

初期評価プロファイル (SIAP)

直鎖アルキルベンゼンスルホン酸塩・カテゴリー

物質名と CAS No. : Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS)

デシルベンゼンスルホン酸ナトリウム

Decylbenzene sulfonic acid, sodium salt 1322-98-1

ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム

Dodecylbenzene sulfonic acid, sodium salt 25155-30-0

トリデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム

Tridecylbenzene sulfonic acid, sodium salt 26248-24-8

ウンデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム

Undecylbenzene sulfonic acid, sodium salt 27636-75-5

C₁₀₋₁₆ モノアルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム

C₁₀₋₁₆ Monoalkylbenzene sulfonic acid, sodium salt 68081-81-2

C₁₀₋₁₃ アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム

C₁₀₋₁₃ Alkylbenzene sulfonic acid, sodium salt 68411-30-3

C₁₀₋₁₄ アルキル誘導体ベンゼンスルホン酸ナトリウム

C₁₀₋₁₄ Alkyl deriv. benzene sulfonic acid, sodium salt 69669-44-9

C₁₀₋₁₄ モノアルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム

C₁₀₋₁₄ Monoalkylbenzene sulfonic acid, sodium salt 85117-50-6

C₁₀₋₁₃ アルキル誘導体ベンゼンスルホン酸ナトリウム

C₁₀₋₁₃ Alkyl derive benzene sulfonic acid, sodium salt 90194-45-9

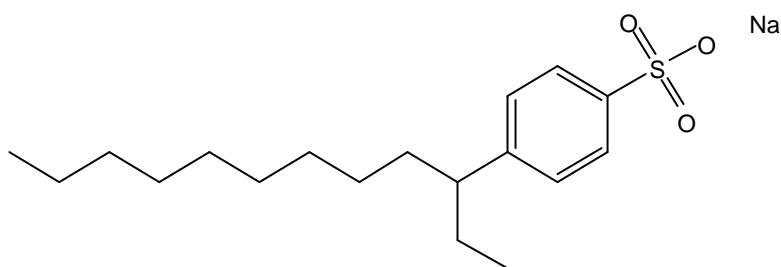
4-C₁₀₋₁₃-sec-アルキル誘導体ベンゼンスルホン酸ナトリウム

4-C₁₀₋₁₃-sec Alkyl deriv. benzene sulfonic acid, sodium salt 127184-52-5

カテゴリー名 : 直鎖アルキルベンゼンスルホン酸塩 (LAS)

本カテゴリーを代表する C₁₂-LAS の構造

化学式: C₁₈H₂₉NaO₃S



SIAR の結論の要旨

カテゴリーの同定とカテゴリーを用いることの理論的根拠

LAS分子はパラの位置でスルホン化された1個の芳香環を持ち、さらに直鎖アルキルと末端炭素以外のいずれかの位置で結合している。アルキル鎖は一般に10～14個の炭素原子を持ち、アルキル鎖の直鎖率は87～98%である。市販のLASは20種類を越える成分からなり、含まれる同族体と異性体はアルキル鎖長が異なり、直鎖アルキル上の芳香環の位置も異なっている。しかしそれらの割合は現在製造されている製品では比較的一定しており、生成量に基づいたアルキル鎖の炭素数の加重平均は部分によって11.7～11.8である。LASは混合物、商業用途、環境運命、健康・環境影響について一貫性が高いことから、一つのカテゴリーとすることができる。LASは主に洗浄剤として多くの洗濯用洗剤とクリーナーに使用され、消費者製品には25%まで、商業用製品には30%までの濃度で含まれる。例外として45%の製品が報告されており、これは食器洗浄機用の濃縮固体で、洗浄機により希釈液に調合される。

ヒトの健康

哺乳動物の毒性についてはかなりのデータが存在する。入手データから、LASが僅かな急性毒性を示すことが示唆される。ラット経口LD₅₀は1,080～1,980 mg/kg 体重である。マウスの経口LD₅₀は雄 2,160 mg/kg 体重、雌 2,250 mg/kg 体重である。ラットの経皮LD₅₀は>2,000 mg/kg 体重である。全部の試験を総合するとLASの経口および経皮急性毒性データは低い有害性を一般に示唆する。急性吸入毒性データはLASが中程度の毒性を持ち、レスピラブル粒子の濃度が310 mg/m³ (MMAD=2.5 ミクロン)で死亡を生じることが示された。

ウサギによる一連の試験において、LASは皮膚または眼に対して低濃度(0.5～2.5%)で刺激性を持たず、5%で中程度の刺激性を、高濃度(約50%)で重度の刺激性を示した。洗浄を実施した試験では、眼刺激性影響は30秒間のばく露後に洗浄すると減少し、4秒間のばく露後に洗浄すると軽微であった。35%LAS溶液を使用した1件の少量眼試験(LVET)では、ウサギに中程度の刺激が生じ、これは35日後までに完全に回復した。(LASの最高濃度は消費者製品で25%であり、更に商業用製品で通常30%未満であることに留意)231例の製造従業員の眼ばく露事故と284例の消費者事故から、LASおよびその他の界面活性剤を含有する製品の製造と使用の際のばく露による眼刺激性影響は中程度であり、一過性で回復可能であることが立証された。

ラット、マウス、サルを経口および経皮経路によりLASにばく露した15件の反復投与試験において、LOAELは115～750 mg/kg bw/日であった。対応するNOAELは40～250 mg/kg bw/日であった。一般に認められた影響は体重増加の抑制、下痢、肝臓の相対重量の増加、酵素および血清の生化学的パラメータの変化、腎臓の尿細管上皮の軽度の変性と剥離があった。

十分に計画された4件の*in vitro*変異原性試験(サルモネラ菌)で、LASはS9代謝活性化系の存在の有無にかかわらず、変異原性を示さない。LASは1件の*in vitro*細胞形質転換試験で細胞形質転換の増加を引き起こさなかった。*in vivo*試験において、マウス経口投与で800 mg/kg bw/日まで、または混餌投与で1170 mg/kg 体重/日まで、染色体異常に有意差は見られなかった。1件のマウス小核試験で、LASは染色体異常を誘

発しなかった。ラット混餌投与 450 mg/kg 体重/日までで染色体異常の有意差は見られなかった。総合すると、これらのデータは LAS が遺伝子毒性でないことを裏付ける。

ラットによる4件の発がん試験で試験された最高用量は300 mg/kg bw/日であった。最も詳しく記録された試験では、LAS をラットに混餌投与で 250 mg/kg 体重/日まで 2 年間投与した。この試験の結果は、発がん作用の肉眼的または組織病理学的証拠は示唆していない。いずれの発がん性試験でも腫瘍形成の証拠は認められなかった。試験の質と焦点が理由で決定的な評価はできないが、遺伝子毒性試験とげっ歯類バイオアッセイ試験を総合した結果は、LAS が遺伝子毒性を持たず、げっ歯類発がん性物質ではないという強い証拠の重みの裏づけを提供する。

同様に、3世代ないし4世代にわたりラットに混餌投与した3件の生殖毒性試験のいずれでも、生殖 (evidence of reproductive or fertility effects)への影響を示す証拠は認められなかった。これらの生殖試験の NOAELは70～350 mg/kg bw/日であり、いずれも最高試験用量であった。17件の発生毒性試験において、胎仔死亡・奇形、同腹仔消失のような影響は母体毒性を示す用量のみで多く認められ、皮膚または胃腸管に対するLASの刺激影響と関連していた。ラット経口投与で780 mg/kg bw/日まで、マウス経皮投与で500 mg/kg bw/日まで、ウサギ経皮投与で90 mg/kg bw/日までで、同腹仔数の減少、同腹仔パラメータの変化、奇形、または骨格欠損の有意差は認められなかった。

本文書に含まれる全ての研究が信頼できると考えられるが、全試験は限界を伴っていた。結果は相互に一致し、これらのデータを証拠の重みアプローチに使用した。このような考察に基づくと、全ての哺乳動物毒性試験のなかで最低の LOAEL よりも低い最高の NOAEL が最も適切である。したがって、NOAEL は 85 mg/kg 体重/日である。この数値はラット飲水反復投与毒性試験 9 ヶ月から得たものである。最低の LOAEL (115 mg/kg/日) は盲腸の重量増加と尿細管の軽微な変性との関連であった。

環境

純粋な LAS は環境温度で固体であり、融点は 198.5°Cである。LAS は 444°Cで分解が始まるため沸点は実験的に測定できなかった。LASの蒸気圧は低く、 $3\sim 5\times 10^{-13}$ Paと計算されている。LASは水溶性で、臨界ミセル濃度 (CMC) は 0.1 g/L であり、250 g/L までの濃度で水に溶解して透明な溶液をつくる。LAS のような界面活性剤のオクタノール/水分配係数を正確に測定することは不可能であるが、C_{11.6} LAS についてオクタノール/水分配係数が log 3.32 と計算されている。活性汚泥と底質中の LAS の K_d は、LAS同族体のアルキル鎖が長くなるに連れて増大し、C₁₂ LASの K_d は活性汚泥中では 3210 L/kg、河川の底質中では 330 L/kg である。活性汚泥中では、LAS の吸着と脱着の平衡に極めて急速に到達し、吸着と生分解の程度の比較から、吸収された LAS も溶解した LAS と同様に生分解されることが示される。最も適切な入力パラメータを用いたフガシティーIII モデルの結果に基づくと、LAS の残留 (生分解していない) 画分の 99% 以上が土壤に分布する。LAS の化学構造には光分解または加水分解可能な基が含まれていないので、環境条件下の非生物学的メカニズムでは著しい分解は生じない。

広範囲に及ぶ研究のデータベースは、土壤と水圏を含む多くの好氣的生分解性試験で、LAS が急速かつ完全 (最終的に) に生分解されることを示している。幾つかの試験でLASが易生分解性であることが明らかにされており、最も迅速な試験である無機化試験において 10 日間生分解性ウィンドウを満たす。LASは生物

学的廃水処理により散水ろ床法では77～82%、活性汚泥法では99%以上が除去される。アルキル鎖が長くなると生分解速度が一般に速くなり、吸着係数が大きくなる。一次分解中間体はスルホフェニルカルボキシレート類 (SPC) である、これは更に CO_2 、 SO_4^{2-} 、水に分解する。LAS は一般に嫌気的条件下では分解しない。純粋な同族体および異性体の生物濃縮係数の測定値はアルキル鎖の平均長が短くなるに連れて減少し (2-フェニル- C_{13} LAS のほぼ 1000 から 6-フェニル- C_{10} LAS の 2 まで)、全てが速やかに消失する。現在製造されている $\text{C}_{11.6}$ LAS の BCF の推定値は 87 であり、ろ過したミシシッピー川の水 (地表水フィンガープリントの平均アルキル鎖長= $\text{C}_{10.8}$) では 22 である。

LAS の生態毒性データについては広範囲にわたって入手でき、幾つかの包括的な評価が終わっている。市販の代表的なLAS ($\text{C}_{11.6}$ ～ $\text{C}_{11.8}$) の水生生物毒性データに関する1編の総論に基づいた信頼できる急性毒性の最低値は魚類 $\text{LC}_{50}=1.67 \text{ mg/L}$ 、オオミジンコ(*Daphnia magna*) $\text{EC}_{50}=1.62 \text{ mg/L}$ 、藻類 $\text{ErC}_{50}=29.0 \text{ mg/L}$ である。長いアルキル鎖を持つ LAS 同族体(homologues)では急性毒性が高くなる。LAS の生分解中間体の毒性は親化合物の LAS よりもかなり低く、魚類とオオミジンコの L/EC_{50} は $> 1000 \text{ mg/L}$ である。ガイドラインに従ったばく露 (魚類では28～30日間、無脊椎動物では21日間、藻類では3～4日間) による慢性淡水毒性試験では次のようなNOECが得られた: 魚類のNOEC= 1 mg/L (2 試験、2種類)、オオミジンコのNOEC= $1.18\sim 3.25 \text{ mg/L}$ (6つの数値、2試験、1試験では5種類の餌)、藻類のNOEC= $0.4\sim 18 \text{ mg/L}$ (4試験、2種類)。加えて、LASに関する入手できた全ての信頼できる慢性単一種水生生物毒性データを評価した。そのなかには複数の試験で報告されている 3 種類の淡水種と単一の試験で報告されている 9 種類の淡水種が含まれている。NOEC の個々の値と NOEC の幾何平均値 (複数の結果を持つ種について算出) を $\text{C}_{11.6}$ LAS について正規化した。これらの NOEC の値は魚類、無脊椎動物、藻類、高等植物を含む淡水生物種について $0.25\sim 6.1 \text{ mg/L}$ の範囲である。海水生物種の NOEC の幾何平均値は $0.025\sim 5.0 \text{ mg/L}$ である。生態系モデル研究に基づいて、淡水生態系の NOEC は 0.27 mg/L ($\text{C}_{11.6}$ LAS に正規化すると 0.37) と決定される。この数値は 250 種以上の河川生態系モデル研究に基づいており、単一種淡水慢性データと一致する。

底質ばく露のNOEC値は、*L. variegates* (貧毛類オヨギミミズ科の1種) (28日間の生存、繁殖、成長) と *C. elegance* (線虫の 1 種) (卵産生、3 日間) による GLP 試験を含む 4 種類の生物種における試験に基づくと、 81 mg/kg (乾物) 以上であった。現地調査では土壌中に 15 mg/kg (乾燥物) の LAS (9 種類の微生物の機能/過程と小型節足動物およびミミズの豊富さ/多様性、短期と 4 年間) または汚泥中に $31,300 \text{ mg/kg}$ (乾物) のLAS (微生物群の機能、短期と1年間) から、汚泥改良土中のLASの有害性影響は示唆されない。

人工海水噴霧に若木をばく露した実験的研究において、 10 mg/L の LAS は葉への NaCl の浸透を増加させた (落葉の仮説的なメカニズム)。

健康および環境リスクアセスメントが入手できる (heraproject.com)。

ばく露

現在のLASの製造量は北米で約390,000メトリックトン、欧州で400,000メトリックトン、日本で85,000メトリックトンである。世界製造量は1995年に260万メトリックトンであった。製造工程では、製造収量を最

大にするとともに放出の可能性を最小にするように製造工程が設計されている。洗剤の調剤の際に粉末の吸入もしくは粉末または溶液との皮膚接触により作業員のばく露が生じる可能性がある。液体材料と乾燥材料（顆粒/粉末）を製造する工場では優良製造基準（GMP）（例えば、閉鎖工程で行われる凝集（agglomeration）作業、換気、集塵）を実施し、個人用保護具（保護服、めがね、手袋など）を用いることにより、作業員の LAS へのばく露が軽減すると予想される。製品に配合されない LAS は粉塵処理装置により捕集され、製造工程にリサイクルされる。製造工程における洗浄・すすぎ作業から生じる希釈液として少量の LAS 水溶液が放出される可能性があり、廃水処理場に流入する。床の清掃などから二次的に出る乾燥（顆粒/粉末）製品が埋立地に廃棄される可能性がある。

LAS およびその他の界面活性剤を含有する消費者製品の表示には、眼刺激の可能性が警告され、応急処置として水で洗い落とすように指示されている。

使用の際の LAS 製品の吸入は少ないことがデータから示唆される。LAS を含有する噴霧製品は、霧が洗浄面に有効に到達するために必要な大きな粒子をつくるようにデザインされている。噴霧式洗浄製品に使用される代表的な 6 種類の噴霧ノズルによる実験室でのシミュレーションでは、呼吸性（respirable）粒子（直径 10 ミクロン未満の粒子）は噴霧した全量の 0.1% 未満であり、呼吸域内の空気中濃度は $0.13 \sim 0.72 \text{ mg/m}^3$ であった。洗濯中の洗剤粉塵の吸入は、HERA（2004）のモデルによれば、クリーニング製品の噴霧により生じるエアロゾルの吸入の 10 分の 1 であった。この推定値は、洗濯機に使用される洗剤 1 カップ当たりの粉塵は平均 $0.27 \mu\text{g}$ であると報告した研究にもとづいている。凝集法により製造される現在の濃縮/顆粒状洗剤（生じる粒子が大きい）からのばく露はずっと少ないと予想されるので、これは控えめな（保護的）推定値である。これらのデータに基づくと、吸入による呼吸性粒子へのばく露は少ないと予想される。

米国における広範囲の環境モニタリング評価の結果から、地表水の測定濃度は、処理施設の混合領域下流の低希釈条件下（最悪例）で採取した河川水試料で一般に $50 \mu\text{g/L}$ 未満であることが示される。ミネアポリスからニューオーリンズまでの 2800km の範囲のミシシッピ川の数値は不検出（ $< 0.1 \mu\text{g/L}$ ）から $28 \mu\text{g/L}$ までの範囲であった（362 試料）。欧州と日本で実施されたモニタリング研究でも、LAS の河川水中濃度は米国と同程度であった。

河川底質中の LAS の測定濃度は一般に $1 \sim 2 \text{ mg/kg}$ （乾燥重量）未満であった。ミシシッピ川の底質では 1 例を除いて $< 1 \text{ mg/kg}$ （乾物）であった。チベル川（イタリア）の受水域の底質中の LAS 濃度は 1.8 mg/kg （乾物）であった。無処理のまたは十分に処理されていない廃水の排出口付近では高濃度の LAS が認められた。たとえば小さな川（米国のラピドクリーク）での底質中平均 LAS 濃度は、散水ろ床式処理施設の排出口直下で 190 mg/kg 、下流では、下流 5 マイル未満で 11.2 mg/kg 、下流 5 マイル以上で 5.3 mg/kg であった。

勧告ならびに勧告の根拠および勧告された追加作業の性質

ヒトの健康

LAS のカテゴリーに入る物質は皮膚および眼刺激性と急性吸入毒性を除いて有害性が低いため、現在のところ追加作業の優先度が低い。担当国が提示したデータに基づいて、呼吸性（respirable）粒子へのばく露は低

レベルであると予想される。諸国は、担当国が提示しなかった何らかのばく露シナリオも調査するよう要望するかもしれない。

環境

LAS のカテゴリに入る物質は環境への有害性（魚類、無脊椎動物、藻類）を示唆する特性を有する。しかし易生分解性および/または急速生分解性であり、生物蓄積の可能性が低いため、追加作業の優先度は低い。

[著作権および免責事項について]

[著作権]

本資料の著作権は弊センターに帰属します。引用、転載、要約、複写（電子媒体への複写を含む）は著作権の侵害となりますので御注意下さい。

[免責事項]

本資料に掲載されている情報については、万全を期しておりますが、利用者が本情報を用いて行う一切の行為について、弊センターは何ら責任を負うものではありません。また、いかなる場合でも弊センターは、利用者が本情報を利用して被った被害、損失について、何ら責任を負いません。