、埋立処分を前提とした場合のごみの特性として、何が最も重要なファクターであるかを明確にして、それらを把握するための試験装置を検討し、試験の機能条件を整理し、一連のモデルを製作し、改良することにある。この種の装置によって、短期間に有機性廃棄物を分解させる手法が確立されるならば、廃棄物の埋立特性、すなわち浸出液の水質、廃棄物の分解性等、環境保全対策及び跡地利用に必要な基礎資料を短時間に提供することになる。

3.2 実験方法

(1). 供試試料 実験に用いたごみはI市において分別収集される一般都市ごみで、組成は、木くず、繊維くず、紙、屑芥、鉄、非鉄金属、土砂及びガラス、プラスチック。その他の9項目に分類し、湿基準(%)で測定し、その後、破砕機で調整ごみを破砕シメタルとして(表2)。

(2). 実験装置 本装置は硬質透明の塩ビ管製で、ごみの特性変化を調べる目的と、必要な装置の規模を決定する目的から、内径が300φ(No.1)、200φ(No.2)、120φ(No.3)の三種の装置を製作した。

装置は大別すると本体下部、本体、おもり台の三部分よりなる。本体下部は、本体を支える基台と浸出水のピット及び浸出水採取口からなり、採取口はバルブで開閉できる。実験では、ピット部にクワ石を敷設した。また、図8のA部よりエアレーションすることによって好気性の状態を作ることも可能にされた。(今回の実験では使用せず) 本体はごみの充填部で最上部にはおもりガイドを設けた。実験ではサンプリング孔より熱電対を挿入し、槽内温

に成果をまとめると次のようになる。

①準好気性埋立小型模型槽で、準好気性埋立特性の解析が可能になった。

②準好気性埋立は嫌気性埋立に比べ、浸出水の水質や内部分解程度からみても、早期安定化がはかれる。

③廃棄物充填6ヵ月後における物質変化は、分解率に比べて、準好気性埋立で10.8%、嫌気性埋立で4.1%であった。これより、好気性埋立に比べると準好気性埋立の分解程度は緩慢である。

④準好気性埋立は、嫌気性埋立に比べ、総菌数が多く、生物学的活性が高い。

⑤準好気性埋立の充填6ヵ月後の菌数は一般細菌数が10⁶個/ml、芽胞形成菌数が10³個/mlである。また、嫌気性埋立に比べ一般細菌数が560~2000倍、芽胞形成菌数が60~530倍と菌数が多い。

⑥小型模型槽で埋立実験を行う場合、温度の制御、とくに冬期における温度の制御、保温が必要である。

WOOD*	4890 g	4.5 %
CLOTH	1910 g	1.8 %
PAPER	47520 g	44.1 %
GARBAGE	46280 g	43.0 %
METAL	320 g	0.3 %
SAND, GLASS**	190 g	0.2 %
PLASTICS	2090 g	2.0 %
OTHERS***	4360 g	4.1 %
TOTAL	107550 g	100.0 %

表2. 試料ごみの組成 * 草も含む
** 細い土砂は勿論
*** 肉類は分別不可能なものを含む

度も測定した。おもり台は、充填ごみを圧圧するためのもりも載せる台である。注水がごみ面に平均するように工夫してある。以上三部分を組合わせた全体図を図8に示す。なお、ごみ沈下量も計測するために装置側面にはメジャーを取り付けた。

(3). 実験条件 ごみと実験装置に均一に充填して一定加圧した。(11.94g/cm³)注水は平均降水量(1600mm)より減少した水量の約3倍の水量を原則とし、充填ごみ量に比例するように調整して毎日注水した。浸出汚水の水質分析は、セトリ汚水が出始めてから週一回の割合で、BOD、COD、TOC、pH、を分析し、同時に浸出水量も計測した。CODa測定は過マンガン酸カリウム法を用いた。室温及び槽内温度は熱電対を用い連続測定した。沈下量の測定、浸出水の採取は注入時に行った。すなわち、浸出水と採取した後注水し、ごみ表面からの沈下量も計測した。槽内は嫌気性状態に近いかもあって浸出水は排水するまで槽内に貯留した。実験条件などは表3に整理する。

3.4 実験結果と考察 ごみ充填後8週間のデータを整理する。

(1). 温度変化 腐食性の有機成分の分解とともに槽内温度の上昇が期待されるが本実験結果をみると約70℃とかなり差は大きく(17℃~24℃)その差は最大の場合で約70℃であった。また、槽内温度は内径が大きい装置ほど高く、装置の大小が槽内温度上昇に影響を与える事がわかった。

(2) ごみ沈下量 沈下量と図9に示す。

沈下の傾向は装置の大小に無関係だが、小さい装置ほど沈下量が少ないのは、側壁の影響によるものと思われる。初期段階においては、注入水がほとんど保水されるので、その自重による沈下が大きな役割を果していると思われる。

(3). BOD, COD, TOC 浸出水のBOD, COD, TOC, pHの測定値を図10, 図11に示す。発性的な傾向は槽の大小と関係ないが、NO.1槽ではBOD, CODとも他に比べて大きく、沈下量、温度の結果からも分解が他に比べて進んでいることがわかる。本実験装置槽は嫌気性状態に近いが、一般に嫌気性状態ではBOD, CODの値はpHと負の相関があると言われているが、本実験の場合、BOD, CODは減少傾向にありpHも7週間位までは減少している。pHの低さから判断するとごみの分解よりも、注水による流しの影響が大きいものと推察される。なお、pHが低いのは脂肪酸等抽出性有機酸に起因すると思われる。

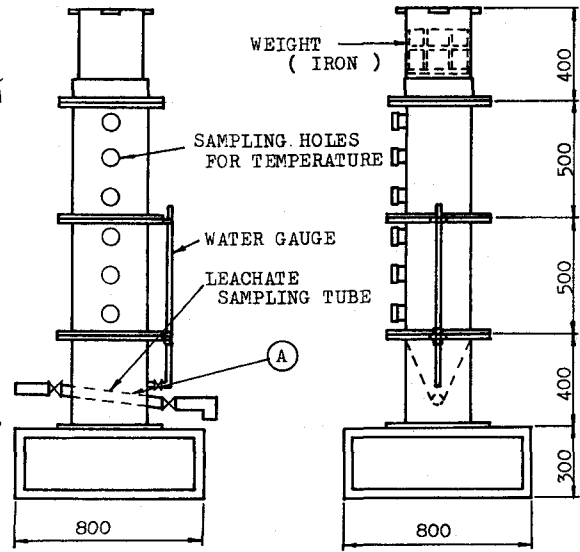


図8 実験装置全体図 (NO.1)

COLUMN NO.	NO.1 (300φ)	NO.2 (200φ)	NO.3 (120φ)
VOLUME (ml) (HEIGHT 100cm)	70685.8	31415.9	11309.7
WASTES FILLED (kg)	20.5	9.25	3.00
DENSITY OF WASTE(g/cm ³)	0.290	0.294	0.265
COLUMN CROSS AREA(cm ²)	706.86	314.16	113.10
WEIGHT LOAD(kg) (COVER WEIGHT)	8.437 (6.25)	3.75 (3.25)	1.35 (1.35)
WATER SPRAYED (ml/DAY)	1000.0	451.0	146.0
HEIGHT FOR TEMPERATURE MEASUREMENT	42.5cm and 60.0cm ABOVE BOTTOM	35.0cm and 60.0cm ABOVE BOTTOM	35.0cm ABOVE BOTTOM

表3 各槽の実験条件

本実験で得られた知見を要約すると

- ①槽の内径の大きさの違いによって沈下量に差が生じた。
- ②少量の注水によってゴミ槽内に保留された水によるものと思われる沈下が埋立初期に観察された。
- ③少量の注水によって層内の分解性基質が洗い流された。
- ④BOD、COD等の有機物分解の变化は短期的には各槽ごとの特徴は見られなかった。

以上の結果にもとづいて、今後改善すべき装置、実験手法としては

- ①実験槽の保温に工夫が必要である。
- ②実験槽の側壁とゴミとの間の抵抗により沈下が妨げられるので、壁面の影響を無視できる大きさの径を考慮しなければならない。

③実験期間の短縮のための過度の条件設定（降雨量の増大）は生物分解を主体とした分解実験では不可能であるので適正条件で実験を行う必要がある。

④有機物分解の変化は短期的には特徴がつかめないのでも単位の長期的観察を行う必要がある。

4. まとめ

第一の実験では、廃棄物の埋立特性、とくに、埋立構造による埋立特性を経時的に解明するために「廃棄物埋立模型槽」を構築し、準好気性埋立と嫌気性埋立とを比較した。この実験によって得た成果と知見のいくつかをまとめると、

- ①小型模型槽で、準好気性埋立の解析が可能である。
- ②準好気性埋立は嫌気性埋立に比べ浸出汚水水质や内部分解程度がらみでも早期安定化が計れる。

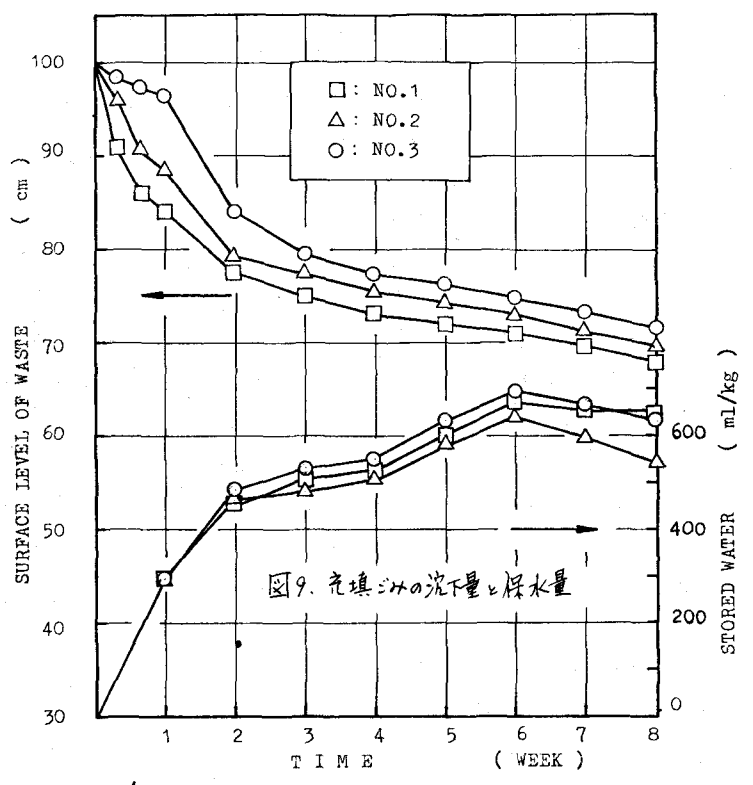


図9. 充填ゴミの沈下量と保水量

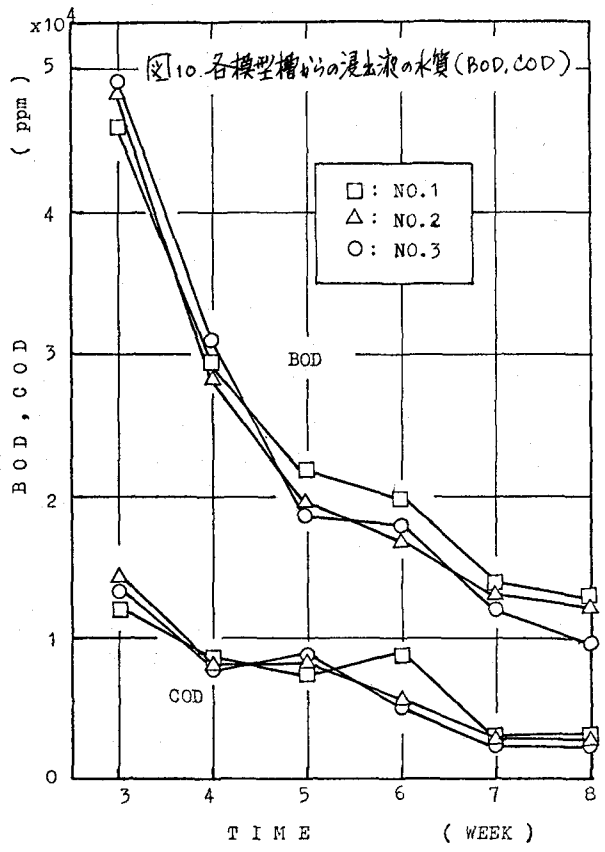


図10. 各模型槽からの浸出液の水质(BOD, COD)

などである。しかし、準好気性埋立構造は、集水装置による通気によって、槽内の好気性領域を拡げ、微生物の活性を高めることにより、ごみの分解を促進し、槽内へ早期安定化を計る埋立構造と考えられる。第二の実験では、ごみの埋立特性と調べる目的と装置の小型化による浸出水の影響と調べる目的と、大きさ異なる三種の装置と製作した。これらの装置を用いた実験結果によると、かなり小型の埋立模型装置でも、沈下量、浸出水の水質及び量の経時的な傾向が測定されているが、ごみの埋立特性試験装置として本装置が有効であるか否かは今後、さらに条件を変えて実験を行わなければ結論は出せないであろう。

今後、埋立用地確保が益々困難になるようにしている現在、環境アセスメントの義務化が予想される。このような観点から、今回の研究は埋立処分に伴う環境アセスメントの基礎資料、すなわち、廃棄物と浸出水の相関や廃棄物の経時的変化などのデータを提供する実験的手法を示した。将来、環境アセスメントを具体化するためには、このような実験的手法による基礎的データの積み重ねや、環境影響の予測とその評価など残された問題は多く、今後、各方面からの取組みが望まれる。

謝 辞

本研究は、昭和55年度厚生科学研究補助金の交付を受けて行った「廃棄物処分場浸出水の水質に関する基礎研究」の成果の一部であり、財団法人鹿島学術振興財団研究助成金による研究「廃棄物の効果的埋立処理技術に関する研究」の一部であることと付記し謝意を表したい。

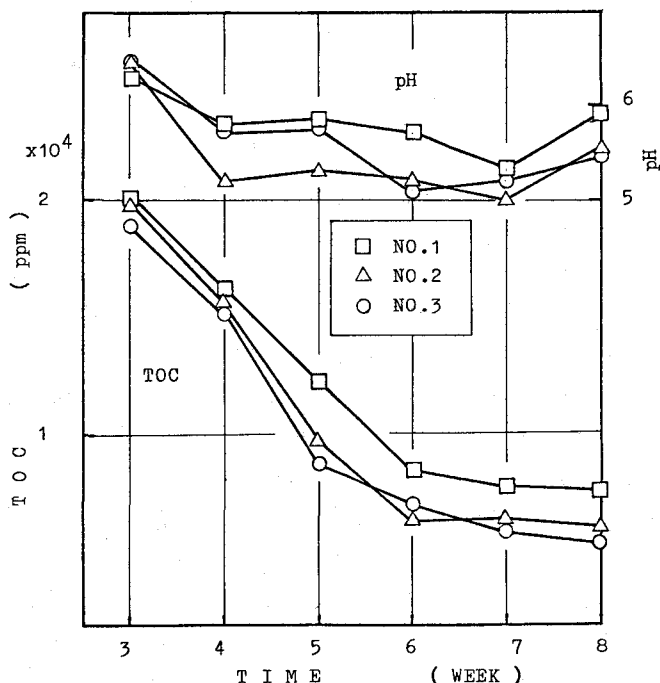


図11、各模型槽からの浸出水の水質(TOC, pH)