[水環境学会誌 第18巻 第8号 655—662 1995]

<調査報告>

東京における水環境の化学物質モニタリング

佐々木 裕 子* 森 田 一 夫** 和 田 照 美*

Monitoring Study of Chemicals in the Aquatic Environment in Tokyo Area

Yuko SASAKI*, Kazuo MORITA** and Terumi WADA*

* The Tokyo Metropolitan Research Institute for Environmental Protection, Shinsuna 1-7-5, Koto-ku, Tokyo 136 Japan

** ditto (Present : Bureau of Environmental Protection, Nish-sinjuku 2-8-1, Shinjuku-ku, Tokyo 163-01 Japan)

Abstract

Chemical contamination in river, ground water and sea was investigated from 1988 to 1992. Water and sediment samples collected in Tokyo area were analyzed by GC/MS, GC and HPLC. Over 40 chemicals were detected in water and/or sediment. Several distribution patterns of chemicals were observed in water and sediment media. In ground water, high levels of volatile chlorinated hydrocarbons were detected. Water and sediment samples from industrial area contained higher concentrations of chemicals than those from urban area. Pesticides and combustion products were observed in wide area. Contamination levels of each chemical in water and sediment samples indicated to be dependent on the physico-chemical property as well as the emission amount.

Key words : chemical, monitoring, aquatic environment, sediment, physico-chemical property

1. はじめに

科学技術の進展に伴い、使用される化学物質の種類も増加し、現在化審法で製造・輸入が承認された物質だけでも2万種を超えている¹⁾。化学物質の利用は我々の生活の利便性、快適性を高めているが、その反面化学物質の水・大気・土壌への侵入により新たな環境汚染問題が生み出されている。

このうち水環境の汚染は、水道水や魚貝類等の食品を通して我々の健康に影響を及ぼすことが危惧されている。また、最近では魚類をはじめとする生態系への影響についても対策の必要性が強く指摘されている。

東京には化学物質の大規模な製造・使用工場は少ないものの、機械製造業、出版印刷業をはじめ様々な分野で多くの化学物質が使用されている。また、ゴルフ

場や水田からの農薬類、非意図的に生成される化学物質、家庭で使用される化学物質などによっても水環境が汚染される恐れがある。

こうした化学物質による汚染対策を進める上では、環境の汚染状況の把握が不可欠である。そこで、環境汚染が懸念される化学物質約100種を選定し、一定の特性を持つ物質群ごとに順次5年間にわたり調査を行い、水・底質の汚染状況を明らかにした。さらに、各化学物質による汚染と物性との関わりについても検討を試みた。

2. 調査方法

2.1 対象物質

工業原料、工業薬品、農薬、非意図的生成物等の化学物質について、水質ではTable 1~3に示す97物質

* 東京都環境科学研究所 〒136 東京都江東区新砂1-7-5

** 同上(現在 東京都環境保全局水質保全部 〒163-01 新宿区西新宿2-8-1)

を、底質では Table 3, 4 に示す66物質を選定し調査を実施した。

2.2 調査地点 (Fig. 1)

2.2.1 水質 26地点

- 河川 11地点
〔多摩川水系〕 日原川(R-1), 和田橋(R-2), 高幡橋(R-3), 調布堰上(R-4), 大師橋(R-5) 〔神田川〕 柳橋(R-6) 〔隅田川〕 両国橋(R-7) 〔綾瀬川〕 内匠橋(R-8) 〔中 川〕 葛西小橋(R-9) 〔荒川〕 葛西橋(R-10) 〔旧江戸川〕 浦安橋(R-11)

- 地下水 6地点
千代田区(G-1), 世田谷区(G-2), 板橋区(G-3), 小平市(G-4), 町田市(G-5), 瑞穂町(G-6)

- 東京都内湾 6地点 (環境基準点)
St.6, St.8, St.11, St.22, St.25, St.35

- 島しょ周辺海域 3地点
八丈島(1988-1989), 小笠原父島(1990-1992)

2.2.2 底質 11地点

- 河川 5地点
大師橋(R-5), 内匠橋(R-8), 葛西小橋(R-9), 葛西橋(R-10), 浦安橋(R-11)

- 東京都内湾 6地点 (水質と同地点)

2.3 調査年月日 (各年の調査項目は, Table 1~4)

1988年 9~11月, 1989年 5~11月

1990年 6~11月, 1991年 6~11月

1992年 6~11月

2.4 分析方法

前処理および分析はおおむね環境庁の方法^{2),3)}に準じて行った。なお, 各化学物質は Table 1~3 に示す方法で分析を実施した。

2.4.1 水質試料の前処理

揮発性有機塩素, 臭素化合物, クロロフェノール類, 芳香族化合物は, ヘキサンによる溶媒抽出を行い, 分析試料とした。

多環芳香族化合物, 有機塩素系農薬は, ヘキサンによる溶媒抽出後, 減圧濃縮して分析試料とした。

2,4-D 等フェノキシ系化合物, 有機酸類, ニトロ化合物は, 硫酸酸性(pH2)下で, 酢酸エチルによる溶媒抽出後, 減圧濃縮して分析試料とした。

MCPA 等カルボキシル基を有する化合物, ヘキサクロロフェン, 2-メルカプトベンゾチアゾールは, フェノキシ系と同様に抽出・濃縮後, ジアゾメタンで誘導体化(メチル化)し, 分析試料とした。

有機リン系農薬, 有機リン酸トリエステル類, アミン類は, 試料に1N-NaOHを加え, ジクロロメタンで溶媒抽出後, ヘキサンに転溶して試料とした。シクロヘキシルアミンは, さらに酢酸で誘導体化(アセチル化)し, 分析試料とした。

有機スズ化合物は, 酸性下でヘキサン抽出・濃縮した後に, グリニヤール試薬によってプロピル化し, 硫酸で未反応試薬を分解し, セップパックフロリジルによってクリーンアップして分析試料とした。

2.4.2 底質試料の前処理

クロロフェノール類, 芳香族化合物はヘキサン/アセトン(2/1)混液で溶媒抽出後, 再びヘキサンで抽出し, 減圧濃縮し分析試料とした。

フェノキシ系化合物は, 1N-NaOHを加え振とうし, 汙液を硫酸酸性下で酢酸エチルで溶媒抽出し, 減圧濃縮して分析試料とした。

カルボキシル基を有する化合物, ヘキサクロロフェ

Fig. 1 Map of study area (Tokyo)

ン、2-メルカプトベンゾチアゾールは、フェノキシ系と同様に抽出・濃縮後、ジアゾメタンで誘導体化（メチル化）して、分析試料とした。

多環芳香族炭化水素は、ヘキサン/アセトン（1/1）混液で溶媒抽出後、再びヘキサンで抽出し、抽出液を銅粉末処理、濃縮して分析試料とした。なお、汚れの著しい試料はセップパックシリカによりクリーンアップした。

アミン類はアセトンによる溶媒抽出後、ジクロロメタンに転溶・脱水・濃縮後、再びヘキサンに転溶したものを用いた。

有機スズ化合物は塩酸性下でメタノールで溶媒抽出し、濃縮した試料にヘキサン/エーテル（95/5）および飽和食塩水を加え、溶媒層に転溶、銅粉末処理し、水質試料と同様にプロピル化して分析試料とした。

ニトロ化合物等は1N-NaOHを加え振とう後、抽出液を硫酸酸性にして、水質試料と同様な操作を行い分析試料とした。

抽出用溶媒は残留農薬試験用もしくは水質試験用を、脱水用は残留農薬試験用試薬を用いた。その他は、精密分析用もしくは特級試薬を用いた。

〈使用機器・検出器・カラム〉

GC：HP5980 ECD

カラム：DB-WAX, DB-1301, DB-5, DB-1701

GC：HP5980 FID,

カラム：DB-5, DB-1701

GC：島津14A FPD カラム：CPD-1

GC/MS：HP5890 日立 M80B

カラム：DB-5, PTE-5, DB-1701

HPLC：東ソー HLC-803 蛍光検出器

カラム：ODS 120TM

3. 結 果

3.1 地下水水質の汚染状況

Table 1 に示すように、地下水から化学物質 6 種が検出され、1 種の痕跡が認められたが、いずれも有機ハロゲン化合物であった。

このうち、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、1,1,1-トリクロロエタンは 6 地点すべてで、四塩化炭素は 3 地点で、クロロホルムは 5 地点で検出された。その汚染レベルはトリクロロエチレンやテトラクロロエチレンの場合特に著しく、4 地点で地下水評価基準を超えて検出された。

その他、1,1,2,2-テトラクロロエタンが 1 地点で検出され、プロモジクロロメタンの痕跡が認められた。

しかし、有機ハロゲン化合物のうちジクロロエチレン類、ジクロロメタン、1,2-ジクロロエタン、塩素化

芳香族化合物類は検出されなかった。

また、Table 2, 3 に示した農薬類はじめ各種化学物質はいずれも検出されなかった。

3.2 河川、海域の水質汚染状況

Table 1~3 に示すように化学物質 28 種が検出され、13 種の痕跡が認められた。また、河川は海域に比べ検出物質数も多く、汚染レベルも高い傾向が見られた。

3.2.1 有機ハロゲン化合物 (Table 1)

トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、1,1,1-トリクロロエタンによる汚染は、地下水同様広く認められ、多摩川上流の 2 地点と八丈島を除く全地点で検出された。しかし、綾瀬川内匠橋のトリクロロエチレンが環境基準値に近い汚染レベルであった以外は、いずれも低濃度であった。

四塩化炭素、クロロホルム、プロモジクロロメタン、ジプロモクロロメタン、プロモホルムもいずれも低濃度であるが河川、都内湾で広く検出された。

しかし、ジクロロメタン、1,2-ジクロロエタンは都内での使用量が多いにもかかわらず、河川で痕跡が認められただけであった。

塩素化芳香族化合物は河川でトリクロロベンゼン 2 種が検出され、ジクロロベンゼンの痕跡が認められた。

3.2.2 農 薬 (Table 2)

ダイアジノンが河川と都内湾で、DDVP, MEP, MCPA, MPP, CAT が河川で検出され、その他 2 種の農薬の痕跡が認められた。特に、流域に広い農用地を持つ綾瀬川内匠橋からは 5 種類の農薬が検出された。

3.2.3 その他化学物質 (Table 2)

芳香族炭化水素、有機酸では、キシレン、アセナフチレン、アセナフテン、フルオレン、安息香酸が河川から検出され、都内湾でもフルオレンの痕跡が認められた。

有機スズ化合物は、多摩川最下流の大師橋で TBT 化合物の痕跡が認められたが、TPT 化合物はいずれの地点でも検出されなかった。

有機リン酸トリエステル類は、河川 3 地点で痕跡が認められただけであった。

アミン類、ニトロ化合物は、綾瀬川内匠橋で α -ナフチルアミン、シクロヘキシルアミンが、多摩川調布堰でニトロベンゼンが検出された。また、その他 2 種の痕跡が河川で認められた。

2-メルカプトベンゾチアゾールは河川 5 地点、都内湾全地点で検出された。

なお、日原川、多摩川和田橋および八丈島、小笠原周辺海域から調査対象物質はすべて検出されなかった。

Table 1 Concentration of detected halogenated hydrocarbons in water

(μg/l)																								
No. Chemicals 1~11 1988 12~15 1989	River										Ground Water						Tokyo Bay						Detection Limit	
	R-3	R-4	R-5	R-6	R-7	R-8	R-9	R-10	R-11	G-1	G-2	G-3	G-4	G-5	G-6	St.6	St.8	St.11	St.22	St.25	St.35			
1. Carbon Tetrachloride	ND	ND	0.16	Tr	0.02	0.20	0.22	ND	0.49	ND	ND	ND	0.02	0.44	0.09	ND	Tr	0.02	ND	Tr	Tr	0.02	0.02	
2. Chloroform	Tr	ND	Tr	0.20	0.22	0.20	0.16	Tr	0.27	0.87	0.47	0.81	ND	0.57	0.52	ND	ND	Tr	ND	ND	ND	0.15		
3. Bromodichloromethane	0.01	Tr	ND	0.11	0.06	0.16	0.04	0.02	0.06	ND	ND	ND	Tr	Tr	Tr	0.02	0.02	0.04	0.04	0.02	0.05	0.01		
4. Bromoform	ND	ND	0.22	Tr	Tr	0.04	Tr	ND	Tr	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	0.05	0.04		
5. 1,2-Dichloroethane	ND	ND	Tr	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.4		
6. Dibromochloromethane	ND	Tr	0.03	0.08	0.04	0.11	0.03	0.02	0.05	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Tr	Tr	0.04	ND	Tr	ND	0.01		
7. Dichloromethane	ND	ND	ND	ND	Tr	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	4.5		
8. 1,1,2,2-Tetrachloroethane	ND	ND	Tr	ND	ND	Tr	Tr	Tr	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.49	ND	ND	Tr	ND	Tr	ND	0.08		
9. Trichloroethylene	0.39	0.80	0.63	0.38	0.97	20	0.71	0.19	1.2	0.03	0.06	0.45	29	48	147	0.13	0.22	0.32	0.06	0.14	0.09	0.01		
10. Tetrachloroethylene	0.31	0.42	0.24	2.0	0.99	3.2	0.62	0.12	1.4	0.24	0.14	87	2.0	0.45	5.2	0.16	0.16	0.48	0.07	0.14	0.07	0.02		
11. 1,1,1-Trichloroethane	0.34	0.23	0.37	0.22	0.50	3.6	0.63	0.15	0.87	14	0.13	0.45	39	42	45	0.14	0.21	0.27	0.11	0.17	0.15	0.06		
12. o-Dichlorobenzene	ND	ND	ND	ND	ND	Tr	ND	Tr	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1		
13. p-Dichlorobenzene	ND	ND	ND	Tr	Tr	Tr	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.93		
14. 1,2,4-Trichlorobenzene	ND	ND	ND	ND	ND	Tr	ND	0.12	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.11		
15. 1,3,5-Trichlorobenzene	ND	ND	ND	ND	ND	0.16	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.08		

* These chemicals were analyzed by GC/ECD.

* No chemicals were detected in R-1, R-2 and Hachijou-Island sampling points.

* ND: not detected, Tr: detected but not quantified.

Table 2 Concentration of other chemicals in river and sea water

No. Chemical 1~9 1990, 10~18 1991 19~27 1992	River										Tokyo Bay					Detection Method	
	R-3	R-4	R-5	R-6	R-7	R-8	R-9	R-10	R-11	St.6	St.8	St.11	St.22	St.25	Limit		
1. MCP(HCPA)	ND	ND	ND	ND	ND	0.3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.3	GC/HS	
2. m-Xylene	ND	ND	ND	ND	ND	4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2	GC/HS	
3. p-Xylene	ND	ND	ND	ND	ND	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2	GC/HS	
4. Acenaphthene	ND	ND	ND	ND	ND	1.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.2	GC/HS	
5. Acenaphthylene	ND	ND	ND	ND	ND	3.2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.2	GC/HS	
6. Fluorene	ND	ND	ND	ND	ND	3.1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.2	GC/HS	
7. Benzoic Acid	ND	ND	1.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.3	GC/HS	
8. Dichlorvos(DDVP)	ND	ND	ND	ND	Tr	0.3	ND	ND	0.2	ND	ND	ND	ND	ND	0.2	GC/HS	
9. Diazinon	ND	ND	ND	0.2	0.3	0.3	0.5	0.2	0.4	ND	0.2	ND	ND	Tr	0.2	GC/HS	
10. Fenitrothion(MEP)	ND	ND	ND	0.3	0.3	Tr	Tr	ND	Tr	ND	ND	ND	ND	ND	0.2	GC/HS	
11. Penthiom(MPP)	ND	ND	ND	0.2	ND	0.3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.2	GC/HS	
12. Chlorpyrifos	ND	ND	ND	Tr	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.2	GC/HS	
13. Isoxathion	ND	ND	ND	Tr	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.2	GC/HS	
14. Simazine	ND	ND	0.4	0.2	Tr	0.3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.2	GC/HS	
15. Tricresyl Phosphate(TCP)	ND	ND	Tr	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	10	GC/HS	
16. TCEP	ND	ND	Tr	ND	ND	ND	Tr	ND	Tr	ND	ND	ND	ND	ND	0.4	GC/HS	
17. TDCPP	ND	ND	Tr	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.4	GC/HS	
18. α-Naphthylamine	ND	ND	ND	ND	ND	3.9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.25	GC/HS	
19. n-Phenyl-2naphthylamine	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Tr	ND	ND	ND	ND	ND	1	GC/HS	
20. Cyclohexylamine	Tr	ND	ND	ND	ND	5.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.5	GC/HS	
21. Nitrobenzene	ND	0.8	Tr	Tr	ND	ND	ND	Tr	Tr	Tr	ND	ND	ND	ND	0.2	GC/HS	
22. o-Nitrophenol	ND	Tr	Tr	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.2	GC/ECD, HS	
23. m-Nitrophenol	ND	ND	Tr	ND	ND	Tr	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	GC/ECD, HS	
24. p-Nitrophenol	ND	Tr	ND	ND	ND	Tr	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2	GC/ECD, HS	
25. TBT	ND	ND	Tr	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.02	GC/FPD	
26. 2-Mercaptobenzothiazol	ND	ND	ND	0.8	0.5	2.1	Tr	0.5	0.5	0.9	1.7	0.9	0.8	1.4	0.5	GC/HS	

* ND: not detected, Tr: detected but not quantified.

* No chemicals were detected in R-1, R-2, G1~G6, ST.35 and Hachijou- or Ogasawara Island sampling points.

3.3 河川、海域の底質汚染状況

Table 3, 4 に示すように河川、都内湾で15種の化学物質が検出され、8種の痕跡が認められた。

有機ハロゲン化合物は芳香族塩素化合物のみを調査したが、トリクロロベンゼン類2種が河川で検出された。

農薬類はMEP, MPP等4物質の痕跡が河川で認められたが、河川、都内湾の水で広く検出されたダイアジノンは底質ではまったく検出されなかった。

安息香酸、2-メルカプトベンゾチアゾールは河川、都内湾で広範囲に検出され、2,6-ジニトロトルエン、アセナフテンおよびフルオレンは河川で、アセナフチ

レンは都内湾で検出された。

有機スズ化合物のうち、TPT化合物は都内湾の1地点で検出されたほか、河川、都内湾の多くの地点で痕跡が認められた。TBT化合物は内匠橋以外の河川、都内湾の全地点で検出された。

その他、B(a)Pが河川、都内湾から広範囲に検出され、クロルデン類もtrans-, cis-クロルデン、trans-ノナクロルの3種が河川で検出された。

4. 考 察

河川、地下水、海域を調査した結果、水または底質の一方でのみ検出される化学物質、水・底質を広く汚

Table 3 Not detected chemicals in water and /or sediment

[Water: $\mu\text{g/l}$, Sediment: $\mu\text{g/kg}\cdot\text{wet}$]

No. Chemical 1~4 1988、5~21 1989 22~44 1990	Method	Detection Limit		No. Chemical 45~55 1991 56~67 1992	Method	Detection Limit	
		Water	Sediment			Water	Sediment
1. Bromoethane	GC/ECD	6.5	—	35. 1,8-Dimethylnaphthalene	GC/MS	0.2	20
2. 1,2-Dibromoethane	GC/ECD	0.1	—	36. 2,6-Dimethylnaphthalene	GC/MS	0.2	20
3. trans-1,2-Dichloroethylene	GC/ECD	1.5	—	37. 1,4- 1,5- 2,3- " "	GC/MS	0.2	20
4. cis-1,2-Dichloroethylene	GC/ECD	8.3	—	38. 2-Isopropylnaphthalene	GC/MS	0.2	20
5. 1,1-Dichloroethylene	GC/ECD	4.5	—	39. Diphenylmethane	GC/MS	0.2	20
6. Chlorobenzene	GC/ECD	0.46	37	40. o-Terphenyl	GC/MS	0.2	20
7. o-Dichlorobenzene	GC/ECD	*1	42	41. m-Terphenyl	GC/MS	0.2	20
8. m-Dichlorobenzene	GC/ECD	1.2	50	42. p-Terphenyl	GC/MS	0.2	20
9. p-Dichlorobenzene	GC/ECD	*1	120	43. t-Butyl Benzoic Acid	GC/MS	0.3	*3
10. 1,2,3-Trichlorobenzene	GC/ECD	0.11	3	44. Benzo(a)pyrene (B(a)p)	HPLC	0.005	*3
11. Hexachlorobenzene	GC/ECD	0.02	0.5	45. Acenaphthene	GC/MS	*2	20
12. 1,2-Dibromo-3-chloropropane	GC/ECD	0.41	17	46. Diazion	GC/MS	*2	40
13. Lindane (γ -BHC)	GC/ECD	0.02	1	47. Isofenphos	GC/MS	0.2	40
14. Hexabromobenzene	GC/ECD	0.27	9	48. Tolclfos-methyl	GC/MS	0.2	*3
15. Alachlor	GC/ECD	0.02	21	49. Phenthoate (PAP)	GC/MS	0.2	40
16. Heptachlor	GC/ECD	0.07	5	50. Edifenphos (EDDP)	GC/MS	0.2	—
17. Heptachlor Epoxide	GC/ECD	0.06	3	51. Butamifos	GC/MS	0.2	40
18. 2,4,6-Trichlorophenol	GC/ECD	0.7	33	52. Tributyl Phosphate (TBP)	GC/MS	0.2	—
19. Pentachlorophenol	GC/ECD	0.7	43	53. TDCPP	GC/MS	*2	160
20. 2,4-D	GC/ECD	2.4	28	54. TBXP	GC/MS	40	—
21. 2,4,5-TP	GC/ECD	2.4	30	55. 2,6-Butylhydroxytoluene	GC/FID	5	—
22. Chlorothalonil (TPN)	GC/ECD	0.02	—	56. TPT	GC/FPD	0.06	*3
23. α -Benzoepin	GC/ECD	0.01	1	57. Hexachlorophene	GC/MS	0.25	*3
24. β -Benzoepin	GC/ECD	0.01	1	58. 2,4-Dinitrotoluene	GC/MS, ECD	0.4	13
25. trans-Chlordane	GC/ECD	0.005	*3	59. 2,6-Dinitrotoluene	GC/MS, ECD	0.4	*3
26. cis-Chlordane	GC/ECD	0.005	*3	60. 3,4-Dinitrotoluene	GC/MS, ECD	0.4	13
27. Trans-Nonachlor	GC/ECD	0.005	*3	61. Nitrobenzene	GC/MS	*2	7
28. Benzene	GC/MS	0.25	—	62. n-Phenyl-1-Naphthylamine	GC/MS	0.5	17
29. o-Xylene	GC/MS	2	—	63. n-Phenyl-2-Naphthylamine	GC/MS	*2	33
30. Ethylbenzene	GC/MS	2	—	64. o-Nitrophenol	GC/MS, ECD	*2	7
31. Styrene	GC/MS	2	—	65. m-Nitrophenol	GC/MS, ECD	*2	7
32. Isopropylbenzene	GC/MS	2	—	66. p-Nitrophenol	GC/MS, ECD	*2	7
33. 1,2-Dimethylnaphthalene	GC/MS	0.2	20	67. α -Naphthylamine	GC/MS	*2	8
34. 1,3-Dimethylnaphthalene	GC/MS	0.2	20				

*1, *2: detected in water (Table 1 and 2, respectively), *3: detected in sediment (Table 4),

*—: not measured

Table 4 Concentration of detected chemicals in sediment

[$\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{dry}$]

No.	Chemical 1,2 1989、3~8 1990 9~16 1991、17~23 1992	River					Tokyo Bay						Detected Limit (wet)
		R-5	R-8	R-9	R-10	R-11	St.6	St.8	St.11	St.22	St.25	St.35	
1.	1,2,4-Trichlorobenzene	ND	ND	ND	ND	9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	8
2.	1,3,5-Trichlorobenzene	ND	11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	7
3.	trans-Chlordane	10	ND	10	ND	6.8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.5
4.	cis-Chlordane	7.5	ND	2.3	ND	5.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.5
5.	trans-Nonachlor	6.8	ND	1.2	ND	3.8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.5
6.	Acenaphthylene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	40	64	ND	ND	20
7.	Fluorene	49	78	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	20
8.	Benzo(a)pyrene	16	ND	6.2	2.5	3.3	6.7	4.5	1.7	8.1	8.7	10	0.5
9.	Tolclofos methyl	ND	ND	Tr	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	40
10.	Penitrothion(MEP)	ND	ND	Tr	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	40
11.	Penthion (MPP)	ND	Tr	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	40
12.	Chlorpyrifos	ND	ND	ND	ND	Tr	ND	ND	ND	ND	ND	ND	40
13.	Tributyl Phosphate(TBP)	Tr	ND	Tr	ND	ND	Tr	ND	ND	Tr	ND	ND	80
14.	Tricresyl Phosphate(TCP)	Tr	ND	Tr	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	20000
15.	Benzoic Acid	340	83	79	23	69	ND	ND	ND	ND	46	26	15
16.	t-Butyl Benzoic Acid	ND	ND	Tr	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	15
17.	2,6-Dinitrotoluene	28	ND	19	44	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	13
18.	TBT	130	ND	25	9.1	23	68	33	8.8	130	160	160	0.7
19.	TPT	Tr	ND	Tr	ND	ND	Tr	ND	ND	Tr	27	Tr	20
20.	Hexachlorophene	ND	ND	Tr	ND	15	Tr	ND	32	52	Tr	Tr	8
21.	2-Mercaptobenzothiazole	300	43	480	37	690	230	85	36	370	Tr	ND	17
22.	TCEP	Tr	Tr	14	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	ND	ND	ND	2
23.	TBXP	ND	Tr	ND	Tr	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	17

* Analytical methods were same as the methods for water samples. (Table 1~3)

* ND: not detected, Tr: detected but not quantified.

染している化学物質、局所的に高濃度で検出される化学物質等いくつかの特徴的分布パターンが認められた。

4.1 化学物質ごとの汚染状況

有機ハロゲン系溶剤による汚染が河川、海域、地下水すべてに及んでいたが、特に地下水汚染が著しかった。トリクロロエチレン等による地下水汚染は既に全国各地で問題^{4),5)}になっているが、今回の調査でも、地下水評価基準を越える汚染が複数の地点で検出され、地下水汚染の早急な対策の必要性が認められた。

農薬による汚染は、地下水では認められなかったが河川、都内湾の水では広く認められた。その汚染レベルは、環境基準項目・要監視項目に指定されている農薬はいずれも基準値以下であったため、直ちに人の健康の面で影響が憂慮される状況ではなかった。しかし、MEP、ダイアジノンなど水生生物の LC_{50} ⁶⁾の1/3に近い濃度が検出された例もあり、生態系へ悪影響を与えている恐れがある。農薬は散布時期との関係で環境濃

度が大きく変動する物質⁷⁾である。また使用形態から環境への侵入は避けられない。そのため、今後も汚染の実態、環境中の挙動について充分解明を進めて行かなければならない。

防腐剤等として広く使われている安息香酸や主にゴムタイヤの加硫促進剤に用いられる2-メルカプトベンゾチアゾールは水と底質で広く検出された。特に、2-メルカプトベンゾチアゾールは国の調査^{8),9)}に比べ汚染レベルは高かった。この原因は自動車走行量の多い都市部ではタイヤ摩耗粉塵量も多く、これが水界へ侵入した結果と考えられる。

芳香族化合物では、発ガン物質として知られているB(a)pが水質からは不検出であったが、底質ではほとんどの測定点で検出された。この傾向は国の調査⁹⁾や他の報告¹⁰⁾の結果とも一致している。B(a)pは、自動車排出ガスをはじめ燃焼時に非意図的に生成され、広く大気を汚染している^{11),12)}物質である。そのためB(a)pが河川のみならず広く海域の底質を汚染している主要原

因の一つとして、B(a)p が大気降下物として、さまざまな経路を経て、水界に侵入した可能性が考えられる。

一方、芳香族のなかでもキシレン、アセナフテン、フルオレンなどは綾瀬川に汚染が集中していた。このように汚染が局在する原因は、これら化学物質が工業原料、工業薬品であるため、特定の事業場で使用・製造される過程で水界に侵入したためと考えられる。

第2種特定化学物質である TBT 化合物は、他の地域でも底質汚染が問題となっている^{13),14)}が、本調査でも水では痕跡のみであったのに対し、底質では内匠橋を除く河川、都内湾の全地点で検出された。なお、不検出であった内匠橋以外はすべて船が航行していることから、船底塗料が汚染源である可能性が高い。

白蟻駆除剤として広く用いられ、現在は化審法で使用が禁止されているクロルデン類も河川底質で検出された。同物質は各地の底質でも残留が報告されている^{8),9)}難分解性で毒性も高い物質のため、引き続き監視をしていかなければならない。

4.2 化学物質の物性と水質、底質への分配

今回、100種近い化学物質について水質、底質の環境調査を行った結果、分布にいくつかの特徴的なパターンが認められた。すなわち、農薬類などは水で広く検出されたが、底質では痕跡が認められるに留まった。一方、B(a)p やクロルデン類は底質でのみ検出され、有機スズ化合物も水では痕跡のみで、底質では広く検出された。また、2-メルカプトベンゾチアゾールなどは水と底質共に広く分布していた。

こうした化学物質の水や底質等への分配については、理論的予測^{15),16)}や実験室的予測^{17),18)}をはじめ様々な試みがなされ、オクタノール/水分配係数（以下、 P_{ow} ）、水溶解度をはじめ多くの物性の関与が指摘されている。

そこで、実際の環境調査結果での汚染と物性との関わりを検討してみた。Fig. 2 に水溶解度の入手できた化学物質について水だけから検出された物質、水と底質の双方から検出された物質、底質だけから検出された物質に分類して、水溶解度との関係を示した。その結果、かなり幅はあるものの水溶解度が大きい物質は水質を、水溶解度の小さい物質は底質を汚染する傾向が窺われた。また、水と底質の双方から検出された物質の水溶解度はおおむねその中間に位置した。

なお、図には示していないが、疎水性の指標として水溶解度と表裏の関係にあると考えられる P_{ow} は、ほぼ逆の関係が認められた。

今回の調査で、化学物質がどの環境媒体を汚染しやすいかについて、物性値からある程度予測できることが環境測定データから実証できた。すなわち、対象物

Fig. 2 Correlation between water solubility and detected chemicals^{19)~23)}

*1 detected chemicals in water (N=8)

*2 detected chemicals in water and sediment (N=5)

*3 detected chemicals in sediment (N=5)

質の物性をあらかじめ把握することによって、適切な媒体を中心に調査することができると考えられる。

4.3 化学物質の排出量と水環境の汚染

化学物質の環境汚染に関する物性の関与が明らかとなったが、化学物質が検出されるか否かは、物性ととも生産量が大きく関与すると指摘されている²⁴⁾。そこで、今回調査した化学物質について水での検出状況と排出量との関係について検討を試みた。なお、排出量は都環境保全局において実施した化学物質使用事業所(製造業3078, 非製造業307)へのアンケート調査(未発表)や農薬便覧²⁵⁾から推定した数値を用いた。

その結果、Fig. 3 に見られるように、検出された物質は不検出であった物質におおむね排出量が多いことが認められた。とはいえ検出・不検出各々の排出量には大きな幅があった。この原因は検討範囲を水環境に限ったことや排出経路、個々の化学物質の物性の影響などが考えられる。この点を明らかにするためには、排出量の推定できる物質数を増やすとともに、水、大気、土壌圏全体で化学物質の挙動を検討していく必要がある。

なお、底質で検出された化学物質は、過去の使用化学物質や非意図的生成物が残留している例が多かったため、現在の排出量との関係の評価は行わなかった。

4.4 化学物質による全般的汚染状況

河川では汚染源の少ない上流部の日原川、多摩川和田橋では全物質不検出であり、上流から下流まで複数

Fig. 3 Correlation between estimated emission amount and detected/not detected chemicals

*1 detected chemicals (N=11)

*2 not detected chemicals (N=10)

の地点で測定した多摩川では下流ほど汚染している傾向が見られた。河川に着目すると、綾瀬川の内匠橋から工業用と見られる化学物質が多数、高濃度で検出され、使用事業場からの排出を推測させた。

また、地下水では各所で汚染が進んでいるとともに汚染物質の種類や濃度が河川、都内湾とは大きく異なり、化学物質の侵入経路の違うことが示唆された。

海域のうち都内湾では、水質は一般的には河川より汚染レベルは低く、この原因は拡散、希釈のためと考えられる。それに対し底質では一部の化学物質が残留していることが認められ、分解性、 P_{ow} 等の物性が影響していることが推測された。一方、八丈島、小笠原では検討項目すべてが検出されず、人間活動と化学物質汚染の深い関係が再認識された。

約100種の化学物質の水環境における汚染実態調査を行い、汚染レベル、水・底質への分布などを規定する要因として、排出量、排出経路に加え、化学物質の水溶解度、 P_{ow} 等の物性が重要であることが認められた。なお、物性データの入手は化学物質の数が多いこともあってかならずしも容易ではなく、さらに収集、整備が望まれた。

(原稿受付 1994年11月17日)

(原稿受理 1995年 5月10日)

引用文献

- 1) 通産省化学品安全課 (1991) 化審法化学物質, 化学工業日報社.
- 2) 環境庁保健調査室: 化学物質分析法開発調査報告書総覧 (昭和49年度～平成元年度).
- 3) 環境庁水質規制課 (1991.11.18) 有機スズ化合物の測定方法 (トリブチルスズ化合物及びトリフェニルスズ化合物).
- 4) 玉川勝美ら (1985) 仙台市における低沸点有機塩素化合物による地下水汚染事例, 衛生化学, 31, 214-219.
- 5) 乙間末広ら (1989) 観測井水質の多変量解析による地下水汚染の状況把握, 水質汚濁研究, 12, 105-111.
- 6) Hatakeyama, S. et al. (1989) A freshwater shrimp (*Paratya compressa improvisa*) as a sensitive test organism to pesticides, *Environmental Pollution*, 59, 325-336.
- 7) 岩熊ら (1988) 恋瀬川水系における殺虫剤, 除草剤及び殺菌剤の残留量, 国立公害研究所報告, 114, 73-83.
- 8) 環境庁保健調査室: 平成3年度版化学物質と環境.
- 9) 環境庁保健調査室: 平成4年度版化学物質と環境.
- 10) 篠原亮太 (1989) 底質中の多環芳香族炭化水素の分布および挙動, 水質汚濁研究, 12, 279-284.
- 11) 児玉泰, 石西伸 (1976) 大気中の Benzo(a)pyrene 分布, 大気汚染研究, 10, 732-741.
- 12) 松下秀鶴ら (1989) 東京, バンコクおよびチェンマイにおける大気浮遊粉じん中の発がん性多環芳香族炭化水素濃度の相互比較, 大気汚染学会誌, 24, 234-243.
- 13) 千葉久子ら (1991) 有機スズ化合物による仙台港地先海域の汚染調査, 環境科学, 1, 583-588.
- 14) 久保田ら (1992) 洞海湾底質中の有機スズ化合物の分布と挙動, 水環境学会誌, 15, 254-261.
- 15) 横田勇 (1989) 分配係数の理論的予測法, 水質汚濁研究, 12, 250-257.
- 16) 吉田喜久雄 (1989) 環境における化学物質の運命評価とそのモデル, 衛生化学, 35, 313-321.
- 17) 渡辺信久ら (1992) 水-底質系におけるブチルスズの動態と環境運命, 水環境学会誌, 15, 672-682.
- 18) 渡辺憲人 (1989) 河川底質中における環境汚染物質の濃縮機構, 水質汚濁研究, 12, 289-293.
- 19) 森田昌敏, 寺沢潤一 (1991) 農薬の物性, 水質汚濁研究, 14, 75-78.
- 20) Howard, P.H. et al. (1993) Handbook of Environmental Fate and Exposure Data for Organic Chemicals, Vol.I-IV, Lewis Publishers.
- 21) IUPAC (1989) Solubility Data Series, Pergamon Press.
- 22) Verschueren, K. (1983) Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals, Van Nostrand Reinhold.
- 23) 三菱化成安全科学研究所 (1982) 化学物質基本情報検索調査報告書.
- 24) 環境庁 (1986) 化学物質環境運命予測手法の現状と課題, 日本環境協会, 327-354.
- 25) 農林水産省 (1992) 農薬要覧, 日本植物防疫協会.