

東京大学 大学院工学系研究科 ○山田 和哉

同上 環境安全研究センター 浦瀬 太郎

同上 大学院工学系研究科 松尾 友矩

1. はじめに

近年、廃棄物処分場において生じる浸出水の環境への影響が懸念されている。しかしながら、浸出水中にどのような化学物質が含まれているのかということについては報告例が少なく、これまでほとんど明らかにされていなかった。浸出水に含まれる成分を分析し、その処分場での挙動を明らかにすることは、処分場全体の管理を適切に行う上でも重要である。一方、処分場に持ち込まれた化学物質の挙動はその物理的性質の影響を大きく受け、オクタノール/水分配係数（以下、logPow値）などの指標をもとに浸出水への継続的な溶出の程度などについて予測することも可能であると考えられる。本研究では、処分場内の埋立時期の異なる区域から採取した浸出水を分析して、埋立年数の経過後の有機成分の残留度を評価し、logPow値との関係について検討を行った。

2. 調査地点の概要と分析方法

2.1. 調査地点

今回調査した2つの処分場（処分場X、Yとする）はともに管理型の処分場で、一般廃棄物、焼却残灰を主体として埋め立てている。処分場Xは海面埋立、処分場Yは山間埋立を行っている。それぞれ表1のように埋立時期の異なるいくつかのブロックに分けられ、各ブロックから浸出水を採取した。

表1. 調査地点の概要

調査地点	埋立時期(年)
処分場X	X-I 1973～87
	X-II 77～
	X-III 81～
	X-IV 89～埋立中
処分場Y	Y-I 1980～
	Y-II 89～埋立中

2.2. 分析方法

表2に示す物質についてはC18ディスク型フィルターで固相抽出した後、GC/MSで分析した。また、表3に示す揮発性物質については、バージ・トラップ/GC/MS法で分析を行った。はじめに定性分析を行い、マススペクトルによる検索の結果同定できた成分のうち、クロマトグラム上でピークが大きかったものなどについては標準液を作成し定量を行った。

3. 調査結果

同定できた有機成分の一例と、各地点における検出状況を表2、表3にまとめる。処分場XとYでは検出された物質の種類に違いが見られたが、プラスチックの可塑剤として知られるフタル酸エステル類、有機リン酸トリエステル類など、廃プラスチックに由来すると考えられるいくつかの物質が共通して検出された。また、水質汚濁防止法の基準項目であるジクロロエチレン、ベンゼンや、環境基準の要監視項目であるトルエン、キシレン、ジクロロベンゼンなどの揮発性有機化合物も検出された。また、現在は未規制であるがベンゼン環やフェノール基を有し、毒性があると考えられる物質も多数検出されている。

また、定量分析の結果を、それぞれの物質のlogPow値と合わせて、表4に示す。なお、logPow値については文献¹⁾²⁾³⁾から得られない物質も多く、いくつかの物質については構造式より概算した⁴⁾。

表2. 浸出水から検出された有機成分と検出状況(1)

(検出された場合を + で表す)

物質名	調査地点					
	X-I	X-II	X-III	X-IV	Y-I	Y-II
Trimethylpyrazine			+	+		
2,2'-Azobis(isobutyronitrile)	+	+	+	+	+	+
3,3,5-Trimethyl cyclohexanone		+	+	+		
Acetophenone			+			
p-Toluidine				+		
Tetramethylpyrazine			+	+		
2-phenyl-2-propanol	+	+	+	+	+	+
Fenchone		+		+		
Triethyl phosphate				+	+	+
Xylenol	+	+	+	+		
Camphor	+	+	+	+	+	+
L-(-)-Menthol	+	+	+	+	+	+
3-Isopropylphenol	+	+	+	+	+	+
2-Isopropylphenol	+	+	+	+	+	+
Naphthalene	+		+			
2-Chloro-p-toluidin	+			+		
Caffeine						+
N-Ethyl-4-methylbenzenesulfonamide	+	+	+	+	+	+
Tris(butoxyethyl) phthalate				+		
N-Butyl benzenesulfonamide	+	+	+	+	+	+
Tris(2-chloropropyl) phosphate						+

化合物名	調査地点					
	X-I	X-II	X-III	X-IV	Y-I	Y-II
Butyl butyrate		+			+	+
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol	+	+	+	+	+	+
2,6-Diisopropylphenyl isocyanate			+	+		+
Nicotine			+			+
Dimethyl phthalate	+				+	
2-Phenylphenol	+	+	+	+		
N,N-Diethyl-m-tolamide	+	+	+	+	+	+
Diethyl phthalate		+	+	+	+	
o-Ethoxy benzamide	+	+	+	+		
Tributylphosphate	+	+	+	+		+
Diphenylamine	+	+	+	+		
2-Hydroxybenzothiazole			+	+	+	
1H-Indole						+
Propylphenol			+			
p-tert-Butylphenol	+	+	+	+	+	+
Dibutyl phthalate	+	+	+	+		
Bisphenol A	+	+	+	+	+	+
3-(3,5-Dibutyl-4-hydroxyphenyl)propionic acid		+	+	+		
Bis(2-ethylhexyl) phthalate	+	+	+	+	+	+
N,N,4-Trimethyl benzenesulfonamide	+	+	+	+		

表3. 浸出水から検出された有機成分と検出状況(2)

物質名	調査地点					
	X-I	X-II	X-III	X-IV	Y-I	Y-II
Isopropyl Alcohol	+	+	+			
Dimethylsulfide				+		
2-Methyl-2-propanol	+	+	+	+		
Carbon disulfide			+	+		
cis-1,2-Dichloroethylene	+	+	+	+	+	
Benzene	+	+	+	+	+	+
Thiophene		+		+		
2,5-Dimethylfuran	+	+	+	+		
3,3-Dimethyl-2-butanone	+	+	+	+	+	
1,4-Dioxane	+	+	+	+		
Methyl Isobutyl Ketone	+	+		+	+	+
3-Methyl-2-pentanone	+	+		+		
Dimethyldisulfide						+
Toluene	+	+	+	+	+	+
4,4-Dimethyl-2-pentanone	+	+	+	+	+	
2,4-Dimethyl-3-pentanone	+	+	+	+	+	+
Trimethylcycloheptan-2-one	+	+	+	+	+	+

化合物名	調査地点					
	X-I	X-II	X-III	X-IV	Y-I	Y-II
4-Methyl-3-hexanone		+	+	+		
Tetrahydrothiophene		+	+	+		
1,3-Oxathiolane	+	+	+	+		
Chlorobenzene	+	+	+		+	
p-Xylene	+	+	+	+	+	+
m-Xylene		+	+	+	+	+
o-Xylene	+	+	+	+	+	+
Styrene	+	+	+	+	+	+
3-Methyl-4-heptanone	+	+	+	+	+	+
Propylbenzene	+			+		
Dimethyltrisulfide			+			+
Eucalyptol	+	+	+	+		+
1,4-Dichlorobenzene	+	+	+	+	+	+
1,2-Dichlorobenzene	+	+	+	+		
Methylpropylbenzene	+	+	+	+		
Ethylidimethylbenzene	+	+	+	+		

表4. 埋立時期の異なる区域における有機成分の浸出水中濃度

(1~3回の平均値、単位: $\mu\text{g/L}$ 、NDは検出されず)

項目、物質名	logPow	調査地点			
		X-I	X-IV	Y-I	Y-II
TOC (mgC/L)		110	370	12	140
2,2'-Azobis(isobutyronitrile)		20.0	35.1	1.63	8.65
2-Phenyl-2-propanol	2.27	46.7	89.5	3.84	4.16
Triethyl phosphate	0.09	ND	1.13	0.63	1.01
Camphor		1.81	207	18.6	46.3
2-Isopropylphenol	2.28	5.77	30.1	3.24	3.12
3-Isopropylphenol	2.28	5.52	30.4	3.26	3.13
p-tert-Butylphenol	3.10	60.9	123	8.20	2.39
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol	0.96	10.9	15.7	36.1	137
Tri(butoxyethyl) phosphate		ND	6.06	ND	ND
cis-1,2-Dichloroethylene		0.21	2.04	1.95	ND
Benzene	2.15	ND	6.06	2.20	1.88
Toluene	2.89	ND	10.1	1.89	3.43

項目、物質名	logPow	調査地点			
		X-I	X-IV	Y-I	Y-II
Diphenylamine	3.34	0.72	0.36	ND	ND
N-Ethyl-p-toluen sulfonamide	2.01	18.4	34.2	1.97	0.35
Dimethyl phthalate	2.12	ND	ND	6.28	ND
Diethyl phthalate	2.47	0.66	5.22	0.23	ND
Tributyl phosphate	4.00	10.8	1.44	ND	0.19
2-Hydroxybenzothiazole	0.87	247	449	10.3	ND
Dibutyl phthalate	4.72	3.19	2.37	未測定	未測定
Bisphenol A	2.98	396	2520	337	25.5
N-Butylbenzene sulfonamide	2.38	293	424	20.6	27.7
Bis(2-ethylhexyl) phthalate	3.98	51.8	70.7	未測定	未測定
p- + m-Xylene	3.20	0.12	39.4	2.44	1.88
o-Xylene	2.80	ND	13.9	0.71	1.10
1,4-Dichlorobenzene	3.37	13.3	13.5	1.06	1.13

4. 考察

現在埋立中である地点X-Ⅳ及びY-Ⅱにおける濃度（表4）は、埋立が継続される間はほぼ同じレベルにある値と考えられる。そして、埋立が終了し時間が経過するにつれて、その濃度は次第に減少していくと考えられる。いま、処分場内の各地点で埋め立てられた廃棄物が同質なものであると仮定すると、地点X-ⅠとX-Ⅳ、Y-ⅠとY-Ⅱでの各物質の濃度の比は、その物質がある埋立年数の経過後、処分場内にどれだけ残留しているかを表す指標として捉えることができる。そこで、この濃度比とlogPow値の関係をプロットしたところ、図1、2のようになった。これらの図から、両者の間には若干の相関性があるように見られる。すなわち、logPow値の小さい物質は親水性が強いので短期間で浸出水とともに溶出し、埋立年数が経っている場所にはあまり存在しないのに対し、logPow値の大きい物質は土壤に吸着しやすいなどの性質を持つため埋立年数が経っても処分場内に残留していると考えられるであろう。

5. おわりに

廃棄物処分場浸出水から検出された有機成分の埋立年数の経過にともなう濃度の減少傾向は、物質のlogPow値との間に若干の相関性が見られたが、今後相関性をより明らかにし、物質の減少速度あるいは半減期などの定量的な予測を可能にするためには問題点もある。例えば、今回は、処分場内の埋立時期の異なる各地点において廃棄物の内容が同質であると仮定したが、消費量の変化が大きい物質については廃棄物中に含まれる量の違いも無視できず、本研究の手法の適用には限界がある。今回の浸出水の調査ではただちに環境に深刻な影響を与えようとする物質は測定されていないが、今後特定の汚染物質が問題となる場合も想定して、処分場における物質の運命予測等、浸出水による環境影響の評価手法を考案していきたい。

<参考文献>

- 1) 化学工業日報社：国際化学物質安全性カード（1992）
- 2) 化学工業日報社：国際化学物質安全性カード第2集（1994）
- 3) 福島実：水環境学会誌，Vol.19, No.9, p.692-699（1996）
- 4) 横田勇：東京大学大学院都市工学専攻博士論文（1991）

