

環境水・底質中の直鎖アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム（LAS）の分析  
Sodium *linear*-Alkylbenzenesulfonates

兵庫県立健康環境科学研究所  
古武家 善成

【構造式】



R=C<sub>10</sub>~C<sub>14</sub>

## 1. はじめに

直鎖アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウムは、4種類に大別される界面活性剤の中で陰イオン系に属し、常用されている100種類以上の界面活性剤の中でも、非イオン系のポリオキシエチレンアルキルエーテル（AE）と並び生産量の多い代表的な種類である。生産量や生態毒性の点から、AEとともにPRTR法第一種指定化学物質に指定されている。

国内では、難分解性の分岐鎖アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム（ABS）に代わり、1970年代より家庭用合成洗剤や工業用洗浄剤の主成分として多用されてきた。1990年代後半より、特に家庭用界面活性剤の生産・使用に関しては、LASの減少、AEの増加と言う傾向がみられる。2004年における国内生産量は107,000t（アルキルアリルスルフォネートとして）である。

上市製品は、直鎖のアルキル基の炭素数が10~14（C<sub>10</sub>LAS~C<sub>14</sub>LAS）の5種類の同族体を含んでおり、それぞれの同族体は、フェニルスルホン酸基がアルキル基の2位またはそれよりも内側に結合するフェニル位置異性体の混合物である。

物理化学的性状および用途を以下に示す。

## 【物理化学的性状および用途】

	分子量	融点 °C	Log Pow	水溶解度 mg/L	LD <sub>50</sub> mg/kg
直鎖アルキルベンゼン スルホン酸ナトリウム	C <sub>10</sub> LAS: 320.4	300°C<	0.45	2.0×10 <sup>5</sup>	1,260
	C <sub>11</sub> LAS: 334.4	(C <sub>12</sub> LAS)	(C <sub>12</sub> LAS)	(C <sub>12</sub> LAS)	(ラット, 経口)
	C <sub>12</sub> LAS: 348.5				(C <sub>12</sub> LAS)
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>n</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> SO <sub>3</sub> Na 上市製品: n=9~13	C <sub>13</sub> LAS: 362.5				
	C <sub>14</sub> LAS: 376.5				

	CAS-No	用途	その他
直鎖アルキルベンゼン スルホン酸ナトリウム	2211-98-5	家庭用合成洗剤,	PRTR法第一種指定化学物質 政令番号1-024
	(C <sub>12</sub> LAS)	工業用洗浄剤, 乳化剤等の主成分	
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>n</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> SO <sub>3</sub> Na 上市製品: n=9~13			

## 2. 分析法

### (1) 分析法の概要

#### 〔水質試料〕

水質試料に対してカートリッジカラムで固相抽出を行い、メタノールで溶出して LC/MS/MS-SIM 負イオンモードで定量する。MS/MS 分析の高同定能を生かして、試料量 100mL でサブ ppb レベルの LAS を定量する。

#### 〔底質試料〕

底質試料に対してメタノール抽出を行い、メタノールを濃縮した後精製水に混和し、その後は水質試料の分析法を適用する。すなわち、メタノール混和精製水をカートリッジカラムで固相抽出し、メタノールで溶出して LC/MS/MS-SIM 負イオンモードで定量する。MS/MS 分析の高同定能を生かして、底質中の ng/g-dry レベルの LAS を定量する。

### (2) 試薬・器具

#### 〔試薬〕

- ・直鎖ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム：和光純薬製 ABS 測定用
- ・ドデシルベンゼンスルホン酸（ソフト型）：東京化成製
- ・メタノール：和光純薬製 残留農薬・PCB 試験用
- ・ギ酸ナトリウム：和光純薬製 特級
- ・濃塩酸：和光純薬製 特級
- ・水酸化ナトリウム：和光純薬製 特級

- ・ Sep-Pak Plus tC18 : Waters 製 固相カートリッジカラム

〔器具〕

- ・ **Concentrator** : カートリッジカラムによる固相抽出に用いる。
- ・ 超音波洗浄器 : 超音波抽出やメタノール再溶解時に用いる。

### (3) 分析法

#### 【試料の採取および採取試料の保存】

〔水質試料〕

水質試料を精製水で洗浄したガラス瓶に採取する。分析は試料採取後速やかに実施することとするが、やむをえない場合は冷蔵保存する。その際、試料 1L に対し濃塩酸 1mL の割合で添加して酸性状態にし、LAS の生分解に対する抑制効果を高める。

〔底質試料〕

底質を採取後、現場にて孔径 2mm のステンレス篩で篩った部分を試料とし、精製水、メタノールで洗浄したガラス瓶に採取する。分析は試料採取後速やかに実施することとするが、やむをえない場合は冷凍保存する。

#### 【試料の前処理および試料液の調整】

〔水質試料〕

酸性状態で保存した場合には水酸化ナトリウム水溶液で中和（注 1）した後、孔径 1 $\mu$ m のガラス繊維ろ紙で吸引ろ過（注 2）し、その 100mL（含有量が極微量の場合は 1L）を ODS などのカートリッジカラム（注 3）で固相抽出（通水速度：15mL/min）する。精製水 10mL で洗浄後、注射筒を用いて空気で間隙水を除去しメタノール 8mL で溶出する。窒素ガスにより蒸発乾固（注 4）させた後、超音波洗浄器を用いてメタノール 1mL に再溶解・定容し、試料液とする。この試料液を LC/MS/MS-SIM 負イオンモードで定量する。

〔底質試料〕

湿泥 10g をメタノール 20mL で抽出（振とう 10 分間、超音波 5 分間）し、遠心分離（2500rpm $\times$ 5 分間）する。この操作を 2 回繰り返す。集めたメタノールを 40mL にメスアップする。その 10mL を約 1mL まで濃縮後、精製水で 100mL になるように混和する。これを ODS などのカートリッジカラム（注 3）で固相抽出（通水速度：15mL/min）する。精製水 10mL で洗浄後、ポンプ吸引などで間隙水を除去しメタノール 8mL で溶出する。窒素ガスにより蒸発乾固（注 4）させた後、超音波洗浄器を用いてメタノール 1mL に再溶解し試料液とする。この試料液を LC/MS/MS-SIM 負イオンモードで定量する。

### 【空試験液の調整】

#### 〔水質試料〕

精製水 10mL を【試料の前処理および試料液の調整】に従って処理し、空試験液とする（注 5）。

#### 〔底質試料〕

前処理で用いたのと同量のメタノール 1mL を精製水で 100mL になるように混和する。【試料の前処理および試料液の調整】に従って処理し、再溶解したメタノール溶液を空試験液とする。

### 【標準液の調整】

標準には試薬直鎖ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム（DBS : C<sub>12</sub>LAS と同一）を用いる（注 6）。DBS 100mg を正確に秤量し、メタノール 100mL に溶解して 1,000mg/L の標準原液を作成する。標準原液をメタノールで順次希釈し、5~100 μg/L の範囲で標準液の濃度系列を作成する。

### 【標準液および試料の保存・安定性】

#### 〔標準液の保存〕

密封して冷蔵保存すれば長期間安定である。

#### 〔試料の保存〕

水質試料：塩酸酸性にして密封冷蔵保存すれば、1 ヶ月程度は安定である。

底質試料：冷凍保存すれば長期間安定である。

### 【測定】

#### 〔LC/MS/MS 分析条件〕

##### HPLC 分析条件

- ・カラム：Cadenza CD-C18（インタクト社），3 μm，4.6×250mm，理論段数 50,000
- ・移動相：0.1mM ギ酸ナトリウム/メタノール（20：80）（注 7）
- ・流量：0.5mL/min
- ・カラム温度：40℃
- ・注入量：20 μL

##### MS/MS 分析条件

- ・機種：Thermoquest 社製 LCQ（イオントラップ型 MS）
- ・イオン源：最適化  
（スプレー電圧：4.0kV，キャピラリー電圧：4.0V，キャピラリー温度：260℃）

- ・窒素流量：100mL/min
- ・モード：エレクトロスプレーイオン化法（ESI）－選択イオン検出法（SIM），負イオン測定
- ・測定イオン（m/z）： $[M-Na]^-$ （Parent Mass）をプレカーサーイオンとし，モニターイオンとして m/z 184 を用いる（注 8）。  
各同族体の Parent Mass は以下の通り；  
C<sub>10</sub>LAS：297，C<sub>11</sub>LAS：311，C<sub>12</sub>LAS：325，C<sub>13</sub>LAS：339，C<sub>14</sub>LAS：353

〔検量線および定量〕

標準溶液 20 μL を LC/MS/MS に注入し，注入量（ng）または注入濃度（μg/L）とピーク面積とを用いて検量線を作成する。同様に，試料液 20 μL を LC/MS/MS に注入し，得られたピーク面積から検量線を用いて定量する。C<sub>10</sub>LAS から C<sub>14</sub>LAS までの全ての同族体を，標準とした DBS の検量線で定量し，その合計値を DBS 換算 LAS 濃度とする（注 6）。

$$\text{水質試料濃度（}\mu\text{g/L）} = \text{検出量（ng）} \times \text{試料量（mL）}$$

$$\text{底質試料濃度（ng/g-dry）} = \text{検出量（ng）} \times 4 / \text{試料量（g-dry）}$$

各同族体の同定は，C<sub>12</sub>LAS については標準の DBS を用い，それ以外の同族体については，各同族体混合物（市販試薬名ドデシルベンゼンスルホン酸（ソフト型）；東京化成製）のメタノール溶液を用いる。家庭用 LAS 系合成洗剤のメタノール抽出液を用いることも可能である。

低濃度域での検量線を図 1 に示す。

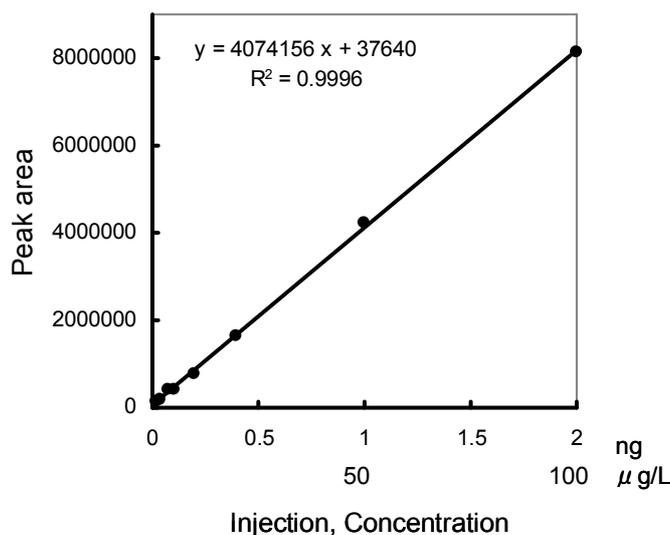


図 1 MS/MS 分析による低濃度域での検量線

〔装置検出下限〕

装置検出下限 (IDL) を以下に示す (注 9)。

試料量	最終液量	装置検出下限 (IDL)	試料換算濃度
100mL	1mL	0.77pg/ $\mu$ L	0.0077 $\mu$ g/L

〔検出下限および定量下限〕

水質試料に関する検出下限 (MDL) および定量下限 (MQL) を以下に示す (注 10)。

試料量	最終液量	検出下限	定量下限
100mL	1mL	0.049 $\mu$ g/L	0.15 $\mu$ g/L

底質試料に関する検出下限 (MDL) および定量下限 (MQL) を以下に示す (注 11)。

試料量	最終液量	同族体	検出下限	定量下限
8.2g-dry	1mL	C <sub>11</sub> LAS	1.0ng/g-dry	3.0ng/g-dry
		C <sub>12</sub> LAS	0.90ng/g-dry	2.7ng/g-dry
		C <sub>13</sub> LAS	1.0ng/g-dry	2.9ng/g-dry

(4) 注 解

- 1) 中和の必要性については「3. 解説」で示した。
- 2) SS 成分の少ない試料の場合はろ紙をメタノール 5mL で吸引洗浄し、ろ液に合わせて固相抽出を行う。多い試料の場合はメタノール 10mL で超音波抽出し、抽出液をろ液に合わせる。
- 3) アセトン 10mL, メタノール 10mL, 精製水 10mL でコンディショニングを行う。ただし、「3. 解説」で示した理由により、コンディショニングの前にカートリッジカラムにメタノール 1mL を通液し、LAS のバックグラウンドをチェックする。バックグラウンドが高いカラムは用いない方がよい。
- 4) 窒素ガスの吹き付けを特に強くしない限り、通常では気散ロスはない。
- 5) 空試験で LAS が検出される主な要因は固相カートリッジカラムからの溶出

であるが、精製水からも微量の LAS が検出される場合があるので、空試験で用いる精製水量を少量とした。

- 6) 標準に関する検討については「3. 解説」で示した。
- 7) 0.1mM ギ酸ナトリウムはクロマトピーク形状の改善のために用いた。ピーク形状が良好の場合は水（精製水）でも良い。
- 8) MS/MS 分析のマススペクトルについては「3. 解説」で示した。
- 9) IDL は、環境庁資料「環境調査における検出下限値の算出について」（1999）に従って、以下の通りに算出した。測定時の代表的なクロマトグラムをあわせて示す。

表 1 標準 DBS による装置検出下限 (IDL)

	LC/MS/MS
試料量(mL)	100
最終液量 mL)	1
注入液濃度(pg/μL)	4
注入液量 μL)	20
注入量(pg)	80
結果(1回)	66
結果(2回)	88
結果(3回)	84
結果(4回)	72
結果(5回)	86
結果(6回)	80
結果(7回)	82
平均(pg)	79.7
標準偏差(pg)	7.952
CV%	10.0
IDL(pg/μL) *1	0.77
試料換算濃度(μg/L)	0.0077
S/N	7
S/N適否	○

\*1 IDL=t(n-1, 0.05)×標準偏差

## LC/MS/MS (DBS 4 μg/L)

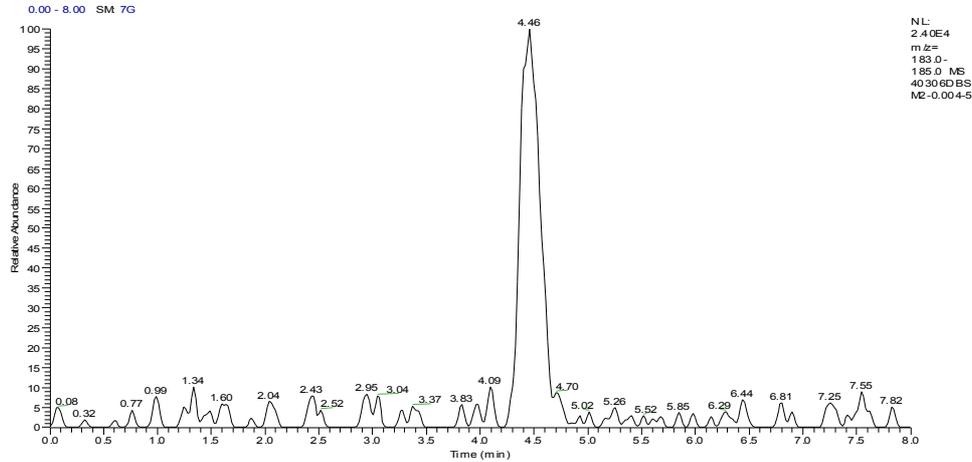


図 2 IDL 測定時の代表的なクロマトグラム

10) 検出下限および定量下限は、IDL の場合と同じ環境庁資料に従って精製水への標準添加実験を行い、以下の通りに算出した。

表 2 標準 DBS 添加による検出下限 (MDL) および定量下限 (MQL)

	LC/MS/MS
試料量 (mL)	100
最終液量 (mL)	1
添加濃度 (μg/L)	0.05
注入液量 (μL)	20
結果 (1回)	0.048
結果 (2回)	0.036
結果 (3回)	0.051
結果 (4回)	0.032
結果 (5回)	0.040
結果 (6回)	0.044
結果 (7回)	0.035
平均 (μg/L)	0.0409
標準偏差 (μg/L)	0.00708
CV%	17.3
ブランク平均 (μg/L)	0.036
検出下限 (μg/L) <sup>*1</sup>	0.049
定量下限 (μg/L) <sup>*2</sup>	0.15

<sup>\*1</sup> 検出下限=ブランク平均+t(n-1, 0.05)×標準偏差

<sup>\*2</sup> 定量下限=3×検出下限

11) LAS が含まれない河川底質試料を得ることは難しいことから、検出下限および定量下限は、IDL の場合と同じ環境庁資料に従い、LAS 濃度が低い河川底質試料を用いて試料中の同族体を標準無添加で測定し、以下の通りに算出した。この試料では C<sub>14</sub>LAS は不検出であった。C<sub>10</sub>LAS については、低濃度のために7回の繰り返しの中に不検出が含まれ、検出濃度が安定して得られなかったため、下限値を算出しなかった。

表 3 標準無添加での検出下限 (MDL) および定量下限 (MQL)

	LC/MS/MS		
試料量 (g-dry)	8.2		
最終液量 (mL)	1		
注入液量 (μL)	20		
同族体	C <sub>11</sub> LAS	C <sub>12</sub> LAS	C <sub>13</sub> LAS
結果 (1回)	1.87	4.01	2.76
結果 (2回)	2.42	4.47	3.31
結果 (3回)	2.68	5.16	2.03
結果 (4回)	2.67	5.17	2.83
結果 (5回)	3.01	4.78	3.13
結果 (6回)	2.66	5.14	3.20
結果 (7回)	3.53	4.35	3.56
平均 (ng/g)	2.69	4.73	2.97
標準偏差 (ng/g)	0.509	0.462	0.498
CV%	18.9	9.8	16.8
検出下限 (ng/g) * <sup>1</sup>	1.0	0.9	1.0
定量下限 (ng/g) * <sup>2</sup>	3.0	2.7	2.9

\*<sup>1</sup> 検出下限=t(n-1, 0.05)×標準偏差

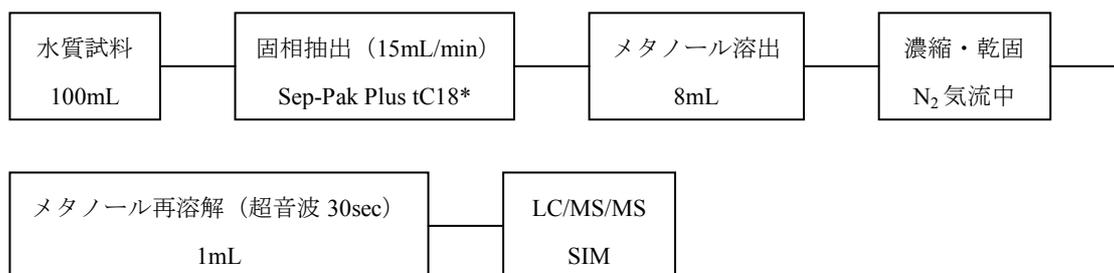
\*<sup>2</sup> 定量下限=3×検出下限

### 3. 解説

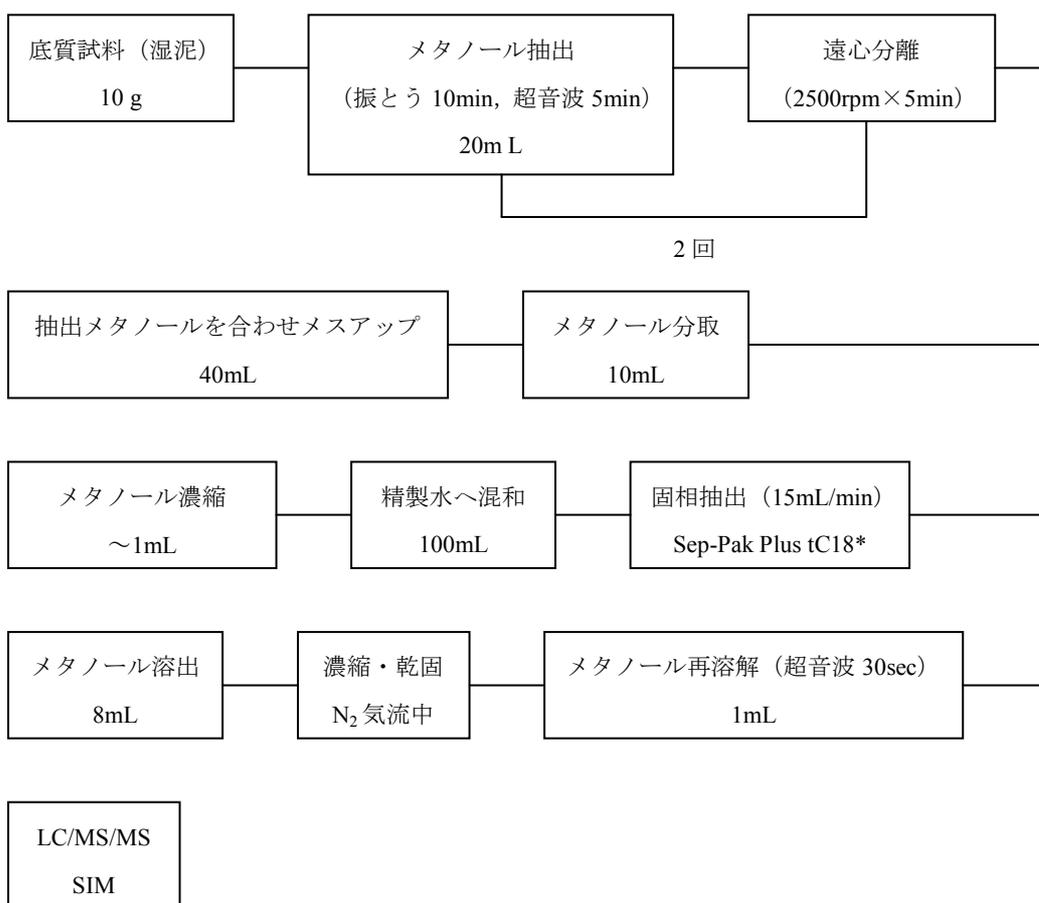
#### 【分析法】

[フローチャート]

[水質試料]



[底質試料]



\* カートリッジのバックグラウンド濃度について、コンディショニング前にメタノール 1mL を通液することによりチェックし、バックグラウンド濃度が高いカートリッジを用いないようにする ([分析法の検討] (1)参照)。コンディショニングは、アセトン 10mL, メタノール 10mL, 精製水 10mL の順で行う。

## 〔分析法の検討〕

### (1) 固相抽出時の液性

水質試料に関し、保存のために濃塩酸 1mL で酸性 (pH 約 3) にした状態で固相抽出 (試験液: DBS 10  $\mu$ g/L 1L) した場合には、図 3 に示すように、異なる種類のカートリッジカラムを使用した場合を含め回収率が低下した。そこで、中和操作を行ったところ、良好な回収率を得ることができた。しかし、中和操作を行った場合でも、ビスフェノール A などとの同時分析を考慮し酢酸エチルを抽出に用いた場合には、回収率が低下した。したがって、酸性状態で保存した場合には中和操作を行い、抽出溶媒にはメタノールを用いることとした。

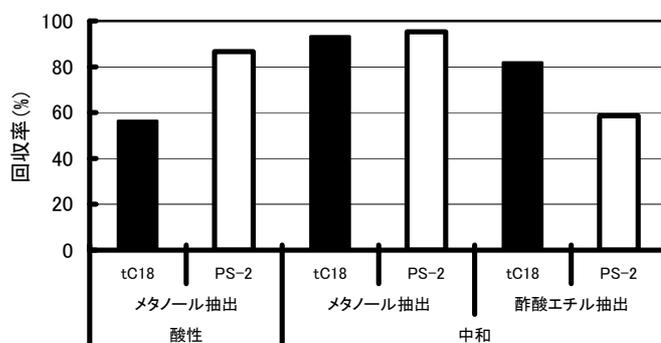


図 3 各抽出条件における回収率の比較

### (2) 固相カートリッジカラムのコンディショニングおよびブランク

通常のコンディショニングではアセトン・精製水のみでの使用でよい。しかし、コンディショニング前の固相カートリッジカラムをメタノール抽出したところ、微量の LAS (C<sub>10</sub>~C<sub>14</sub>LAS) が検出され、これがブランク値を増加させる大きな要因になっていることがわかった。

カートリッジカラムのバックグラウンドを明らかにするために、コンディショニング前にメタノール 1ml を通液して、メタノール中の LAS 濃度を測定した。汎用性が高い Sep-Pak Plus tC18 および PS-2 の任意の各 20 個に関するバックグラウンド濃度の頻度分布 (C<sub>12</sub>LAS のみを表示) を、図 4 に示す。

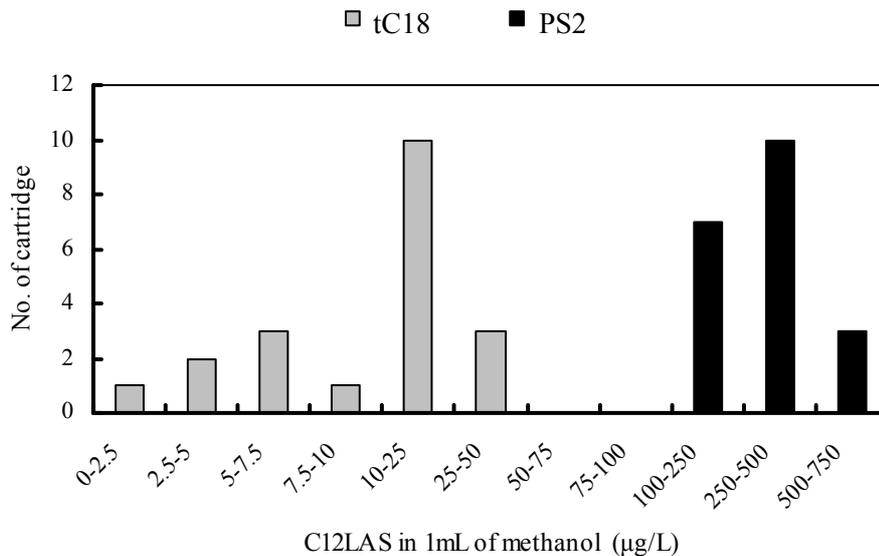


図4 固相カートリッジカラムのLAS (C<sub>12</sub>LAS) バックグラウンド濃度

このようにLASの溶出量はカラムの種類によって異なり、tC18とPS-2とを比較した場合、後者は前者の数十倍以上多かった。さらに、同じSep-Pak Plus tC18でも、ロットやその他の違いによって溶出量が増加する場合がみられた。このカートリッジ中のLASはアセトンによるコンディショニングでは十分除去されなかった。

そこで、カートリッジカラムとしてはtC18を用い、コンディショニングに関してはメタノール洗浄過程を導入し、アセトン10mL、メタノール10mL、精製水10mLの順で行うこととした。また、tC18でもバックグラウンド濃度が高い場合があることから、コンディショニング前にメタノール1mLを用いてバックグラウンドのチェックを行い、高い場合(メタノール1mL中のC<sub>12</sub>LAS濃度20 µg/L以上を目安とした)にはそのカートリッジカラムを用いないこととした。さらに、試料中のLAS濃度が低いことが予想される場合には、使用するカートリッジごとにコンディショニング後のブランク値を求め、試料測定値から差し引いた。

### (3) 標準の選択

5種類の同族体の中で、C<sub>12</sub>LASについては純物質のDBSが和光純薬より市販されており、標準として用いることができる。その他の同族体(C<sub>10</sub>, C<sub>11</sub>, C<sub>13</sub>, C<sub>14</sub>LAS)については、HPLC分析の場合には、東京化成製LAS同族体混合物(試薬名ドデシルベンゼンスルホン酸(ソフト型))を用いる方法が「要調査項目等調査マニュアル(水質, 底質, 水生生物)」(平成12年12月 環境庁

水質保全局水質管理課)に示されている。すなわち、各同族体のアルキル基の長さや結合位に違いがあっても、ベンゼン環への電子供与効果が等しくモル蛍光係数は等しいと仮定し、HPLC-蛍光検出器による測定で求められたLAS同族体混合物中の各同族体のピーク面積と、既知濃度のDBS(C<sub>12</sub>LAS)標準溶液のピーク面積より、分子量比を用いて同族体混合物中の各同族体の濃度を求め(分子量比法)、それにより各同族体の検量線を作成するとされている。

この方法をMS分析やMS/MS分析に適用するためには、各同族体のイオン化効率が等しいことを仮定する必要がある。しかし、この仮定が成立しないことがMS/MS分析結果より明らかになった。MS/MS分析では、後述するように、いずれの同族体からも、最も相対強度の強いフラグメントイオンとしてm/z 184のイオンが得られた。したがって、このイオンを測定イオンとすることで、各同族体に共通の検量線を作成できる(単一検量線法)ことが期待された。しかし、図5のように、同族体混合溶液中の、各同族体のMSピーク面積とMS/MS(MS<sup>2</sup>)ピーク面積との比は各同族体で一定ではなく、C<sub>11</sub>LASを頂点に山形のパターンを示した。これは、イオン化効率が各同族体で異なり、MS/MS分析ではその違いが相乗的に表れるためと推察された。

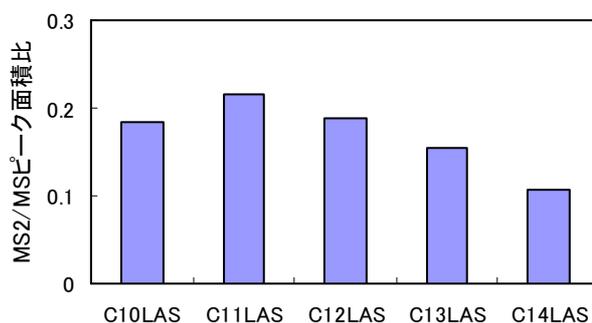


図5 各同族体のMS<sup>2</sup>/MSピーク面積比

実際、同じ同族体混合溶液を用いた場合でも、MSピーク面積を用いた分子量比法と、MS/MSピーク面積を用いた単一検量線法とでは、得られた各同族体の濃度が一致しなかった。

一方、和光純薬からは、LAS Standard Solution(以下、試薬LAS Sol.と略す)と言う試薬名で、5種類の同族体の濃度既知メタノール混合液(各100mg/L)が販売されている。この中のC<sub>12</sub>LASについて、マススペクトルおよびマスキロマトグラムを同じ和光純薬製DBSのそれと比較したところ、試薬DBSでは最も相対強度の強いフラグメントイオンはm/z 184であったが、試薬LAS Sol.の場合にはm/z 171が得られ、ピークのリテンションタイムも多少長くなった。

そこで、市販のLAS系合成洗剤中のC<sub>12</sub>LASをm/z 184および171でそれぞれ

れ MS/MS 分析したところ、 $m/z$  184 に比べて  $m/z$  171 の場合のピーク面積は非常に小さかった。これは、試薬 LAS Sol. 中の  $C_{12}$ LAS と試薬 DBS とでは、同じ同族体でも異性体の含有割合が異なり、市販合成洗剤中の  $C_{12}$ LAS の異性体含有割合が試薬 DBS に類似することを示唆している。したがって、合成洗剤由来の LAS が多く含まれる環境試料の測定には、試薬 LAS Sol. よりも試薬 DBS を標準とした方が妥当であると判断された。

以上の点から、試薬 DBS を標準として用い、各同族体の濃度を DBS 換算で求めることとした (DBS 換算法)。ちなみに、上記同族体混合溶液の各同族体濃度を、DBS 換算法と分子量比法とで比較したところ、 $C_{12}$ LAS に対する各同族体の分子量の違いが最大でも 10% 程度であることを反映して、大きな相違は生じなかった。

#### (4) マススペクトル

各同族体の MS スペクトルを図 6 に示す。

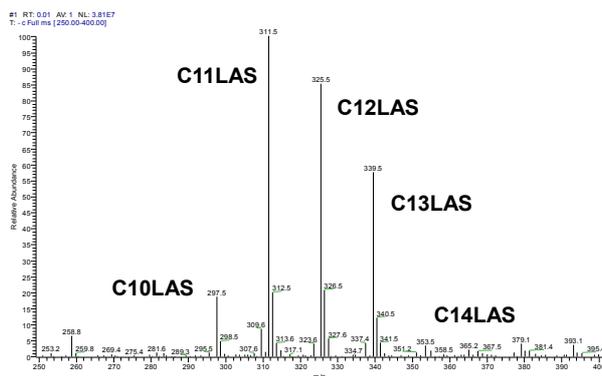


図 6  $C_{10}$ ~ $C_{14}$ LAS 同族体の MS スペクトル

C<sub>12</sub>LAS (DBS) を例とした MS/MS スペクトルを図 7 に示す。プレカーサーイオンは m/z325 (Parent Mass) である。

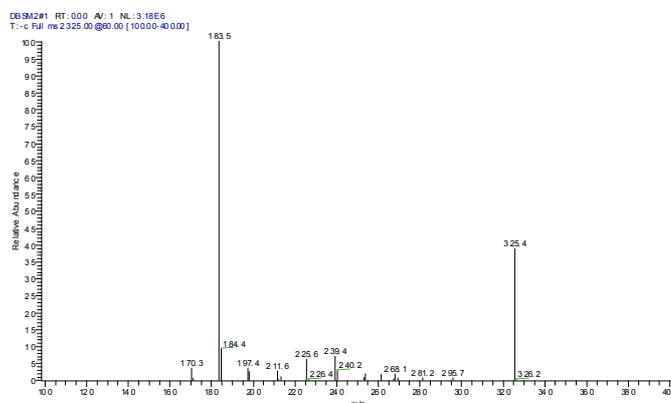


図 7 C<sub>12</sub>LAS の MS/MS スペクトル

最も相対強度の強いフラグメントイオンとして m/z184 (Product Mass) が得られたことから、図 8 に示されるように、CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>9</sub>-のアルキル鎖脱離によるフラグメンテーションが推察された。このフラグメントイオンは他の同族体でも共通に認められた。これらの結果から、MS/MS 分析の測定イオンには m/z 184 を用いることとした。

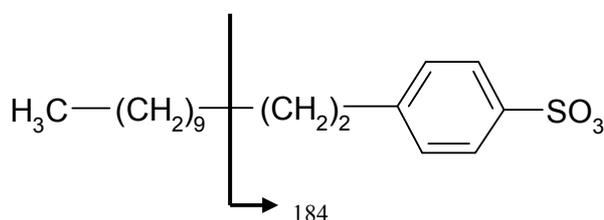


図 8 C<sub>12</sub>LAS のフラグメンテーション

MS/MS 分析における最適コリジョンエネルギーについては、以下の通りである。イオントラップ型質量分析計では、トラップ室の中へ低圧のヘリウムガスが導入され、ヘリウムガス分子の衝突によって対象分子イオンの衝突解離 (CID : Collision-Induced Dissociation) が生じるが、この時の解離エネルギーは、%を単位とする相対衝突エネルギー (RCE : Relative Collision Energy) で表わされる。RCE の値は、eV を単位とする解離エネルギーに概ね対応するとされている。C<sub>12</sub>LAS についての RCE と感度との関係 (図 9) より、RCE50% にピークが認められたことから、最適コリジョンエネルギーとして 50%を用いた。他の同族体でも同様の結果が得られた。

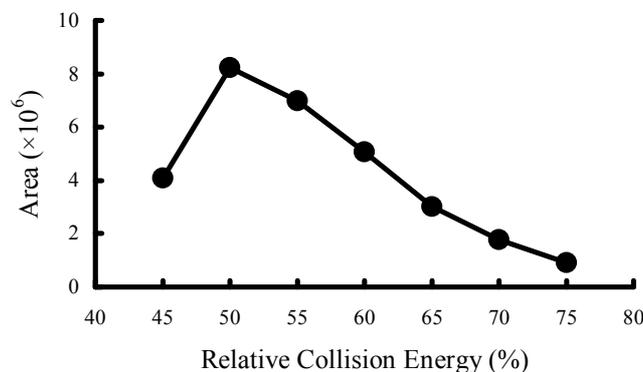


図9 C<sub>12</sub>LASのMS/MS分析における相対衝突エネルギーと感度との関係

(5) マスクロマトグラム

東京化成製同族体混合物のメタノール溶液から得られた、5種類の同族体のMS/MSクロマトグラムを図10に示す。

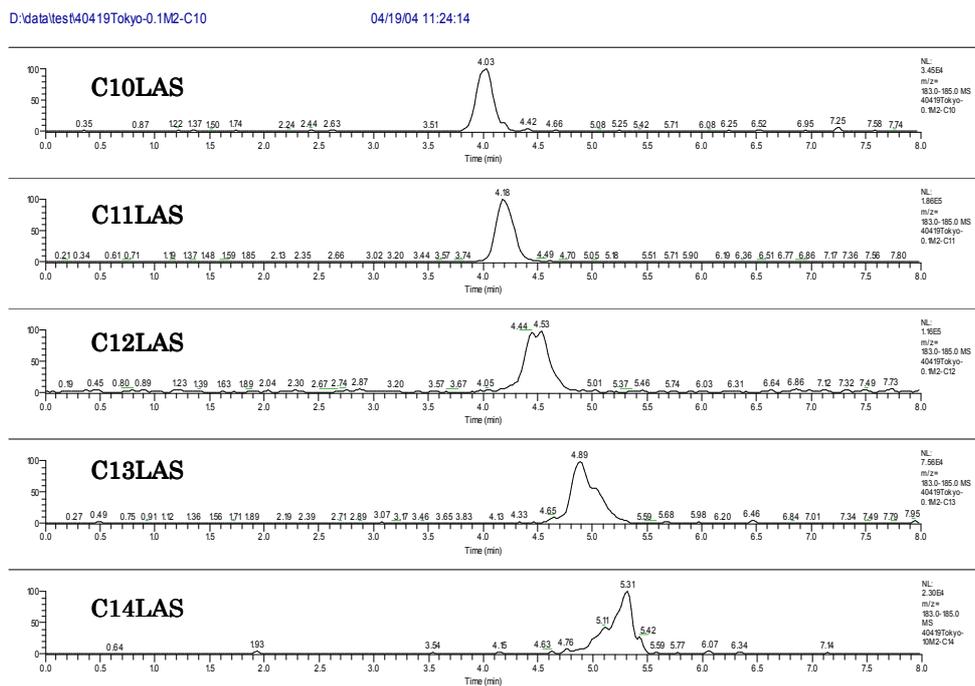


図10 LAS各同族体のMS/MSクロマトグラム

(6) 低濃度添加回収実験

[水質試料]

添加後の濃度として  $2\mu\text{g/L}$  になるように標準 DBS を河川水および海水に添加 (試料水 100mL に対し  $0.2\mu\text{g}$ ) し, 低濃度添加回収実験を行った。結果を表 4 および図 11 に示す。表に示されるように 80%以上の回収率が得られた。

表 4 添加回収試験結果

試料	濃度 $\mu\text{g/L}$	回収率 %
河川水	0.64	
添加河川水 1	2.08	103.8
添加河川水 2	1.74	87.1
海水	0.14	
添加海水 1	1.71	85.6
添加海水 2	1.97	98.4

D:\data\test40608s-a1

06/08/04 10:47:10

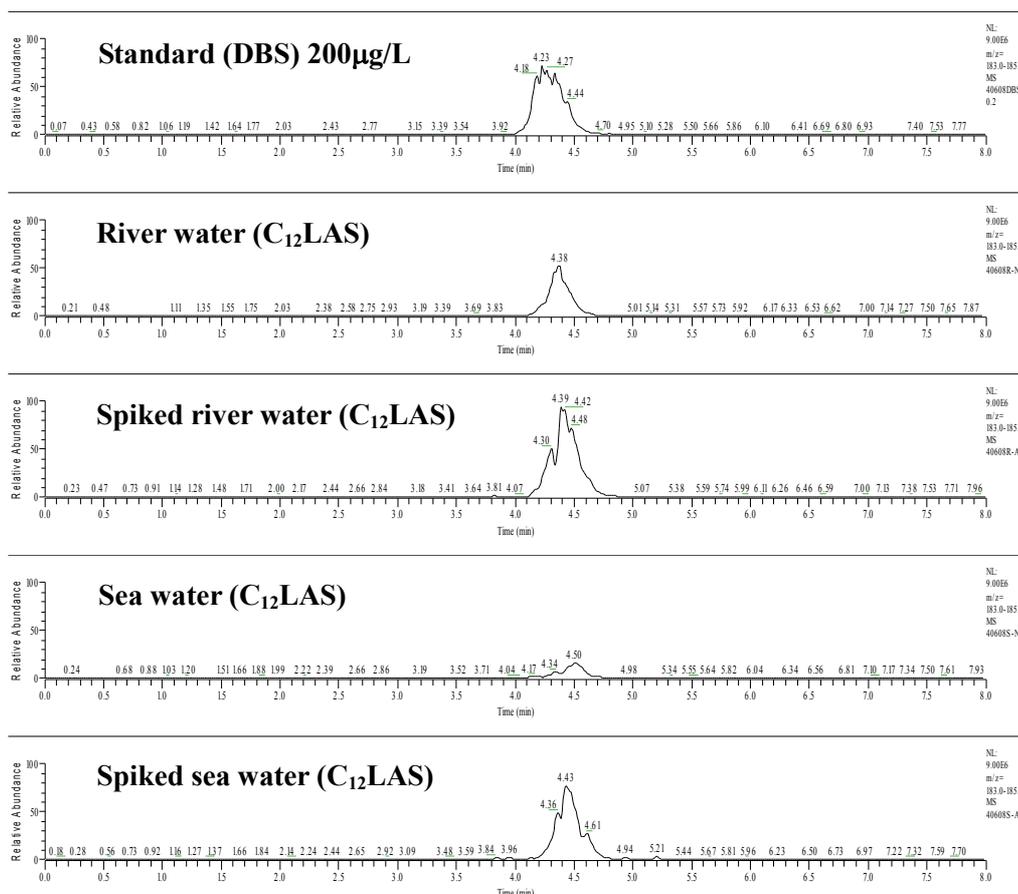


図 11 低濃度添加回収実験の MS/MS クロマトグラム事例 (縦軸は同一スケール)

〔底質試料〕

添加後の濃度として 100ng/g-dry になるように標準 DBS を河川底質約 1g に添加し、低濃度添加回収実験を行った。結果を表 5 および図 12 に示す。表に示されるように良好な回収率が得られた。

表 5 添加回収試験結果

試料	濃度 ng/g-dry	回収率 %
河川底質	164	
添加河川底質1	297	133.5
添加河川底質2	257	92.8

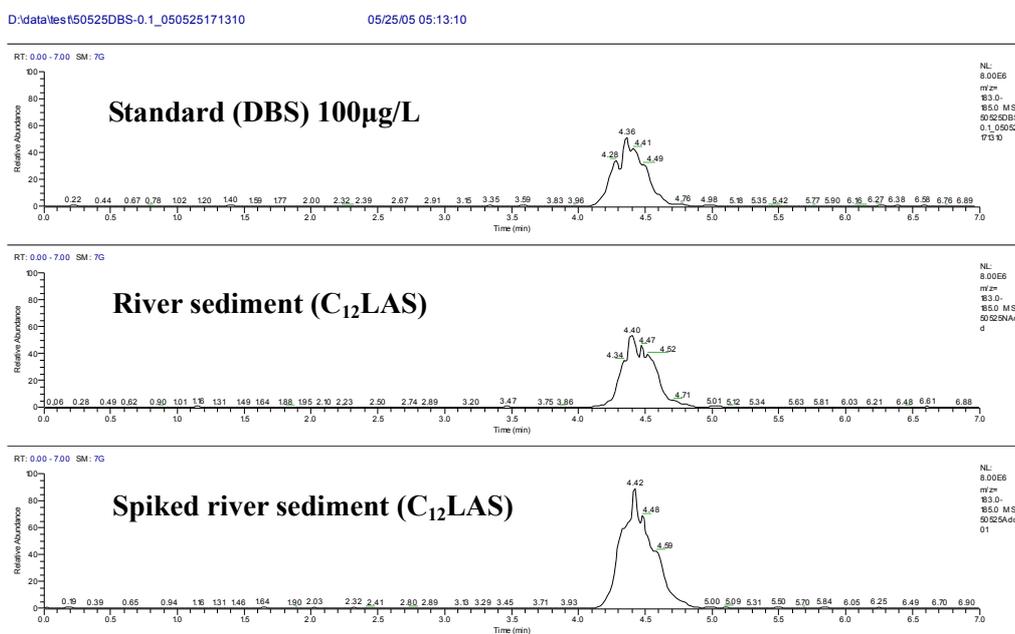


図 12 低濃度添加回収実験の MS/MS クロマトグラム事例  
(縦軸は同一スケール)

## 【評価】

本法では、高感度で高同定能を有する MS/MS 分析法を導入することにより、試料量の低減が実現できた。そのために、マトリックスの妨害を減少させることができ、カートリッジカラムに関するバックグラウンドチェック法の導入と合わせ、複雑な前処理なしに、それぞれ、環境水中のサブ ppb レベル、底質中の ng/g-dry レベルの LAS を分析することが可能となった。

担当者氏名・連絡先

古武家善成

兵庫県立健康環境科学研究所

〒654-0037 神戸市須磨区行平町 3-1-27

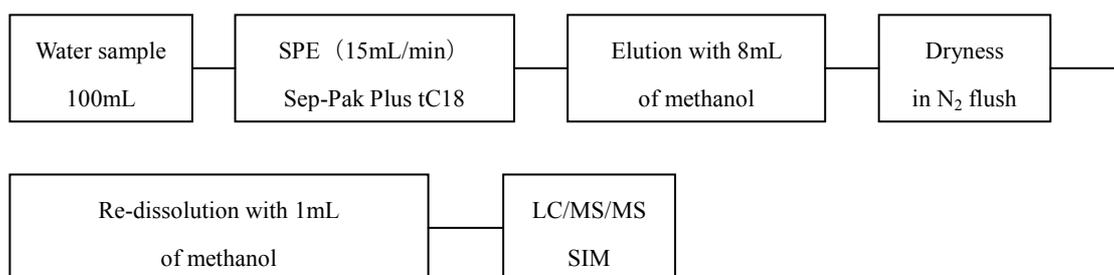
TEL : 078-735-6911 FAX : 078-735-7817

E-mail : [yoshinari\\_kobuke@pref.hyogo.jp](mailto:yoshinari_kobuke@pref.hyogo.jp)

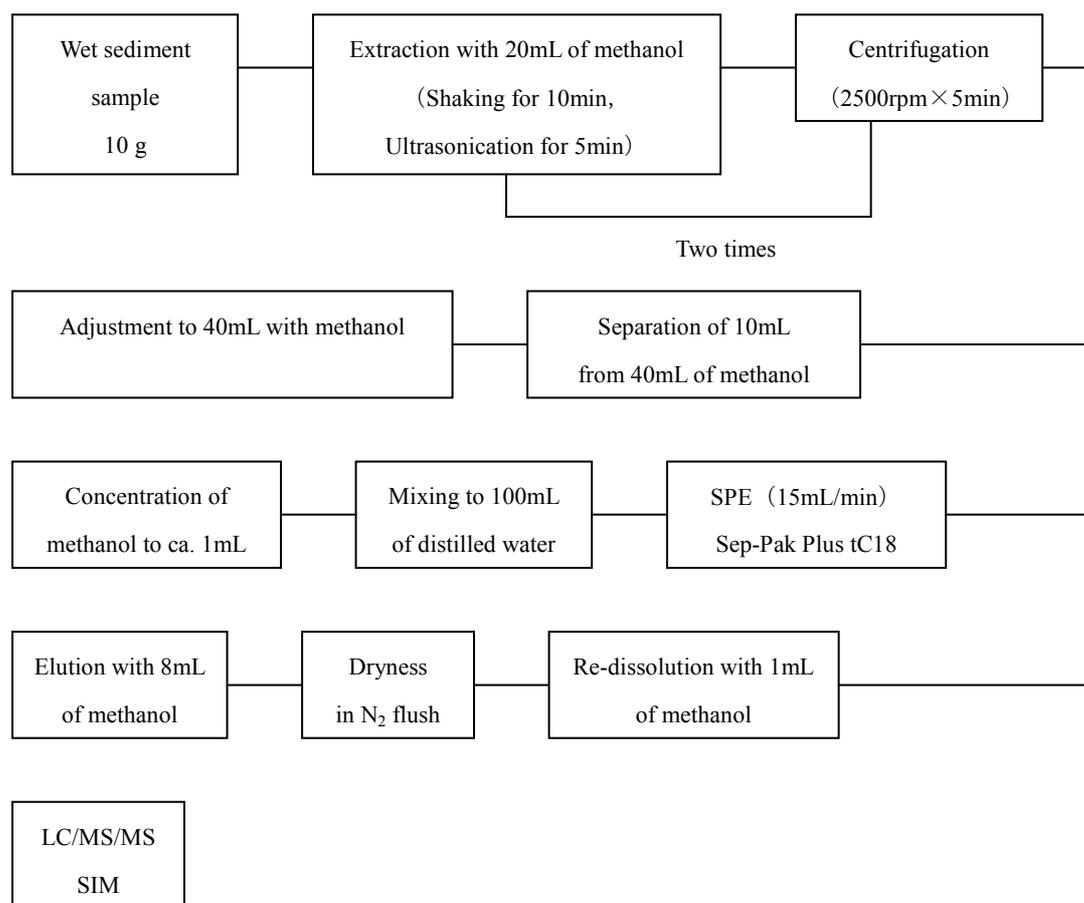
# Sodium *linear*-Alkylbenzenesulfonates

## Flow Chart

### Water sample



### Sediment sample



## Summary

A high-sensitive analysis for sodium linear-alkylbenzenesulfonates (LAS) in river water and sediment was developed by using a simple pretreatment and LC/MS/MS method.

A 100mL of water sample was filtered through glass fiber filter of 1 $\mu$ m pore size, followed by the solid phase extraction (SPE) using ODS type cartridge column.

A 10g of wet sediment sample was extracted with 20mL of methanol for two times and methanol used for extraction was adjusted to 40mL. A 10mL separated from 40mL of methanol was concentrated to ca. 1mL and mixed to 100mL of distilled water, followed by the solid phase extraction (SPE) using ODS type cartridge column.

Trapped LAS were selectively eluted from the cartridge with 8mL of methanol and dried. Sample extract re-dissolved in 1mL of methanol was subjected to LC/MS/MS-SIM analysis with ESI probe in the negative ion mode.

Precursor ions [M-Na]<sup>-</sup> for five kinds of LAS homologues (C<sub>10</sub>-C<sub>14</sub>LAS) and monitor ion *m/z* 184 common to the homologues were used. Linear-dodecylbenzenesulfonate (DBS, C<sub>12</sub>LAS) was used as standard and the concentration of detected LAS was expressed in DBS base.

Minimum limits of detection and quantitation were 0.049 $\mu$ g/L and 0.15  $\mu$ g/L, respectively, in the case of 100mL water sample, and were 0.90-1.0ng/g-dry and 2.7-3.0ng/g-dry for three major homologues, respectively, in the case of 10g sediment sample.