

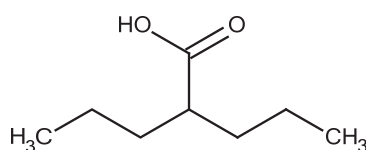
バルプロ酸

Valproic acid

別名：2-プロパン-1-イルペンタン酸

2-Propan-1-ylpentanoic acid

【対象物質の構造】



CAS 番号：99-66-1

分子式：C₈H₁₆O₂

【物理化学的性状】

物質名	分子量 (モノアイソトピック質量)	融点 (°C)	沸点 (°C)	比重 (g/cm ³)	水溶解度 (g/L)	log P _{ow}	pKa
バルプロ酸	144.21144 ¹⁾ (144.1150)	120- 130 ²⁾	219.5 ²⁾	0.907 ³⁾	2.0 ²⁾	2.75 ²⁾	4.6 ²⁾

【毒性、用途】

〔毒性〕²⁾急性毒性 マウス（経口）LD₅₀：1098 mg/kg、ラット（経口）：670 mg/kg

〔用途〕

医薬原料¹⁾

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) U.S. National Center for Biotechnology Information's PubChem system
- 3) Sigma-Aldrich MSDS

§1 分析法

(1) 分析法の概要

水質試料を pH 3 に調整した後、固相カートリッジに通水し、ジクロロメタンで溶出する。溶出液を脱水濃縮後、ヘキサンに転溶し、シリカカートリッジで精製する。*N*-メチル-*N*-*tert*-ブチルジメチルシリルトリフルオロアセトアミド (MTBSTFA)により *tert*-ブチルジメチルシリル(*tert*-BDMS)誘導体化（注 1）後、シリンジスパイク内標準（以下「内標準」という）を添加し、GC/MS-SIM で定量する。

(2) 試薬・器具

【試薬】（注 2）

バルプロ酸	: SIGMA-ALDRICH 製(99.9%)
ナフタレン- <i>d</i> ₈	: 富士フイルム和光純薬製 環境分析用(98%)
MTBSTFA (<i>N</i> -メチル- <i>N</i> - <i>tert</i> -ブチルジメチルシリルトリフルオロアセトアミド)	: SIGMA-ALDRICH 製(>97%)
アセトン、ヘキサン、ジクロロメタン、メタノール	: 富士フイルム和光純薬製 残留 農薬・PCB 試験用 (5000 倍濃縮)
無水硫酸ナトリウム	: 富士フイルム和光純薬製 残留農薬・PCB 試験用
固相カートリッジ	: Waters 製 Sep-Pak Plus PS-2
シリカカートリッジ	: SUPELCO 製 Supelclean LC-Si
塩酸	: 富士フイルム和光純薬製 精密 分析用
精製水	: Milli-Q 水

【標準液の調製】

〔標準原液〕

バルプロ酸を正確に 10.0 mg 量り取り、アセトンで 100 mL とし 100 µg/mL の標準原液を調製する。

〔内標準液〕

ナフタレン-*d*₈ を正確に 10.0 mg 量り取り、ヘキサンで 20 mL とし 500 µg/mL

の内標準原液を調製する。これをヘキサンで正確に希釈し、0.50 µg/mL の内標準液を調製する。

〔検量線用標準液〕

標準原液をヘキサンで順次希釈し、1.5～50 ng/mL の濃度範囲の標準液を調製する。1.5～50 ng/mL の標準液各 0.5 mL を GC バイアルビンに取り、MTBSTFA を 50 µL 加え、蓋をして軽く振り、室温で 30 分間静置する。反応終了後、0.50 µg/mL の内標準液を 10 µL 添加したものを試験液とする。

【器具】

コンセントレーター、吸引マニホールド、マイクロシリンジ（注 3）

ガラス器具は、洗剤で洗浄、精製水ですすぎ乾燥後、さらにアセトン、ヘキサンで洗浄し乾燥させる。また、JIS R 3505 に記載のクラス A のガラス器具を使用する。

(3) 分析法

【試料の採取及び保存等】

環境省「化学物質環境実態調査実施の手引き」（平成 28 年 3 月）の「試料の採取及び検体の調製等」に従う。

【試料の前処理及び試験液の調製】

試料 100 mL を塩酸(1+11)で pH 3 に調整し、あらかじめコンディショニングした固相カートリッジ（注 4）にコンセントレーターを用いて 10 mL/min で通水後、固相カートリッジを精製水 10 mL で洗浄し、吸引マニホールドを用いて約 1 時間吸引乾燥する。乾燥後、ジクロロメタン 5 mL でスピッツ管に溶出して、無水硫酸ナトリウム 2 g を加えて脱水する。液相を別のスピッツ管に移し、窒素気流下で 0.1 mL 程度まで濃縮後、すみやかにヘキサンで 1 mL に溶解し、粗抽出液とする。あらかじめコンディショニングしたシリカカートリッジ（注 5）に、粗抽出液を負荷し、ジクロロメタン/ヘキサン(3:7) 10 mL で洗浄した後、ジクロロメタン/ヘキサン(7:3) 10 mL で溶出する。この溶出液を窒素気流下で 0.1 mL 程度まで濃縮し、ヘキサンで 0.5 mL に定容する。MTBSTFA を 50 µL 加え、蓋をして軽く振り、室温で 30 分間静置する。反応終了後、0.50 µg/mL の内標準液を 10 µL 添加したものを試験液とする。

【空試験液の調製】

試料水と同量の精製水を用い、【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】

〔GC/MS 条件〕

使用機種	: GC : ThermoFisher Scientific 製 TRACE GC ULTRA MS : ThermoFisher Scientific 製 TSQ QUANTUM	
使用カラム(誘導体化)	: Agilent 製 DB-5MS 30 m × 0.25 mm, 0.25 μm	
カラム温度	: 40°C (2 min) → 10°C/min → 300°C (5 min)	
試料導入方法	: スプリット (スプリット比 50 : 1) (注 6)	
注入口温度	: 230°C	
キャリアーガス	: He 1.0 mL/min (定流量モード)	
試料注入量	: 1 μL	
インターフェース温度	: 280°C	
イオン化法	: EI	
イオン源温度	: 250°C	
イオン化エネルギー	: 70 eV	
イオン化電流	: 30 μA	
検出モード	: SIM	
モニターイオン	バルプロ酸誘導体	<i>m/z</i> 201.1 (定量用)
		<i>m/z</i> 202.1 (確認用)
	ナフタレン- <i>d</i> ₈	<i>m/z</i> 136.0 (定量用)

〔検量線〕

各検量線用標準液 1 μL を GC/MS に注入し、対象物質と内標準の濃度比及び得られたピーク面積比から検量線を作成する。

〔定量〕

試験液 1μL を GC/MS に注入し、対象物質と内標準のピーク面積比から検量線により検出量を求める。

〔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)

(= 添加した内標準液の濃度 (ng/μL) × 添加した内標準液の液量 (μL))

V ：試料水量 (L)

本分析法に従った場合、以下の数値を使用する。

$Q = 5.0$ (ng)

(= 添加した内標準液の濃度 (0.50 ng/μL) × 添加した内標準液の液量 (10 μL))

$V = 0.10$ (L)

即ち、

$C = R \times 50$ (ng/L)

である。

〔装置検出下限値 (IDL)〕

本分析に用いた GC/MS の IDL を表 1 に示す (注 7)。

表 1 IDL の算出結果

物質名	IDL (pg)	試料量 (L)	最終液量 (mL)	IDL 試料換算値 (μg/L)
バルプロ酸	0.31	0.10	0.5	0.0015

〔分析方法の検出下限値 (MDL)及び定量下限値 (MQL)〕

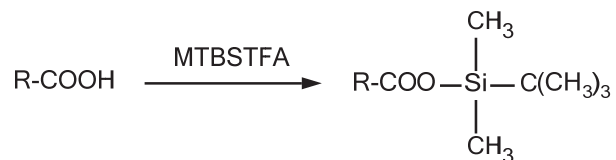
本分析方法における MDL 及び MQL を表 2 に示す (注 8)。

表 2 MDL 及び MQL の算出結果

物質名	試料量 (L)	最終液量 (mL)	MDL (μg/L)	MQL (μg/L)
バルプロ酸	0.10	0.5	0.0031	0.0080

注解

(注 1) MTBSTFA による誘導体化反応は、以下のとおりである。



(注 2) ここに示す製品は実際に使用した商品を掲げているが、これらを推奨するわけではなく、これらと同等以上の品質、性能のものを用いても問題ない。

(注 3) 精度管理ないしはバリデーションされたものを用いることを基本とし、測定誤差 2%以下となることを担保しておくことが望ましい。

(注 4) 固相カートリッジ(PS-2)は、使用前にあらかじめジクロロメタン、メタノール及び精製水の各 5 mL を順次通してコンディショニングしておく。

(注 5) シリカカートリッジ(LC-Si)は、使用前にあらかじめジクロロメタン及びジクロロメタン/ヘキサン(3:7)各 5 mL を順次通してコンディショニングしておく。

(注 6) ライナーはスプリット用を使用する。

(注 7) IDL は、「化学物質環境実態調査実施の手引き」(平成 28 年 3 月)に従って、表 3 のとおり算出した。また、図 1 に IDL 測定時のクロマトグラムを示す。

表 3 IDL の算出結果

対象物質名	バルプロ酸
試料量 (L)	0.10
最終液量 (mL)	0.5
注入液濃度 (ng/mL)	1.5
注入量 (pg)	1.5
装置注入液量 (μL)	1.0
結果 1 (pg)	1.64
結果 2 (pg)	1.62
結果 3 (pg)	1.65
結果 4 (pg)	1.59
結果 5 (pg)	1.49
結果 6 (pg)	1.61
結果 7 (pg)	1.75
平均値 (pg)	1.620
標準偏差 (pg)	0.0780
IDL (pg)*	0.31
IDL 試料換算値 (μg/L)	0.0015
S/N 比	19
CV (%)	4.9

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

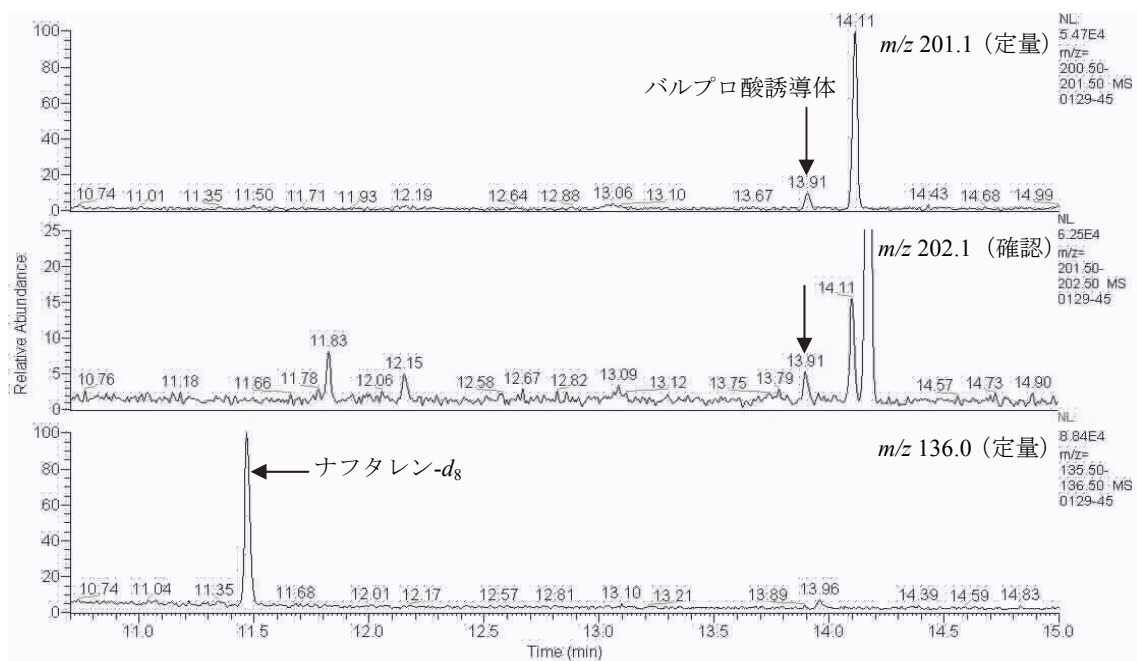


図 1 IDL 測定時(1.5 ng/mL)のクロマトグラム

(注 8) MDL 及び MQL は、「化学物質環境実態調査実施の手引き」(平成 28 年 3 月)に従って、表 4 のとおり算出した。また、図 2、3 に MDL 測定時のクロマトグラムを示す。

表 4 MDL 及び MQL の算出結果

対象物質名	バルプロ酸	回収率(%)
試料	湖水 (諏訪湖)	-
試料量 (L)	0.10	-
標準添加量 (ng)	0.80	-
試料換算濃度 (μg/L)	0.0080	-
最終液量 (mL)	0.5	-
注入液濃度 (ng/mL)	1.6	-
装置注入液量 (μL)	1.0	-
操作ブランク平均 (μg/L) ^{*1}	<0.0031	-
無添加平均 (μg/L) ^{*2}	<0.0031	-
結果 1 (μg/L)	0.00881	110
結果 2 (μg/L)	0.00846	106
結果 3 (μg/L)	0.00803	100
結果 4 (μg/L)	0.00768	96
結果 5 (μg/L)	0.00828	104
結果 6 (μg/L)	0.00905	113
結果 7 (μg/L)	0.00666	83
平均値 (μg/L)	0.008140	102
標準偏差 (μg/L)	0.000797	
MDL (μg/L) ^{*3}	0.0031	
MQL (μg/L) ^{*4}	0.0080	
S/N 比	19	
CV (%)	9.8	

*1: 空試験液を測定した値の平均値 (n=2)

*2: MDL 算出用試料に標準物質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: $MQL = \sigma_{n-1} \times 10$

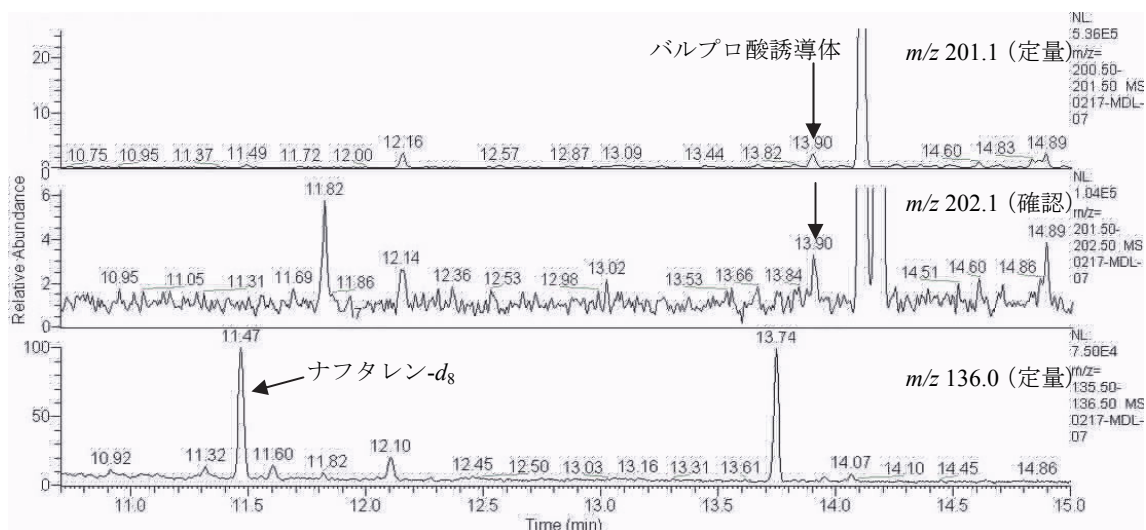


図2 MDL 測定時のクロマトグラム (湖水、試料換算濃度 0.0080 µg/L)

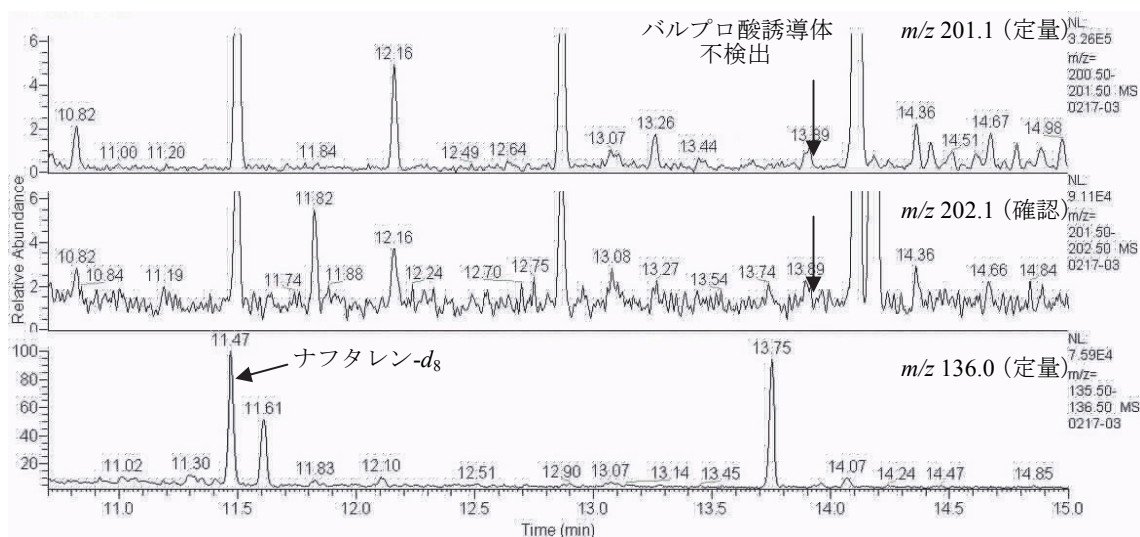


図3 MDL 測定時のクロマトグラム
(湖水、標準物質無添加)

§2 解 説

【分析法】

〔フローチャート〕

分析法のフローチャートを図 4 に示す。

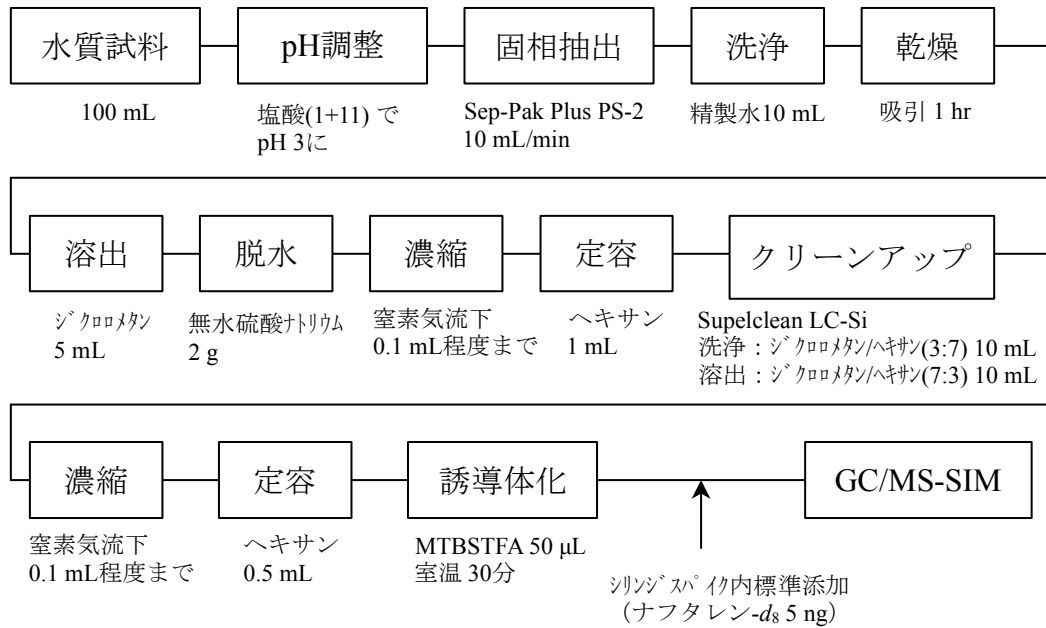


図 4 分析法のフローチャート

〔検量線〕

バルプロ酸誘導体の検量線を図 5-1 及び図 5-2 に、検量線作成用データを表 5 に示す。直線性の得られる範囲が狭いため、検量線作成範囲に注意する。

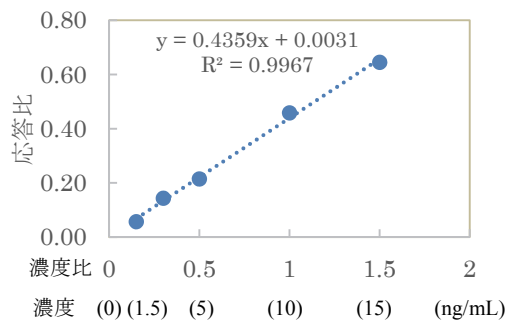


図 5-1 低濃度検量線
(1.5～15 ng/mL)

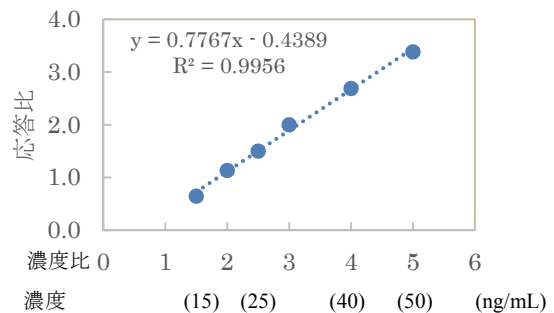


図 5-2 高濃度検量線
(15～50 ng/mL)

(内標準濃度 : 10 ng/mL)

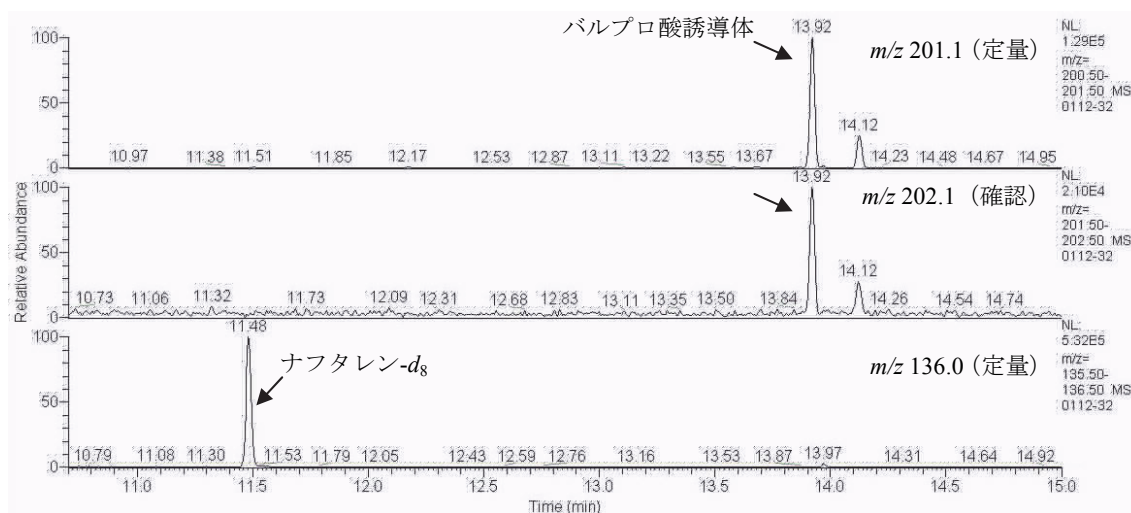
表5 検量線作成用データ

標準液濃度 (ng/mL) (C _s)	濃度比 (C _s /C _{is})	応答値		応答比 (A _s /A _{is})
		対象物質 (A _s) (m/z 201.1)	内標準 (A _{is}) (m/z 136.0)	
1.5	0.15	7891	138193	0.0571
3	0.30	20390	141988	0.1436
5	0.50	31644	147314	0.2148
10	1.0	66925	145963	0.4585
15	1.5	89810	139229	0.6451
20	2.0	158268	139733	1.1326
25	2.5	215040	143359	1.5000
30	3.0	273485	136805	1.9991
40	4.0	379520	141198	2.6879
50	5.0	461662	136503	3.3821

C_{is} : 内標準濃度 : 10 ng/mL

〔クロマトグラム〕

標準液のクロマトグラムを図6に示す。

図6 バルプロ酸誘導体（標準液濃度 50 ng/mL）
及びナフタレン-*d*₈のクロマトグラム

[マススペクトル]

バルプロ酸誘導体及びナフタレン- d_8 のマススペクトルを図7及び図8に示す。

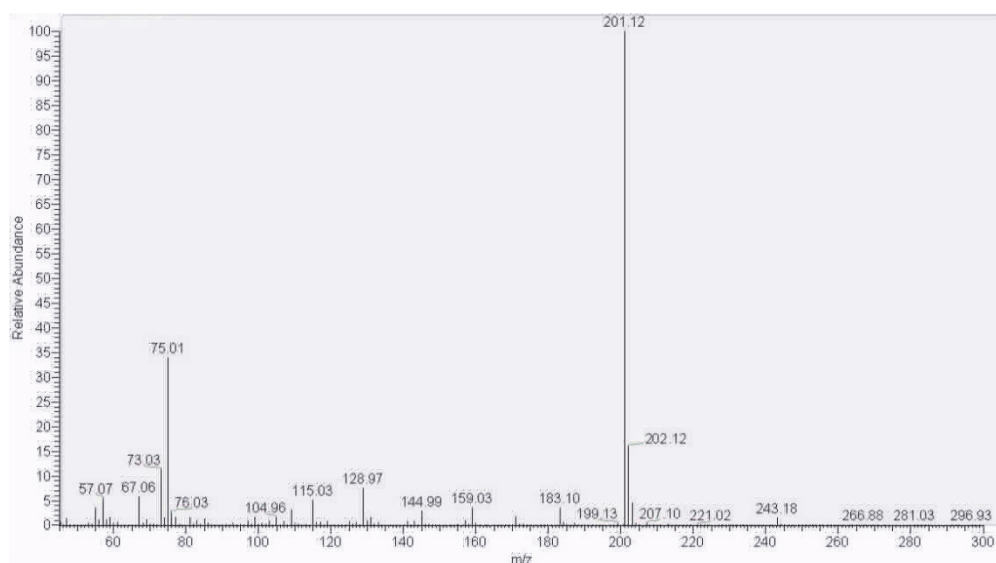


図7 バルプロ酸誘導体（標準液濃度 1 $\mu\text{g/mL}$ ）のマススペクトル

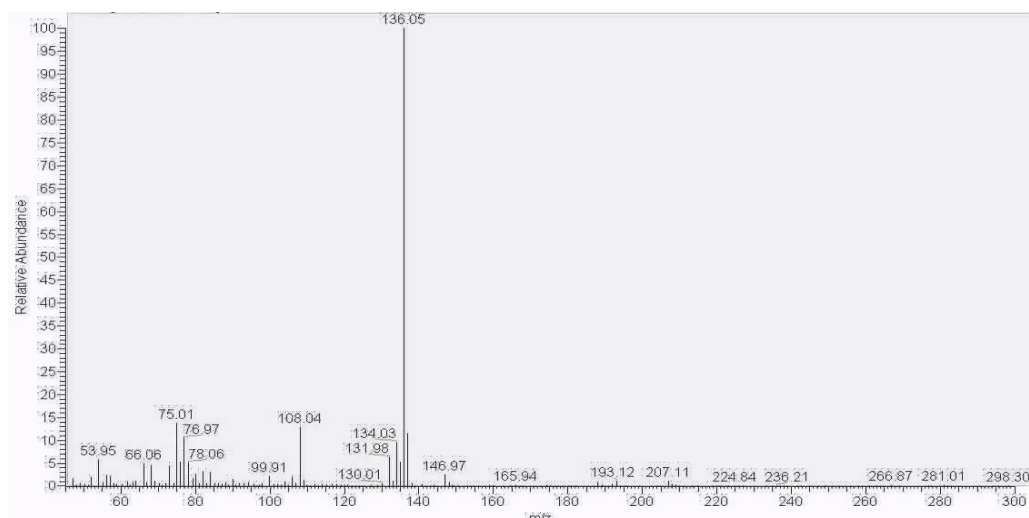


図8 ナフタレン- d_8 （内標準濃度 1 $\mu\text{g/mL}$ ）のマススペクトル

〔操作ブランク〕

精製水を用いた操作ブランク試験(n=2)のクロマトグラムを図 9 に示す。操作ブランク試料から対象物質は検出されなかった。

スプリットレス分析で、誘導体化試薬 MTBSTFA (1% *tert*-BDMCS 添加) を用いると操作ブランクが出現したため、誘導体化試薬 MTBSTFA を用いたスプリット分析に変更した。スプリット分析では、誘導体化試薬 MTBSTFA (1% *tert*-BDMCS 添加) を用いても問題はないがブランクの確認を行うことが望ましい。

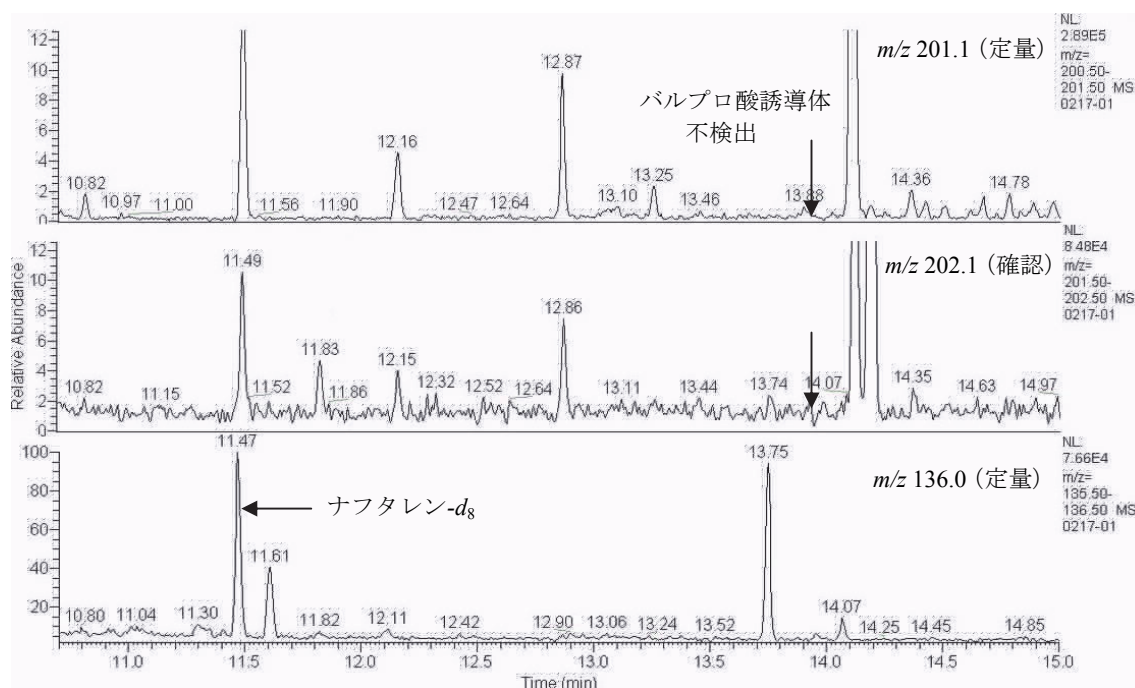


図 9 操作ブランクのクロマトグラム

〔添加回収試験〕

精製水、湖水（諏訪湖）及び海水（直江津港）への添加回収試験結果を表 6 に、湖水のクロマトグラムを図 2 及び図 3 に、海水のクロマトグラムを図 10 及び図 11 に示す。湖水、海水とも pH3 に調整後抽出し、良好な回収率を得た。

表 6 添加回収試験結果

試料	試料量 (相当量) (L)	添加量 (ng)	最終 液量 (mL)	試験 数	検出 濃度 (ng/L)	回収率 (%)	変動 係数 (%)
精製水 (pH 無調整)	0.10	0.8	0.5	2	7.83	98	0.5
湖水 (pH 3)	0.10	0.0	0.5	2	<3.1	-	-
湖水 (pH 3)	0.10	0.8	0.5	7	8.14	102	9.8
湖水 (pH 無調整)	0.10	0.8	0.5	2	4.41	55	-
海水 (pH 3)	0.10	0	0.5	2	<3.1	-	-
海水 (pH 3)	0.10	9	0.5	4	82.1	91	5.9
海水 (pH 無調整)	0.10	9	0.5	2	15.2	17	-

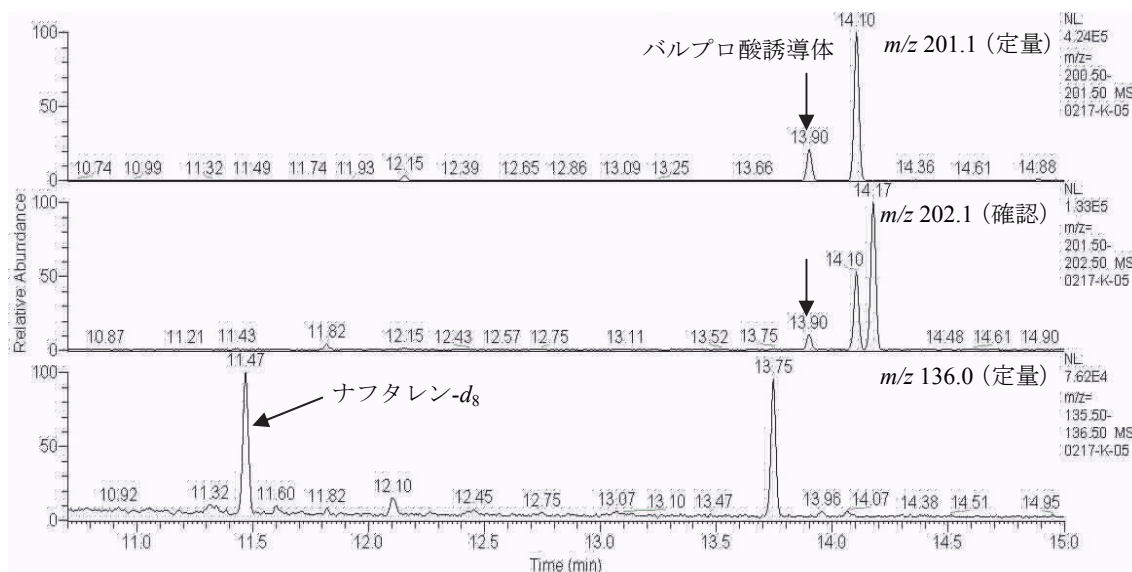


図 10 添加回収試験試料のクロマトグラム (海水、試料換算濃度 0.090 $\mu\text{g/L}$)

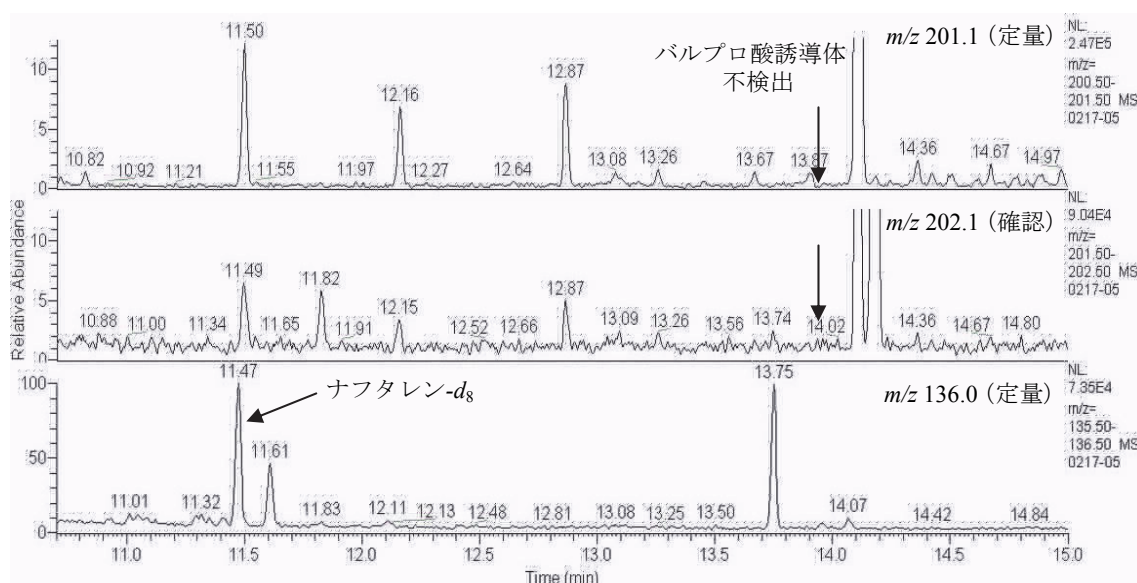


図 11 添加回収試験試料のクロマトグラム（海水、無添加）

〔分解性スクリーニング試験〕

分解性スクリーニング試験結果を表 7 に示す。全ての条件で 7 日後 90%以上残存し安定であった。

表 7 分解性スクリーニング試験結果

pH	試験数	調製濃度 ($\mu\text{g/L}$)	検出濃度($\mu\text{g/L}$) (残存率(%))*		
			1 時間放置後	7 日間放置後	
				暗所	明所
5	2	0.030	0.030 (100)	0.029 (97)	-
7	2	0.030	0.029 (98)	0.028 (94)	0.029 (96)
9	2	0.030	0.031 (103)	0.028 (95)	-

* 残存率(%): 調製濃度に対する検出濃度の割合

〔保存性試験〕

保存性試験結果を表 8 に示す。環境水の保存性試験は、各試料 100 mL に 3.0 ng の標準物質を添加し、冷暗所 (4°C) で保存し、7 日後に測定した。

保存性試験の結果、湖水及び海水の 7 日後の残存率は当日の値と同程度で分解は見られなかった。なお、標準液 (1 ヶ月後) の残存率は 100%程度であった。

表 8 保存性試験結果

試料名		試験数	調製濃度 ($\mu\text{g/L}$)	検出濃度($\mu\text{g/L}$) (残存率(%)*)		
				当日	7 日間	1 ヶ月
湖水	試料 (無調整 pH 7)	2	0.030	0.030 (101)	0.029 (95)	-
海水	試料 (無調整 pH 8)	2	0.030	0.029 (97)	0.028 (95)	-
標準液	MDL の 10 倍程度	2	0.030	-	-	0.029 (96)
	検量線最高濃度	2	0.050	-	-	0.053(106)

* 残存率(%): 調製濃度に対する検出濃度の割合

〔Sep-Pak Plus PS-2 の分画試験〕

固相カートリッジからの対象物質の溶出について、分画試験の結果を図 12 に示す。精製水に対象物質を 50 ng 添加し、固相抽出カラム Sep-Pak Plus PS-2 に通水・脱水後、ジクロロメタンで 6 mL まで溶出させた。対象物質は 2 mL までにほぼ 100%溶出された。

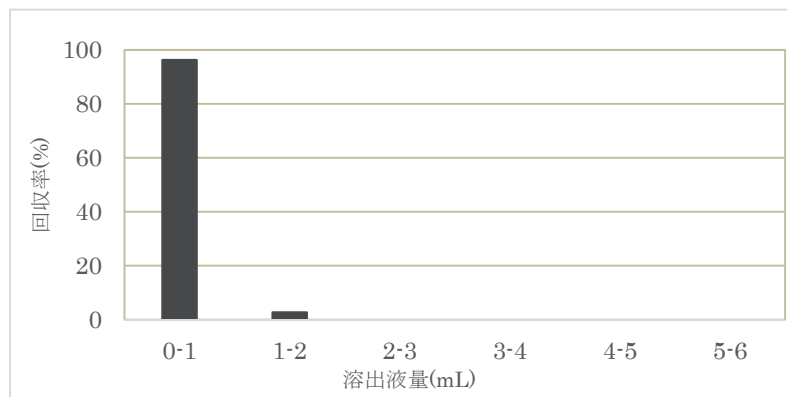


図 12 Sep-Pak Plus PS-2 からの溶出試験結果

〔クリーンアップの検討〕

シリカカートリッジによるクリーンアップを検討した。SUPELCO 製 Supelclean LC-Si に、標準液 25 ng/mL (ヘキサン溶液) 1 mL を負荷し、回収率を確認した。

前捨ての溶媒について検討するため、対象物質を負荷後、表 9 に示す溶媒 10 mL を流して回収率を確認した。ジクロロメタン/ヘキサン(2:8)またはジクロロメタン/ヘキサン(3:7)10 mL では対象物質は溶出せず、ジクロロメタン/ヘキサン(4:6)以降は 10 mL で溶出したため、前捨ての溶媒はジクロロメタン/ヘキサン

(3:7)を用いることとした。

溶出溶媒について、上記前捨て溶媒を 10 mL 流した後、前捨て溶媒よりもジクロロメタンの割合を上げた溶媒（表 10）10 mL で溶出したところ、ジクロロメタン/ヘキサン(6:4)までは回収率が 80%未満であったが、ジクロロメタン/ヘキサン(7:3) 10 mL で回収率が 102%となったためこれを溶出溶媒とした。

表 9 Supelclean LC-Si による前捨て溶媒の検討

溶媒組成	ジクロロメタン/ ヘキサン			
	2:8	3:7	4:6	5:5
回収率(%)	0	0	8	58

表 10 Supelclean LC-Si からの溶出溶媒の検討

溶媒組成	ジクロロメタン/ ヘキサン					
	4:6	5:5	6:4	7:3	8:2	9:1
回収率(%)	8	58	72	102	105	101

また、同様の条件で、ジクロロメタン/ヘキサン(7:3) による対象物質の溶出量を検討した結果を図 13 に示す。溶出パターンから溶出量は 10 mL とした。

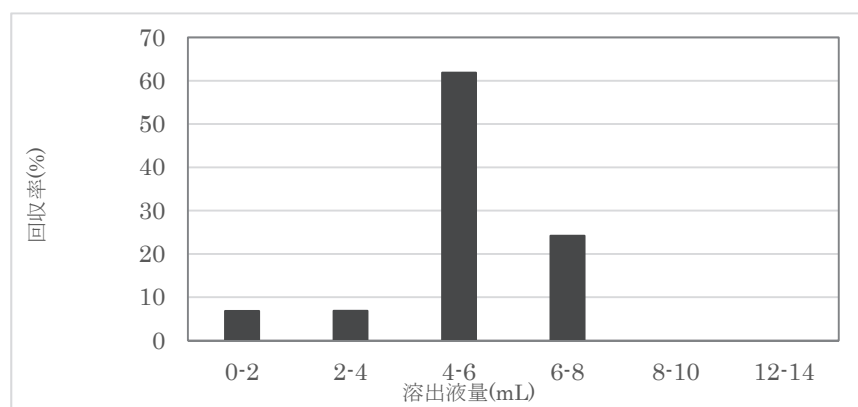


図 13 Supelclean LC-Si によるクリーンアップにおける溶出パターン（溶出：ジクロロメタン/ヘキサン(7:3)）

環境水（湖水と海水）について、Supelclean LC-Si によるクリーンアップの有無が回収率に与える影響について検討を行った（表 11）。湖水、海水とも クリーンアップは回収率に影響を与えなかった。なお、妨害ピークがなければクリ

ーンアップ操作の省略は可能である。

表 11 クリーンアップの有無による回収率

試料	クリーンアップ 操作	試験数	添加量 (ng)	検出濃度 ($\mu\text{g/L}$)	回収率 (%)
湖水	無し	1	0.8	0.00841	105
湖水	有り	7	0.8	0.00814	102
海水	無し	2	9	0.0856	95
海水	有り	4	9	0.0821	91

〔誘導体化の検討〕

誘導体化試薬(MTBSTFA)を 100 μL 添加してもバルプロ酸誘導体のピーク強度に変化はなかった。そのため、誘導体化試薬の添加量は 50 μL で足りていると考えられた。

〔環境試料の分析〕

湖水（諏訪湖）及び海水（直江津港）の環境試料からは、対象物質は検出されなかった（クロマトグラムは図 3 及び図 11 参照）。

【評価】

本法は水質中のバルプロ酸の分析に適用でき、検出下限値及び定量下限値は 0.0031 $\mu\text{g/L}$ 及び 0.0080 $\mu\text{g/L}$ であり、操作ブランクは不検出である。湖水及び海水を用いた添加回収試験の回収率は、それぞれ 102%及び 91%であった。また、環境試料（湖水及び海水）から当該物質は検出されなかった。

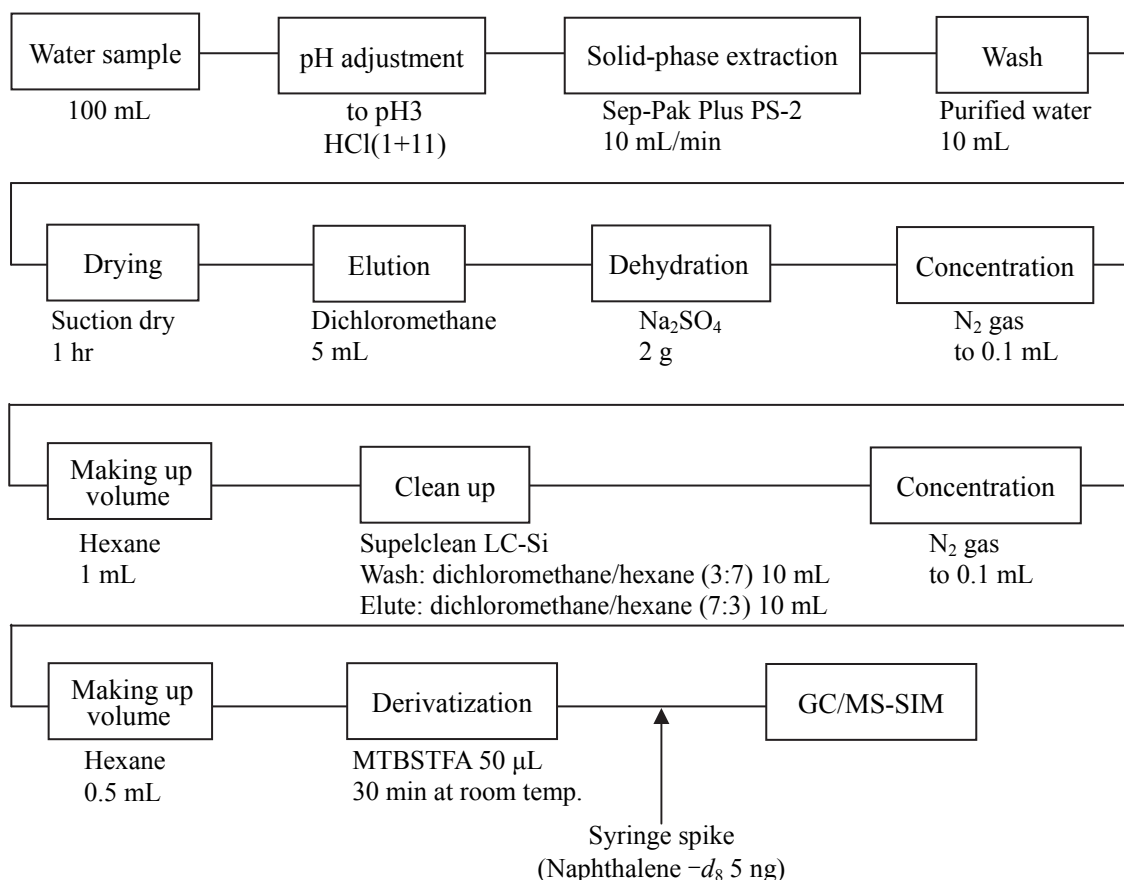
以上の結果から、本法は検量線最低濃度から換算して、0.0075 $\mu\text{g/L}$ レベルの環境試料の定量に適用できるものと判断される。

【担当者連絡先】

所属先名称 : 長野県環境保全研究所 循環型社会部
所属先住所 : 〒380-0944 長野県長野市安茂里米村 1978
TEL : 026-227-0391 FAX : 026-224-3415
担当者名 : 福田 敏之、中山 隆
E-mail : kanken-junkan@pref.nagano.lg.jp

Valproic acid

An analytical method has been developed for the determination of valproic acid in water samples by gas chromatography/mass spectrometry with selected-ion monitoring (GC/MS-SIM). A water sample (100 mL) is adjusted to pH 3 with diluted hydrochloric acid (1 in 11), and then is extracted by passing through a preconditioned solid-phase extraction cartridge (Sep-Pak Plus PS-2) at a flow rate of 10 mL/min. Then the cartridge is washed with 10 mL of purified water. After drying the cartridge by passing through air for 1 h, the analyte in the cartridge is eluted with 5 mL of dichloromethane. Eluted dichloromethane is dehydrated with anhydrous sodium sulfate. Then the dichloromethane solution is concentrated to 0.1 mL under a stream of nitrogen gas and made up volume to 1 mL with hexane. A hexane solution is applied to a preconditioned solid-phase extraction cartridge (Supelclean LC-Si) for cleanup. The LC-Si cartridge is washed with 10 mL of dichloromethane/hexane (3:7) and then eluted with 10 mL of dichloromethane/hexane (7:3). The eluate is concentrated to 0.1 mL under a stream of nitrogen gas and made up volume to 0.5 mL with hexane. A hexane solution is derivatized with MTBSTFA for 30 min at a room temperature. Then 5 ng of naphthalene-*d*₈ is spiked into the concentrate as a syringe spike. Instrumental analysis is performed by GC/MS-SIM. The method detection limit (MDL) and the method quantification limit (MQL) are 0.0031 and 0.0080 µg/L, respectively. The average of recovery (*n* = 7) of lake water spiked 0.8 ng was 102%, and the relative standard deviation was 9.8%. Similarly, the average of recovery (*n* = 5) of seawater spiked 9 ng was 91%, and the relative standard deviation was 5.9%. By using this method, valproic acid was not detected in water samples taken from the Lake Suwa and Naoetsu Port.



物質名	分析法フローチャート	備 考
バルプロ酸 別名：2-プロパン-1-イルペンタン酸	【水質】 <pre> graph LR A[水質試料 100 mL] --> B[pH調整 塩酸(1+11)で pH 3に] B --> C[固相抽出 Sep-Pak Plus PS-2 10 mL/min] C --> D[洗浄 精製水 10 mL] D --> E[乾燥 吸引 1 hr] E --> F[溶出 ジクロロメタン 5 mL] F --> G[脱水 無水硫酸ナトリウム 2 g] G --> H[濃縮 窒素気流下 0.1 mLまで] H --> I[定容 ヘキサン 1 mL] I --> J[クリーンアップ] J --> K[濃縮] K --> L[定容] L --> M[誘導体化] M --> N[GC/MS-SIM] </pre> クリーンアップ: Supelclean LC-Si 洗浄：ジクロロメタン/ヘキサン(3:7) 10 mL 溶出：ジクロロメタン/ヘキサン(7:3) 10 mL 誘導体化: MTBSTFA 50 μL 室温 30分 シンジス[®]イク内標準添加 (ナフタレン-<i>d</i>₈ 5 ng)	分析原理： GC/MS-SIM 検出下限値： 【水質】 (μ g/L) 0.0031 分析条件： 機器 GC: ThermoFisherScientific TRACE GC ULTRA MS: ThermoFisherScientific TSQ QUANTUM カラム DB-5MS 30 m $\times$ 0.25 mm, 0.25 μ m