

原著

# 家庭用洗剤の直鎖アルキルベンゼンスルホン酸及びその塩 (LAS) 含有量と 排出原単位に関する検討

志水信弘・古閑豊和・森山紗好・土田大輔・藤川和浩・田中義人

日常的に使われる家庭用洗剤について、LASの含有量及び同族体組成を明らかにした。県内で購入した洗濯用洗剤では、17製品中14製品にLASが含有され、その含有量の範囲は0.946~13.8%であった。台所用洗剤では、15製品中8製品にLASが含有され、その含有量の範囲は0.027~18.2%であった。LASを含有する製品についてメーカー毎に比較すると、LAS同族体組成比はほぼ同様であり、組成比は概ねC<sub>10</sub>:C<sub>11</sub>:C<sub>12</sub>:C<sub>13</sub>:C<sub>14</sub>=10:30:40:20:0であった。また、得られた洗剤中LAS含有量の結果から家庭用洗剤由来のLAS排出原単位 (g/人/日) を試算した結果、0.320~1.34 g/人/日であった。

[キーワード: 直鎖アルキルベンゼンスルホン酸及びその塩、家庭用洗剤、洗濯用洗剤、台所用洗剤、原単位]

## 1 はじめに

直鎖アルキルベンゼンスルホン酸及びその塩(以下LASとする。)には信頼できる毒性情報があり、国内河川で平成24年当時の水質目標値(0.020~0.050 mg/L)の超過例が散見されたため<sup>1)</sup>、水生生物への影響を考慮し、平成24年度に水生生物の保全に係る水質環境基準に追加された。

平成25年度のPRTR集計結果からの推計では、LAS届出外排出量の約8割は洗濯用・住居用洗剤であり<sup>2)</sup>、汚濁低減化には家庭用洗剤への対策が重要である。対策検討には、河川流域におけるLASの負荷量解析が必要であり、排出原単位等の基礎情報が不可欠である。一方、家庭用洗剤によるLASの汚濁研究は、1970~1990年代ごろ精力的に行われた。しかし、近年は報告が少なく、LASの負荷量解析に必要な直近のデータが不足している。そこで日常的に使われる家庭用洗剤を対象とし、LASの含有量等を明らかにするとともに、排出原単位に関して検討を行った。

## 2 研究方法

### 2・1 対象物質及び試薬

LASは、アルキル鎖がC<sub>10</sub>~C<sub>14</sub>の5同族体を対象とし、水質試験用LAS標準液(和光純薬工業(株)製)を標準品として使用した。超純水及びメタノールは、LCMS用試薬(和光純薬工業(株)製)を使用した。その他の試薬は、特に断りが無い限り特級試薬(和光純薬工業(株)製)を使用した。

### 2・2 対象試料

市販の洗濯用洗剤及び台所用洗剤を対象とし、8社32製品を県内の店舗で購入し、試料とした。内訳は、洗濯用

洗剤17種(濃縮型液体洗剤4種、液体洗剤5種、粉末洗剤8種)と台所用洗剤15種(濃縮型液体洗剤5種、液体洗剤6種、粉末洗剤4種)であった。

### 2・3 使用機器及び分析条件

分析は、上水試験方法を参考にして液体クロマトグラフ(以下LCとする。)を用い、蛍光光度法によりLASを測定した。LCは、Prominenceシステム(株式会社島津製作所製)を使用し、表1に示す条件により測定した。

表1 LC分析条件

|                |   |
|----------------|---|
| Instrument     | Shimadzu Prominence system  |
| Column         | GLscience Inertsil C8-4<br>3 µm, 2.1 mm i.d. × 150 mm                             |
| Mobile phase   | A : 0.1% Acetic acid, 50mM Ammonium acetate in water<br>B : Methanol<br>A:B=25:75 |
| Column temp.   | 40°C  |
| Flow rate      | 0.2 ml/min  |
| Injection vol. | 10 µl   |
| Detector       | Fluorescence (Ex:221 nm, Em:284 nm)   |

### 2・4 洗剤中のLAS分析方法

液体洗剤は100 mgを、粉末洗剤は10 mgをポリプロピレン製スピッツ管に秤量し、超純水10 mlを加えて溶解し、試料原液とした。この試料原液を70%メタノール水で10倍又は100倍に希釈し、LCによりLASを測定した。

## 3 結果及び考察

### 3・1 LASのLC分析方法の検討

本研究では、LASをC<sub>18</sub>カラムより保持力の弱いC<sub>8</sub>カラムを用いて、異性体をまとめて同族体毎に1つのピークとして分離し、蛍光による検出を行った。図1にLAS標

準品 (0.1 mg/L) とブランク試料のクロマトグラムを示す。この条件下で LAS は、保持時間 10 分までに溶出し、同族体ごとに 5 つの明瞭なピークとして検出された。また、C<sub>11</sub>～C<sub>14</sub>-LAS は、ブランクも検出されず、良好に定性できた。一方、C<sub>10</sub>-LAS は、ブランクが検出され (以下 C<sub>10</sub> ブランクとする。) が検出され、その面積値は LAS 標準品 (0.1mg/L) の 1/10 程度であった。

次に検量線作成用に LAS 標準液を適宜希釈し、調査した洗剤中 LAS 濃度に対応した低濃度 (0, 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2 mg/L) 及び高濃度 (0, 0.5, 1, 2, 5 mg/L) の各標準系列を測定した。得られたクロマトグラムの面積から同族体毎に検量線を作成し、その結果を図 2 及び 3 に示す。いず

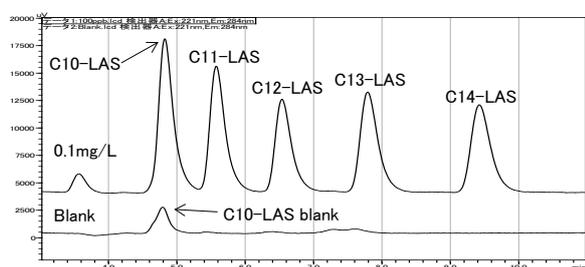


図 1 LAS 標準品とブランクのクロマトグラム

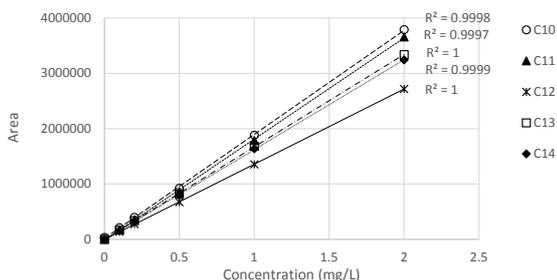


図 2 LAS 検量線 (低濃度)

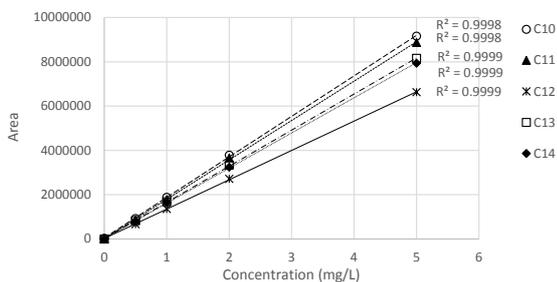


図 3 LAS 検量線 (高濃度)

表 2 装置定量下限値の結果

| Compound              | C <sub>10</sub> | C <sub>10</sub> blank | C <sub>11</sub> | C <sub>12</sub> | C <sub>13</sub> | C <sub>14</sub> |
|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Standard Conc. (mg/L) | 0.1             | -                     | 0.1             | 0.1             | 0.1             | 0.1             |
| Average (mg/L)        | 0.104           | 0.008                 | 0.106           | 0.102           | 0.100           | 0.099           |
| SD(σ)                 | 0.0007          | 0.0008                | 0.0009          | 0.0008          | 0.0007          | 0.0009          |
| IQL (mg/L)            | 0.0073          | 0.0087                | 0.0092          | 0.0088          | 0.0072          | 0.0089          |

れの検量線も良好な直線性 ( $R^2=0.9997\sim 1$ ) を有していた。

次に、定量下限値を決定するため化学物質環境実態調査実施の手引き (平成 20 年度版)<sup>3)</sup>に基づき、ブランク試料及び 0.1mg/L の標準液を 8 回繰り返し測定し、装置定量下限値 (以下 IQL とする。) を求めた。その結果を表 2 に示す。C<sub>11</sub>～C<sub>14</sub>-LAS の IQL は 0.0072～0.0092mg/L であった。C<sub>10</sub>-LAS は、C<sub>10</sub> ブランクの標準偏差が C<sub>10</sub>-LAS の結果より大きかったため、C<sub>10</sub> ブランクの値を採用し、C<sub>10</sub>-LAS の IQL を 0.0087mg/L とした。いずれの同族体の IQL も、洗剤希釈溶液中の LAS を測定するのに十分な感度であり、C<sub>10</sub>～C<sub>14</sub>-LAS の定量下限値を 0.01mg/L とした。

### 3・2 洗剤中の LAS 含有量及び同族体の組成比

本研究では、PRTR集計報告から排出量が多い家庭用洗剤のうち、使用回数、量とも比較的多いと考えられる洗濯用及び台所用洗剤を対象とした。洗剤は、店頭で主要な製品を無作為に購入した。購入製品に表示された界面活性剤含有量 (%) 及び LAS 含有の有無を表 3 に示す。

各製品は、超純水で溶解し、適宜希釈して LAS 濃度を測定した。得られた結果から製品中の LAS 含有量 (%) を求め、5 種類の同族体とその合計値 (全 LAS) として表した。さらに、この結果から全 LAS に占める各同族体の組成比 (%) を計算した。これらの結果を表 3 に示す。

まず洗濯用洗剤では、濃縮型液体洗剤では 4 製品中 2 製品に、液体洗剤では 5 製品中 4 製品 (うち LAS 含有未表示: 1 件) に、粉末洗剤では 8 製品中 8 製品 (うち LAS 含有未表示: 3 件) に LAS が含まれ、含有製品の割合は約 8 割であった。

台所用洗剤では、濃縮型液体洗剤では 5 製品中 4 製品 (うち LAS 含有未表示: 2 件) に、液体洗剤では 6 製品中 4 製品と約 7 割の製品に LAS が含有されていた。一方、粉末洗剤ではすべての製品が定量下限値未満であった。このように表示のない製品にも LAS が含有される場合があり、製品表示だけでは LAS の含有が判断できないことが分かった。

次に洗剤の用途、形態別に LAS 含有量の最大値、最小値及び平均値を表 4 にまとめた。洗濯用洗剤の LAS 含有量は、濃縮型液体洗剤では 0.001% 未満から 13.4% の範囲であり平均が 5.15% であった。液体洗剤では、0.001% 未満から 6.99% の範囲であり、平均が 4.28% であった。粉末洗剤では、0.95% から 13.8% の範囲であり、平均が 7.01% であった。

台所用洗剤の LAS 含有量は、濃縮型液体洗剤では 0.001% 未満から 1.04% の範囲であり平均が 0.229% であった。液体洗剤では、0.001% 未満から 18.2% の範囲であり、平均が 7.97% であった。

各用途、形態別の平均値を比較すると、洗濯用洗剤では全ての形態で 4～7% 程度の LAS を含んでいた。一方台所用洗剤では、液体洗剤の平均値が 7.97% と全ての洗剤のうち

表3 洗剤中のLAS含有量（含有率）及び同族体組成比

| No. | Manufacturers | Use                           | Property | Indication                |         | Content (%) |                 |                 |                 |                 |                 |                 | Composition ratio of the homologs (%) |                 |                 |                 |      |     |  |
|-----|---------------|-------------------------------|----------|---------------------------|---------|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------|-----|--|
|     |               |                               |          | Content of surfactant (%) | LAS     | LAS total   | C <sub>10</sub> | C <sub>11</sub> | C <sub>12</sub> | C <sub>13</sub> | C <sub>14</sub> | C <sub>10</sub> | C <sub>11</sub>                       | C <sub>12</sub> | C <sub>13</sub> | C <sub>14</sub> |      |     |  |
| 1   | a             |                               |          | 63                        | Contain | 13.4        | 1.32            | 4.07            | 5.02            | 2.98            | 2.98            | <0.001          | <0.001                                | 9.8             | 30.4            | 37.5            | 22.3 | 0   |  |
| 2   | b             | Liquid<br>(Concentrated type) |          | 60                        | -       | <0.001      | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001                                | -               | -               | -               | -    | -   |  |
| 3   | c             |                               |          | 53                        | Contain | 7.20        | 0.66            | 2.21            | 2.65            | 1.55            | 1.55            | 0.13            | 0.13                                  | 9.2             | 30.8            | 36.8            | 21.5 | 1.7 |  |
| 4   | f             |                               |          | 33                        | -       | <0.001      | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001                                | -               | -               | -               | -    | -   |  |
| 5   | a             |                               |          | 25                        | Contain | 6.99        | 0.595           | 2.28            | 2.61            | 1.50            | 1.50            | <0.001          | <0.001                                | 8.5             | 32.7            | 37.4            | 21.4 | 0   |  |
| 6   | a             |                               |          | 19                        | -       | 3.06        | 0.311           | 0.913           | 1.17            | 0.662           | 0.662           | <0.001          | <0.001                                | 10.2            | 29.8            | 38.4            | 21.6 | 0   |  |
| 7   | b             | Liquid                        |          | 34                        | Contain | 5.12        | 0.507           | 1.58            | 1.92            | 1.11            | 1.11            | <0.001          | <0.001                                | 9.9             | 30.8            | 37.5            | 21.8 | 0   |  |
| 8   | c             |                               |          | 30                        | Contain | 6.22        | 0.637           | 1.80            | 2.33            | 1.41            | 1.41            | 0.039           | 0.039                                 | 10.3            | 28.9            | 37.5            | 22.7 | 0.6 |  |
| 9   | e             | Laundry                       |          | 34                        | -       | <0.001      | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001                                | -               | -               | -               | -    | -   |  |
| 10  | a             |                               |          | 14                        | Contain | 12.3        | 1.15            | 3.69            | 4.75            | 2.68            | 2.68            | <0.01           | <0.01                                 | 9.3             | 30.1            | 38.7            | 21.9 | 0   |  |
| 11  | b             |                               |          | 22                        | Contain | 9.72        | 0.942           | 3.04            | 3.67            | 2.07            | 2.07            | <0.01           | <0.01                                 | 9.7             | 31.2            | 37.8            | 21.3 | 0   |  |
| 12  | b             |                               |          | 20                        | Contain | 8.21        | 0.769           | 2.58            | 3.08            | 1.78            | 1.78            | <0.01           | <0.01                                 | 9.4             | 31.5            | 37.5            | 21.6 | 0   |  |
| 13  | b             |                               |          | 22                        | Contain | 8.92        | 0.810           | 2.85            | 3.38            | 1.88            | 1.88            | <0.01           | <0.01                                 | 9.1             | 31.9            | 37.9            | 21.1 | 0   |  |
| 14  | c             |                               |          | 17                        | -       | 1.07        | 0.087           | 0.340           | 0.408           | 0.233           | 0.233           | <0.01           | <0.01                                 | 8.2             | 31.8            | 38.2            | 21.8 | 0   |  |
| 15  | c             |                               |          | 15                        | -       | 1.11        | 0.098           | 0.343           | 0.422           | 0.245           | 0.245           | <0.01           | <0.01                                 | 8.8             | 31.0            | 38.1            | 22.1 | 0   |  |
| 16  | c             |                               |          | 15                        | -       | 0.946       | 0.045           | 0.355           | 0.355           | 0.191           | 0.191           | <0.01           | <0.01                                 | 4.8             | 37.5            | 37.5            | 20.2 | 0   |  |
| 17  | d             |                               |          | 15                        | Contain | 13.8        | 1.38            | 3.73            | 6.18            | 2.51            | 2.51            | 0.012           | 0.012                                 | 10.0            | 27.0            | 44.7            | 18.2 | 0.1 |  |
| 18  | a             |                               |          | 34                        | -       | <0.001      | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001                                | -               | -               | -               | -    | -   |  |
| 19  | b             |                               |          | 33                        | -       | 0.027       | 0.002           | 0.008           | 0.012           | 0.005           | 0.005           | <0.001          | <0.001                                | 7.7             | 29.5            | 44.3            | 18.5 | 0   |  |
| 20  | b             | Liquid<br>(Concentrated type) |          | 42                        | -       | 0.042       | 0.003           | 0.013           | 0.019           | 0.007           | 0.007           | <0.001          | <0.001                                | 7.6             | 30.8            | 45.0            | 16.6 | 0   |  |
| 21  | c             |                               |          | 24                        | Contain | 0.036       | 0.003           | 0.012           | 0.014           | 0.007           | 0.007           | <0.001          | <0.001                                | 8.1             | 33.4            | 39.0            | 19.5 | 0   |  |
| 22  | c             |                               |          | 40                        | Contain | 1.04        | 0.089           | 0.338           | 0.391           | 0.218           | 0.218           | <0.001          | <0.001                                | 8.6             | 32.6            | 37.8            | 21.0 | 0   |  |
| 23  | c             |                               |          | 27                        | Contain | 18.2        | 1.66            | 5.59            | 7.13            | 3.85            | 3.85            | 0.007           | 0.007                                 | 9.0             | 30.7            | 39.1            | 21.1 | 0.1 |  |
| 24  | d             |                               |          | 14                        | Contain | 9.73        | 0.967           | 3.00            | 3.68            | 2.08            | 2.08            | <0.001          | <0.001                                | 9.9             | 30.9            | 37.8            | 21.4 | 0   |  |
| 25  | d             |                               |          | 16                        | Contain | 9.67        | 0.859           | 3.11            | 3.67            | 2.03            | 2.03            | <0.001          | <0.001                                | 8.9             | 32.2            | 37.9            | 21.0 | 0   |  |
| 26  | d             | Kitchen                       | Liquid   | 24                        | Contain | 10.2        | 0.629           | 2.99            | 4.43            | 2.20            | 2.20            | <0.001          | <0.001                                | 6.1             | 29.2            | 43.2            | 21.5 | 0   |  |
| 27  | e             |                               |          | 23                        | -       | <0.001      | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001                                | -               | -               | -               | -    | -   |  |
| 28  | g             |                               |          | 16                        | -       | <0.001      | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001                                | -               | -               | -               | -    | -   |  |
| 29  | a             |                               |          | 2.5                       | -       | <0.001      | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001                                | -               | -               | -               | -    | -   |  |
| 30  | b             |                               |          | 1                         | -       | <0.001      | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001                                | -               | -               | -               | -    | -   |  |
| 31  | c             |                               |          | 3                         | -       | <0.001      | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001                                | -               | -               | -               | -    | -   |  |
| 32  | h             |                               |          | 1                         | -       | <0.001      | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001          | <0.001                                | -               | -               | -               | -    | -   |  |

表4 LAS含有量のまとめ

| Use     | Property                      | LAS content (%) |        |         |
|---------|-------------------------------|-----------------|--------|---------|
|         |                               | Max.            | Min.   | Average |
| Laundry | Liquid<br>(Concentrated type) | 13.4            | <0.001 | 5.15    |
|         | Liquid                        | 6.99            | <0.001 | 4.28    |
|         | Powder                        | 13.8            | 0.95   | 7.01    |
| Kitchen | Liquid<br>(Concentrated type) | 1.04            | <0.001 | 0.229   |
|         | Liquid                        | 18.2            | <0.001 | 7.97    |
|         | Powder                        | <0.001          | <0.001 | <0.001  |

表5 メーカー別のLAS同族体組成比の平均値

| Manufacturers | C <sub>10</sub> | C <sub>11</sub> | C <sub>12</sub> | C <sub>13</sub> | C <sub>14</sub> |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| a             | 9.5             | 30.8            | 38.0            | 21.8            |                 |
| b             | 8.9             | 31.0            | 40.0            | 20.1            |                 |
| c             | 8.4             | 32.1            | 38.0            | 21.2            | 1.2             |
| d             | 8.7             | 29.8            | 40.9            | 20.5            | 0.1             |

で最大であり、最も多くのLASを含有していた。しかし、その他の台所用洗剤は、洗濯用洗剤と比較して1/20~1/30しかLASが含まれておらず、比較的含有量は小さかった。

次にLASを含有する製品についてメーカー(a、b、c、d)毎に同族体組成比の平均値を求め、その結果を表5に示す。4社の同族体組成比の平均値は、ほぼ同様であり、組成比は概ねC<sub>10</sub>:C<sub>11</sub>:C<sub>12</sub>:C<sub>13</sub>:C<sub>14</sub>=10:30:40:20:0であった。LAS同族体は各社ともC<sub>12</sub>が最も多くを占め、次いでC<sub>11</sub>、C<sub>13</sub>、C<sub>10</sub>の順に低くなった。またC<sub>14</sub>同族体は、含有されないもしくは非常に割合が低かった。環境中で検出されるLASは、C<sub>14</sub>同族体割合が低い傾向があり<sup>4),5)</sup>、その原因はC<sub>14</sub>同族体が流下過程で分解や吸着除去されるためとされている。しかし、今回の結果からは洗剤にC<sub>14</sub>同族体がほとんど含まれておらず、排出されないことが環境中のC<sub>14</sub>同族体が低い原因の一つと考えられる。

### 3・3 洗剤に由来するLASの排出原単位の推定

環境中のLASは、その排出量の多くが家庭用洗剤と考えられ、家庭からの排出原単位が負荷量解析に必要である。そこで、本研究で得られた結果から、洗濯や食器洗浄による1人あたり1日のLAS排出原単位(g/人/日)を試算した。

排出原単位は、製品毎に次の式により計算した。

$$\text{LAS排出原単位 (g/人/日)} = \frac{\text{製品中のLAS含有量(\%)} / 100 \times \text{洗剤使用量(g/回)} \times \text{使用回数 (回/日)} / \text{世帯人数 (人)}}{}$$

LAS含有量は本研究の表3の値を用い、値が定量下限値未満のものは0として試算した。洗濯用洗剤の使用量は次のように試算した。日本石鹼洗剤工業界の調査によると<sup>6)</sup>、平均の世帯人数は約4人であり、1週間の総洗濯物重量の平

均値は30.5kgであった。洗剤使用回数を1回/日として、総洗濯物重量を7日で除して1日あたり約4kgを洗濯すると仮定した。洗剤使用量は、4kgの洗濯物に対する標準使用量を製品表示から求め(キャップ1杯など)、重量を実測した。その結果、用途及び形態が同じ製品は、ほぼ同じ重量であり、試算には表6に示す値を用いた。台所用洗剤の使用量は、筆者の実際の1回あたりの使用量の重量を実測した。その結果、用途及び形態が同じ製品は、ほぼ同じ重量であり、試算には表6に示す値を用いた。また、使用回数を3回/日とした。これらの試算結果をまとめ、用途及び形態ごとに最大値、最小値及び平均値を表7に示した。平均値は、各製品のLAS排出原単位にシェアを乗じて試算するべきであるが、適当な文献値がなかったため、今回は用途、形態別のシェアを均一と仮定した。

洗濯洗剤の排出原単位は、濃縮型液体洗剤では0~0.831g/人/日であり、液体洗剤では0~0.873g/人/日であり、平均値もそれぞれ0.320g/人/日及び0.534g/人/日とほぼ同程度であった。一方、粉末洗剤では、0.142~2.07g/人/日であり、平均値も1.05g/人/日と液体洗剤の約2倍であり、洗濯用粉末洗剤のLAS排出原単位が大きかった。

台所用洗剤のうち粉末洗剤は、排出原単位が0g/人と最小だった。濃縮型液体洗剤の排出原単位は0~0.0234g/人/日であり、平均値は0.00515g/人/日と洗濯用洗剤の平均値と比較し1/60~1/200と非常に小さかった。一方、液体洗剤の排出原単位は0~0.680g/人/日であり、平均値は0.293g/人/日と洗濯用濃縮型液体洗剤と同程度であった。

これらの結果から両用途の洗剤について排出原単位の

表6 試算に用いた洗剤使用量及び使用回数の値

| Use     | Property                      | Amount of use (g/times) | Number of use (times/day) |
|---------|-------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Laundry | Liquid<br>(Concentrated type) | 25                      | 1                         |
|         | Liquid                        | 50                      | 1                         |
|         | Powder                        | 60                      | 1                         |
| Kitchen | Liquid<br>(Concentrated type) | 3                       | 3                         |
|         | Liquid                        | 5                       | 3                         |
|         | Powder                        | 5                       | 3                         |

表7 製品の用途、形態別のLAS排出原単位

| Use     | Property                      | Loads (g/person/day) |       |         |
|---------|-------------------------------|----------------------|-------|---------|
|         |                               | Max.                 | Min.  | Average |
| Laundry | Liquid<br>(Concentrated type) | 0.831                | 0     | 0.320   |
|         | Liquid                        | 0.873                | 0     | 0.534   |
|         | Powder                        | 2.07                 | 0.142 | 1.05    |
| Kitchen | Liquid<br>(Concentrated type) | 0.0234               | 0     | 0.00515 |
|         | Liquid                        | 0.680                | 0     | 0.293   |
|         | Powder                        | 0                    | 0     | 0       |

平均値を比較すると、概して洗濯用洗剤の方が台所用洗剤より大きかった。また、先述のとおりLASを含有する製品割合（洗濯用洗剤：8割、台所用洗剤：5割）も洗濯用洗剤の方が多かった。以上のことから、全般的な傾向として洗濯用洗剤の方がLASを含む場合が多く、排出原単位も大きいと、家庭からのLAS排出に寄与が大きいと考えられる。

次に、家庭からのLAS排出原単位を洗濯用洗剤と台所用洗剤の排出原単位の和と仮定し、LAS排出原単位平均値の最大値又は最小値同士を加えた場合、その値の範囲は0.320～1.34 g/人/日であった。過去に報告されたLAS排出原単位は、天野らが河川水中のLAS濃度を用いて0.6～0.7 g/人/日と報告したものや<sup>7)</sup>、浦野らが団地の排水中LAS濃度を用いて1.2～3.2 g/人/日と報告しているものがある<sup>8)</sup>。これらの値は、MBAS値であるがC<sub>12</sub>-LAS換算量で表示されており比較可能と考えられる。そこで値を比べると、試算値の範囲は、天野らと浦野らの値のほぼ中間であった。しかし、本研究では排出源での原単位を試算しており、浦野らの調査条件に近く、この調査と比較が妥当と考えられる。この場合、今回の試算値は浦野らの値よりも低く、家庭からのLAS排出量が過去より低減し、改善している可能性が示唆された。

一方、LAS排出原単位のオーダーは、洗濯用と台所用洗剤のみの和である試算値と過去の報告が同程度であり、両洗剤で家庭からのLAS排出量をほぼ満たすことが示唆される。そのため、LAS排出低減化にはこれらの洗剤を対象とし、生産段階におけるLAS使用の抑制や排出段階における洗剤の使用適正化などの市民啓発が重要と考えられる。

今回の試算は、製品シェア等による補正を加えることにより、より実態に近いLAS排出原単位を推定できるものである。また、流域の排水処理別の人口や河川でのLAS濃度等の調査を加えて数理モデル化することにより、LASの排出、流下過程における分解・除去を含む流達過程等の汚濁解析を今後行う予定である。

#### 4 まとめ

- ① 液体クロマトグラフ吸光度法によりLASを測定し、C<sub>10</sub>～C<sub>14</sub>-LASのIQLは0.0072～0.0092mg/Lであった。
- ② 洗濯用洗剤では、17製品中14製品にLASが含有されており、その濃度範囲は0.946～13.8%であった。台所用洗剤では、15製品中8製品にLASが含有されており、その濃度範囲は0.027～18.2%であった。
- ③ 4社の製品中のLAS同族体組成比の平均値は、ほぼ同様であり、組成比は大体C<sub>10</sub> : C<sub>11</sub> : C<sub>12</sub> : C<sub>13</sub> : C<sub>14</sub> = 10 : 30 : 40 : 20 : 0であった。
- ④ 洗濯用洗剤の排出原単位は、濃縮型液体洗剤が0～0.851g/人/日であり、液体洗剤が0～0.873g/人/日であ

った。粉末洗剤では0.142～2.07g/人/日であり、洗濯用粉末洗剤のLAS排出原単位が大きい傾向にあった。

- ⑤ 家庭からのLAS排出原単位を洗濯用洗剤と台所用洗剤の排出原単位を足し合わせたものと仮定し、LAS排出原単位平均値の最大値又は最小値同士を加えた場合、その範囲は0.320～1.34 g/人/日であった。

#### 文献

- 1) 中央環境審議会水環境部会水生生物保全環境基準専門委員会：水生生物の保全に係る水質環境基準の項目等について（第2次報告）、2012。
- 2) 平成25年度 届出外排出量の推計方法等に係わる資料（[http://www.meti.go.jp/policy/chemical\\_management/law/prtr/h25kohyo/todokedegaisanshutudata.html](http://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/law/prtr/h25kohyo/todokedegaisanshutudata.html)）
- 3) 環境省：化学物質環境実態調査実施の手引き（平成20年度版）、2009。
- 4) 小原ら：福岡市保環研報、Vol.38、50-51、2013。
- 5) 佐来栄治、早川修二：三重保環研年報、vol.49、No.6、65-70、2004。
- 6) 山田勲：繊維製品消費化学、Vol.52、No.12、763-770、2011。
- 7) 天野耕二、福島武彦：土木学会題43回年次技術講演会資料、870-871、1988。
- 8) 浦野紘平ら：水質汚濁研究、Vol.6、No.5、311-318、1983。

(英文要旨)

## **Pollution loads of linear alkyl benzene sulfonate from household detergents**

**Nobuhiro SHIMIZU, Toyokazu KOGA, Sayo MORIYAMA, Daisuke TSUCHIDA,  
Kazuhiro FUJIKAWA and Yoshito TANAKA**

*Fukuoka Institute of Health and Environmental Sciences,  
Mukaizano 39, Dazaifu, Fukuoka 818-0135, Japan*

We measured contents and composition ratios of the homologs of linear alkyl benzene sulfonate (LAS) in household detergents, and used these measurements to estimate their pollution loads. Seventeen laundry detergents and 14 kitchen detergents were purchased in Fukuoka Prefecture for analysis. LAS was detected in 14 of the laundry detergents, with a content range of 0.946–13.8%. LAS was detected in eight of the kitchen detergents, with a content range of 0.027–18.2%. Among the top four manufacturers of detergents, the average compositions of these five homologs had approximately the same ratio, i.e., C10:C11:C12:C13:C14 = 10:30:40:20:0. Using our results of LAS contents in household detergents, the pollution loads from household detergents were estimated to be from 0.320 to 1.34 g/person/day.

[Key words ; linear alkyl benzene sulfonate, household detergent, laundry detergent, kitchen detergent, pollution load unit]