

一般道路用低防音壁の道路騒音低減効果の測定

石井 貢, 大塚定男, 横島潤紀, 藤掛敏夫*, 佐野 聡**
(大気環境部, *現水質環境部, **大気水質課)

Note

Measurement of general road traffic noise reduced by low physical barriers

Mitsugi ISHII, Sadao OUTSUKA, Shigenori YOKOSHIMA, Toshio FUJIKAKE*, Satoshi SANÓ**
(Air Quality Division, *Water Quality Division, **Air & Water Quality Division)

キーワード：低防音壁, 道路騒音

1. まえがき

著者らは音響模型実験などにより、植栽柵と一体になった高さ1m程度の低い防音壁が道路騒音対策に有効であることを示した¹⁾²⁾。その後、各機関で検討が行われる³⁾⁴⁾とともに、中央環境審議会の答申⁵⁾において、緑化を組み合わせた低防音壁の設置が道路騒音対策手法の一つに取り上げられた。こうしたことから低防音壁は、数少ない一般道路の騒音対策として注目⁶⁾されているが、未だ実際の道路に設置されている例は少なく³⁾、その効果測定例も多いとは言えない。

そこで、その普及が期待される低い防音壁を一般の国道沿いに仮設置し、道路騒音低減の効果を測定した。⁹⁾

2. 測定点付近の状況

測定の対象とした道路は、写真1に示すように4車線の一般国道で、施工後1～2年を経過した

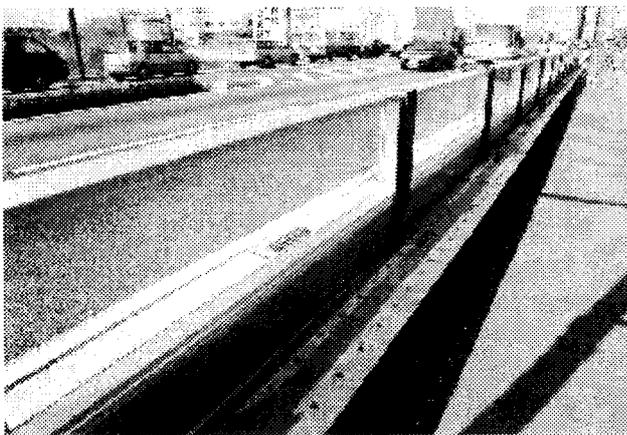


写真1

排水性舗装区間である。測定場所は、交差点の比較的近くに位置し、防音壁設置端から交差点の停止線までの距離は約40mである。この交差点の信号時間は青90秒、赤34秒及び黄3秒であり、その赤信号時には、測定点から見て反対側の車線に車列が形成される。また、防音壁設置区間の車道の一部区間に中分帯が設置されている。

3. 防音壁の仕様

防音壁は、歩行者や運転者の視認性を考慮し、上部は透光板(アルミ枠幅50cm、厚さ5mm)とし、下部は高速道路用に開発された統一型吸音板(幅50cm)からなる2層構造とした。写真1及び図1に示すように路面からの高さを約1.2mとして、歩道車道境界に全長24mにわたり仮設置した。防音壁に使用した透光板及び統一型吸音板の遮音特性を図2に示す。

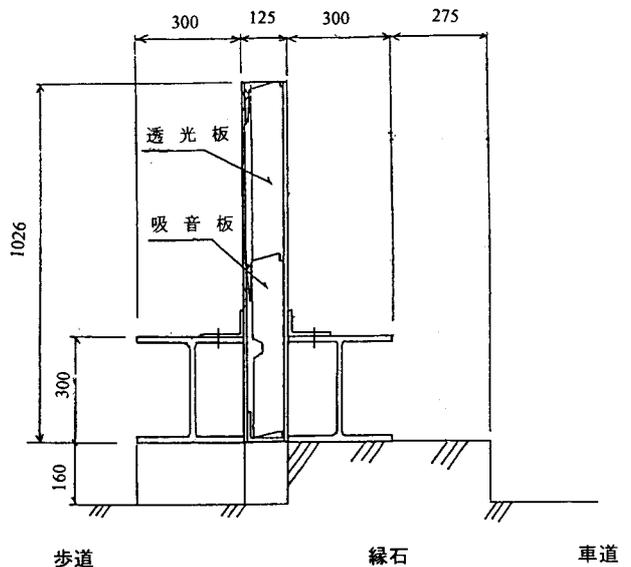


図1 防音壁の設置方法

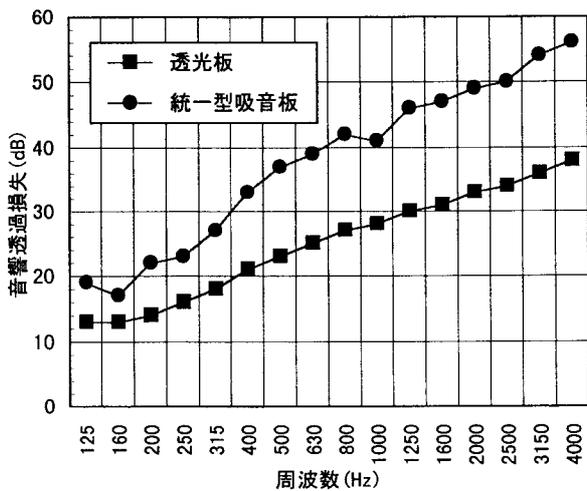


図2 防音壁の遮音特性

4. 防音壁の挿入損失の算出方法

防音壁の挿入損失は、現場における防音壁性能評価のための国際規格である ISO 10847⁴⁾を参考にして防音壁設置日と非設置日の道路騒音レベルを比較する方法により算出した。防音壁設置日と非設置日の道路騒音レベルの等価性を保証するため、図3に示すように防音壁設置の影響を受けない防音壁から 0.4m、高さ 3m の位置を基準点とし、この点からの減衰量を測定した。これにより防音壁設置日と非設置日の交通量等の違いによる挿入損失への影響を排除した。

(1)式に示すように各測定点における防音壁設置日の基準点と測定点 n の騒音レベル差 (Lr.a-Ln.a) から防音壁非設置日の基準点と測定点 n の騒音レベル差 (Lr.b-Ln.b) を差し引いて、防音壁の挿入損失を算出した。

$$IL_n = (L_{r.a} - L_{n.a}) - (L_{r.b} - L_{n.b}) \quad \text{----- (1)}$$

- IL_n : 測定点 n における防音壁の挿入損失
- L_{r.a} : 防音壁設置日 (a) の基準点の道路騒音レベル
- L_{n.a} : 防音壁設置日 (a) の測定点 n の道路騒音レベル
- L_{r.b} : 防音壁非設置日 (b) の基準点の道路騒音レベル
- L_{n.b} : 防音壁非設置日 (b) の測定点 n の道路騒音レベル
- n : 測定点 No 1 ~ 7

5. 測定方法

図3に示すように、防音壁から 8 m、高さ 3 m

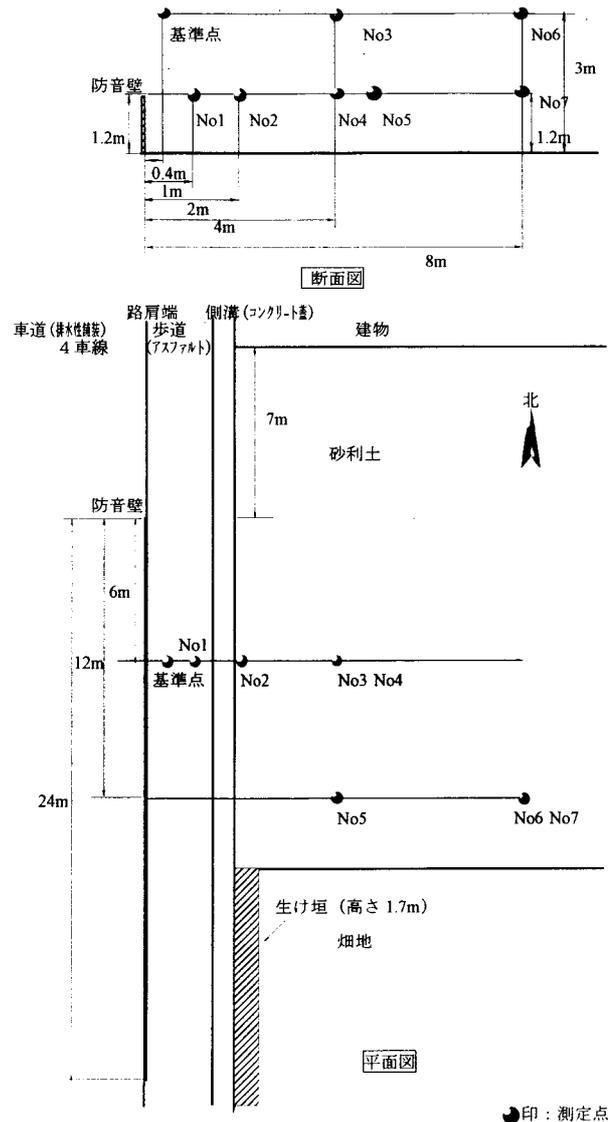


図3 測定地点図

の範囲に測定点を配置した。各測定点において、同時刻に積分型騒音計（時間重み特性 FAST）を使用して内部演算処理により 10 分間の等価騒音レベル (L_{Aeq}) と騒音レベルの中央値 (L₅₀) を測定するとともにデータレコーダに録音して、周波数分析を行った。周波数分析値は、A特性補正後、中心周波数 125Hz ~ 4kHz の 1/3 オクターブバンドの L_{Aeq} 値とした。同時に交通量、温湿度及び風向風速を計測した。交通量を計数するための車種分類は、大型車（プレート番号 1.2.9）及び小型車の 2 分類とした。なお、周囲の状況等から、各測定点の防音壁設置区間内の位置は、基準点及び測定点 No1 ~ No4（防音壁からの距離 4m 以内）が防音壁設置端から 6m（全長の 1/4）の位置、測定点 No5 ~ No7（防音壁からの距離 4 ~ 8m）は、防音壁設置区間内中央とした。なお、測定点 No4 と No5 は、防音壁から同一距離（4m）に設置されている。

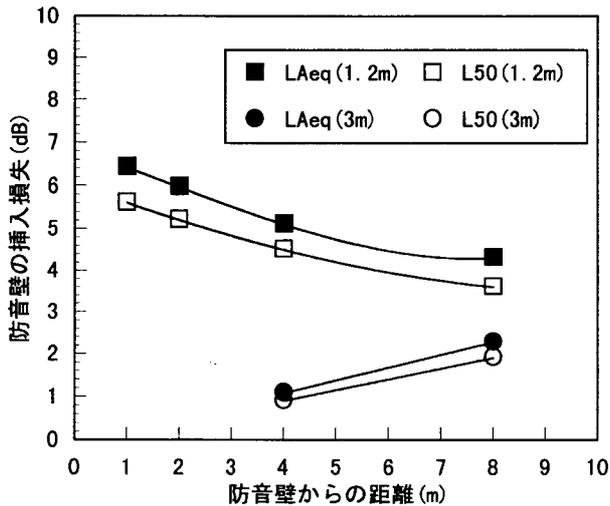


図4 防音壁の挿入損失

次に(1)式に基づいて、基準点と各測定点のレベル差の平均値を算出し、さらに防音壁設置日と非設置日の差を防音壁の挿入損失 (L_{Aeq} 、 L_{50}) として、図4に示す。この図における防音壁から4mの距離の挿入損失は、測定点 No4 と No5 の平均値である。なお、No4 と No5 では、 L_{Aeq} で約1dBの騒音レベル差があった。高さ1.2mにおける防音壁の挿入損失は、 L_{Aeq} で6.4～4.3dB、 L_{50} で5.6～3.6dBであり、防音壁から離れるに従い低下している。また、高さ3mにおける防音壁の挿入損失は、防音壁からの距離が4～8mで L_{Aeq} は1.1～2.3dB、 L_{50} は0.9～1.9dBであった。

6. 2 防音壁の挿入損失の周波数特性

防音壁の挿入損失の周波数特性、すなわち1/3オクターブバンドの L_{Aeq} の防音壁設置日と非設置日のレベル差を図5に示す。防音壁に近い地点の挿入損失は、1kHz以上の周波数帯域が大きかった。また、高さ3mの測定点の挿入損失は、1.2mに比較して全周波数帯域で低下していた。高さが1.2m、防音壁からの距離4m～8mの挿入損失には、地面等の反射の影響と考えられる周波数特性の凹凸が現れた。

7. まとめ

(1) 4車線道路の車道歩道境界の縁石上に設置した長さ24m、高さ1.2mの防音壁の挿入損失(L_{Aeq})は、防音壁設置区間のほぼ中央部、測定点の高さ1.2m、防音壁からの距離8m以内において4～6dB、測定点の高さ3m、防音壁からの距離4～8mにおいて1～2dBであった。

(2) L_{Aeq} を評価量とする防音壁の挿入損失は、 L_{50} に比べて大きかった。

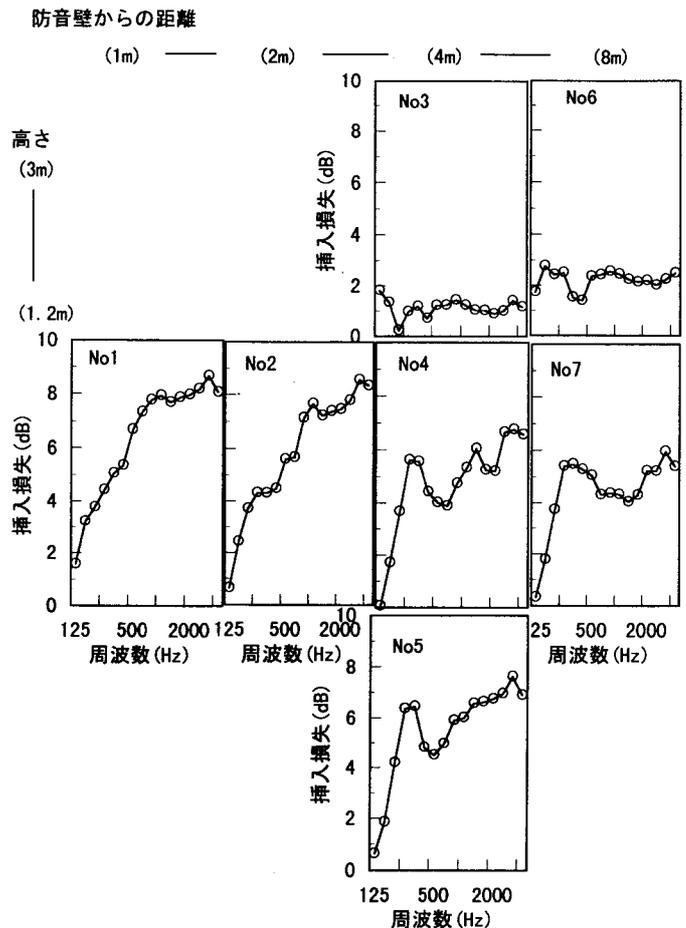


図5 防音壁の挿入損失の周波数特性 (L_{Aeq})

(3) 防音壁の挿入損失の周波数特性としては、防音壁から距離1～2mにおいて高周波数帯域の挿入損失が大きかった。また、地面等の反射音の影響と考えられる周波数特性の凹凸が現れた。

参考文献

- 1) 石井 貢：日本音響学会騒音・振動研究会、N-94-16(1994.3.30)
- 2) Mitsugi Ishii：Proceedings of INTER NOISE 94, P595
- 3) 鉢峰清範 上坂克巳 石田稔：日本音響学会講演論文集、H7 3 P713
- 4) 筑井啓介 押野康夫 橘秀樹：日本音響学会講演論文集、H8 3 P687 など
- 5) 中央環境審議会：答申「今後の自動車騒音低減対策のあり方について」、H7.3.31
- 6) 大西博文 鉢峰清範：道路、1997-3 P64
- 7) 上坂克巳 大西博文 鉢峰清範 石川賢一 高木興一：騒音制御、Vol23 No2(1999) P99
- 8) ISO：10847 Acoustics In-situ determination of insertion loss of outdoor noise barriers of all type
- 9) 石井貢 大塚定男 横島潤紀 藤掛敏夫 佐野聡：日本音響学会講演論文集、H11 9-10 P725

降水及び降雨流出水中の化学物質の分析 —分析法の検討—

飯田勝彦, 三村春雄, 安部明美*
(水質環境部, *現企画調整部)

Note

Determination of chemicals in rainfall and runoff water — Discussion on method of analysis —

Katsuhiko IIDA, Haruo MIMURA, Akemi ABE*
(Water Quality Division, *Planning & Cordination Division)

キーワード: 化学物質、環境水、分析、

1. 目的

地域における化学物質による環境リスク評価をする場合には、その地域における使用と排出の実態を踏まえた化学物質の環境調査を行う必要がある。我々は化学物質による水環境の汚染を未然に防ぐために、河川において化学物質のモニタリングをしてきた¹⁾が、検出される物質は必ずしも事業所の使用実態を反映していなかった。

さらに、事業所における化学物質の排出量実態調査²⁾によると、使用量の多い溶剤類のうち大部分が大気へ排出されており、水溶性物質は既存の排水処理施設で処理されて水系へ排出されていた。

そこで、相模川下流部における化学物質の実態を把握するために、降水、降雨流出水及び河川水中の化学物質の調査を行った。今回は中沸点疎水性化学物質と水溶性化学物質について、分析法を中心に検討したので報告する。

2. 実験

2. 1 調査対象物質

神奈川県の実施した平成8年度化学物質使用実態アンケート調査において平塚市、茅ヶ崎市及び寒川町で使用量の多い物質として1,4-ジオキササン、2,6-ジ-t-ブチル-p-クレゾール(BHT)、アジピン酸2-エチルヘキシル(DOA)、イソホロン、エチレングリコールモノアセテート、N,N'-ジメチルホルムアミド、ノニルフェノール、ビスフェノールA、フタル酸2-エチルヘキシル(DEHP)、フタル酸ブチル(DBP)、リン酸トリブチル(TBP)、アジピン酸ジイソプロピル(DIPA)、フェノール、ベンゾフェノン、4-ニトロトルエン、p-t-ブチルフェノール(PTBP)及び2-エトキシエタノールの18物質、非意図的の生成物質としてベンゾ(a)ピレン

1物質、農薬としてイプロベンホス(IPB)、フェニトロチオン(MEP)及びチオベンカルブの3物質、降水から検出報告のある物質としてベンゾチアゾール、リン酸トリス(2-クロロエチル)(TCPE)、2-ブトキシエタノール、2-(2-ブトキシエトキシ)エタノール、クレゾール、2-(2-エトキシエトキシ)エタノールの7物質、1,1,1-トリクロロエタン代替品として使用量が増加している1-メチル-2-ピロリドン1物質の合計30物質を対象とした。

調査対象物質の概要を表1に示す。

2. 2 分析方法

固相抽出法と溶媒抽出法で行った。固相抽出は試料水200mlにサロゲートとしてフェノールd5及び1,4-ジオキササンd8を添加後、スチレンジビニルベンゼンポリマーカートリッジ(PS-2)と活性炭カートリッジ(AC-2)を連結したものに、PS-2側からジクロロメタン10ml、アセトン20ml及び水40mlを通してコンディショニングした後、流速10ml/分で通水した。通水後、水10mlで洗浄し、それぞれのカートリッジを窒素ガスで約20分間バージして脱水した。PS-2からジクロロメタン4mlで溶出した。溶出液を1mlに濃縮して内部標準としてナフタレンd₈とフルオランテンd₁₀を加えて、HP-5カラムのGC/MSで無極性のイソホロン等14物質を分析した。次にAquaticカラムに換えてフェノール等のやや極性のある8物質を分析した。次に、極性のある2-エトキシエタノール等4物質はAC-2からアセトン1mlで溶出後、内部標準として4-ブロモフルオロベンゼン(4-BFB)を加えて、AquaticカラムのGC/MSで分析した。2-(2-エトキシエトキシ)エタノールはPS-2とAC-2

表 1 調査対象物質の概要

No	物質名	分子量	用途	分析方法	検出下限(ppb)
1	イソホロン	138.21	塗料	PS-2,GC/MS (HP-5)	0.1
2	4-ニトロトルエン	137.14	有機合成中間体	"	0.1
3	ベンゾチアゾール	135.2	"	"	0.2
4	キノリン	129.17	農薬の原料	"	0.1
5	PTBP	150.22	合成樹脂	"	0.1
6	DIPA	230.3	可塑剤	"	0.1
7	BHT	220.4	ゴムの老化防止	"	0.2
8	TBP	266.36	金属抽出剤	"	0.2
9	ベンゾフェノン	182.22	医薬品原料	"	0.1
10	TCEP	285.5	難燃剤	"	0.2
11	IBP	288.35	殺菌剤	"	0.1
12	MEP	277.24	殺虫剤	"	0.1
13	チオベンカルブ	257.78	土壌処理除草剤	"	0.1
14	ビスフェノール A	228.3	樹脂原料	"	0.2
15	DOA	370.6	樹脂可塑剤	ヘキサン抽出,GC/MS (HP-5)	0.2
16	DBP	278.34	接着剤	"	0.5
17	DEHP	390.54	樹脂可塑剤	"	0.5
18	2-エトキシエタノール	90.12	樹脂溶剤	AC-2,GC/MS (Aquatic)	0.1
19	1,4-ジメチルピペリン	88.11	塗料用溶剤	"	0.1
20	N,N'-ジメチルホルムアミド	73	有機溶媒	"	0.1
21	2-ブトキシエタノール	118	樹脂溶剤	PS-2,GC/MS (Aquatic)	0.2
22	エチレングリコールモノアセテート	132	"	"	0.1
23	フェノール	94	染料中間物	"	0.1
24	2-(2-エトキシエトキシ)エタノール	134	樹脂溶剤	AC-2+ "	1.0
25	o-クレゾール	108	合成樹脂	PS-2,GC/MS (Aquatic)	0.5
26	m,p-クレゾール	108	"	"	0.1
27	1-メチル-2-ピロリドン	99	金属洗浄剤	"	0.1
28	2-(2-ブトキシエトキシ)エタノール	162	樹脂塗料の溶剤	"	0.3
29	ベンゾ(a)ピレン	252	-	ヘキサン抽出,HPLC	0.01
30	4-ニルフェノール	220	界面活性剤	"	0.5

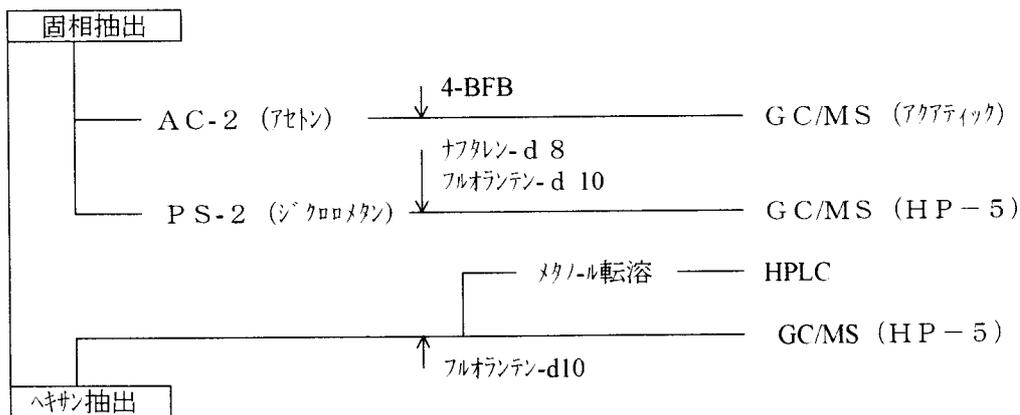


図 1 分析方法のフロー

の溶出液を合わせて Aquatic カラムの GC/MS で分析した。

ベンゾ(a)ピレン、ノニルフェノール及びフタル酸エステル類は試料 200ml からヘキサン 2ml で抽出し、フタル酸エステル類はヘキサン層からH

P-5 カラムの GC/MS で分析し、ベンゾ(a)ピレンとノニルフェノールはヘキサンを揮散させ、メタノール 1ml に溶解し高速液体クロマトグラフ (HPLC) で分析した。

分析法のフローを図 1 に示す。

2. 3 試薬

ヘキサン、ジクロロメタン、アセトン及びメタノールは残留農薬試験用、塩酸はPCB測定用を用いた。DIPA、BHT、TBP、ベンゾフェノン、TCEP、IBP、MEP、チオベンカルブ、DOA、DBP、DEHP、N,N'-ジメチルホルムアミド、1-メチル-2-ピロリドン、ベンゾ(a)ピレン、ノニルフェノール及び4-BFBは和光純薬工業製、イソホロン、ベンゾチアゾール、ビスフェノールA、2-エトキシエタノール、2-ブトキシエタノール、エチルグリコールアセテート、2-(2-エトキシエトキシ)エタノール、2-(2-ブトキシエトキシ)エタノールは東京化成工業製、4-ニトロトルエン、1,4-ジオキサン、フェノール、o-クレゾール、m-クレゾール、p-クレゾールはスペルコ製、キノリンは関東化学製、PIBPはジェーエルサイエンス製、ナフタレンd₈、フルオランテンd₁₀、フェノールd₅及び1,4-ジオキサンd₈はCambridge Isotope Laboratories製、水はエビアン製を使用した。

2. 4 装置と分析条件

(1)GC/MS：ヒューレットパッカード社のHP6890/HP5973

分析条件

(a)無極性物質

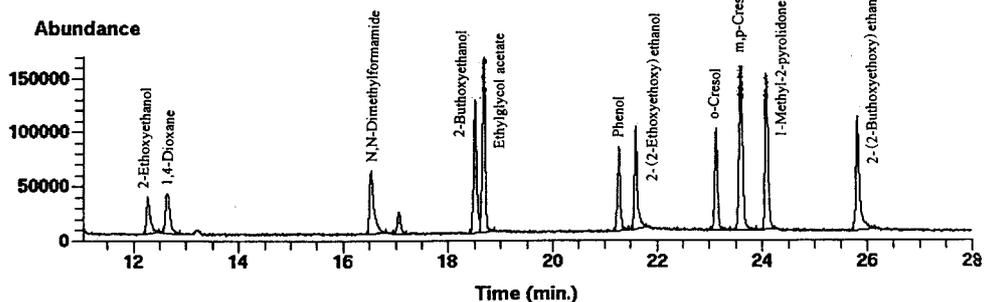
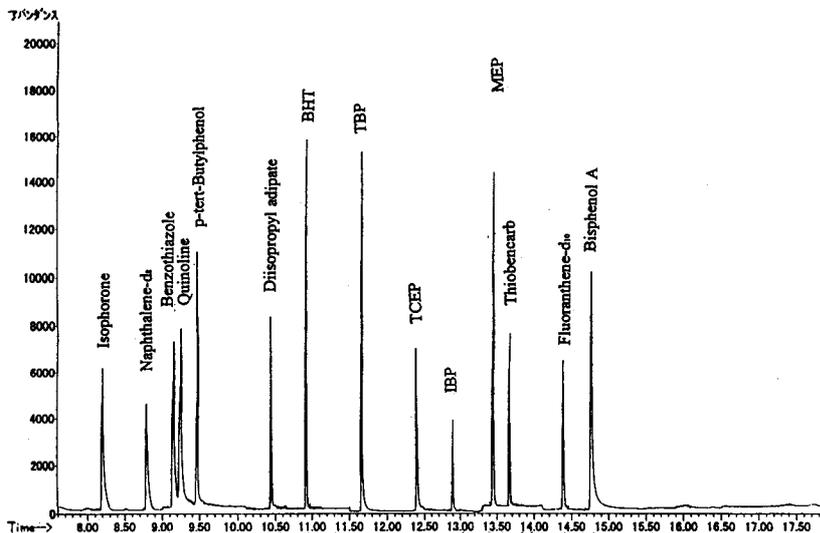


図2 SIMクロマトグラムの1例

カラム：HP-5、60m × 0.25 mm i.d. × 0.25 μm

カラム温度：60℃(2分) — 20℃/分 — 280℃(5分)

注入口温度：280℃

(b)極性物質

カラム：Aquatic、60m × 0.25mm i.d. × 1 μm

カラム温度：45℃(1分) — 5℃/分 — 100℃ — 10℃/分 — 200℃(6分)

注入口温度：200℃

(2)HPLC：日本分光社の880型

分析条件

カラム：Inertsil PH、内径4.6mm、長さ15cm

移動相：メタノール：水(80:20)

流速：1ml/分

検出器：蛍光、励起波長(ノニルフェノール277nm、ベンゾ(a)ピレン260nm)

蛍光波長(ノニルフェノール300nm、ベンゾ(a)ピレン430nm)

固相抽出用装置はウォーターズ社製の加圧式固相抽出用定量ポンプを用い、固相カートリッジはウォーターズ社製のSep-pak PS-2、AC-2及びtC18を用いた。

標準物質のクロマトグラムを図2に示した。

表2 溶出溶媒の比較

物質名	添加量 (ng)	アセトン		ジクロロメタン	
		回収率 (%)	変動係数	回収率 (%)	変動係数
イソホロン	0.1	60.4	13.6	85.3	7.1
4-ニトロトルエン	0.2	88.5	10.5	93.2	3.4
ベンゾチアゾール	0.1	103	16.7	97.7	22.1
キノリン	0.1	81.6	16.4	83.9	6.8
PTBP	0.1	78.4	18.9	82.8	5.4
DIPA	0.1	77.2	19.4	75.2	15.4
BHT	0.1	51.1	14.3	85.7	9.5
TBP	0.4	78.6	12.4	55.6	14
ベンゾフェノン	0.05	106	8.5	116	3.2
TCEP	0.4	111	10.4	88.7	9.4
IBP	0.2	79.9	13.6	76.7	4.9
MEP	0.2	87.5	12.5	89.2	1.9
ベンチオカブ	0.2	74.5	7.8	80.9	7.1
ビスフェノールA	1	74.2	24.9	59	4.4
DOA	0.2	8.5	115	25.7	26.7
DBP	0.4	120	6.5	103	4.7
DEHP	0.4	67.6	13.3	76.2	28.8
2-ブトキシエタノール	1	76.4	26.8	82.8	5.4
エチレンジクロライドモノアセテート	1	62	26.9	75.7	3.5
フェノール	1	105	2.9	107	2.9
2-(2-エトキシエトキシ)エタノール	1	78.8	14	82.5	12.3
o-クレゾール	1	82	24	111	13.1
m-クレゾール	2	78.6	23.8	102	12.8
2-(2-ブトキシエトキシ)エタノール	1	79	30.3	84.8	15.3
ベンゾ(a)ピレン	1	26.3	5.3	37	7.8
ノニルフェノール	1	56.6	23.7	56.8	6.9

3. 結果

3.1 固相カートリッジからの溶出溶媒の検討

無極性物質から極性物質までの30物質を水質試料から、簡便にかつ効率良く有機溶媒を大量に使用しない分析方法を検討した。有機溶媒を大量に使用しないで水質試料から化学物質を捕集する方法としては、固相抽出法が用いられており、無極性物質の捕集にはPS-2カートリッジ、極性物質の捕集にはAC-2カートリッジが使用されている。今回は無極性物質から極性物質までの30物質を対象としているので、安部の方法³⁾に従いPS-2カートリッジとAC-2カートリッジを連結して1回で捕集する方法を検討した。

AC-2については安部³⁾が検討してあるので、PS-2から無極性物質を回収する溶出溶媒についてジクロロメタンとアセトンで比較した。

各物質を蒸留水に添加してPS-2カートリッジに捕集したのち、ジクロロメタンとアセトンで溶出してその回収率を比較して、表2に示した。ジクロロメタンの平均回収率は81.9%で平均変動係数は9.41%、アセトンの平均回収率は75.0%で平均変動係数は21.0%であり、ジクロロメタンの方が良かったので、PS-2からの溶出溶媒はジ

クロロメタンとした。

次にPS-2からの溶出ジクロロメタンの液量を検討した。先と同じように蒸留水に各物質を添加したのちPS-2に捕集して、溶出溶媒のジクロロメタンの液量を、4ml、4~6ml、6~8ml、8~10mlと変えて溶出された物質を定量し、結果を図3に示した。BHTとo-クレゾールが最初の4mlで溶出しきれないが、次の溶出量ではわずかであり、他の物質は4mlで溶出していたのでジクロロメタンの液量は4mlとした。

3.2 酸性度による回収率への影響

降水の酸性度の影響を考慮して、先と同じように蒸留水に各物質を添加したのち、中性のまま、pH3.5の酸性にしたものをそれぞれPS-2とAC-2のカートリッジを連結して捕集してそれぞれをジクロロメタン、アセトンで溶出して回収率を求め、比較し、図4に示した。

キノリン、N,N-ジメチルホルムアミド及び1-メチル-2-ピロリドンは塩基性物質なので、pH3.5の酸性で回収率が低いため、調査時に試料のpHを測定し酸性のときは中性にして測定することにした。

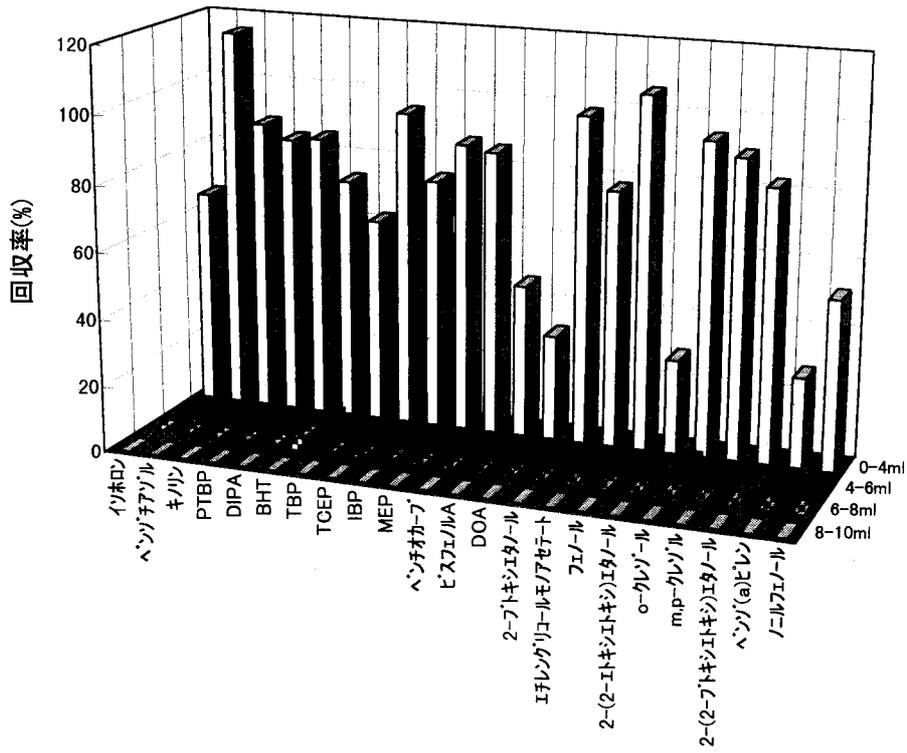


図3 PS-2からのジクロロメタンの溶出液量の検討

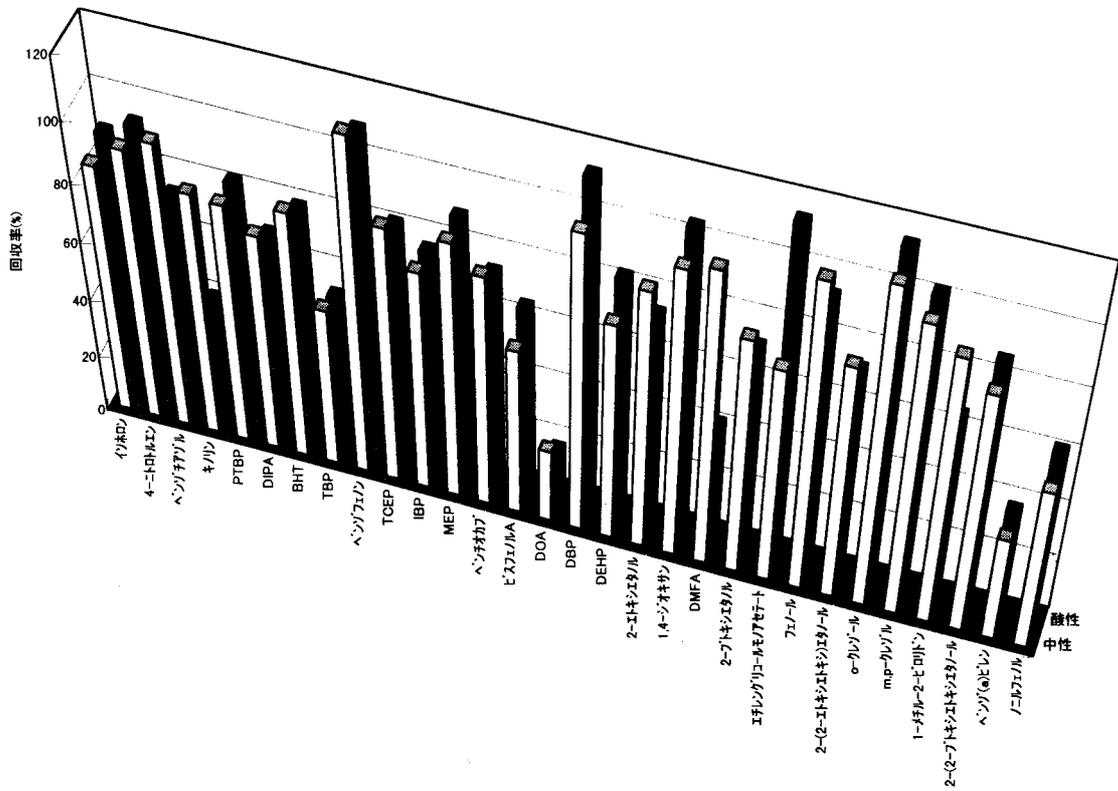


図4 酸性度と回収率

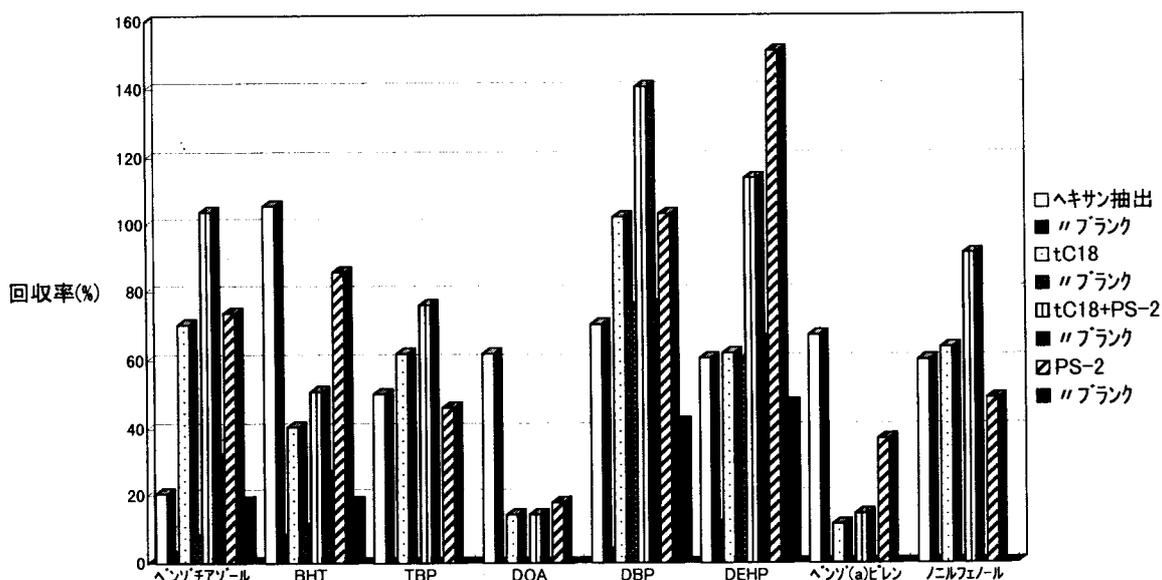


図5 各種抽出法による回収率の比較

3.3 他の固相カートリッジ、ヘキサン抽出法との比較

PS-2カートリッジで捕集してジクロロメタンで溶出する方法では、DOA、TBP、BHT、TBP、DBP、DEHP、ベンゾ(a)ピレン及びノニルフェノールの回収率が低かったため、その他の抽出方法について検討した。カートリッジをPS-2の代わりにtC18を用いる方法、PS-2にtC18を接続する方法、カートリッジを使わずにヘキサンで抽出する方法を比較した。図5に示すように、カートリッジを使用した方法では、DBPとDEHPはブランクが高く、DOAとベンゾ(a)ピレンは回収率が低かったためこれらはヘキサン抽出法とした。抽出した後の検出方法はベンゾ(a)ピレンは感度が高く、ノニルフェノールはピークが分離しないので一つになるため定量性に優れることから、これらについてはHPLCで定量することにした。

3.4 実試料での添加回収試験

カートリッジで捕集してジクロロメタンで溶出する方法の物質について、実試料による添加回収試験を行った。相模川の馬入橋で採水した河川水200mlにアセトンに希釈した30物質(0.02~1μg)を添加して回収率をみた。30物質の中で2-ブトキシエタノールの回収率が63.3%と若干低い他は79.8~121%、平均92.4%とほぼ満足できる結果であった。

また、本分析法による各物質の検出下限値を表1に示したが、0.01~2μg/lの範囲であった。

3.5 調査事例

検討の結果、2.2の分析方法で、相模川の下流部で調査を行うこととし、降水は自動降水採取装置で、道路排水は高速道路の排水で、雨水管は流域下水道ができる前の下水の排水路で、さらに、相模川の取水堰の上下で、それぞれ降雨後に採水してこれらの物質の現況を見た。結果を図6に示した。図から、降水にはDBP、ブトキシエタノール及び2-(2-エトキシエトキシ)エタノールが、雨水管からは1,4-ジオキサンが、道路排水からはDBPがそれぞれ比較的高濃度に検出された。

4. まとめ

降水及び降雨流出水中の化学物質の調査を行うために、中沸点疎水性化学物質と水溶性化学物質の分析方法を検討した。PS-2とAC-2を連結したカートリッジで捕集し、前者はジクロロメタンで、後者はアセトンで溶出した後、HP-5又はAquaticカラムのGC/MSで分析した。一部の物質はヘキサンで抽出し、HP-5のカラムのGC/MS又はHPLCで分析した。この方法を用いて、相模川下流域で降雨時に調査を行った。

なお、本研究は平成9~11年度特定研究「環境における化学物質の移動と地域環境リスクに関する研究」の一環として行った。

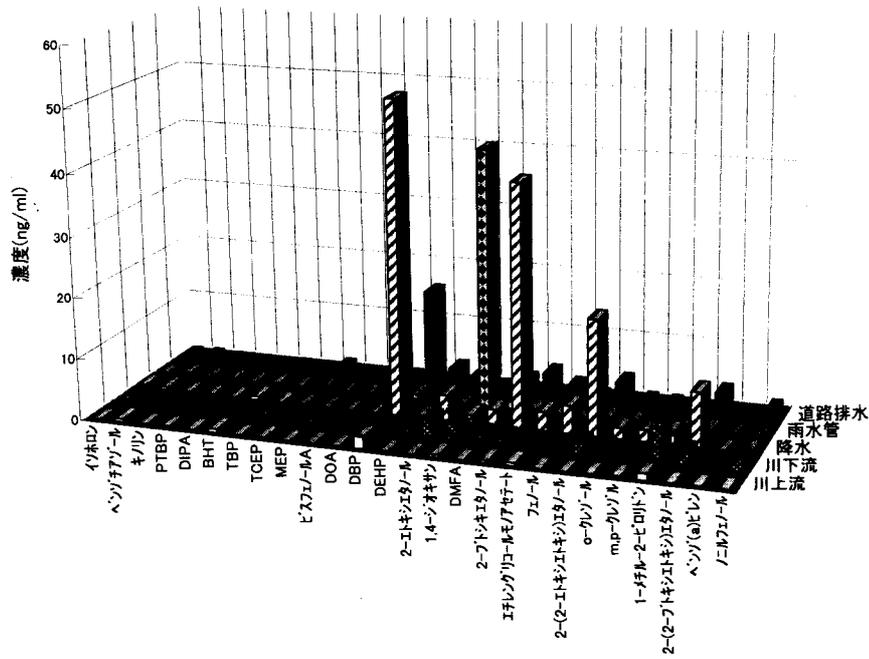


図6 降水及び降雨流出水中の化学物質

参考文献

- 1) 飯田勝彦他：神奈川県環境科学センター研究報告, 20, 65 ~ 71 (1997)
- 2) 安部明美他：資源環境対策, 34 (1), 27 ~ 37 (1998)
- 3) 安部明美：環境化学, 7 (1), 95 ~ 100 (1997)