特集・生活排水中の油分除去対策

サポニン添加による油分除去の効率化

石川 宗孝*

1. はじめに

活性汚泥による油分の除去は、一般的には油分濃度50mg/ℓ以下であれば、処理可能といわれている。また、活性汚泥中に蓄積することも明らかにされている^{1,2)}。1994年度、筆者の研究室で大阪府下の下水処理場に油分問題に関するアンケート調査を行なったが、流入n-ヘキサン抽出物質平均濃度は、分流式において17mg/ℓ、合流式で14mg/ℓであり、処理場自体の処理には問題点が少ないようである。むしろ管渠施設の問題点として、管渠の閉塞と異臭について掲げた処理場が全体の67%に達した。現実には、厳しい規制値で油分の下水流入を抑えているものの、一般家庭からの動植物油の恒常的な流入と春季における灯油などの鉱物油が主な原因と考えられる。これらの油分が下水管渠に流入し、管渠の閉塞や油ボールの生成による異臭が多発する原因と考えられる。しかし、管渠内でのことであり、そこで、清掃、除去されるため、処理場への直接流入は避けられており、処理施設での問題点が少ないものと考えられる。一方、今後の下水処理は小規模化されていく現状において十分な対策があるかと考えるとあまりみつからない。当然、管渠施設は距離的にも短く、合併浄化槽においては直接流入に等しい。一般的なn-ヘキサン抽出物質の規制値が30mg/ℓであるとして、下水1ℓ中に油分は、約0.03ml以上捨てられないことになる。これが果たして一般家庭で守れるかはなほ疑問である。現に、合併浄化槽清掃汚泥中には、平均1273mg/ℓもの油分濃度があることが紹介されており、かなり濃縮が行われることが分かる³⁾。これを生物処理することは困難さを伴うものである。し尿処理施設の調査例では約70%分解できると

もいわれているが、⁴⁾生物分解かどうかの疑問点も残る。油分流入による生物処理への問題点は次のようなものがある。

1. 油分の多くが高級脂肪酸であるため、生物学的に分解しにくい、いわゆる難分解性物質であり、生物阻害を受ける可能性がある。
 2. バルキング現象の発生による汚泥の流出
 3. 曝気した気泡の表面に油膜が付着し、それによる酸素移動速度の減退
 4. 活性汚泥と気泡が付着し最終沈殿池において汚泥の浮上がみられる。
 5. 接触曝気槽の白濁の原因物質となる。
- また、新たな問題として
6. 膜分離活性汚泥法では槽内で発泡現象を引き起こす。

ここでは、筆者の研究室で取り組んでいる油分の生物処理のなかで、飛躍的に油分除去効果がのぞめたサポニンの添加効果について紹介する。

2. 微生物活性助剤としてのサポニン(Saponin)

サポニン(Saponin)は、水と振とうすると石鹸のような泡を生ずることから、古来洗浄剤として利用され、また、含有する植物は鎮静薬や去痰薬として現在も利用されている。現在では、化学構造や性状が解明されるにいたり、サポニンの命名の起源である気泡性は必ずしも必要条件ではなくなり、「ステロイドあるいはトリテルペノイドを非糖部(サポゲニン、アグリコン)とするオリゴ配糖体」と定義されている。以上のように、もともと界面活性剤の一種として見いだされたサポニンは現在その多様な生理活性からバイオサーファクタント(Biosurfactant)として薬学領域やその他多方面での応用開発が進められ始めている。サポニンの生理活性として明らかになっているものとして、溶血作用、細胞膜に対する

* 大阪工業大学
Munetaka ISHIKAWA

図-1 活性汚泥連続実験装置概要図

作用、血球凝集作用、抗腫瘍活性、過酸化脂質低下作用等がある⁵⁾。微生物活性助剤として、現在検討しているサポニンは、キラヤサポニン(Quillaja Saponin)と呼ばれるものであり、キラヤの木の樹皮中から採取されたもので、一般的には、FDA（米国食品医薬局）許可の食品用乳化分散剤、可溶化剤、気泡剤等として使用されているものである。

3. 活性汚泥法へのサポニン添加効果

3.1 実験方法

図-1 に示すような曝気槽と沈殿池からなる一連の活性汚泥処理装置を2つ製作し、サポニン添加、無添加による比較実験を行い、それぞれの活性汚泥法による油分の除去能をみた。サポニン添加をA槽、無添加をB槽とする。供試原水はグルコース、グルタミン酸ソーダ、酢酸アンモニウムを主成分とした液を希釈し、定量ポンプで両ばっ気槽へ投入した。その性状を表1に示す。このとき、COD容積負荷は $1.33\text{kg}/\text{m}^3/\text{day}$ 、TOC容積負荷 $0.68\text{kg}/\text{m}^3/\text{day}$ であり、各条件とも同一とした。油分は原水とは別に植物性てんぷら油を、 $1/10,000$ 希釈したものを使用し、添加時には60℃で温熱攪拌したものを両ばっ気槽へ投入した。その性状を表2に示す。油分添加量は処理水が安定していることを確認し徐々に増量し

表1 原水性状

項目	濃度(mg/l)
TOC	707
COD _{cr}	1,338
n-Hex	N.D.
NH ₄ -N	87
PO ₄ -P	4

表2 油性性状

項目	濃度(mg/l)
TOC	22.7
COD _{cr}	43.1
n-Hex	225.8

植物性てんぷら油を1万分の1に希釈

図-2 TOCの経時変化

図-3 n-Hex抽出物質の経時変化（処理水）

図-4 Hex抽出物の経時変化（曝気槽内）

た。サポニンは市販のキラヤサポニンを $1,000\text{mg}/\text{l}$ としたものをA槽には油分投入と同時にばっ気槽へ投入し、B槽へは投入しなかった。

3.2 実験結果と検討

図2～4にTOCとヘキサン抽出物質(n-Hex)の処理水および曝気槽汚泥中のn-Hexの経時変化を示す。

これらの図は馴致期間も含めて経時変化を示しており、実験開始後20日間を経て、油分投入を開始し、その後徐々に油分を増量した。油分投入後の経過をみると、投入開始後20日間は1日15ml投入したが、油分投入開始当初は処理水のTOCの差異はあまりみられなかったもののn-HexはB槽が高濃度とな

った。また、沈殿池での汚泥高はB槽で倍増した。

次に、油分投入量を30mlと増量したときB槽で汚泥が沈殿池から流出するようになり、流出汚泥を曝気槽に戻す等の処置をしたが、回復不可能なため実験を停止した。このとき、曝気槽、沈殿池とも白濁した油ボールが多くみられた。A槽では変化があまり見られず正常な処理であった。サポニンを添加した汚泥での油分除去はどのようになるか、引き続き油分濃度を高めてその限界を探った。油分投入量60 ml/dayでは依然良好な結果が得られた。投入量120 ml/dayでは白濁した油の塊が曝気槽内を浮遊している様子が観察され、活性汚泥内に油分が貯蔵されていることがわかった。

一方、処理水質は依然低濃度域にあり、直ちに影響が現れないことがわかる。次に、投入量を240, 600, 1,200 ml/dayと増量したが、次第に汚泥の沈降性が悪化し、曝気槽内での糸状性細菌も多く観察されるようになった。油分投入量1,200 ml/dayにおいてこの傾向が顕著に現れ実験を停止した。これからみて、サポニン添加した活性汚泥では油分600 ml/dayまでの負荷量までは処理が可能ということがわかった。これは、無添加の活性汚泥と比べて油分投入負荷が約40倍増大できるものである。

4. 膜分離活性汚泥法におけるサポニン添加効果

小規模排水処理の一手法として、膜分離活性汚泥法が注目されているが、原理的にみると生物処理法であり、油分の流入による生物阻害はまぬがれない。加えて、膜透過流速の低下や異常な発泡現象もみら

れることが懸念され始めている。そのため、膜分離活性汚泥装置でのサポニン添加効果について検討した。

4.1 実験方法

図-5に示すような反応槽内に回転する分離膜モジュール（テフロン製、平均孔径0.5 μ m）を浸漬したものを2機製作してサポニン添加の有無による効果について検討した。運転条件等については表3に掲げる。油脂等の投入方法は前掲と同様である。

4.2 実験結果と検討

膜透過水の処理水質を図-6, 7に示すが、油分流入の少ない実験当初においては良好な水質を得られた。しかし、油分投入を増やしたRun2においてはサポニン無添加の条件では発泡現象が徐々に生じて、反応槽外への流出が多くなり実験を中止した。

(写真1, 2)これは沈殿池のある活性汚泥装置では汚泥がバルキング現象等で沈殿池から流出するものの、膜分離法では流出できず汚泥が発泡現象を起こしたものと推定される。しかし、サポニン添加の装置では発泡現象は見られず負荷増大に関わらず良好な運転を示した。

表3 膜分離活性汚泥法の運転条件

	運転期間	流入量 (mg/ℓ)		容積負荷 (kg/m ³ ・day)		サポニン 添加量 (ppm)
		TOC	Hex	TOC	Hex	
RUN.0	0~4	0	0	0	0	0
RUN.1	5~29	142	6.6	0.491	0.023	6.1
RUN.2	30~50	162	33.1	0.559	0.114	6.1
RUN.3	51~71	261	166	0.900	0.570	30.3

図-5
膜分離活性汚泥
装置概要図

図-6 膜透過処理水 TOC の経日変化

図-7 Hex 抽出物質の経時変化 (膜透過処理水)

5. おわりに

以上のように生物処理の油分除去を促す助剤としてのサポニンの役目はかなりの効果があることが分かった。すなわち、活性汚泥装置への油分流入はただちにパルキング現象を引き起こし、膜分離活性汚泥装置に対しては発泡現象がみられるようになる等生物阻害を引き起こすが、サポニン添加によってその悪影響を低下させる効果があることが判明した。これはサポニン添加による油分の乳化および微生物活性を高める効果と推定されるが、どちらの効果割合が大きいかは今後の課題となる。また、当研究室では、油分除去可能細菌を培養しているが、この装置においてもサポニン添加は必要不可欠なものとなっている等その効果は大きいものとなっている。

引用文献

- 1) 大野茂他；食品工場排水処理ハンドブック，pp615～637，産業用水調査会，(1978)
- 2) 佐藤昌之；各種工場排水の混合処理に関する実験的考察，下水道協会誌，Vol.14, No.156, pp47, (1977)
- 3) 生活排水高度処理研究委員会（日本環境整備教育センター）；水質環境を確保するための生活排水等の高度処理技術の確立に関する研究，pp102-8 (1989)
- 4) 山田紀夫他；U F デニパック・プロセスの開発，インフィロコ時報102号 (1989)
- 5) 新妻卓逸他；グリセリド及び高級脂肪酸の生分解生，東北学院大学工学部研究報告，Vol.23, No.1, (1988)

写真1 膜分離活性汚泥装置の発泡現象 (サポニン無添加)

写真2 サポニン添加による膜分離活性汚泥装置 (写真1と同一運転条件時)