

## 廃棄物埋立地における有害物質と生態毒性

九州大学大学院 学生会員 ○李 政準 正会員 島岡 隆行  
正会員 宮脇 健太郎 正会員 崎田 省吾

### 1. はじめに

廃棄物埋立地では、雨水によって埋立廃棄物から有害物質が溶出し、廃棄物層内を移動する。処理された浸出水は、最終的に河川等の自然環境中へ放流される。廃棄物埋立層からは様々な物質が溶出することから、それらの環境影響を検討するためには、有害物質を総合的に評価する必要がある。

本研究では、廃棄物埋立地を source とした様々な物質の環境影響を総合的に評価することを目的として、廃棄物埋立地からの浸出水、下水処理場流入・放流水、河川水および底泥をサンプリングし、重金属、内分泌攪乱化学物質濃度を調査した。また、総合的な環境影響指標としてマイクロトックスによる急性毒性試験を行い、流域における生態毒性を検討した。

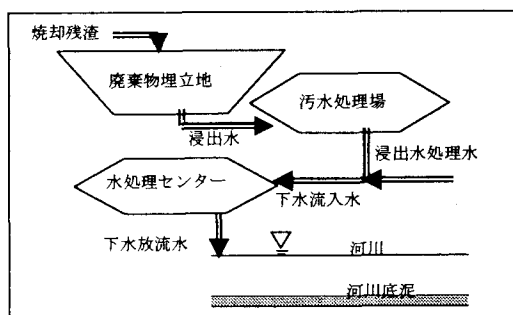


図1 試料採取の地点の関連図

### 2. 実験方法

#### 2. 1 調査地点

調査は、F市の都市河川流域で行った。上流部には廃棄物最終処分場があり、併設する浸出水処理施設で処理された浸出水処理水は、下流部の都市下水処理場にポンプ輸送され、一般下水と混合して処理される。処理下水は、河口部の感潮域に放流される。各地点においてサンプリングした試料は、廃棄物埋立地浸出水（埋立年の異なる埋立地からの3種類の浸出水）、浸出水処理水、下水処理場における流入下水および放流水、下水処理場放流口より下流部の河川水および同地点の底泥（深さ方向に0-2.5、2.5-5、5-7.5、7.5-10cmの4試料）の計11試料である。また、浸出水を採取した廃棄物埋立地へ搬入される清掃工場より排出された直後の焼却灰も同時にサンプリングした。なおサンプリングは、平成15年9月10日に行った。

#### 2. 2 測定・分析項目

液体試料についてはpH、EC、ORP、TOC、T-N、 $Cl^-$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $NO_2^-$ 、 $NO_3^-$ 、 $NH_4^+$ 、Na、K、Ca、Mg、Pb、Cd、Cu、Zn、Fe、Mn、Cr、Sb、B、内分泌攪乱化学物質（ビスフェノールA、アルキルフェノール類9成分物質、17 $\beta$ -エストラジオール）を測定・分析した。また焼却灰、底泥については環境庁告示第13号法試験溶出液を用いた。ただし、底泥中の内分泌攪乱物質は、メタノール中での超音波抽出液を用いて分析した。ビスフェノールA、アルキルフェノール類の分析は、エチル誘導体化法を用いて前処理を行い、GC/MSを用いて測定した。17 $\beta$ -エストラジオールは、Sepakカラムによる固相抽出後、ELISA法（TAKEDA ELISA KIT）で測定した。マイクロトックスによる急性毒性試験は、海洋性発光細菌 *Photobacterium phosphoreum* を用いたバイオアッセイ法であるマイクロトックス（Microtox M500 analyzer）によって行った。

### 3. 結果および考察

#### 3. 1 分析結果

各試料の分析結果を表1に示す。各試料とも、一般的な報告値と比較してそれほど大差ない測定値であった。ただし、浸出水Bの4-t-ブチルフェノールおよびビスフェノールA濃度が極めて高いことが確認された。これは、廃棄物が直接埋立処分されていた時期の埋立地からの浸出水であることから、プラスチック類

表1 各試料の分析結果

	EC <sub>50</sub> (1.5min)	pH	TOC	TN	NH <sub>4</sub> -N	Fe	Cu	Pb	Mn	Zn	μg/L, but μg/kg dry in sediments				
											4-t-BP	4-t-OC	NP	BPA	E2
Leachate F	0.30	7.66	10.5	14.7	0.07	0.01	0.02	0.03	0.08	0.03	0.07	<0.01	0.10	1.88	0.0004
Leachate B	0.39	7.79	52.6	75.3	0.07	0.05	0.02	0.03	0.38	0.05	66.9	1.01	0.96	2075	0.0004
Leachate H	0.67	7.44	11.0	26.0	0.09	0.68	0.03	<0.03	0.43	0.07	4.07	0.41	0.41	73.1	0.0003
Treated leachate	0.39	6.91	8.57	23.1	0.17	0.13	0.03	0.04	<0.005	0.05	<0.01	<0.01	<0.1	0.11	0.0003
Sewage influent	0.26	7.76	12.8	25.7	7.90	0.63	0.02	0.05	0.18	0.07	<0.01	0.04	0.40	0.32	0.0018
Sewage effluent	0.38	7.38	7.06	11.8	0.12	0.07	0.02	0.04	0.17	0.03	<0.01	0.02	0.10	0.12	0.0004
Stream water	0.40	7.05	5.06	2.71	0.08	0.14	0.22	0.06	0.13	0.03	<0.01	<0.01	<0.1	0.12	0.0001
Bottom ash leachate	2.7	12.42	9.65	9.65	0.26	<0.005	0.02	0.08	<0.005	0.04	<0.01	<0.01	<0.1	0.11	0.0006
Sediments 0-2.5cm	5.3	7.04	14.7	1.97	0.26	0.16	<0.005	0.04	0.01	0.02	<1.0	7.99	141	50.5	0.0157
Sediments 2.5-5cm	14.0	6.85	12.4	1.25	0.08	0.10	<0.005	0.04	0.04	0.02	<1.0	4.77	86.2	269	0.0180
Sediments 5-7.5cm	57.0	8.17	18.8	1.73	0.04	0.01	<0.005	0.04	0.01	0.01	<1.0	3.76	73.5	58.9	0.0232
Sediments 7.5-10cm	63.1	8.18	21.7	2.01	0.23	0.15	<0.005	0.03	0.05	0.01	<1.0	1.16	55.5	25.9	0.0163

4-t-BP: 4-t-butylphenol, 4-t-OC: 4-t-octylphenol, NP: Nonylphenol, BPA: Bisphenol A, E2: 17β-Estradiol

に起因すると考えられる。河川底泥溶出液におけるノニルフェノール、ビスフェノール A、および 17β-エストラジオール濃度は、他地点の試料より高い濃度で検出され、底泥に蓄積されやすいことが示された。

また下水処理場については、下水道における内分泌攪乱物質の全国調査結果<sup>(1)</sup>と比較すると、流入下水中における平均値（ノニルフェノール：4.4 μg/L、ビスフェノール A：0.53 μg/L、17β-エストラジオール：0.042 μg/L）より本調査のノニルフェノール、ビスフェノール A 濃度は低かったが、17β-エストラジオール濃度は高い値であった。重金属については、環境中では底泥内で高い濃度を示すものが多かった。水環境中における実態調査<sup>(2)</sup>によると、河川、湖沼、海域、地下水で 4-t-ブチルフェノール、ノニルフェノール、4-t-オクチルフェノール、ビスフェノール A、17β-エストラジオール濃度はそれぞれ N.D. ≤0.51、N.D. ≤8.4、N.D. ≤0.92、N.D. ≤19、N.D. ≤0.0083 μg/L で、底質ではそれぞれ N.D. ~3、13~7500、N.D. ~93、N.D. ~200、N.D. ~0.43 μg/kg で、幅広い範囲に分布している。本研究での調査結果もまた、ほとんどがこの範囲に入っていた。

### 3. 2 急性毒性試験結果

埋立地関連試料（浸出水、浸出水処理水、および焼却灰溶出液）の急性毒性試験結果では、全て毒性が高いことが認められ、中でも焼却灰溶出液の EC<sub>50</sub> は 2.74% で他の試料より高かった。文献での浸出水の EC<sub>50</sub> は、1% 以下から 30% 程度<sup>(3)</sup>で、浸出水中の重金属など有害物質の濃度分布によって異なる毒性値を示していた。浸出水と浸出水処理水、下水流入水と下水放流水、および河川水の EC<sub>50</sub> 値は、本調査においては全て 1% 以下であったことから、かなり高い毒性を示すことが分かった。

河川底泥においては EC<sub>50</sub> 値は深さ方向に大きくなっており、毒性が低くなっていた。同じ試料の内分泌攪乱物質濃度の測定結果を見ると、他の試料よりは高い濃度で存在している。4-t-オクチルフェノールとノニルフェノールは深いほど、毒性が弱まっていることが分かった。しかし、他の物質より高い濃度で検出されたビスフェノール A の場合は深さ別の傾向は見られなかったことから、重金属や内分泌攪乱物質と急性毒性との明確な関連性は確認されなかった。急性毒性試験による毒性の評価は、複合的な毒性を示していることためと考えられる。

### 4. 結論

廃棄物埋立地を中心とした各環境試料中の有害物質の分析や急性毒性試験を行った結果、以下の結果が得られた。各試料の毒性を評価するには、重金属または有機汚染物質（例、環境ホルモン）の単純な毒性を表すのは不可能で、有害物質の総合的な毒性作用に起因していることが分かった。今回、マイクロトックスを用いた急性毒性試験は環境中の複合毒性を評価する指標として有効である。さらに、どのような有害物質が生態毒性により影響を与えているのかについて明らかにすることが今後の課題として挙げられる。

【謝辞】 本研究の遂行にあたり、福岡市保健環境研究所の馬場崎正博所長をはじめとする関係各位に大変お世話になりました。ここに記して謝意を表します。

【参考文献】 (1) 国土交通省 (2001)：平成 12 年度下水道における内分泌攪乱化学物質（環境ホルモン）に関する調査報告 (2) 環境省 (2003)：平成 14 年度内分泌攪乱化学物質における環境実態調査結果（水環境）について (3) 細見正明ら (1998) 【特集：バイオアッセイ】：急性毒性試験による廃棄物の有害性評価、廃棄物学会誌、Vol. 9、No. 5、pp. 384-393