

3．地球環境視点で洗剤を考える

3 - 1．地球環境問題への対応のために

1990年頃から「地球環境」との用語が多用されるようになり、環境問題に新たな流れが生じてきました。それまで個人の安全性等が環境問題の中心課題であったものが、地球温暖化、オゾン層破壊、熱帯林破壊、砂漠化、酸性雨、野生生物の絶滅等の巨視的な問題が深刻化していることに注目が集まるようになり、環境問題対応のための新たな思考法を編み出さなければならない状況になりました。特に重視されるのが、資源やエネルギーをいかに効率よく利用できるかという点です。

その方向性に沿った新たな環境影響評価手法は洗剤に関しても導入されつつあります。従来は、洗剤に要求される項目として、使い勝手をはじめとして、人体への安全性や魚介類への毒性等を指標として優劣が論じられてきましたが、新たな視点として原料生産地における環境影響や生産時のエネルギー消費などが考慮されるようになりました。ライフサイクルアセスメントなどがその代表例です。また環境毒性についても使用しても問題ない量と使用量との関係で実際のリスクを見積もろうとするリスクアセスメントといった手法が求められるようになりました。

3 - 2．ライフサイクルアセスメント

従来は商品の環境影響について、それぞれ個別の評価項目について論じるしか手段がありませんでしたが、地球環境問題への対応のため、種々の要素が絡み合う商品の環境影響を同一尺度でとらえる手法が求められるようになりました。たとえば、省エネ型自動車は、確かに走行時のエネルギー消費は少なくなりますが、自動車製造時にはより多くのエネルギー消費が伴います。よって総合的に「省エネ型自動車は本当に環境にやさしいのか？」といった問題に判断する手法が求められるようになりました。実際には、走行時のエネルギー消費と車両製造時のエネルギー消費を算出して比較してみると、走行時のエネルギー消費の方がより大きな影響があるため、結果的に省エネ型自動車は環境配慮に貢献するという結論が出されています。このような考え方に用いられる手法がLCA(ライフサイクルアセスメント)です。LCAとは生産、流通、消費、廃棄に至る一連の商品のライフサイクルにおけるエネルギー消費や二酸化炭素排出量等を計算し、総合的にみて環境負荷を評価する手法です。

洗剤関連でも、地球環境問題としての「エネルギー消費」が注目を集める中、生産者の省エネ推進のため、また生産時のエネルギー消費までを評価項目として扱う新たな消費者要求に対応するため、最近注目されるようになってきました。洗剤のLCA関連資料としては欧州の13社の洗剤関連企業が共同で実施した界面活性剤に関する調査結果が代表的なものとしてあげられます。LAS、AS、AE、AES、SAS、APG、石けんの7種の界面活性剤を対象として、その生産時のエネルギー消費を算出・比較したものです。原料項目は、天然ガス、原油、石炭、農作物、ココナツ、牛残骸、コーン、硫黄、塩化ナトリウム、酸素、窒素、石灰石で、エネルギー内訳としては、生産時のプロセスエネルギー、輸送エネルギー、原料エネルギー(EMR: Energy of Material Resources)の3種であり、他に廃棄物量も算出しています。

その結果、表5に示すような結果が得られています。単位重量あたりで評価すると、石

けんが一番エネルギー消費量が低く、エチレンオキサイドを付加するタイプの AE や AES などの界面活性剤のエネルギー消費量が大きくなっています。但し、消費時点での環境負荷に反映させるためには同一仕事を行う場合の量を単位として考えねばならないため、洗濯 1 回分の界面活性剤の消費エネルギー比較を行うと表 6 のようになり、一般に合成洗剤の方が石けんよりも消費エネルギーは少なくなり、洗剤の種類によって 4 倍以上の開きが生じることになります。

なお、合成洗剤では界面活性剤以外の成分も多種多様で、界面活性剤関連のエネルギー消費のみで洗剤全体を評価するには無理があり、また石けん製造に関する消費エネルギーも巨大工場での省エネ型生産工程が基本になって算出されたものであることも考慮せねばなりません。

表 5 界面活性剤の製造に要するエネルギー比 (GJ/1000kg)
出典: 武井玲子、洗濯の科学、41 巻 4 号 1996 年

界面活性剤	プロセス	輸送	EMR	総合計
LAS(石油)	22.7	1.3	36.9	60.9
AS(石油)	30.3	1.2	41.7	73.2
AS(パーム核油)	21.5	1.7	32.6	55.7
AS(ヤシ油)	18.0	1.9	42.5	62.4
AS(パーム油)	16.9	1.7	33.4	52.0
AES(石油)	31.9	1.6	39.5	73.0
AES(パーム核油)	24.6	1.9	38.3	64.8
AES(ヤシ油)	22.0	2.1	45.4	69.5
石けん(パーム核油+牛脂)	19.6	1.5	31.6	52.7
石けん(パーム核油+パーム油)	9.8	2.0	34.4	46.1
石けん(ヤシ油+牛脂)	18.9	1.6	33.6	54.0
石けん(ヤシ油+パーム油)	9.0	2.0	36.3	47.3

界面活性剤	プロセス	輸送	EMR	総合計
SAS(石油)	18.7	1.0	32.2	51.9
AE3(石油)	30.3	1.4	51.5	83.2
AE7(石油)	27.7	1.3	49.9	78.9
AE3(パーム核油)	22.2	1.8	46.4	70.4
AE7(パーム核油)	21.8	1.7	46.6	70.1
AE3(ヤシ油)	19.1	2.0	55.0	76.1
AE7(ヤシ油)	19.6	1.9	52.6	74.1
AE11(パーム油)	19.5	2.2	60.1	81.8
APG(パーム核油)	26.6	2.0	32.1	60.7
APG(ヤシ油)	24.3	2.2	38.6	65.1

SAS: 第 2 級アルカンスルホネート
APG: アルキルポリグルコシド
AE3、AE7、AE11の各数字はエチレンオキサイドの付加モル数

表6 市販洗剤に含まれる界面活性剤のエネルギーコスト(kJ/洗濯1回)

洗剤の種類	界面活性剤が含まれる割合	標準使用量 (g/30L)	生産に要するエネルギー (kJ)
合成A (LAS+AE+AES)	37%	20	509
合成B(AE)	32%	15	367
粉石けんA	70%	35	1225
粉石けんB	70%	40	1400
粉石けんC (純石けん)	97%	35	1698

3-3 環境リスクアセスメント

洗剤類は河川等の水棲生物に対する環境を考慮せねばならないものの代表的な商品ですが、その点についても新たな手法が注目を集めるようになりました。従来は魚介類に対する急性毒性(LC₅₀)を主たる指標として用いることが一般的でした。しかし、本来は急性毒性よりも無影響濃度を指標とすべきであり、算出された指標が環境にとって問題となる数値なのか否かが判定できなければ役に立ちません。そこで、環境にとって許容される濃度はどの程度か、また実際の環境濃度はどの程度であるのかという2つの指標から安全率を求めるというリスク評価が行われるようになりました。

1995年に発表されたオランダ環境省とオランダ洗剤工業会の共同調査研究は、界面活性剤について行われたリスクアセスメントの代表的なもので、下水処理に関する調査から河川の下水処理水排出口から下流1kmにおける濃度を予測してそれを環境予想濃度(PEC)とし、各種水棲生物に対する急性毒性試験データや無影響濃度試験データから最大許容濃度(MPC)を求め、PEC/MPCから環境リスク評価を行うというものです。つまり、ある化学物質の実際の環境中濃度はどの程度なのか、そしてその化学物質が環境中で許容される量はどの程度なのかという2つの指標により、実質的なリスクを求めようとするものです。

表7 下水処理場への流入生下水中の実測濃度と予測濃度

	LAS	AE	AES	石けん
消費量(トン/年)	13,550	9,703	3,587	10,675
予測生下水濃度 (mg/L)	13.7	5.1	2.4	7.9
生下水濃度実測値(mg/L)	5.2	3	3.2	28
下水道中除去率 (%)	60	38	11	—

表8 環境リスク評価結果($\mu\text{g/L}$)

	LAS	AE	AES	SOAP
PEC(k=0.00)	9.2	1.3	2.9	50
PEC(k=0.14)	6.4	0.9	2.1	35
PEC(k=0.70)	3.7	0.5	1.2	20
MPC	250	110	400	27

PEC:環境中の予想濃度

MPC:最大許容濃度

k:自浄作用係数(速度定数)

PEC/MPCが1を下回れば問題がないと見なす

その結果、統計的データから得た各種界面活性剤の消費量から算出した予測生水濃度と、実測した下水処理場への流入生水中の各種界面活性剤濃度との間には大きな開きがあり、表7のようにLAS等は下水道中での除去率が大きいことがわかりました。また、実際の下水処理プラントでは4種の界面活性剤共に99%以上の除去率になっていることもわかりました。それらの知見を総合して河川での予想濃度を求めると表8のような結果が得られました。そこに示された自浄作用係数(k)は、河川での有機汚濁物質の生分解や吸着による自浄作用の大小を表す指標で、 $k=0$ のとき自浄作用がないとし、 $k=0.7$ のとき一般的な河川で期待される程度の自浄作用であると考えます。そして、それぞれの状況下での各種界面活性剤の環境中の予想濃度はLASで3.7~9.2 $\mu\text{g/L}$ 、AEで0.5~1.3 $\mu\text{g/L}$ 、AESで1.2~2.9 $\mu\text{g/L}$ 、石けんで20~50 $\mu\text{g/L}$ となりました。

一方、多数のデータから求めた最大許容濃度(MPC)はLASが250 $\mu\text{g/L}$ 、AEが110 $\mu\text{g/L}$ 、AESが400 $\mu\text{g/L}$ 、石けんが27 $\mu\text{g/L}$ となり、LAS、AE、AESについてはほとんど問題ないとされました。また、石けんに関しては $k=0$ のときと $k=0.14$ のときにMPCがPECを上回ってしましますが、石けんは河川中で速やかに分解または金属石けんとして水に不溶性となるため、実質的なリスクはないと判断されました。よって、当該研究の結論としては4種の界面活性剤とも現時点では特に問題があるとは認められないとされました。

但し、上記データの中で石けんのMPCが他の3種よりもかなり低い値に設定されている、すなわち魚介類等に対する影響がより大きいとされている点については注意する必要があります。実は、他の3種の界面活性剤に関しては環境無影響濃度に関する実験データがあるので、それらのデータを元にMPCが定められたのだが、石けんの場合には環境無影響濃度に関するデータが存在しません。そこで石けんについては急性毒性データから間接的に無影響濃度を計算する手法が採用されました。化学物質の毒性に関しては、急性毒性値の1/100の濃度を無影響濃度とするのが一般的です。しかし、界面活性剤の魚毒性に関しては、一般に急性毒性値と無影響濃度との間に100倍も開きはありません。つまり石けんに関しては、データ不足が災いして見かけ上は毒性が高く評価されてしまったということになります。このように、リスクアセスメントでは化学物質のデータの有無が結果を大きく左右することにも注意を払わねばなりません。

データの参考文献

大矢勝、「合成洗剤と環境問題～地球環境時代の消費者教育の指針として～」、大学教育出版 (2000)

皆川基・藤井富美子・大矢勝編、「洗剤・洗淨百科事典」、朝倉書店 (2003)