

## L A S の濃度について

### 1. 夏季と冬季の濃度比較

東京湾と大阪湾の公共用水質測定結果について以下のとおり整理を行った。

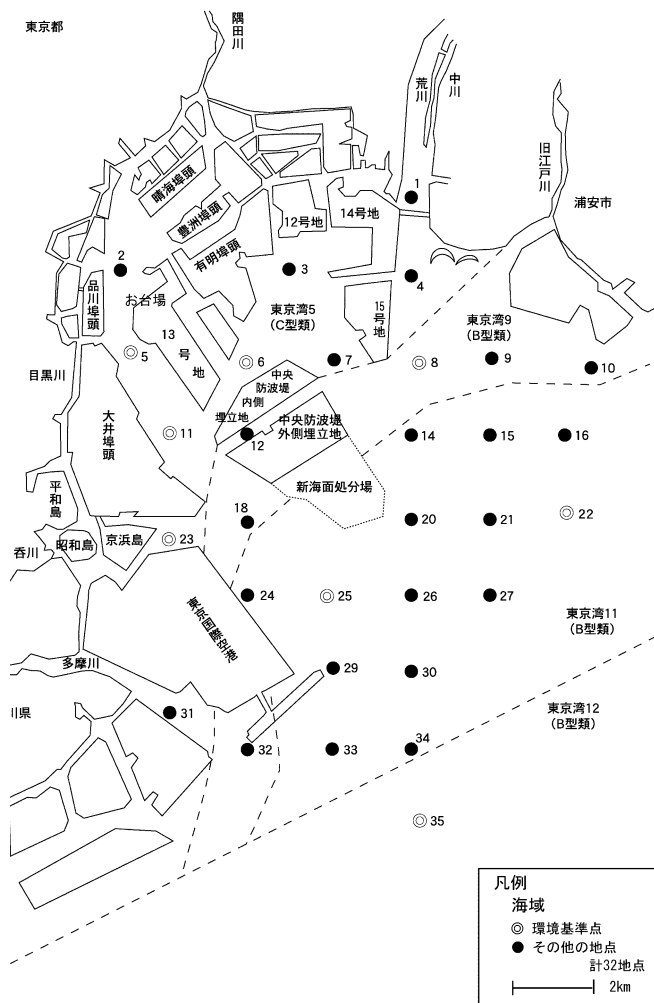
#### (1) 東京湾

東京都及び千葉県が実施した水質測定の水質測定地点を図-1 に、測定結果を表-1 及び表-2 にそれぞれ示した。

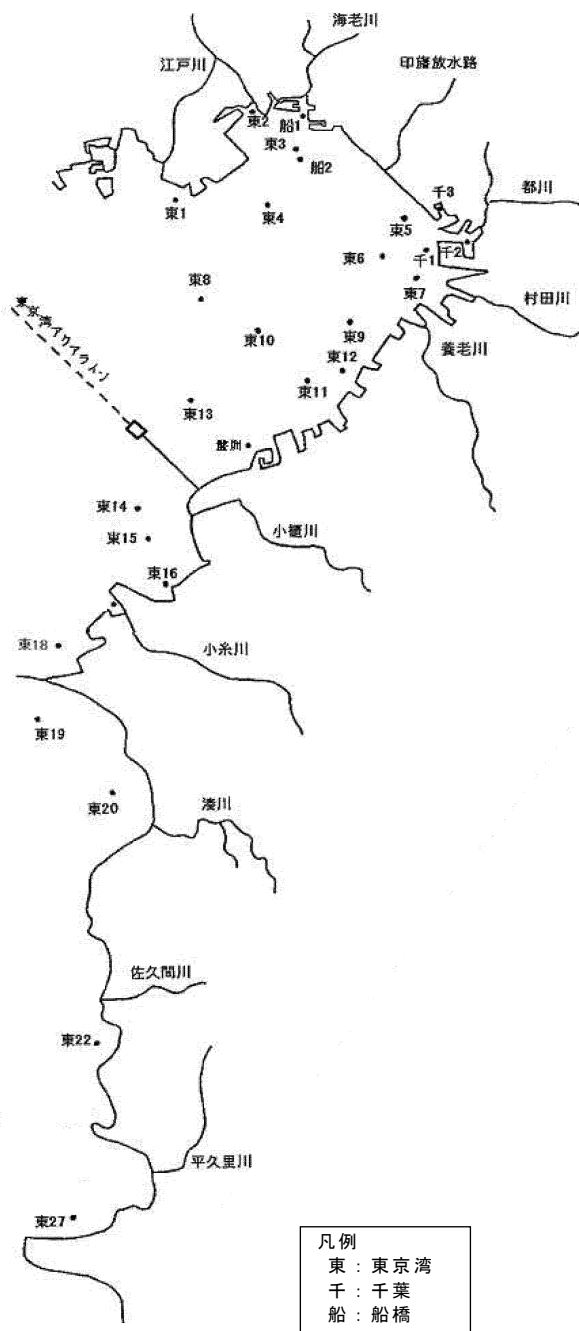
東京都が実施した平成 26 年度と平成 27 年度の L A S の水質測定結果のうち夏季（7 月）と冬季（1 月）を比較すると、平成 26 年度ではいずれも検出下限値以下であった 17 地点を除く 14 地点中 10 地点で、平成 27 年度ではいずれも検出下限値以下であった 22 地点を除く 9 地点中 7 地点で冬季の測定値の方が高かった。

これらの測定地点のうち、月 1 回の測定を行っている環境基準点 8 地点の年間変動を図-2 に示す。定量下限値以下の測定結果が多く、夏季と冬季で明確な差を確認できなかった。なお、東京湾 32 の 4 月の測定値は前日の降雨（20mm）、10 月の測定値は当日朝の降雨（22mm）の影響により、高濃度となった可能性が考えられる。

千葉県が実施した平成 26 年度と平成 27 年度の L A S の水質測定結果のうち夏季（6～8 月）と冬季（12～2 月）を比較すると、平成 26 年度ではいずれも検出下限値以下であった 20 地点を除く 8 地点全てで夏季の測定値の方が高く、平成 27 年度ではいずれも検出下限値以下であった 22 地点を除く 6 地点中 1 地点で夏季と冬季の値が同じで、残り 5 地点では冬季の測定値の方が高かった。



東京都の測定地点



千葉県の測定地点

図-1 東京湾の公共用水域水質調査地点図 (LAS)

表-1 東京湾（東京都）のLAS測定結果（mg/L）

区分	地点	採水層	類型	平成 26 年度		平成 27 年度	
				7 月	1 月	7 月	1 月
環境基準点	5	表層	A	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
		底層		<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
	6	表層	A	<0.0006	0.0007	<0.0006	<0.0006
		底層		<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
	8	表層	A	<0.0006	0.0011	<0.0006	<0.0006
		底層		<0.0006	0.0010	<0.0006	<0.0006
	11	表層	A	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
		底層		<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
	22	表層	A	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
		底層		<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
	23	表層	A	<0.0006	0.0007	<0.0006	<0.0006
		底層		<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
	25	表層	A	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
		底層		<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
35	表層	A	<0.0006	0.0013	<0.0006	<0.0006	
	底層		<0.0006	0.0013	<0.0006	<0.0006	
補助点	1	表層	A	0.0007	<0.0006	<0.0006	0.0020
		底層		—	—	<0.0006	<0.0006
	2	表層	A	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
		底層		—	—	<0.0006	<0.0006
	3	表層	A	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
		底層		—	—	<0.0006	<0.0006
	4	表層	A	<0.0006	<0.0006	<0.0006	0.0011
		底層		—	—	<0.0006	<0.0006
	7	表層	A	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
		底層		—	—	<0.0006	<0.0006
	9	表層	A	<0.0006	0.0007	<0.0006	<0.0006
		底層		—	—	<0.0006	0.0009
	10	表層	A	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
		底層		—	—	<0.0006	0.0011
	12	表層	A	0.0008	<0.0006	<0.0006	<0.0006
		底層		—	—	<0.0006	<0.0006
	14	表層	A	<0.0006	<0.0006	<0.0006	0.0012
		底層		—	—	<0.0006	<0.0006
	15	表層	A	<0.0006	0.0006	<0.0006	<0.0006
		底層		—	—	<0.0006	0.0006
	16	表層	A	<0.0006	0.0015	<0.0006	<0.0006
		底層		—	—	<0.0006	0.0009
	18	表層	A	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
		底層		—	—	<0.0006	<0.0006
	20	表層	A	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
		底層		—	—	<0.0006	<0.0006
	21	表層	A	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
		底層		—	—	<0.0006	<0.0006
24	表層	A	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	
	底層		—	—	<0.0006	<0.0006	
26	表層	A	<0.0006	0.0010	<0.0006	<0.0006	
	底層		—	—	<0.0006	<0.0006	
27	表層	A	<0.0006	0.0013	<0.0006	<0.0006	
	底層		—	—	<0.0006	<0.0006	
29	表層	A	<0.0006	0.0010	<0.0006	<0.0006	
	底層		—	—	0.0006	<0.0006	
30	表層	A	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	
	底層		—	—	<0.0006	<0.0006	
31	表層	A	0.0006	<0.0006	0.0008	<0.0006	
	底層		—	—	<0.0006	<0.0006	
32	表層	A	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	
	底層		—	—	<0.0006	<0.0006	
33	表層	A	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	
	底層		—	—	<0.0006	<0.0006	
34	表層	A	0.0011	<0.0006	<0.0006	<0.0006	
	底層		—	—	<0.0006	<0.0006	

注) 底層は B+1m。

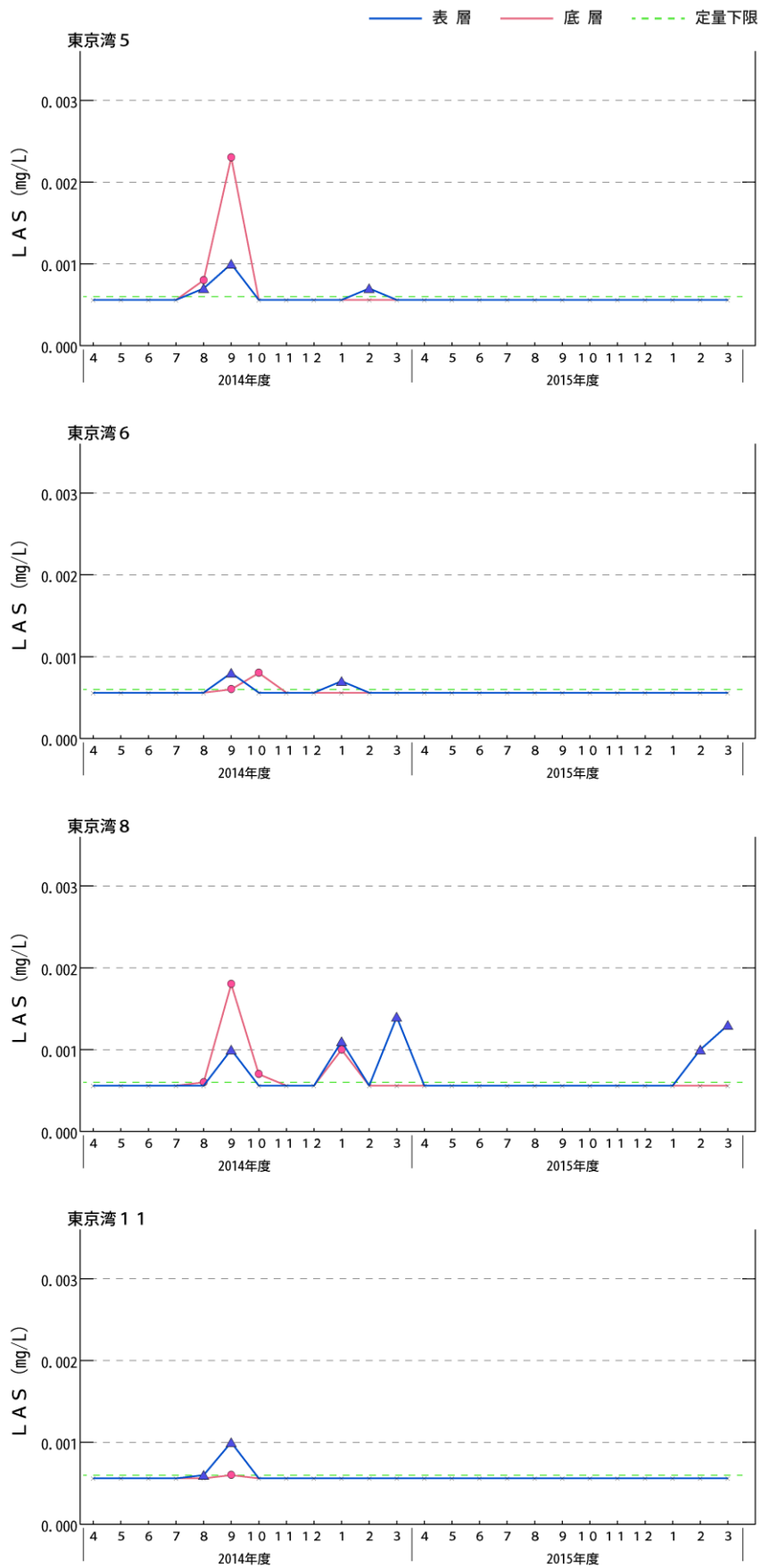


図-2 東京湾の LAS 濃度の月変化 (1)

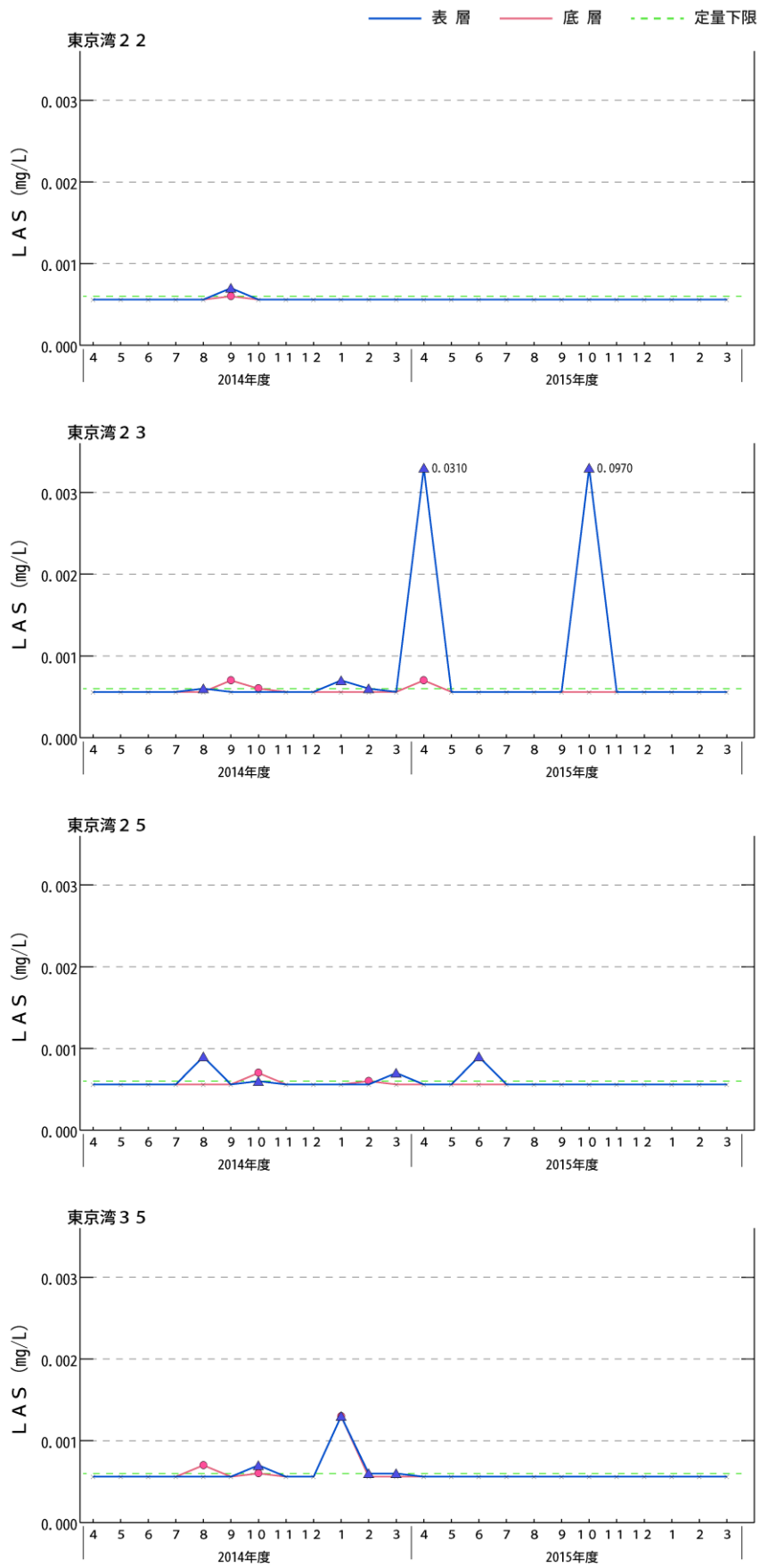


図-2 東京湾の LAS 濃度の月変化 (2)

表-2 東京湾（千葉県）のLAS測定結果（mg/L）

	測定地点名	採水層	類型	平成26年度						平成27年度					
				6月	7月	8月	12月	1月	2月	6月	7月	8月	12月	1月	2月
環境基準点	東京湾1	表層	A		0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006	
		底層		<0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006		
	東京湾2	表層		<0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006		
		底層		<0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006		
	東京湾3	表層		<0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006		
		底層		<0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006		
	東京湾4	表層		<0.0006			<0.0006			<0.0006			0.0009		
		底層		<0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006		
	東京湾5	表層		<0.0006			<0.0006			<0.0006			0.0008		
		底層		<0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006		
	東京湾6	表層		<0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006		
		底層		<0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006		
	東京湾7	表層		<0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006		
		底層		<0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006		
	東京湾8	表層		<0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006		
		底層		<0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006		
	東京湾9	表層		0.0013			<0.0006			<0.0006			<0.0006		
		底層		<0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006		
	東京湾10	表層		<0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006		
		底層		<0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006		
	東京湾11	表層		<0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006		
		底層		<0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006		
	東京湾12	表層		<0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006		
		底層		<0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006		
	東京湾13	表層		<0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006		
		底層		<0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006		
	東京湾14	表層		<0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006		
		底層		<0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006		
東京湾15	表層	<0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006				
	底層	<0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006				
東京湾16	表層	0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006				
	底層	<0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006				
東京湾18	表層	<0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006				
	底層	<0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006				
盤洲	表層			0.0008			<0.0006			<0.0006		0.0007			
	底層			<0.0006			<0.0006			<0.0006		<0.0006			
東京湾19	表層	0.0008			<0.0006			<0.0006			<0.0006				
	底層	<0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006				
東京湾20	表層	<0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006				
	底層	<0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006				
東京湾22	表層			0.0007			<0.0006			<0.0006		<0.0006			
	底層			0.0006			<0.0006			<0.0006		<0.0006			
東京湾27	表層			0.0009			<0.0006			<0.0006		<0.0006			
	底層			0.0007			<0.0006			<0.0006		0.0006			
東京湾28	表層	<0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006				
	底層	<0.0006			<0.0006			<0.0006			<0.0006				
補助点	船橋1	表層	A	0.0017		<0.0006	<0.0006		<0.0006	0.0006		<0.0006	<0.0006	<0.0006	
		底層		0.0046		<0.0006	<0.0006		<0.0006	<0.0006		<0.0006	<0.0006	0.0006	
	船橋2	表層		<0.0006		<0.0006	<0.0006		<0.0006	<0.0006		0.0007	<0.0006	<0.0006	
		底層		<0.0006		<0.0006	<0.0006		<0.0006	<0.0006		<0.0006	0.0011	0.0006	
	千葉1	表層				<0.0006			<0.0006			<0.0006		<0.0006	
	千葉2	表層				<0.0006			<0.0006			<0.0006		<0.0006	
千葉3	表層			<0.0006			<0.0006			<0.0006		<0.0006			

注) 底層はB+1m。空欄は測定なし。

## (2) 大阪湾

大阪府が実施した平成 27 年度の L A S の水質測定の測定地点を図-3 に、測定結果を表-3 に示した。全 22 点のうち、いずれも検出下限値以下であった 10 地点を除く 12 地点中 9 地点で 2 月（冬季）の測定値の方が高かった。

なお、兵庫県では平成 27 年度に 14 地点において L A S の水質測定（年 1 回または年 2 回）が実施されたが、その結果、13 地点はいずれも検出下限値以下であり、1 地点では 2 月（冬季）に 0.0006mg/L であった。

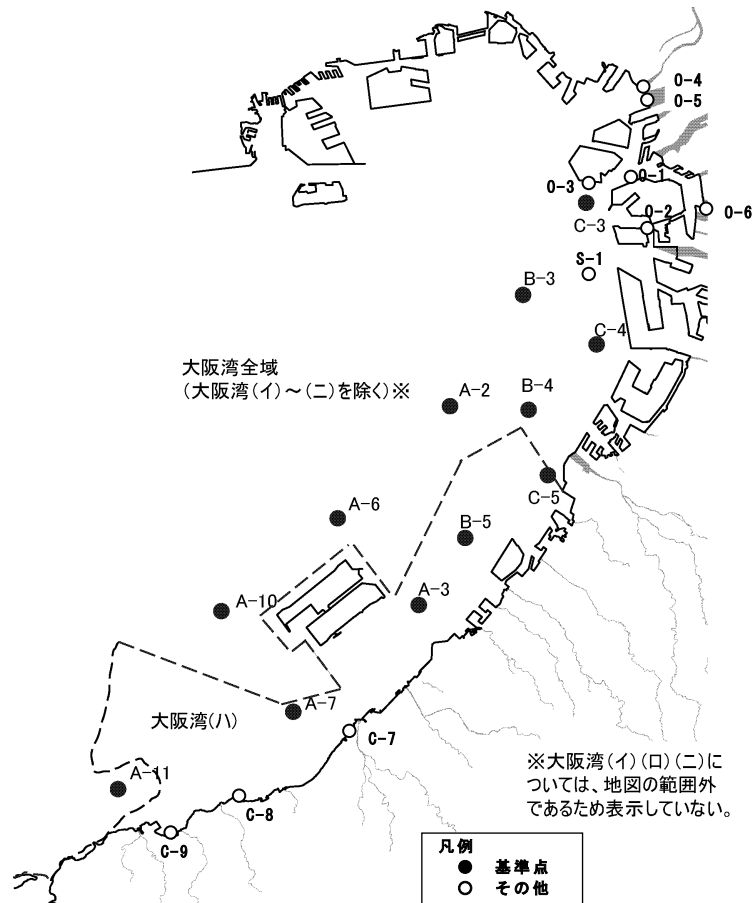


図-3 大阪湾（大阪府）の水生生物保全に係る測定地点

表-3 大阪湾（大阪府）の LAS 測定結果（mg/L）

地点名	類型	平成 27 年度			
		5 月	8 月	11 月	2 月
C-3	生物 A	<0.0006	<0.0006	<0.0006	0.0010
C-4	生物 A	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
C-5	特 A	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
B-3	生物 A	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
B-4	生物 A	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
B-5	特 A	<0.0006	<0.0006	0.0012	<0.0006
A-2	生物 A	<0.0006	<0.0006	<0.0006	0.0007
A-3	特 A	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
A-6	生物 A	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
A-7	特 A	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
A-10	生物 A	<0.0006	<0.0006	<0.0006	0.0007
A-11	生物 A	<0.0006	<0.0006	<0.0006	0.0006
C-7	-	-	<0.0006	-	0.0015
C-8	-	-	<0.0006	-	<0.0006
C-9	-	-	<0.0006	-	<0.0006
O-1	-	-	<0.0006	-	0.0021
O-2	-	-	<0.0006	-	0.0085
O-3	-	-	<0.0006	-	<0.0006
O-4	-	-	0.0021	-	0.0011
O-5	-	-	<0.0006	-	0.0007
O-6	-	-	0.0019	-	0.021
S-1	-	-	0.0019	-	0.0018

注) 測定は表層のみ。



### (3) 終末処理場の流入水質

#### ① 東京都の水再生センター

13箇所の水再生センターで平成25年の冬季・夏季の各1日午前10時に流入水のスポット採水を実施した結果を図-4に示す。13箇所の平均では夏季の濃度がやや高いが、約半数の終末処理場では冬季と夏季で濃度に明確な差は見られなかった。

なお、放流水との濃度の比較による除去率は、平均で99%以上であった。

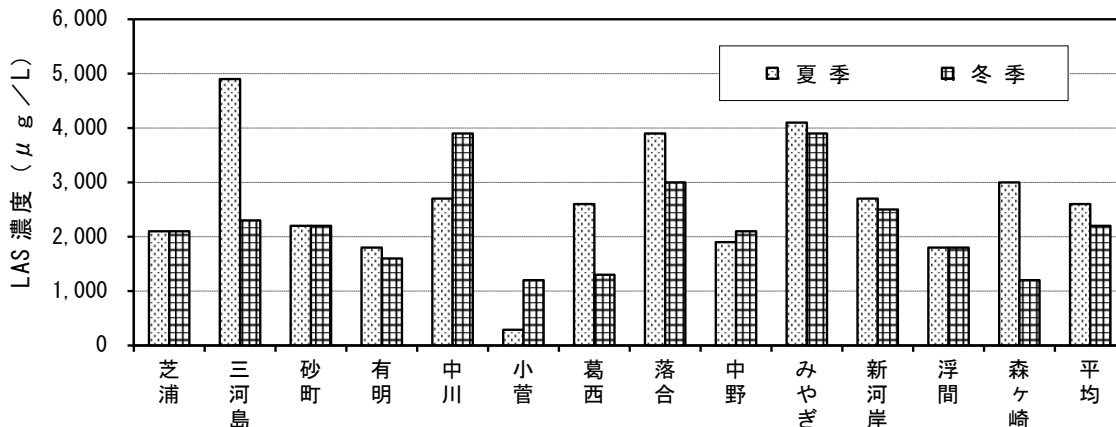


図-4 東京都の水再生センターにおける流入水中のLAS濃度 (平成25年度)

(出典)「水再生センターにおけるLAS及びその塩の実態調査」第52回下水道研究発表会講演集 平成27年

#### ② 横浜市の水再生センター

11箇所の水再生センターで平成27年8月と平成28年1月に流入水の24時間採水を実施し混合試料として分析した結果を図-5に示す。全ての水再生センターで冬季の濃度が夏季より高く、その差は1.4~2.6倍であった。

なお、放流水との濃度の比較による除去率は、除去率は99%以上であった。

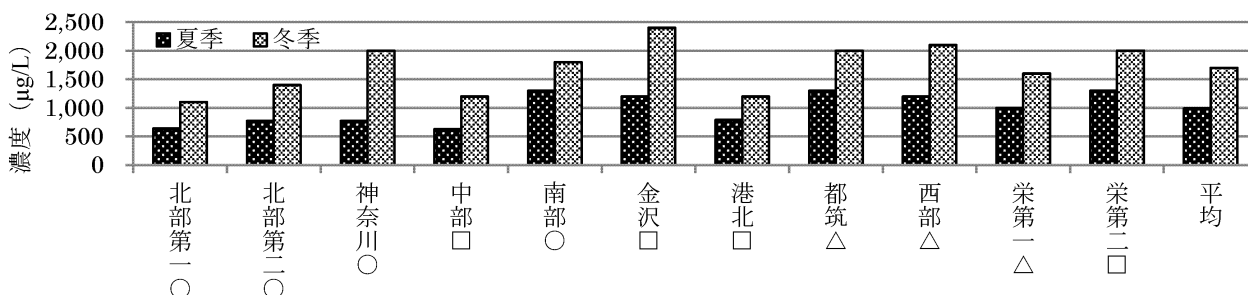


図-5 横浜市の水再生センターにおける流入水中のLAS濃度 (平成27年度)

注) 〇：合流式、△：分流式、□：合流及び分流

(出典)「下水中の直鎖アルキルベンゼンスルホン酸及びその塩の濃度調査について」第53回下水道研究発表会講演集 平成28年

## 2. LAS の環境水中での分解

東京都環境科学研究所が環境水を用いて行った実験の結果から、LASの半減期（初期濃度の半分の濃度に減少するまでの日数）と生分解による濃度変化について、それぞれ表-4、図-6に示した。表-4のとおり水温が高い場合に分解が速い傾向がみられる。

また、濃度が10 mg/Lと高い場合は海水では河川水に比べて半減期は2倍以上と長い、濃度が0.1 mg/Lまたは1 mg/Lの場合は海水中での半減期の方が短い。

表-4 LASの半減期

環境水	LAS添加量 mg/L	15°C		10°C
		HPLC法	MBAS法	HPLC法
多摩川 田園調布堰上	0	2.4日	4.5日	
	0.1	2.2日		2.0日
	1	2.8日		3.5日
	10	4.3日	5.0日	8.8日
東京湾 St. 25	0.1	0.5日		0.6日
	1	1.3日	1.2日	1.8日
	10			19日

(出典)「LASの環境水中での生分解性」 東京都環境科学研究所年報 平成元年

注1) HPLC法：高速液体クロマトグラフィー、MBAS法：メチレンブルー吸光光度法

注2) LAS無添加の場合の初期LAS濃度は0.097mg/L

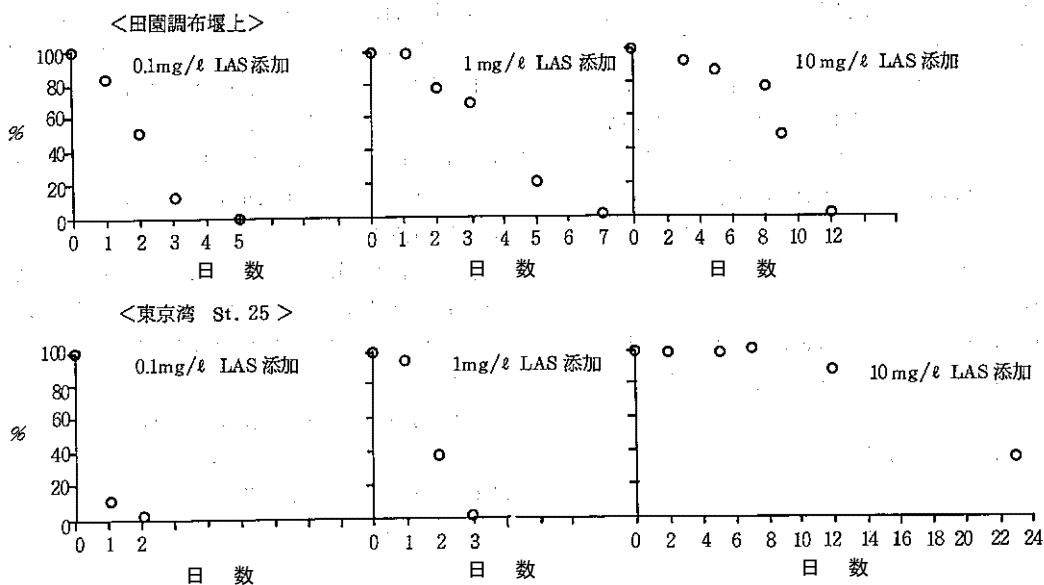


図-6 LASの10°Cでの生分解（初期濃度を100%とした場合の濃度変化）

(出典)「LASの環境水中での生分解性」 東京都環境科学研究所年報 平成元年

(参考) LASの物性等について

参考として以下にLASの物理化学的特性を挙げた。

(1) 物理化学的特性

直鎖アルキルベンゼンスルホン酸は、ベンゼン環に直鎖のアルキル基(-C<sub>n</sub>H<sub>2n+1</sub>)が結合した直鎖アルキルベンゼンにスルホ基(-SO<sub>3</sub>H)が結合した化合物である。上市されている商用の直鎖アルキルベンゼンスルホン酸及びその塩(LAS)はアルキル基の炭素数が10~14(平均鎖長11.8程度)で、アルキル基のベンゼン環への結合位置は定まっていない。スルホン酸体は強酸であり、製品として用いられることはなく、通常は、ナトリウムなどのアルカリ金属又はアンモニウムとの塩が、直鎖アルキルベンゼンスルホン酸塩として流通している。商用の直鎖アルキルベンゼンスルホン酸及びその塩(LAS)はアルキル基の炭素数や結合位置の違いなど20以上の混合物からなる。なお、文中及び表中の( )内の数字は出典番号を示している。

本物質の構造を図1、物理化学的特性等を表1に取りまとめた。

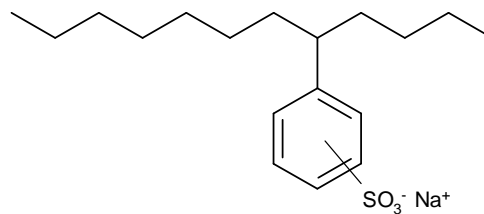


図-7 直鎖アルキルベンゼンスルホン酸塩の構造図の代表例

表-5 物理化学的特性等

融点	198.5°C <sup>*1</sup> (1)、>300°C <sup>*2</sup> (2)、144°C <sup>*3</sup> (3)	
沸点	444°C(分解) <sup>*1</sup> (1)	
密度	1.0(20°C、60%スラリー) <sup>*2</sup> (4)	
蒸気圧	2.3×10 <sup>-15</sup> mmHg(25°C) <sup>*2</sup> (MPBPWIN(5)により計算)	
解離定数(pKa)	現時点では得られていない	
オクタノール/水分係数(log K <sub>ow</sub> )	0.45 <sup>*2</sup> (2)、1.96 <sup>*2</sup> (6)、3.32 <sup>*4</sup> (7)	
水溶解度	2.0×10 <sup>5</sup> mg/L(25°C) <sup>*2</sup> (2)、2.5×10 <sup>5</sup> mg/L(20°C) <sup>*4</sup> (7)	
ヘンリー定数	6.38×10 <sup>-3</sup> Pa・m <sup>3</sup> /mol(25°C) <sup>*2</sup> (HENRYWIN(8)により計算)	
生物分解性	好氣的	良分解性 BOD73%、HPLC98%(試験期間:4週間、被験物質濃度:100 mg/L、活性汚泥濃度:30 mg/L) <sup>*3</sup> (9)
	嫌氣的	分解され難い <sup>*5</sup> (10)
化学分解性	加水分解性	加水分解を受けやすい化学結合はないので、水環境中では加水分解されない <sup>*5</sup> (10)
光分解性	水面では紫外線によって光分解される <sup>*2</sup> (11)	

本物質の主な用途は、約8割が家庭の洗濯用洗剤、2割弱がクリーニング、厨房や車両の洗浄などに使用される業務用洗浄剤であり、わずかではあるが繊維を染色加工する際の分散剤や農薬などの乳化剤に使用されている。家庭の台所用洗剤にはほとんど使われなくなっている。<sup>(13)</sup>

## (2) 水環境中での挙動

好氣的条件下では、LAS のアルキル基末端のメチル基が酸化 ( $\omega$ -酸化) されてカルボキシル基を生じ、スルホフェニルカルボン酸 (Sulphophenyl Carboxylic Acid (SPC)) となり、さらにアルキル基の酸化短縮 ( $\beta$ -酸化) が炭素数 4~5 まで続いた後にベンゼン環の開裂を経て、最終的には二酸化炭素、水及び硫酸イオンに分解される<sup>(1)</sup>。分解過程で生成した有機物の一部は、低級脂肪酸などに変換され、微生物に同化される<sup>(2)</sup>。

C<sub>10</sub>、C<sub>11</sub> 及び C<sub>12</sub> 成分を含有する市販の LAS の河川水中での生分解特性としては、8 日後には C<sub>10</sub>-LAS の 5-スルホフェニル異性体 (炭素数 10 のアルキル基の末端から 5 番目の位置の炭素でベンゼン環に結合した構造の LAS) 及び C<sub>11</sub>-LAS の 5-及び 6-スルホフェニル異性体のみが残存し、末端メチル基がスルホフェニル基から最も離れて存在する異性体が最も分解しやすい<sup>(3)</sup>。生分解はアルキル基の炭素数が多い長鎖同族体 (C<sub>13</sub>、C<sub>14</sub>)、アルキル基がより外側の炭素でベンゼン環へ結合している外部位置異性体ほど分解されやすい<sup>(4)</sup>。

LAS の河川・湖沼水中の懸濁物質 (吸着媒体) への吸着は、有機炭素含有率が高い吸着媒体ほど吸着量が多いという実験結果が得られている<sup>(5)</sup>。河川水中の LAS は、10~45%が懸濁物質に吸着して存在し<sup>(5)</sup>、炭素数別では C<sub>10</sub> から C<sub>12</sub> の大部分が溶存態、C<sub>13</sub> の 40~60%が懸濁態として存在している<sup>(6)</sup>。底質中では全 LAS 量の 99%以上が吸着態として存在していた<sup>(7)</sup>。底質中における LAS の分解速度は、水中よりも 2 桁以上遅いと報告されている<sup>(8)</sup>。

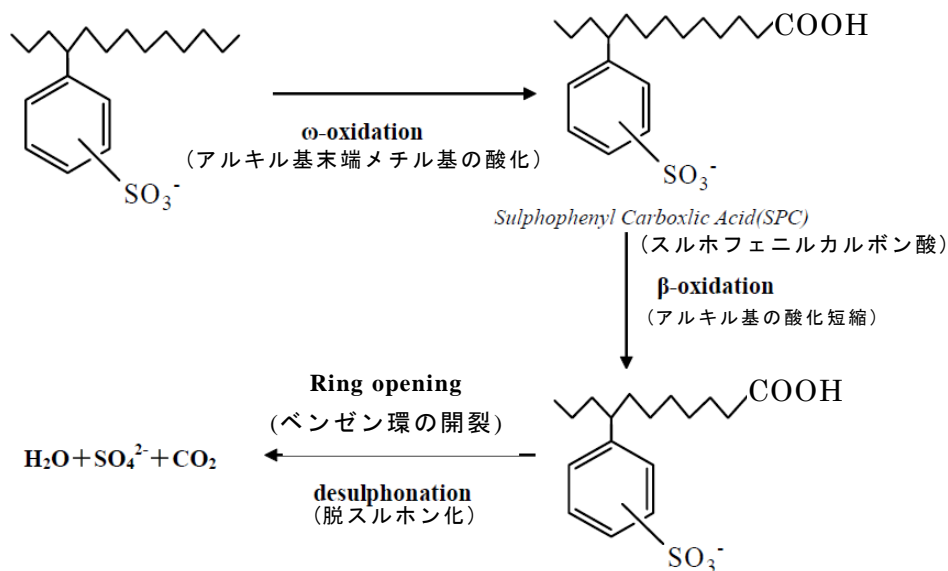


図-8 LAS の分解過程

(3) PRTR 排出量：直鎖アルキルベンゼンスルホン酸及びその塩

表-6 届出排出量・移動量（平成 27 年度）

	報告事業所数 (件)	排出量 (kg/年)					移動量 (kg/年)			排出・ 移動量 合計	業種名
		大気	公共用 水域	土壌	埋立	合計	廃棄物	下水道	合計		
佐賀県	3	0	0	0	0	0	94	6	100	100	化学工業
佐賀県	1	0	13	0	0	13	0	0	0	13	電気機械器具製造業
福岡県	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	食料品製造業
福岡県	3	0	17	0	0	17	5,400	240	5,640	5,657	化学工業
福岡県	1	49	0	0	0	49	27	0	27	76	金属製品製造業
長崎県	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	下水道業
熊本県	1	4	17	0	0	21	0	0	0	21	ゴム製品製造業

(出典) 環境省・経済産業省 「PRTR 届出排出量・移動量の対象化学物質別集計結果」 平成 27 年度

表-7 届出外・推計排出量（平成 27 年度）

	年間排出量 (kg/年)					
	対象業種 の事業者 のすそ切 り以下	農 薬	殺虫剤	洗浄剤・ 化粧品等	下水処理 施設	合 計
福岡県	2,216	3,794	260	287,635	103,981	397,886
佐賀県	447	3,548	53	102,431	9,255	115,733
長崎県	478	943	68	163,683	19,887	185,060
熊本県	851	3,956	99	163,957	26,716	195,580

(出典) 環境省・経済産業省 「PRTR 届出排出量・移動量の対象化学物質別集計結果」 平成 27 年度

## (4) 出典

### 物理化学的特性等

- (1) OECD High Production Volume Chemicals REPrAm (2006): SIDS (Screening Information Data Set) Initial Assessment Report. LINEAR ALKYL BENZENE SULFONATE.
- (2) International Programme on Chemical Safety (IPCS) (1997): International Chemical Safety Cards. 1189. SODIUM DODECYLBENZENE SULPHONATE
- (3) Lide, D.R. ed. (2006): CRC Handbook of Chemistry and Physics, 86th Edition (CD-ROM Version 2006), Boca Raton, Taylor and Francis. (CD-ROM).
- (4) U.S. Coast Guard, Department of Transportation (1984-5): CHRIS - Hazardous Chemical Data. Volume II. Washington, D.C., U.S. Government Printing Office. [Hazardous Substances Data Bank (<http://toxnet.nlm.nih.gov/>, 2006.10.13 現在) ]
- (5) U.S. Environmental Protection Agency, MPBPWIN™ v.3.20
- (6) U.S. Environmental Protection Agency, EPI Suite™ v.4.0.
- (7) International Programme on Chemical Safety (IPCS) (2005): International Chemical Safety Cards. 1602. C10-13 ALKYL BENZENESULFONIC ACID, SODIUM SALT.
- (8) U.S. Environmental Protection Agency, HENRYWIN™ v.3.20.
- (9) 厚生労働省, 経済産業省, 環境省: 化審法データベース (J-CHECK). (<http://www.safe.nite.go.jp/jcheck>).
- (10) 財団法人化学物質評価研究機構, 独立行政法人製品評価技術基盤機構 (2005) 化学物質の初期リスク評価書 No.5 直鎖アルキルベンゼンスルホン酸及びその塩(アルキル基の炭素数が10 から 14 までのもの及びその混合物に限る。). (独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 委託事業).
- (11) Matsuura, T. and Smith, J.M. (1970): Kinetics of photodecomposition of dodecyl benzene sulfonate. *Ing. Eng. Chem. Fund.* 9:252-260.
- (12) Tolls, J. et al. (1997): Bioconcentration of LAS: Experimental Determination and Extrapolation to Environmental, *Environmental Science & Technology*, 31(12): 3426-3431.
- (13) 環境省 (2012): 化学物質ファクトシート 2011年版

### 水環境中での挙動

- (1) Schröder, R.D. (1989): Basic principles of LAS biodegradation, *Tenside Detergents*, 26, 86-94.
- (2) Swisher, R.D. (1987): *Surfactant Biodegradation*, Marcel Dekker Inc., New York. [財団法人化学物質評価研究機構, 独立行政法人製品評価技術基盤機構 (2005) 化学物質の初期リスク評価書 No.5 直鎖アルキルベンゼンスルホン酸及びその塩(アルキル基の炭素数が10 から 14 までのもの及びその混合物に限る。). (独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 委託事業)から]
- (3) Perales J. A., M. A. Manzano, D. Sales, J. M. Quiroga (1999): Linear Alkylbenzene Sulphonates: Biodegradability and Isomeric Composition. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 63:94-100.
- (4) 天野耕二、福島武彦、中杉修身 (1990): 湖沼河口域における直鎖アルキルベンゼンスルホン酸塩(LAS)の収支モデル. *水質汚濁研究*. 13(9): 577-585.
- (5) 天野耕二、福島武彦、稲葉一穂、中杉修身 (1989): 直鎖アルキルベンゼンスルホン酸塩(LAS)の河川・湖沼水中懸濁物への吸着特性の変化とその要因について. *水質汚濁研究*. 12(8): 506-515.
- (6) 日本石鹼洗剤工業会 (1997): 日本における LAS の環境動態と生態影響評価. *環境年報*. Vol.22(1996~1997 年度版): 1-7.
- (7) 平山南見子、高橋篤、松尾清孝、小塩英世、黒沢康弘、大嶋道孝 (1984): ODS カラム吸着法を用いた河川水中の LAS および蛍光増白剤の調査研究—主として LAS の存在状況—. *川崎市公害研究所年報*. 10:67-74.
- (8) 天野耕二、福島武彦、中杉修身 (1989): 湖沼底質中の直鎖アルキルベンゼンスルホン酸塩(LAS)の鉛直分布と季節変動について. *水質汚濁研究*. 12(11): 724-735.