連 載

海面埋立処分場における汚水の水量
および水質予測に関する研究(2)

鍵 谷 司*・中 嶋 国 勝**

第一回 目 次

1. はじめに	741
2. 汚水の水量及び水質の予測方法	742
(2-1) 水量の予測方法	742
(2-2) 水質の予測方法	747

第二回 小 目 次

3. 既存海面埋立処分場における水量及び水質調査結果の解析	897
(3-1) M海面埋立処分場の概要	897
(1) 事業の概要	897
(2) 護岸構造の概要	898
(3) 埋立実績等	898
(4) 埋立工法	898
(5) 排水処理施設	899
(3-2) 予測に係る諸数値の設定	901
(1) 各種廃棄物からの溶出原単位の設定	901
(2) 浸漬液の水質予測	901
(3-3) 水量及び水質調査結果の解析	902
(1) 放流水の水質調査結果	902
(2) 水量及び水質の解析	902

4. 埋立処分計画のケーススタディ	
5. ケーススタディにおける水量及び水質の予測結果	
6. まとめ	

3. 既存海面埋立処分場における水量及び水質
調査結果の解析

海面埋立処分場の汚水の水量及び水質を予測するに当たっては、第二章で述べた予測式の中で用いられている各種の諸数値及び係数値を設定しなければならない。汚水の水量及び水質の予測方法は種々提案されているが、いずれの場合も予測式で用いられている各種

の数値及び係数値の設定に問題を含み、その実用性に難点があるのが現状である。ここでは予測式の実用性に十分配慮して、諸数値及び係数値を既存海面埋立処分場における水量及び水質調査結果を解析して設定することとした。

3.1 M海面埋立処分場の概要

(1) 事業の概要

昭和40年頃からの人口の急激な増加及び産業の都市

* (社)日本廃棄物対策協会関西支部 廃棄物対策専門委員 事務長 Tsukasa KAGIYA
** 兵庫県保健環境部環境局環境管理課 係長 Kunikatsu NAKAZIMA

部への集中、並びに生活様式の多様化に伴ない、臨海部に大都市及び工業地帯を抱える本地域においては、廃棄物の発生量が特に多く、最終処分場が不足していたため、公共残土、焼却灰及び建設廃材等を適正に処理することが緊急の課題となっていた。このような状況に鑑み、広域的な立場から県、市が協力し、廃棄物の適正処理を円滑に推進することにより、生活環境を清潔に保全し、公衆衛生の向上に寄与するために公社を設立し、海面に最終処分場を求めたものである。その経緯は、昭和44年7月に産業廃棄物の実態調査に始まり、昭和45年から50年にかけて組織の整備が行われるとともに、県による公有水面埋立免許申請(昭.46.11)、免許取得(昭.48.8)及び外周護岸の施工等に着手し、公社により昭和52年4月から埋立事業が開始され、昭和59年9月に埋立てを終了した処分場である。

その位置図を図-7に、また処分場の埋立工区を図-8に示した。本処分場は、埋立面積が36ha、計画容量が3,755千 m^3 である。処分場は県の東南部の流域下水道終末処理場に隣接した公有水面に位置している。ここは、工業地帯の地先海面であり、住宅地から2.5 km離れた地点である。

図-7 位置図

(2) 護岸構造の概要

外周護岸は全長1,910 mで、天端高はO.P+7.0~8.0 mと高潮時でも安全な計画である。護岸型式の採用にあたっては、施工位置がM河口部左岸で、海底地盤状況が大阪湾特有の軟弱地盤層(O.P-29.0 mまで軟弱層)であるため、地盤改良工法として、主としてサンドコンパクションパイル工法を採用し、捨石、コンクリート上部工の混成堤構造とした。なお、B護岸の一部235 mは岸壁タイプを採用し、廃棄物の海上搬出入可

図-8 M埋立処分場平面図(埋立工区別)

能なように床掘置換、ケーソン構造とした。

廃棄物埋立護岸として止水性を持たせるため、施工性・経済性等に関して種々の条件からアスファルト・マスチック工法、粘土ブランケット工法、鋼矢板工法及び山土盛土工法について比較検討し、山土盛土工法が採用された。山土盛土工法は、透水係数 $K = 1.0 \times 10^{-3} \sim 10^{-4} \text{cm/sec}$ の山土を利用して護岸内側を被覆する工法である。この工法を用いた場合の透水能力を検討した結果は次の通りである。すなわち、内水位が外水位より常に40 cm高い状態にあると仮定し、外水位の潮汐による変動はなく、経時的な堤体の目づまりがおこらないという条件のもとに実施した浸透量計算結果(FEM)によると、山土盛土による被覆厚10 mを施すことで護岸堤体を通じて漏出する水量を最大値で、100 m^3 /日まで止めることができ、一方、降雨、蒸発、廃棄物の投入等による埋立区域内の水収支から予測される最大余水量は2,000 m^3 /日であると予測された。

(3) 埋立実績等

① 埋立実績

この埋立処分場の背後地域から発生する廃棄物量は計画期間を通じて、年間約1,050万 $\text{m}^3 \sim 1,320$ 万 m^3 であり、このうち搬入対象となるのは残土砂、市焼却灰、建設廃材等と浚渫土砂で、その埋立処分実績量(表3)(57年度以降は見込み)は次の通りである。

② 受入基準

・廃棄物の質と量

質については、廃棄物の種類ごとに受入基準(表4)が設定されている。

(4) 埋立工法

当地区は海底面下に沖積粘土を主体とした軟弱地盤が厚く分布している。このため、一般的な埋立工法である岸側からの片押し埋立工法では、埋立面面におい

表 3 埋 立 実 績 等

	種類別 年次別	残 土 砂	市 焼 却 灰	建 廃 等	浚 渫 土 砂	合 計
実 績	52	127,000	26,000	3,000	30,000	186,000
	53	470,000	46,000	17,000	103,000	636,000
	54	708,000	41,000	52,000	162,000	963,000
	55	391,000	41,000	82,000	141,000	655,000
	56	357,000	41,000	116,000	99,000	613,000
見 込 み	57	165,000	42,000	99,000	100,000	406,000
	58	154,000	42,000	100,000	0	296,000
合 計		2,372,000	279,000	469,000	635,000	3,755,000

表 4 受 入 基 準

種 類	内 容	物 質 基 準
市 焼 却 灰	一般家庭ゴミの焼却残渣 (市で処理したものに限る)	焼却処理後3日間程度経過した臭気の少ないもので十分に水分を除去したもの。
残 土 砂	公共事業等で現場で排出する砂質残土類	シルト分、粘度分および水分を多量に含まないもの。
建 設 廃 材	建設工事等に伴い、その現場で排出するガレキ類	中空の状態をなくしたもので最大辺長概ね 20 cm 以下のもの。 (可燃物は含まない。)
浄水場汚泥及び コンクリート残渣	公共上水道及び工業用水道より排出する浄水場汚泥等	十分に水分を除去したもの。
下水道汚泥焼却 灰	公共下水道より排水する下水道汚泥の焼却灰	熟しゃく減量15%以下に焼却、又は消化設備を用いて消化し、若しくは有機物の含有量が消化設備を用いて消化したものと同程度以下のもの。
ガラスくず及び 陶磁器くず	ガラスくず、耐火レンガくず 陶磁器くず等	中空の状態をなくしたもので、最大辺長概ね 20 cm 以下のもの。
鋳 さ い	鋳物砂等	最大辺長概ね 20 cm 以下で、火気を帯びていないこと、判定基準以下であること。(検査成績書が必要)
注意 1. 以上の廃棄物であっても、毒物、劇物、濃薬もしくはPCBが付着し、又は封入されているものは受入れない。 2. 搬入ゲートでの検査で受入物質基準に適合しない場合には受入れない。		

て海底地盤の破壊が生じ、場所によっては護岸や止水工を破壊することがありうると予想された。従って、図-9に示したように、埋立てに先立って船舶による埋立てができる水深（O.P- 2.0 m付近）まで底開船による埋立工法が採用された。

埋立方法としては、外周護岸に囲まれた水面に船舶を入れて埋立てるので、埋立地内に仮棧橋を建設し、陸上部からダンプトラックで運搬されてきた廃棄物を底開船に積み替え、船舶から埋立てた。また、所定の厚さの廃棄物層に対して覆土として残土等を投入し、サンドイッチ層を形成した（以下、「薄層多重埋立」と呼ぶ）。次に、船舶の移動が困難なO.P- 2.0 mよりも浅い部分については、岸側から片押埋立工法を採用

し、最終的に陸地化後には陸上埋立てを行った。

(5) 排水処理施設

昭和52年10月に水処理検討委員会を設置して、M海面埋立処分場における余水の量、余水の水質、放流水の目標水質や排水処理方法について検討するにあたり、廃棄物の性状、有害物質の溶出試験、埋立地内の水量、水質の予測調査を行って検討を重ね、実態に即した排水処理施設を計画した。その検討内容は以下の通りである。

① 余水量の予測方法

- ・水量の予測方法は下に示したフローに従って算出している。

③ 施設概要

① 建設概要

計画処理能力：日最大 2,000 m³/d

処 理 方 式：単純曝気+凝集沈殿

处理水质：BOD 20ppm以下

SS 70ppm以下

運 転 開 始：昭和54年8月

⑥ 設備概要 (図-10)

1. 曝氣設備：單純曝氣槽 300 m³

フローティングシグマエアレーター 5.5 kw

2. 凝集沈殿設備：沈殿池 300 m³

センターシャフト式汚泥掻寄機 0.75 kw

汚泥ポンプ^α

反応槽27m³および同攪拌機 処理水槽38m³

凝集槽27 m³および同攪拌機 処理水ポンプ^o

3. 薬注設備：PAC貯槽 3 m³

助剤注入ポンプ

PAC注入ポンプ 貯水槽6 m³

助劑溶解槽 4 m³

4. 発電設備：ディーゼルエンジン式120KVA

5. モニター設備：pH計 COD分析計

図-10 余水処理施設フローシート

3.2 予測に係る諸数値の設定

(1) 各種廃棄物からの溶出原単位の設定

汚水の水質変動を解析するにあたっては、各埋立期ごとの混合海水中の水質汚濁負荷量（混合海水量と水質の積）、埋立廃棄物から水中への初期溶出量（各埋立期の水中埋立量と汚濁物の溶出原単位の積）、降雨水による押出し負荷量（浸漬液の水質と押出し水量の積）及び各埋立期の余水量を算出する必要がある。

余水量の算出に用いる埋立後の見かけ比重、持ちこみ廃棄物の含水率と真比重等の物理的諸数値は、廃棄物ごとの実測値を用い、含水率と空隙率は計算式で求めた。

一方、水質予測の基礎となる各廃棄物からの水質汚濁物質の溶出原単位は、昭和57年度に実施した3ヶ月間の浸漬実験の結果より、各廃棄物からの溶出量の最大値を用い、廃棄物の単位重量あたりの溶出量 (kg/t) に換算した。なお、浸漬実験に用いた試料は400 grであり、これを1.5 lの海水に浸漬して実験を行っ

た、これらの結果を表 6 にまとめて示した²⁾。

(2) 浸漬液の水質予測

浸漬液の水質は、埋立廃棄物中の汚濁物質が海水中に溶出した水質汚濁物質の濃度、すなわちボーリング孔内水の水質であると考えられる。その水質は埋立廃棄物の種類や構成比、埋立年数により変動するものと推察されるが、M埋立処分場における実態調査は水中埋立ての完了した地点で実施されたので、水質予測は廃棄物の全量が埋立てられた時点で算出した。すなわち、予測に係る諸数値は表7のように設定し、溶出原単位と埋立後の廃棄物の含水率（水中における飽和状態での含水率）より、ボーリング孔内水のCOD濃度は約230 mg/ℓと計算される。一方、本処分場におけるボーリング孔内水のCOD濃度は春、夏、秋、冬の4季について2ヶ所で実測した結果、51～410 mg/ℓの範囲であり、平均濃度では236 mg/ℓで、予測水質とほぼ同程度であった。したがって、水質の解析にあたっては、この浸漬液が浸透雨水により混合海水中に押

表 6 各廃棄物からの溶出原単位一覧

項 目	原単位等	焼 却 灰	破 碎 物	上水汚でい	下水汚でい (脱水ケーキ)	鉍 さ い	建設廃材等
B O D	最大濃度	160	140	100	4,600	19	6.4
	溶出原単位	0.60	0.53	0.375	17.25	0.07	0.024
C O D	最大濃度	100	170	380	1,800	56	10
	溶出原単位	0.38	0.64	1.43	6.75	0.21	0.038
K - N	最大濃度	21	14	45	740	8.1	7.5
	溶出原単位	0.078	0.05	0.169	2.78	0.03	0.028
T - P	最大濃度	0.9	1.4	1.5	14	0.25	0.83
	溶出原単位	0.003	0.005	0.006	0.053	0.001	0.0031

※ 最大濃度 (mg/ℓ), 溶出原単位 (kg/ton) = 最大濃度 (mg/ℓ) × $\frac{1.5(\ell)}{400(\text{g})}$

表 7 浸漬液の水質予測に係る諸数値の設定

分類 項 目 廃棄物	廃 棄 物 量 等				物 理 的 諸 数 値				溶出原単位	
	容 量 (千m ³)	比 重 (⁽¹⁾)	重 量 (千トン)	構成比 (%)	含水率 (%) (⁽²⁾)	持 込 含水率 (%) (⁽³⁾)	真比重	空隙率 (%) (⁽⁴⁾)	C O D (kg/t)	B O D (kg/t)
一廃焼却灰	279	1.4	391	6.6	54.6	30	2.7	—	0.38	0.60
建設廃材等	469	1.6	750	12.6	39.1	20	2.6	—	0.04	0.02
浚 渫 土 砂 (⁽⁵⁾)	635	1.6	1,016	17.1	39.1	70	2.6	—	0.21	0.31
残 土 砂	2,372	1.6	3,795	63.7	39.1	20	2.6	—	0.04	0.02
合 計	3,775	1.58	5,952	100.0	40.5	29.2	2.61	17.9	0.092	0.121

(1) 埋立後の見かけ比重

(2) 埋立後の含水率

= (真比重 - 見かけ比重) / 見かけ比重 × (真比重 - 1)

(3) 埋立時の含水率

(4) 空隙率 = (含水率 - 持込含水率) × 見かけ比重

(5) 有機性汚でいに類似したものを 2.5 % 含むと設定する

出されて、混合海水を汚濁するものと考えたこととした。

3.3 水量及び水質調査結果の解析

(1) 放流水の水質調査結果

M埋立処分場では、昭和54年度より放流水のCOD濃度を毎日測定しており、各月ごとの平均値とその範囲を図-11に示した。SS濃度についても測定しており、実測値を合せて示した。本処分場の排水処理方式は、単純曝気と凝集沈殿法の組み合わせ方式であり、CODの除去率は10%程度、SSの除去率は80~90%程度であった。図-11から放流水のCOD及びSS濃度ともに、埋立年度に比例してほぼ直線的に濃度が上昇する傾向を示している。

(2) 水量及び水質の解析

水質解析にあたり、埋立てる廃棄物量は年単位であり、また、廃棄物の埋立工法も半年単位程度の精度であるため、水質変動は半年間を単位として予測した。すなわち、表7の前提条件に基づいて各年度別のCOD濃度を水質予測モデル式の初期溶出係数(Ki)と浸透降

図-11 放流水の水質実測結果

表 8 前提条件

埋立面積	(S_0) :	331,340 m ²
初期海水量	(V_i) :	1,946,000 m ³
COD原単位	(U) :	0.112 kg/ton
浸漬液COD濃度	(C_s) :	250 mg/ℓ
海水のCOD濃度	(C_0) :	4.0 mg/ℓ
陸地蒸発率	(EL) :	0.4
海面蒸発率	(Es) :	0.8
降雨量	(R) :	660 mm/半年
片押第1工区の面積	(S_1) :	124,000 m ²
O. P. 1	:	7.000 m
O. P. 2	:	4.000 m
O. P. 3	:	0.600 m
O. P. 4	:	-2.000 m
O. P. 5	:	-5.273 m

雨水による押出し係数($1 - Kh$)を変化させて、シュミレートし、表 8 及び 図-12 に示した。その結果、水中埋立時に廃棄物から溶出するCOD負荷量は最大溶出COD負荷量の7%、また、浸漬液中のCOD負荷量は流入雨水の10%により押出されるとしたモデルが最も実測値との適合性が高いことが明らかになった。ま

た、参考に水量計算結果を 図-13 に示した。

ところで、初期に溶出しない93%のCOD負荷量は埋立地内に封じ込められることになり、自然浄化を受けて徐々に低濃度になるものと推定される。本処分場におけるボーリング孔内水の水質調査結果に基づく、水中埋立てが完了しているにもかかわらず、高いCOD濃度が実測されており、水中埋立てされた廃棄物の自然浄化能力は非常に小さいことを示唆していた。一方、押出される浸漬液量は流入雨水の10%に相当しているものと予測された。降雨量のうち、陸上部では約40%が蒸発し、残りの60%が流入するものとしても表層等を通して残存海面へ流出する雨水が54%で残りの6%が浸漬液の押出しに寄与していることを示唆している。以上の結果に基づき、水質予測に当たってはこれらの係数を用いることとした。

図-12 M海面埋立処分場における汚水の水質解析結果

表 9 M海面埋立処分場における水量及び水質解析結果

Ki=0.07		Kh=0.900																	
年.月	ウメタテリ ヨウ A	(ton)	ルイケイ	V _w	Σ V _w	Sl	qi	Q _b	Q _s	Q _c	Q _d	Q _t	V	C _n					
52.9	93000	(140430)	93000	93000	93000	0	1.1010	69006	0	0	43737	112743	1853000	4.47					
53.3	93000	(140430)	186000	93000	186000	0	1.1010	69006	0	0	43737	112743	1760000	4.95					
53.9	318000	(480180)	504000	318000	504000	0	3.7646	235956	0	0	43737	279693	1442000	7.02					
54.3	318000	(480180)	822000	318000	822000	0	3.7646	235956	0	0	43737	279693	1124000	9.48					
54.9	481500	(727065)	1303500	357386	1179390	36504	4.2309	265181	1446	14456	38918	318555	766614	13.24					
55.3	481500	(727065)	1785000	208650	1388040	116754	2.4701	154818	4623	46235	28325	229378	557964	16.60					
55.9	327500	(494525)	2112500	100891	1488930	155558	1.1944	74861	6160	61601	23203	159665	457073	18.75					
56.3	327500	(494525)	2440000	94611	1583540	191947	1.1200	70202	7601	76011	18400	164612	362462	21.12					
56.9	306500	(462815)	2746500	88545	1672080	226003	1.0482	65700	8950	89497	13905	169102	273917	23.61					
57.3	306500	(462815)	3053000	88544	1760630	260058	1.0482	65700	10298	102983	9409	178092	185373	26.27					
57.9	203500	(306530)	3256000	58645	1819270	282614	0.6943	43514	11192	111915	6432	161861	126728	27.60					
58.3	203000	(306530)	3459000	58645	1877920	305169	0.6943	43514	12085	120847	3455	167816	68084	28.81					
58.9	148000	(223480)	3607000	42756	1920670	321614	0.5062	31725	12736	127359	1284	160368	25328	28.72					
59.3	148000	(223480)	3755000	25288	1945960	331340	0.2294	18764	13121	131211	0	149974	40	27.46

図-13 M海面埋立処分場における余水量の計算結果

参 考 文 献

- 1) 高内政彦, 由田秀人; 廃棄物海面埋立に伴う余水の濃度予測等に関する調査研究—丸島地区廃棄物処理場におけるケーススタディー, 環境技術, 809, 13—11 (1984).
- 2) 中嶋国勝, 中川美夫, 山本攻; 海面埋立処理場における廃水の水質予測について, 京都大学環境衛生工学研究会第5回シンポジウム講演論文集, 229 (1983).