

1,2-ジブロモエタン

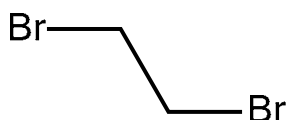
1, 2-Dibromoethane

別名：二臭化エチレン Ethylene dibromide

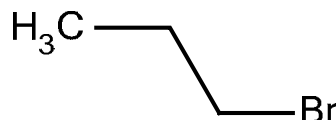
1-ブロモプロパン

1-Bromopropane

【対象物質の構造】



CAS 番号：106-93-4
分子式：C₂H₄Br₂



CAS 番号：106-94-5
分子式：C₃H₇Br

【物理化学的性状】¹⁾

物質名	1,2-ジブロモエタン	1-ブロモプロパン
分子量	187.86	122.99
モライイトビ ック質量	185.8679	121.9729
比重 (g/cm ³)	2.172 (25°C)	1.353 (20°C)
沸点 (°C)	131-132	71
融点 (°C)	9	-110
蒸気圧	11.3-23.2 hPa (20°C)	139 mmHg
水溶解度	0.34 g/100 mL (20°C) ²⁾	2.5 g/L (20°C) ³⁾
log P _{ow}	1.93	2.1 ²⁾

【毒性、用途等】

1,2-ジブロモエタン⁴⁾

〔毒性〕

ラット（経皮）LD₅₀：300 mg/kg
ラット（経気道）LC_{Lo}：400 mg/kg
ラット（経気道）TC_{Lo}：10 mg/kg
ラット（経気道）TC：40 mg/kg
マウス（経口）LD_{Lo}：250 mg/kg
眼、皮膚、気道を刺激する。

〔用途〕

殺虫剤、防虫剤、くん蒸剤

1-ブロモプロパン^{4),5)}

〔毒性〕

ラット（経口）LCLo：4000 mg/kg
ラット（腹腔内注射）LD₅₀：2950 mg/kg
ラット（経気道）LD₅₀：253 mg/kg
ラット（腹腔内注射）LD₅₀：2530 mg/kg

〔用途〕

医薬、農薬原料

出典

- 1) 独立行政法人製品評価技術基盤機構：化学物質総合情報提供システム (CHRIP)
- 2) www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r9852000001adsq-att/2r9852000001adyh.pdf
(有害性総合評価表)
- 3) <http://www.nihs.go.jp/law/dokugeki/hyouka/2009/106-94-5.pdf>
(国立医薬品食品衛生研究所)
- 4) 神奈川県化学物質安全情報提供システム (kis-net)
- 5) 国立環境研究所：化学物質データベース (Webkis-plus)

§1 分析法

(1) 分析法概要

水質試料に内標準物質として 1,2-ジブロモエタン-*d*₄ 及び 1-ブロモプロパン-*d*₇ を添加し、
ページ・トラップ GC/MS-SIM により測定する。

(2) 試薬・器具

【試薬】

1,2-ジブロモエタン	：和光純薬工業製 水質試験用標準液 1 mg/mL メタノール溶液
1-ブロモプロパン	：和光純薬工業製 試薬 1 級 (97%)
1,1-ジブロモエタン	：和光純薬工業製 試薬 1 級 (95%)
2-ブロモプロパン	：和光純薬工業製 試薬 1 級 (97%)
1,2-ジブロモエタン- d_4	：セントラル薬品製 (98%)
1-ブロモプロパン- d_7	：セントラル薬品製 (99.1%)
精製水	：ミネラルウォーター (商品名：サントリー 天然水奥大山)
メタノール	：和光純薬工業製 LC/MS 用

【標準液の調製】

〔標準液〕

1-ブロモプロパン、1,1-ジブロモエタン及び 2-ブロモプロパンは各 10 mg を正確に量り取り、メタノールに溶解し 10 mL として 1.00 mg/mL の標準原液を調製する。1,2-ジブロモエタンは市販の標準液を標準原液とする。

〔内標準液〕

1,2-ジブロモエタン- d_4 及び 1-ブロモプロパン- d_7 を適量量り取り、メタノールで各 1.00 mg/mL の内標準原液を調製する。各内標準原液 0.125 mL を分取し、メタノールで 10 mL として 12.5 µg/mL 内標準液を調製する。

〔検量線用標準液〕

標準原液をメタノールで順次希釈し、0.250 ～ 50.0 µg/mL 程度の混合標準液を調製する。この標準液及び内標準液をページ・トラップ用バイアル瓶に一定量 (1 µL) 加えて精製水で満水 (43 mL) とし、対象物質濃度が 0.00500 ～ 1.00 ng/mL、内標準物質濃度が各 0.500 ng/mL の検量線用標準液を作成する。(内標準液を自動注入できる装置では、その使用方法に従って添加する。本法では、自動注入方式であるため、標準液作成時は、内標準液は添加していない。)

【器具】

ページ・トラップ用バイアル瓶：43 mL
メスフラスコ：10 mL、20 mL

(3) 分析法

【試料の採取及び保存】

環境省「化学物質環境実態調査実施の手引き」(平成 21 年 3 月)に従う。試料採取後、

できるだけ速やかに分析する。

【試料の前処理及び試験液の調製】

ページ・トラップ用バイアル瓶に試料（43 mL）を静かに泡立てないように満たし、内標準物質を各 0.500 ng/mL となるように添加して試験液とする。（内標準液を自動注入できる装置では、その使用方法に従って添加する。）

【空試験液の調製】

試料と同じ量の精製水を用い、【試料の前処理及び試験液の調製】の項に従って操作し、得られた試験液を空試験液とする。

【測定】（注1）

〔GC/MS 条件〕

GC/MS	: GC ; HP6890N、MS ; 5975B MS
カラム	: J&W DB-624 (60 m × 250 μm × 1.40 μm)
昇温条件	: 35°C (5 min) → 8°C/min → 120°C → 15°C/min → 240°C (5 min)
注入法	: スプリット (1:15)
注入口温度	: 200°C
キャリアーガス	: He (流量 1 mL/min)
インターフェース温度	: 250°C
イオン源温度	: 250°C
検出モード	: SIM
モニターイオン	: 1,2-ジブロモエタン、1,1-ジブロモエタン 定量用 107 確認用 109 : 1-ブロモプロパン、2-ブロモプロパン 定量用 43 確認用 122 : 1,2-ジブロモエタン- <i>d</i> ₄ (内標準物質) 定量用 111 確認用 113 : 1-ブロモプロパン- <i>d</i> ₇ (内標準物質) 定量用 50 確認用 129

〔ページ・トラップ条件〕

装置	: O・I Analytical Eclipse 4660	
クライオフォーカス	: なし	
塩析	: なし	
トラップ	: Tenax/silicagel/carbon molecular sieve	
サンプルマウント温度	: 60°C	
サンプル温度	: 60°C	
サンプル量	: 25 mL	2012年度環境調査では、要求検出下限値に対して分析機器の感度が十分高いケースが多く、妨害抑制のため試料量を減らして対応した例があった。 (2013年度精査等検討会コメント)
ページ時間	: 6 min	
ページ流量	: 45 mL/min	
トラップ温度	: 20°C	

デソープ時間	: 4 min
デソープ温度	: 190°C
ウォーターマネジメント温度	: パージ時; 110°C デソープ時; 40°C ベーク時; 210°C
トランスファーライン温度	: 200°C
バルブオープン温度	: 200°C
ベーク時間	: 20 min
ベーク温度	: 210°C
ドライパージ	: なし

〔検量線〕

0.0050 ～ 1.00 ng/mL の検量線用標準液をパージ・トラップ GC/MS 法により測定し、1,2-ジブロモエタンおよび1-ブロモプロパンと各内標準物質の濃度比と得られたピーク面積比の関係から検量線を作成する。

〔定量〕

パージ・トラップ GC/MS 法で得られた対象物質のピーク面積を内標準物質のピーク面積で割った比から、検量線を用いて対象物質の濃度を求める。

〔濃度の算出〕

試料水中濃度 C (ng/L) は次式により算出する。

$$C = R \cdot Q/V$$

R : 検量線から求めた内標準物質濃度に対する対象物質濃度の比

Q : 試料中に添加した内標準の量 (ng)

(= 添加する内標準の濃度 (ng/μL) × 添加する内標準の容量 (μL))

V : 試料水量 (L)

〔装置検出下限値 (IDL)〕 (注 2)

本分析に用いたパージ・トラップ GC/MS 法の IDL を表 1 に示す。

表 1 IDL の算出結果

物質名	IDL (ng/mL)	試料量 (mL)
1,2-ジブロモエタン	0.0011	25.0
1-ブロモプロパン	0.0011	25.0
1,1-ジブロモエタン	0.0014	25.0
2-ブロモプロパン	0.0013	25.0

〔測定方法の検出下限値 (MDL) 及び定量下限値 (MQL)〕 (注 3)

本測定方法における MDL 及び MQL を表 2 に示す。

表 2 MDL 及び MQL の算出結果

	試料量 (mL)	MDL (µg/L)	MQL (µg/L)
1,2-ジブロモエタン	25.0	0.0037	0.0094
1-ブロモプロパン	25.0	0.0032	0.0083
1,1-ジブロモエタン	25.0	0.0028	0.0072
2-ブロモプロパン	25.0	0.0018	0.0046

注解

(注 1) GC/MS 及びパージ・トラップ条件は、本測定に使用した機種特有のものである。

(注 2) IDL は、「化学物質環境実態調査実施の手引き」(平成 21 年 3 月)に従って、表 3 のとおり算出した。測定時のクロマトグラムを図 1 に示す。

表3 IDL の算出結果

物質名	1,2-ジブロモ エタン	1-ブロモ プロパン	1,1-ジブロモ エタン	2-ブロモ プロパン
試料量 (mL)	25.0	25.0	25.0	25.0
注入液濃度 (ng/mL)	0.00500	0.00500	0.00500	0.00500
結果 1 (ng/mL)	0.00575	0.00508	0.00494	0.00633
結果 2 (ng/mL)	0.00565	0.00497	0.00523	0.00639
結果 3 (ng/mL)	0.00574	0.00563	0.00547	0.00639
結果 4 (ng/mL)	0.00604	0.00510	0.00541	0.00698
結果 5 (ng/mL)	0.00523	0.00468	0.00447	0.00597
結果 6 (ng/mL)	0.00561	0.00510	0.00481	0.00601
結果 7 (ng/mL)	0.00600	0.00492	0.00535	0.00647
平均値 (ng/mL)	0.005717	0.005067	0.005097	0.006362
標準偏差 (ng/mL)	0.000270	0.000287	0.000369	0.000337
IDL (ng/mL) *	0.0011	0.0011	0.0014	0.0013
S/N 比	15	8	16	8
CV (%)	4.7	5.7	7.2	5.3

* IDL = $t(n-1, 0.05) \times \sigma_{n-1} \times 2$

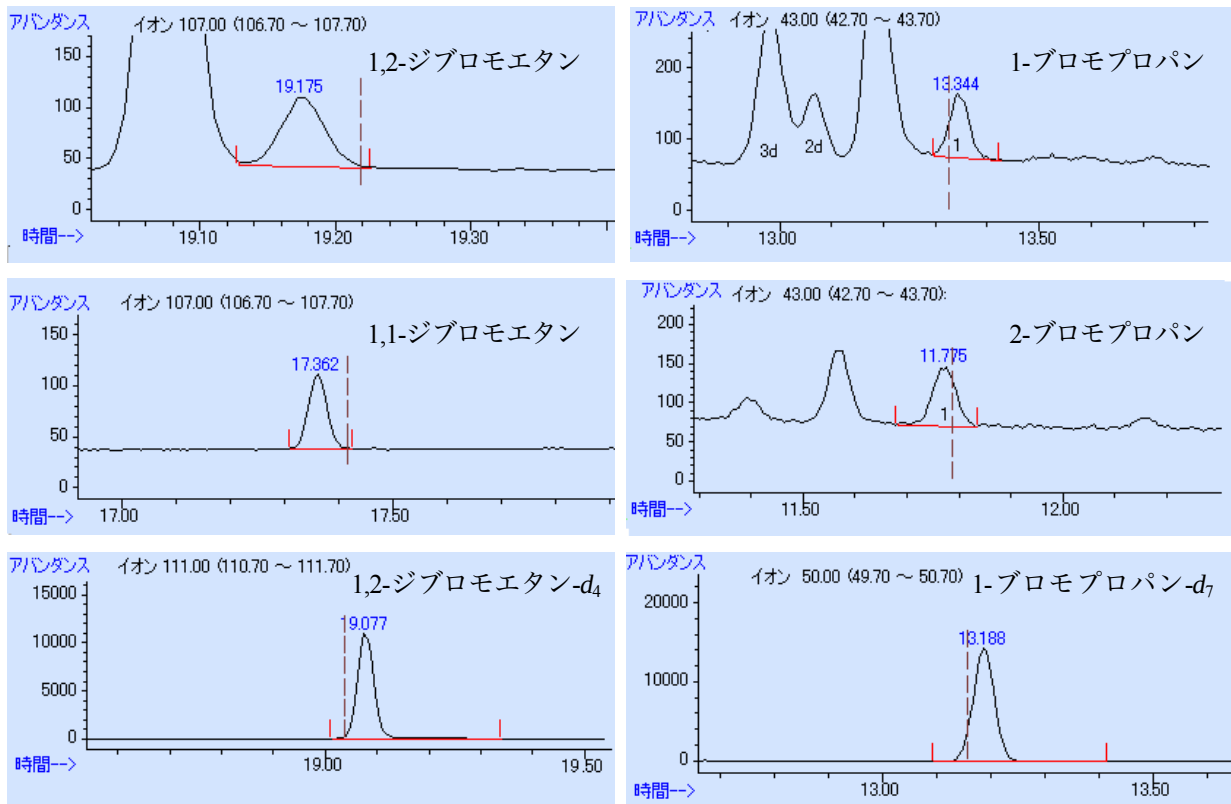


図1 IDL 測定時のクロマトグラム
(0.00500 ng/mL、内標準：0.500 ng/mL)

(注3) MDL 及び MQL は、「化学物質環境実態調査実施の手引き」(平成 21 年 3 月)により、表 4 のとおり算出した。

表 4 MDL 及び MQL の算出結果

物質名	1,2-ジブロモ エタン	1-ブロモ プロパン	1,1-ジブロ モエタン	2-ブロモ プロパン
試料	河川水	河川水	河川水	河川水
試料量 (mL)	25.0	25.0	25.0	25.0
標準添加量 (ng)	0.250	0.250	0.250	0.250
試料換算濃度 (μg/L)	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100
操作ブランク平均 (μg/L) ^{*1}	ND	ND	ND	ND
無添加平均 (μg/L) ^{*2}	ND	ND	ND	ND
結果 1 (μg/L)	0.00950	0.0102	0.0100	0.0106
結果 2 (μg/L)	0.0110	0.00840	0.0110	0.0107
結果 3 (μg/L)	0.00940	0.00978	0.0104	0.0109
結果 4 (μg/L)	0.00985	0.0109	0.0100	0.0116
結果 5 (μg/L)	0.0101	0.0104	0.0104	0.0106
結果 6 (μg/L)	0.0115	0.0105	0.0117	0.0106
結果 7 (μg/L)	0.00884	0.00951	0.00957	0.0100
平均値 (μg/L)	0.01003	0.009959	0.01046	0.01073
標準偏差 (μg/L)	0.000938	0.000831	0.000723	0.000463
MDL (μg/L) ^{*3}	0.0037	0.0032	0.0028	0.0018
MQL (μg/L) ^{*4}	0.0094	0.0083	0.0072	0.0046
S/N 比	20	9	20	10
CV (%)	9.4	8.3	6.9	4.3

*1 操作ブランク：試料マトリクスのみがない状態で他は同様の操作を行い測定した値の平均値 (n = 2)

*2 無添加平均：MDL 算出用試料に標準を添加していない状態で含まれる濃度の平均値 (n = 2)

*3 $MDL = t(n - 1, 0.05) \times \sigma_{n-1} \times 2$

*4 $MQL = \sigma_{n-1} \times 10$

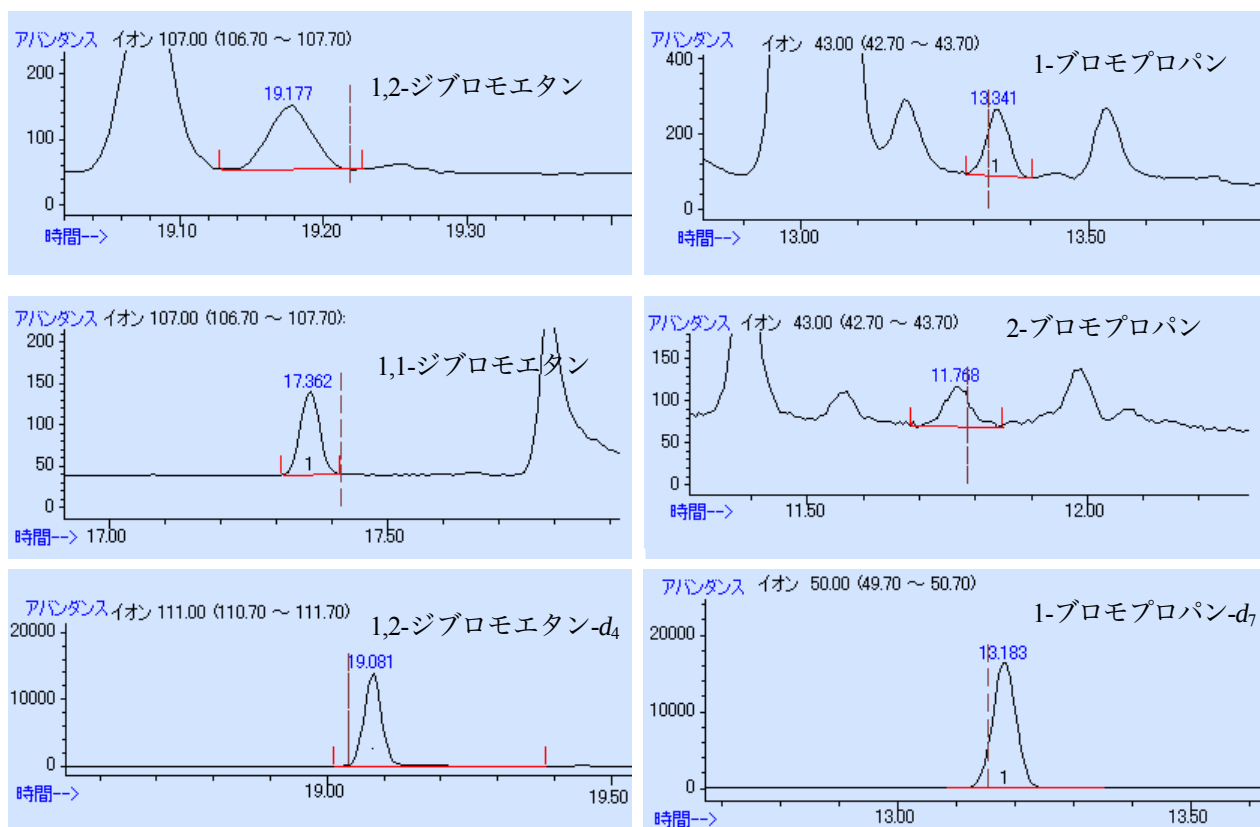
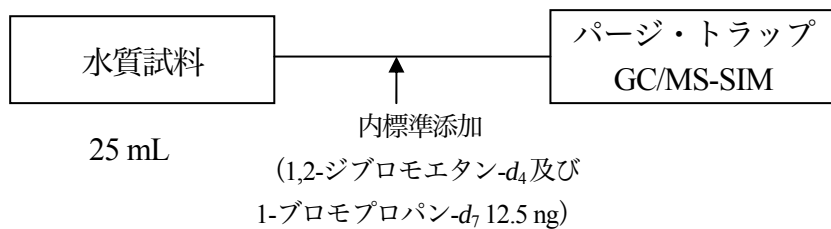


図2 MDL 測定時のクロマトグラム
(0.0100 ng/mL、内標準：0.500 ng/mL)

§2 解説

【分析法】

〔フローチャート〕



〔検量線〕

検量線を図 3-1 及び 3-2 に、検量線作成用データを表 5-1 及び表 5-2 に示す。

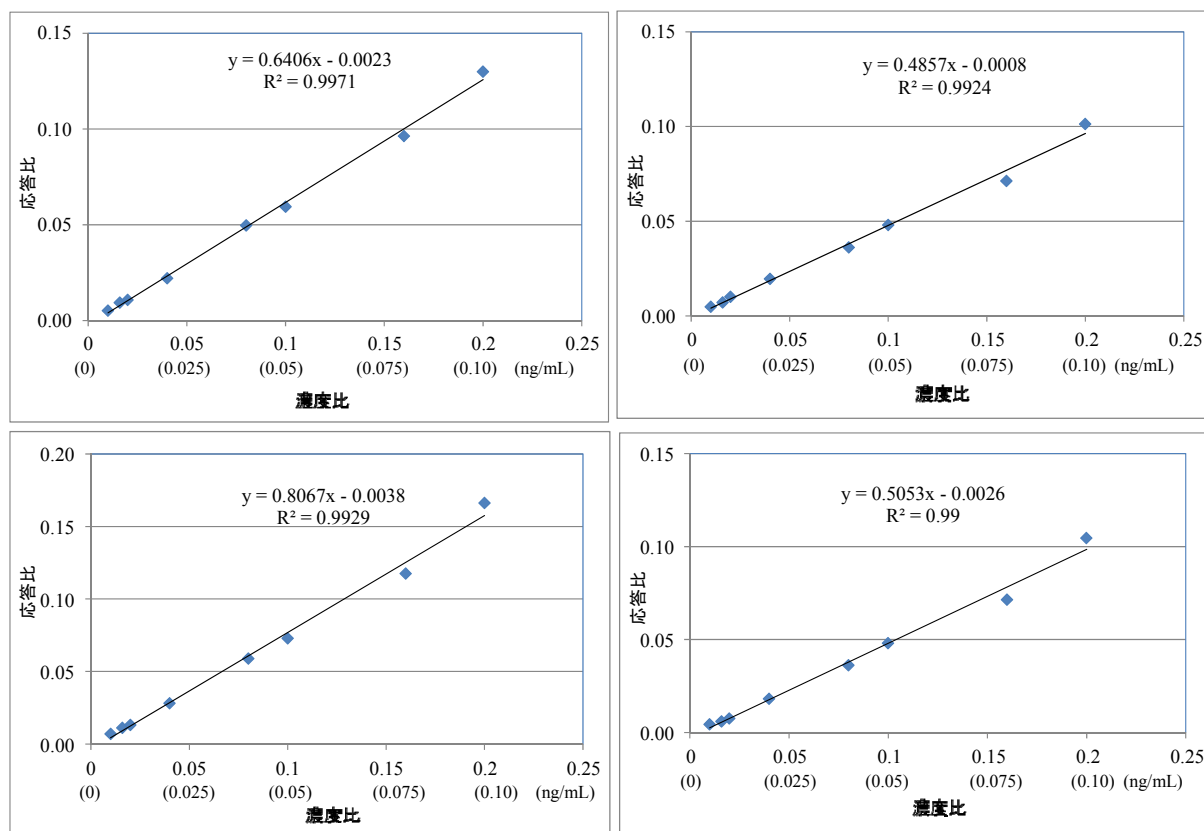


図 3-1 検量線

左上段：1,2-ブロモエタン (0.00500 ～ 0.100 ng/mL) 内標準物質：1,2-ジブロモエタン- d_4

左下段：1,1-ブロモエタン (0.00500 ～ 0.100 ng/mL) (0.50 ng/mL)

右上段：1-ブロモプロパン (0.00500 ～ 0.100 ng/mL) 内標準物質：1-ブロモプロパン- d_7

右下段：2-ブロモプロパン (0.00500 ～ 0.100 ng/mL) (0.50 ng/mL)

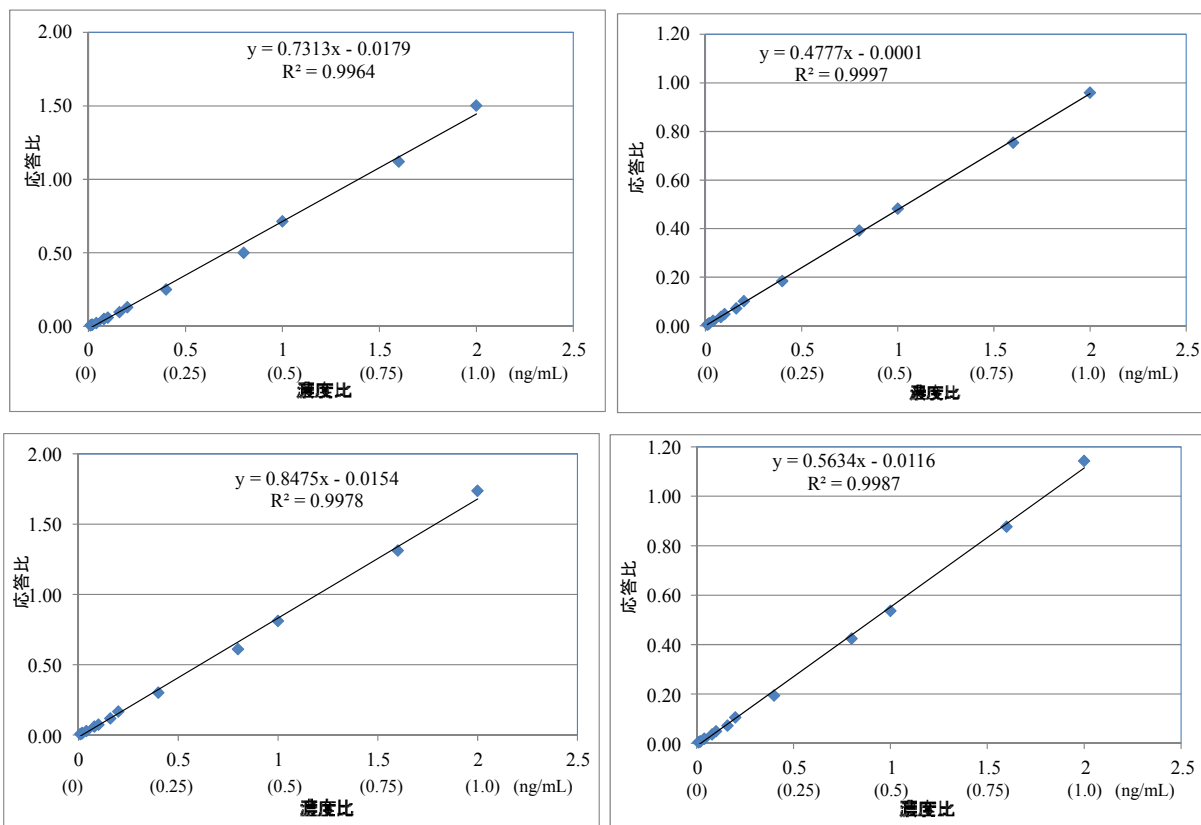


図 3-2 検量線

左上段：1,2-ブロモエタン (0.00500 ～ 1.00 ng/mL) 内標準物質：1,2-ジブロモエタン- d_4
 左下段：1,1-ブロモエタン (0.00500 ～ 1.00 ng/mL) (0.50 ng/mL)

右上段：1-ブロモプロパン (0.00500 ～ 1.00 ng/mL) 内標準物質：1-ブロモプロパン- d_7
 右下段：2-ブロモプロパン (0.00500 ～ 1.00 ng/mL) (0.50 ng/mL)

表 5-1 検量線作成用データ

濃度比	標準液濃度 (ng/mL)	応答値			応答比	
		1,2-ジブロ モエタン ($m/z=107$)	1,1-ジブロ モエタン ($m/z=107$)	内標準 (1,2-ジブ ロモエタ ン- d_4) ($m/z=111$)	1,2-ジブ ロモエタ ン	1,1-ジブロ モエタン
0.01	0.00500	1959	2615	381968	0.005	0.007
0.016	0.00800	3508	4211	379082	0.009	0.011
0.02	0.0100	4063	4940	378327	0.011	0.013
0.04	0.0200	8137	10333	369325	0.022	0.028
0.08	0.0400	18267	21661	367888	0.050	0.059
0.10	0.0500	21598	26515	363916	0.059	0.073
0.16	0.0800	34527	42146	358645	0.096	0.12
0.20	0.100	46242	59182	356168	0.13	0.17
0.40	0.200	88420	106730	354043	0.25	0.30
0.80	0.400	181072	221390	362099	0.50	0.61
1.00	0.500	259266	294734	363536	0.71	0.81
1.60	0.800	410648	480837	366495	1.12	1.31
2.00	1.00	545793	631448	363657	1.50	1.74

表 5-2 検量線作成用データ

濃度比	標準液濃度 (ng/mL)	応答値			応答比	
		1-ブロモ プロパン ($m/z=43$)	2-ブロモ プロパン ($m/z=43$)	内標準 (1-ブロモ プロパン- d_7) ($m/z=50$)	1-ブロモ プロパン	2-ブロモ プロパン
0.01	0.0050	2071	2274	475338	0.004	0.005
0.016	0.0080	2755	3257	462931	0.006	0.007
0.02	0.010	3538	4731	474925	0.007	0.010
0.04	0.020	8195	8813	452406	0.018	0.019
0.08	0.040	16126	16110	446857	0.036	0.036
0.10	0.050	20757	20730	432099	0.048	0.048
0.16	0.080	30650	30592	429416	0.071	0.071
0.20	0.10	44656	43301	427288	0.11	0.10
0.40	0.20	81732	78005	423727	0.19	0.18
0.80	0.40	178355	164758	420452	0.42	0.39
1.00	0.50	223002	200318	415927	0.54	0.48
1.60	0.80	358394	307849	408710	0.88	0.75
2.00	1.0	454615	381612	397747	1.14	0.96

〔マススペクトル〕

標準物質のマススペクトルを図4に示す。

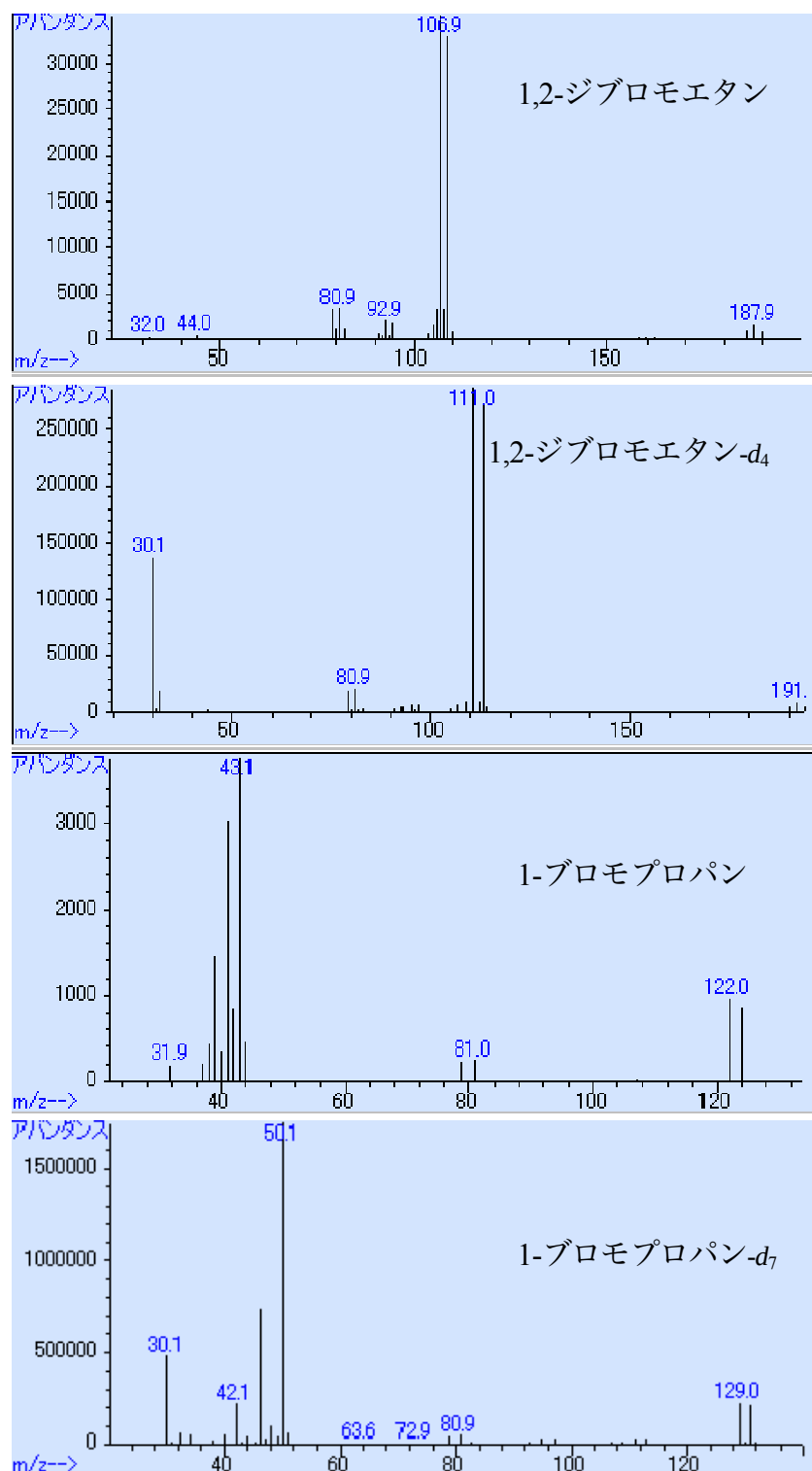


図4 標準物質のマススペクトル

〔操作ブランク試験〕

操作ブランク試験の結果を示す。

表6 操作ブランク試験結果

物質名	1,2-ジブロモ エタン	1-ブロモ プロパン	1,1-ジブロモ エタン	2-ブロモ プロパン
試験数	3	3	3	3
検出濃度 (ng/L)	ND	ND	ND	ND

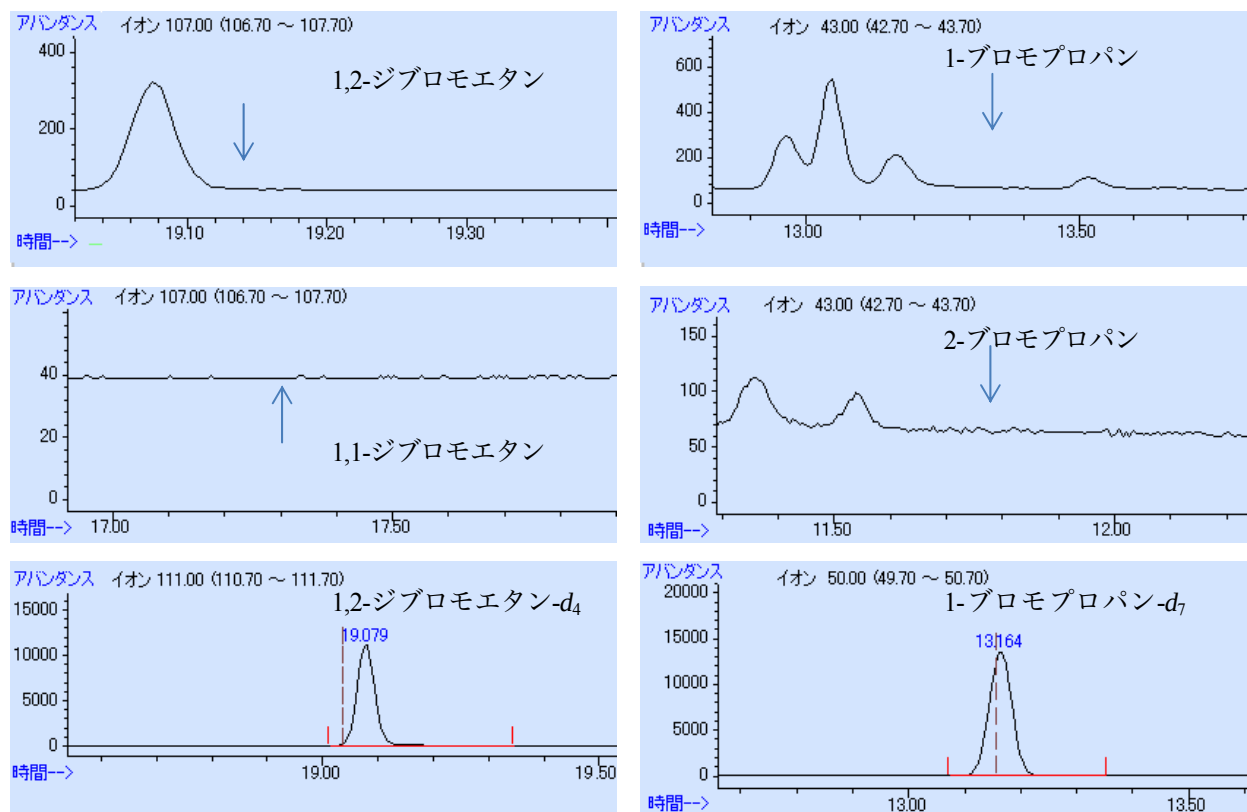


図5 操作ブランクのクロマトグラム

〔添加回収試験〕

水道水、排水（ゴルフ場排水）、河川水及び海水（A 類型）に標準物質を添加して【試料の前処理及び試験液の調製】に従い操作し、無添加試料の結果を差し引いて回収率を算出した。以下に添加回収試験結果を示す。

表 7-1 添加回収実験結果（1,2-ジブロモエタン）

試料名	試料量 (mL)	添加量 (ng)	試験数	検出濃度 (ng/mL)	回収率 (%)	CV (%)
水道水	25.0	無添加	2	ND	-	-
		0.25	5	0.0096	96	8.1
		2.5	5	0.093	93	6.3
排 水	25.0	無添加	2	ND	-	-
		0.25	5	0.010	103	5.4
		2.5	5	0.097	97	8.6
河川水	25.0	無添加	2	ND	-	-
		0.25	7	0.010	100	9.3
		1.25	4	0.060	119	7.2
海 水	25.0	無添加	2	ND	-	-
		0.25	5	0.010	102	10
		2.5	5	0.10	103	8.7

表 7-2 添加回収実験結果（1-ブロモプロパン）

試料名	試料量 (mL)	添加量 (ng)	試験数	検出濃度 (ng/mL)	回収率 (%)	CV (%)
水道水	25.0	無添加	2	ND	-	-
		0.25	5	0.0098	98	12
		2.5	5	0.085	85	8.8
排 水	25.0	無添加	2	ND	-	-
		0.25	5	0.011	106	6.6
		2.5	5	0.096	96	9.1
河川水	25.0	無添加	2	ND	-	-
		0.25	7	0.010	100	8.3
		1.25	4	0.047	94	12
海 水	25.0	無添加	2	ND	-	-
		0.25	5	0.011	108	9.9
		2.5	5	0.097	97	9.0

表 7-3 添加回収実験結果 (1,1-ジブロモエタン)

試料名	試料量 (mL)	添加量 (ng)	試験数	検出濃度 (ng/mL)	回収率 (%)	CV (%)
水道水	25.0	無添加	2	ND	-	-
		0.25	5	0.0086	86	11
		2.5	5	0.10	104	10
排 水	25.0	無添加	2	ND	-	-
		0.25	5	0.011	105	7.4
		2.5	5	0.10	104	10
河川水	25.0	無添加	2	ND	-	-
		0.25	7	0.010	105	6.9
		1.25	4	0.056	111	9.0
海 水	25.0	無添加	2	ND	-	-
		0.25	5	0.010	103	11
		2.5	5	0.10	101	10

表 7-4 添加回収実験結果 (2-ブロモプロパン)

試料名	試料量 (mL)	添加量 (ng)	試験数	検出濃度 (ng/mL)	回収率 (%)	CV (%)
水道水	25.0	無添加	2	ND	-	-
		0.25	5	0.013	133	13
		2.5	5	0.081	81	7.2
排 水	25.0	無添加	2	ND	-	-
		0.25	5	0.012	121	8.5
		2.5	5	0.081	81	9.2
河川水	25.0	無添加	2	ND	-	-
		0.25	7	0.011	107	4.3
		1.25	4	0.052	104	11
海 水	25.0	無添加	2	ND	-	-
		0.25	5	0.011	110	10
		2.5	5	0.87	87	6.7

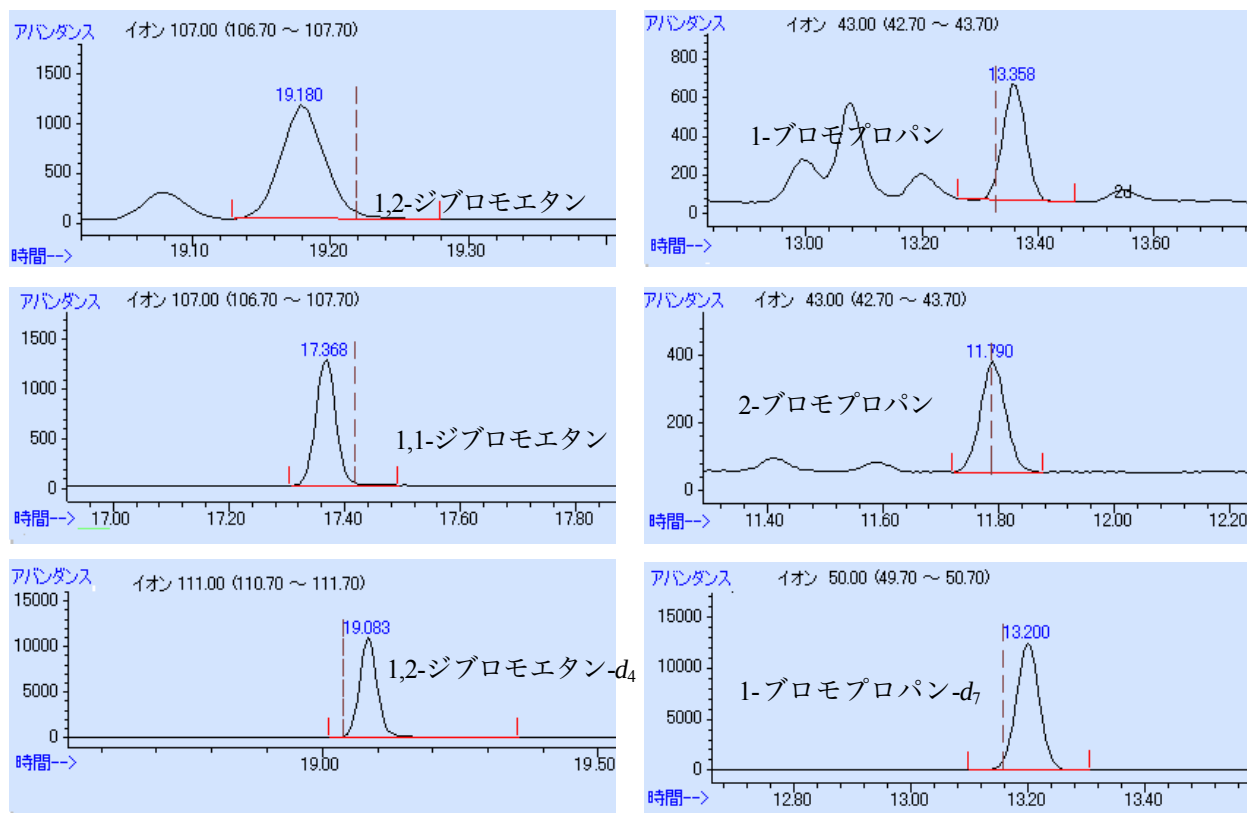


図 6-1 添加回収試験（海水）のクロマトグラム（添加量 2.5 ng）

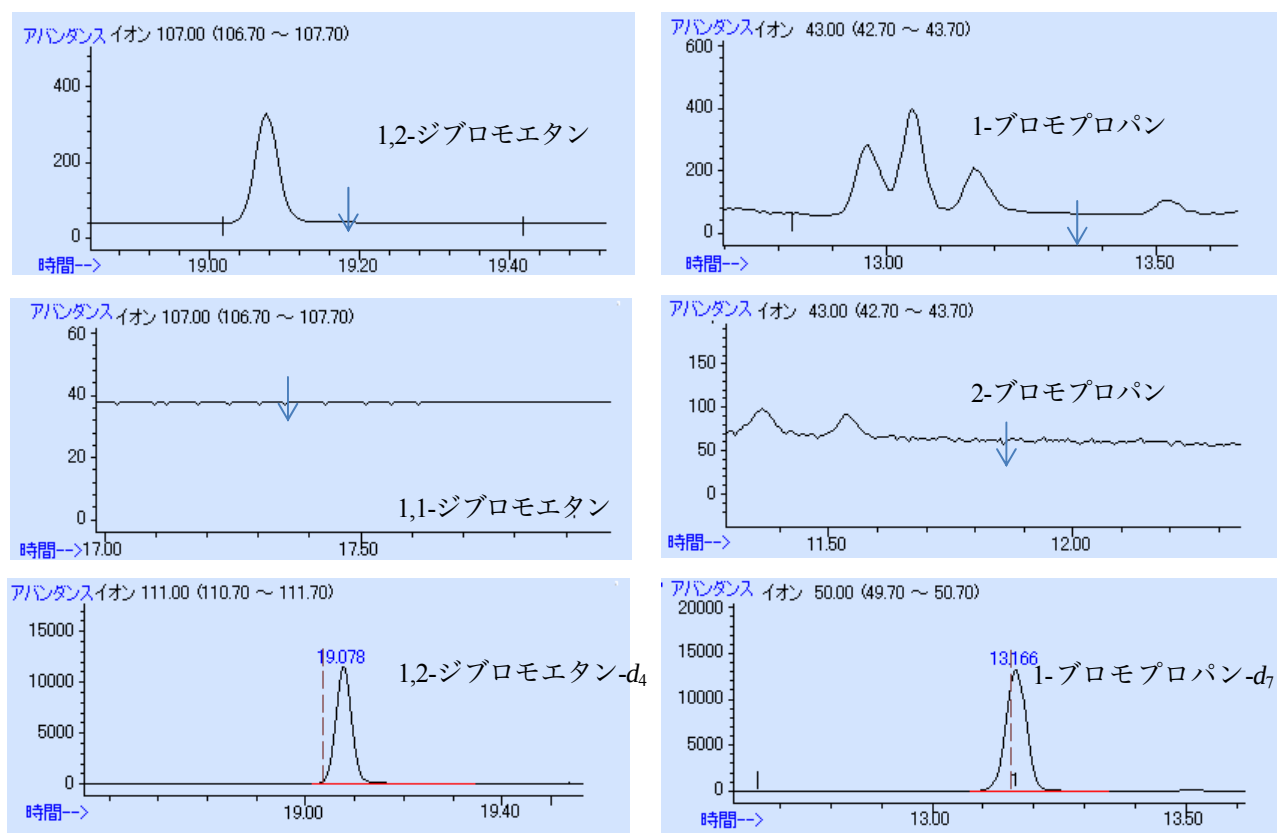


図 6-2 添加回収試験（海水）のクロマトグラム（無添加）

〔分解性スクリーニング試験〕

精製水の pH を調整し、各物質の設定濃度が 0.10 ng/mL になるように標準物質を添加して、分解性スクリーニング試験を行った。結果を表 8-1 ～ 8-4 に示す。7 日後の 2-ブロモプロパンの残存率が 35% と非常に小さかった。

表 8-1 分解性スクリーニング試験結果 (1,2-ジブロモエタン)

pH	初期濃度 (ng/mL)	1 時間後残存率 (%)	7 日後の残存率 (%)	
			暗所	明所
5	0.10	98	102	-
7	0.10	102	95	94
9	0.10	101	98	-

表 8-2 分解性スクリーニング試験結果 (1-ブロモプロパン)

pH	初期濃度 (ng/mL)	1 時間後残存率 (%)	7 日後の残存率 (%)	
			暗所	明所
5	0.10	98	127	-
7	0.10	105	115	98
9	0.10	103	110	-

表 8-3 分解性スクリーニング試験結果 (1,1-ジブロモエタン)

pH	初期濃度 (ng/mL)	1 時間後残存率 (%)	7 日後の残存率 (%)	
			暗所	明所
5	0.10	96	98	-
7	0.10	103	97	96
9	0.10	102	98	-

表 8-4 分解性スクリーニング試験結果 (2-ブロモプロパン)

pH	初期濃度 (ng/mL)	1 時間後残存率 (%)	7 日後の残存率 (%)	
			暗所	明所
5	0.10	94	96	-
7	0.10	95	107	35
9	0.10	108	131	-

〔保存性試験〕

標準液を冷蔵保存し、1 か月後に測定した。その結果、1-および 2-ブロモプロパンの濃度低下が見られた。

表 9 保存性試験結果（残存率、%）

初期濃度 ($\mu\text{g/mL}$)	1,2-ジブロモ エタン	1-ブロモ プロパン	1,1-ジブロモ エタン	2-ブロモ プロパン
0.20	91	79	89	74
10	105	86	97	86

〔環境試料の分析例〕

河川水、海水について測定した結果、いずれの物質も検出しなかった。

【評価】

本法は、環境水中の 1,2-ジブロモエタン及び 1-ブロモプロパンの MDL が 0.0037 ng/L、0.0032 ng/L、MQL が 0.0094 ng/L、0.0083 ng/L であり、河川水等を用いた添加回収試験での回収率は、93 ～ 119 % (変動係数 5.4 ～ 10%) 及び 85 ～ 108% (変動係数 6.6 ～ 12%) であった。大阪市内の河川水について測定を行ったところ、1,2-ジブロモエタン及び 1-ブロモプロパンともに MDL 未満であった。これらのことから、本法は環境水中の 1,2-ジブロモエタン及び 1-ブロモプロパンの定量分析に適応できる。

【担当者連絡先】

所属先名称：大阪府環境農林水産総合研究所

所属先住所：〒537-0025 大阪市東成区中道 1-3-62

TEL：06-6972-5865 FAX：06-6972-7695

担当者名：上堀 美知子

E-mail：UeboriMi@mboxepcc.pref.osaka.jp

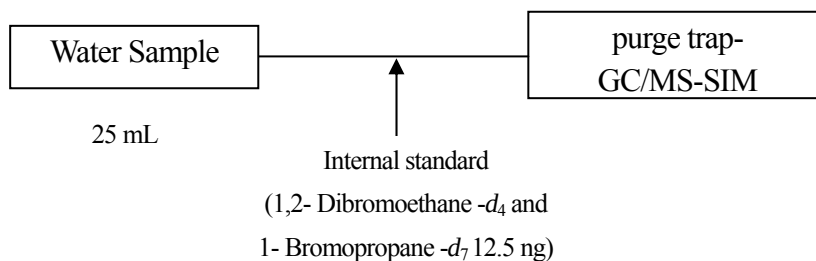
1, 2-Dibromoethane

1-Bromopropane

This method provides procedures for the determination of 1, 2-dibromoethane and 1-bromopropane in water samples by purge trap-gas chromatography/mass spectrometry.

The method detection limit (MDL) and the method quantification limit (MQL) are 0.0037 ng/L and 0.0094 ng/L (1, 2-dibromoethane), 0.0032 ng/L and 0.0083 ng/L (1-bromopropane), respectively.

The averages of recoveries ($n = 5 - 7$) from 0.25 ng and 2.5 ng added to environmental water samples were 93 - 119% (1, 2-dibromoethane), 85 - 108% (1-bromopropane) and their relative standard derivations were 5.4 - 10% (1, 2-dibromoethane), 6.6 - 12% (1-bromopropane), respectively.



物質名	分析法フローチャート	備 考
[1] 1,2-ジブロモ エタン [2] 1, ブロモ プロパン	水質試料 25 mL パージ・トラップ GC/MS-SIM 内標準添加 (1,2-ジブロモエタン-d₄ 及び 1-ブロモプロパン-d₇ 12.5 ng)	分析原理： GC/MS-SIM 検出下限値： 【水質】(ng/L) [1] 0.0037 [2] 0.0032 分析条件： 機器 GC：HP6890N MS：5975B MS カラム J&W DB-624 (60 m×250 μm, 1.40 μm)