総 説

廃水と界面活性剤
微生物による界面活性剤の分解

橋 本 浩 明・小 林 正 久

サンスター歯磨株式会社・研究部(高槻市芥川1038)

Microbiological Degradation of Surface Active Agents

KŌMEI HASHIMOTO and MASAHISA KOBAYASHI

Research Laboratory of Sun Star Dentifrice Co. (Akutagawa, Takatsuki-City)

1 緒 言

台所用洗剤が、人体にとって有害であるという発言に始まり、昨一年間、種々な波紋と論争が巻き起こったが、その焦点は、主成分の界面活性剤、アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム（以下 ABS とする）に向けられ、その生体に対する影響が、集中的、組織的に研究されるようになった。現在の段階では、実用上は人体に対して無害であるとの結論が出されているが、まだまだ未検討の問題が多く、特に環境衛生上の点から、至急に研究せねばならぬ問題が残されている。

すなわち、下水浄化の面で、家庭用合成洗剤の影響が、毒性の問題と同時に問題にされたが、その後、それほど研究の進展がみられないにもかかわらず、疑問が次第に薄れようとしている。しかし、西ドイツでは、生物学的に分解可能な界面活性剤に切り換える法的規制が生まれ、また、アメリカでは、目下広範な研究の結果を集積しているが、州によっては、法的規制を加える必要があるとの動きも見られる現状である。

日本では、最近、須藤ら²⁾を初めとする水処理関係の研究機関を中心に、ABS の生物学的影響の研究が報告され、また、ABS 分解菌の発見と、その工業的利用の開発が進められている。しかし、今後の界面活性剤の市場予測としてはなほだ急激な上昇を期待されていることから、今後、国民生活の上に、どのような影響が現われるか、その予測や対策を考える上から、さらに活潑な調査、研究が進められる必要がある。

現在市販の家庭用合成洗剤において、最も多量に使われている界面活性剤は、テトラプロピレンより誘導された、ドデシルベンゼンを原料とする ABS である。アメリカ、イギリス、ドイツにおける多くの研究の中心は、この ABS であって、その障害の有無について、研究が盛んに行なわれている。アメリカでは、これらの研究が、大学を中心に、活性剤の供給者、水処理関係者、衛

生関係者の協同によって進められていることは興味がある。すなわち、今後の課題として、新しい分解容易な界面活性剤の開発と、水処理での技術開発が目標におかれていることは明りょうである。

ところで、最近、市場性が徐々に上昇し、家庭用まで、その用途が開発されている非イオン系の界面活性剤については、その下水処理の際の挙動、微生物的分解とその機構の研究はきわめてわずかである。先に著者らの報告³⁾した「非イオン活性剤の活性汚泥による分解」の研究結果によると、界面活性剤の分解について、いくつか興味ある点が見られる。著者らは、分解性の点で本命とみられる非イオン系界面活性剤の微生物的分解の研究を行ってきたので、この問題を中心におき、廃水と界面活性剤の問題を要約しながら論ずることにする。本文が、今後のこの種の研究の発展に、なんらかの寄与になれば幸いである。

2 ABS の微生物による分解

2.1 ABS と廃水

家庭用合成洗剤、特に ABS と廃水の問題について、既に報告、紹介されたレポートは、アメリカでは特に数が多い。中でも、総説、記事の類が多く、日本でも、既に相当詳細に紹介されている。このことは、影響するところが広範囲にわたるにかかわらず、実態がつかみにくい事情によるのであろう。これらの総説の内容は、いずれも大同小異といえる。中から、最近の報告より、その要点を紹介しよう。

ORSANCO（アメリカオハイオ川流域水質衛生委員会）⁴⁾は過去のレポートを集約し、調査結果をあわせて、1963 年に、家庭用合成洗剤の、水および下水処理に与える影響の実状について報告している。この中から、ABS の関係する部分を要約すると、つぎのとおりである。

1) ABS の測定には、比色法が広く使われている。

赤外線吸収スペクトル法が、その補正に用いられる。

- 2) 流水表面で ABS は、普通、USPHS (合衆国公衆衛生局) の基準量である 0.5 ppm 以下である。ときには、この量を越えることもある。
- 3) 流水表面中の ABS が、現在検出される程度の量では、水処理の際に、沈殿処理、凝集処理に対して問題を起すことはない。
- 4) 飲料水中に ABS が少量存在しても、味、臭いはない。特異的な人で、16 ppm で味を感じることもある。
- 5) 水処理設備においてはときにアワ立ちで問題を起す。
- 6) 飲料水中では、ABS は、USPHS の基準量の 0.5 ppm 以下で、また、アワ立ちは起こらない。アメリカの 32 都市において、その 98% が、0.10 ppm または、それ以下である。しかし、原水中の濃度が増えると、飲料水中で、この基準を越えることが起こりうる。
- 7) 都市下水の ABS は、1~15 ppm で、ときには、15 ppm を越える。現在の濃度で、処理ソウの細菌に対し有害な影響はない。また、凝集ソウ、活性汚泥ソウ、ろ過ソウに有害な効果はない。ただし、アワ立ちに問題がある。
- 8) ABS の約 50% が、活性汚泥により分解される。
- 9) 流水中で、ABS は 30 日で、その 75% が分解される。
- 10) ABS の問題を取り除くことを促進するためには、現在進められている二つの研究、すなわち、分解容易な界面活性剤の製造開発と、除去を有効にすべき処理法の研究を推進することが必要である。

この結論から、ABS は、現状では、切迫した問題と認められるところはない。しかし、自然浄化、あるいは、処理設備でなお、分解されないで残って行く ABS が今後その限界濃度を越えたり、なんらかの影響を出したりすることを防ぐための、なんらかの方法、手段が追求されていることは、十分に伺える。

2.2 微生物による分解

界面活性剤の分解について、最近よく使われる言葉に Biodegradability がある。これは、生物学的な分解、すなわち、微生物による分解を意味している。この分解に関して、界面活性剤を、分解速度、分解程度からおおまかに別けて、分解されやすいグループと、分解されにくいグループとに大別している。これが、ソフトタイプ、ハードタイプの界面活性剤と呼ばれるものである。これには、なんらの定量的な意味はない。

この微生物的分解を重視し、問題としているのは、今後の国民生活に大きな影響があると予想されるからであ

る。元来、水の流れには、微生物を中心とした自然浄化作用があり、土壌においても、同じような作用がある。これは、酸素と微生物との存在によって生ずる酸化、あるいは生体を構成する物質への資化作用に基づいている。したがって、この自然浄化、あるいは工業的浄化が阻害されたり、あるいは、阻害されないでも、酸化されないで残留、または蓄積が起こったりすることは、残された界面活性剤の生理作用から考えて、環境衛生上問題とされるのは、当然のことである。

2.3 ABS の化学構造と微生物的分解

Sawyer ら⁴⁾や、McKinney ら⁵⁾、アメリカの MIT グループによる基礎研究から、ABS の分解は、生化学的に詳細に研究され、酸化分解の機構も説明されて、既に広く受け入れられている。

ABS の構造を、その化学的に重要な三つのグループに分けて考えると、テトラプロピレン側鎖、ベンゼン核、スルホン酸基となる。このうち、スルホン酸基以外は、下水中の微生物で容易に分解されるはずである。しかし、スルホン酸基も、ある種の細菌では、分解が可能であるといわれる。したがって、ABS は、微生物により容易に分解されると考えられた。

実験によって明らかにされたことは、微生物による酸化は、アルキル側鎖の、末端メチル基の酸化から始まり、ベンゼン核がアルキル基の、1 級および 2 級の炭素と結合したときにのみ、分解は完全に進むが、3 級炭素とベンゼン核の結合がある場合は、この点で酸化の反応は止まると考えられた。後で、側鎖の構造が明らかにされ、この 3 級炭素は、側鎖の中にもあり、そこで分解が止まることが知られた。したがって、分解できるか否かは、このアルキル基中の枝分かれにあると考えられた。

これは、脂肪酸の β -酸化説から説明されたものである。すなわち、脂肪酸の末端メチル基は、酵素によって酸化されてカルボキシル基を作る。一般に炭化水素の酸化は、互いに隣接する炭素原子から、それぞれ 1 個ずつの水素原子がとられて、 H_2O を形成することにあると考えられている。したがって、第 4 級炭素の存在は、完全にその反応を停止させる。

この枝分かれを有する炭素の存在が、界面活性剤の分解性を決定する要素であることは、さらに Huyser⁶⁾ も証明している。かれは、さらに、硫酸基とスルホン酸基との間に、分解されやすさに、本質的な差のないことをも示している。

3 非イオン界面活性剤の微生物による分解

3.1 非イオン界面活性剤の化学構造と微生物的分解

非イオン界面活性剤として、今日家庭用合成洗剤に使われている代表的なものは、親水基として、酸化エチレンの重合物を有するタイプのアルキルフェノール・エー

テルである。洗浄濃度におけるこのもののア
ワ立ちは、きわめてわずかである。このよう
な低起ホウ性、およびコストの面から、その
市場性は、ABS ほど高くない。現在、最も
広く使われているのは、ポリオキシエチレン
・ノニルフェノール・エーテル(以下 POENP
とする)である。

Sawyer⁴⁾によると、酸化エチレンのダイ
マー、およびテトラマーが付加したノニルフ
ェノールは、細菌によって急速に酸化される
が、付加モル数が非常に高いものは、まったく
酸化されず、分解程度の相違は、その分子
の大きさによる。また、Huyser⁵⁾は、この酸
化エチレンの付加モル数の大小と、アルキル
基の枝分かれの両者が関与することを説明している。また、McKinney⁵⁾、須藤⁶⁾も同様な考え方を導いている。これらの実験は、主として貯蔵試験などによる界面活性剤の減少量から、また、溶存酸素の消費量を基にして、これらの結果を、 β -酸化説により説明したものである。

井関らは、この界面活性剤の薬理的性質について、ABS と相当異なった挙動をとることに注目している。未発表の資料のため、詳細はわからないが、たとえば、溶血反応が、ABS に比べて低いこと(溶血作用発現の最低濃度が、ABS より高い)、また、急性毒性の作用が低いこと(LD_{50} の値が、ABS より大である)が示されている。これは、市販の最も一般的な POENP で、酸化エチレンを 10 mol 有するもので試みられた結果である。

著者らは⁷⁾、このように興味ある生理的な特性を持つ POENP を用いて、活性汚泥による分解を、ワールブルグ検圧法、および分解程度の界面活性剤の定量による研究から、これが、微生物によってきわめて分解されやすく、また、24 hr 以内に、90% 以上の分解を示すことを報告している。

3・2 ワールブルグ検圧法による実験

著者ら⁷⁾の非イオン界面活性剤の分解に関する研究を中心として、ワールブルグ検圧法を用いた実験により得た、非イオン界面活性剤ならびに、他のタイプの界面活性剤の生化学的性質を比較しつつ考察を試みる。

ワールブルグ法は、生体の呼吸量とこれに関与する基質、または阻害剤の影響を定量的に観察するために用いられている。特に微生物の呼吸量の測定は、その酵素的性質を知るのに、好都合な方法である。これは、界面活性剤が、活性汚泥の生理作用に与える影響を観察するには、きわめて適合性のある方法と考えられる。このことは、既に、Sawyer⁴⁾

図-1 活性剤を加えた場合の馴化活性汚泥による酸素消費量

や、McKinney⁵⁾によって確かめられ、その報告もある。図-1 に、Sawyer らのワールブルグ実験による、界面活性剤の 2 種のソフトおよびハードタイプについての、活性汚泥による代謝についての結果を引用する。

非イオン界面活性剤についての実験を行なうため、POENP (酸化エチレン 10 mol を有する)を精製して用い、同時に比較対照のために、市販の ABS すなわちドデシルベンゼン・スルホン酸ナトリウム (以下 DBS とする)、およびラウリル硫酸ナトリウム (以下 SLS とする)をも用いた。これらの界面活性剤をおのおの 0, 10, 25, 50, 100, 250, 500, 1000, 2500, 5000 ppm となるよう、リン酸塩緩衝液による溶液の調整を行なった。

下水処理場(大阪市津守)より得た活性汚泥を微生物学的に洗浄し、均一化した活性汚泥浮遊液を作成した。この活性汚泥に界面活性剤を加え、25°C で 4 hr の観察で、酸素消費量の測定を行なった。界面活性剤の濃度を、下水処理などで問題となるよりも、はるかに高濃度までに上げたのは、界面活性剤が、本来代謝利用される基質の性質を持つと考えたためである。この結果を図-2 に示す。

この結果では、50 ppm およびそれ以下では、3 種の界面活性剤は、活性汚泥への影響は示さない。しかし、

図-2 種々濃度の界面活性剤を加えた場合の生活性汚泥の酸素消費量

濃度が高まるに従い、界面活性剤の種類によって差を生じてくる。POENP は、濃度が高まっても、濃度の影響はまったく受けない。このことは、活性汚泥になんらの阻害作用も与えず、さらに、POENP 自体が分解されることを示している。これに対して、SLS および DBS は、濃度が高まると、阻害作用が明瞭に認められてくる。

ついで、活性汚泥をそれぞれの界面活性剤によって馴化させた。これは、図-1 の場合の活性汚泥で、Sawyer が行なった方法である。すなわち、一般に、活性汚泥では、その微生物は、下水汚物により絶えずその汚物主成分に対して、馴化の状態で存在していると考えられるからである。

馴化は、それぞれの界面活性剤、100 ppm を少量の合成汚物（グルコース、ペプトン、 K_2PO_4 を少量含む）中に加え、活性汚泥とともに1日暴気処理の後で、微生物学的に洗浄したものである。先に行なったと同じ方法で実験した結果を、図-3、および表-1 に示した。

図-3 種々濃度の界面活性剤を加えた場合の馴化活性汚泥の酸素消費量

表-1 酸素消費量と界面活性剤濃度との関係

活性剤の種類と O ₂ 消費量 (μL)	活性剤濃度 ppm (対照)	0	10	25	50	100	250	500	1000	2500	5000
POENP O ₂ 消費量	97.6	104.0	99.2	97.6	116.6	134.4	132.8	130.0	142.4	156.8	
SLS O ₂ 消費量	112.0	113.6	137.6	161.6	171.2	134.4	89.6	84.4	73.6	77.2	
DBS O ₂ 消費量	108.8	88.0	100.8	102.4	102.4	132.8	144.0	129.6	121.6	111.4	

POENP は、濃度の上昇に従って、対照、すなわち無添加の場合よりも酸素消費量がさらに増加し、まったく阻害の傾向はない。この実験から見られるような濃度と微生物の活性との間の相関関係は、この界面活性剤が理想的な基質であって、分解容易なものであることを示している。

併行した実験で、DBS は、低濃度の場合は阻害的に作用するが、逆に、500 ppm の高濃度で最も高い酸素消費量を示し、さらに高濃度になると再び阻害作用が現われる。この現象は、現在のところ理解できないが、至適濃度のあることが予想される。これとまったく同じ結果が、McKinney⁹⁾によって、630 ppm で最大の活性を示

した報告に見られる。DBS は、このように、理想的な基質とは考えられず、分解が困難なことを示している。

また、SLS については、最も容易に分解される界面活性剤として、なんらの疑問も持たれなかった界面活性剤である。ところが、この実験の結果では、100 ppm までは、濃度と微生物の活性とに、比例関係があり、250 ppm 以下では、分解されると考えられるが、高濃度になると、著しく阻害的となる。このことは、基質として分解される型のものと異なることを示している。この現象は、 β -酸化説でのアルキル側鎖の問題か、あるいは、他の考え方を導入して考えねばならないのか、現状ではわからない。

3.3 非イオン界面活性剤の定量

Huyser⁹⁾ は、BOD 試験および貯蔵試験を行なって、各種界面活性剤の構造と、その分解量との関係を報告している。また、須藤⁹⁾ も、同様の方法で、各種の界面活性剤を、分解の程度から分類している。これらは、下水または天然水に、界面活性剤を、10~20 ppm 加えて後、一定時間ごとに一部の定量を行なって、界面活性剤の残存量を算出したものである。

非イオン界面活性剤については、先に述べたように、そのアルキル基の枝分かれがなく、酸化エチレンのモル数が小さいほど、分解されやすいと報告されている。しかしながら、先に著者らが示したように、市販 POENP が、酸化エチレンを 10 mol 有するのにも、非常に分解されやすい結果は、どうもこれらの結果と合わないようである。そこで、活性汚泥による暴気処理の場合、どのように分解されるか確かめるため、POENP の定量実験を行なった。

POENP の定量に先だって、田尻の精製法に従い、混入しているポリオキシエチレン・グリコールの除去を行なって、これを実験に供した。

定量は、服部らの方法を一部改良して比色定量し、また、紫外線吸収測定もあわせて行なった。

服部ら⁹⁾の比色定量法を、そのまま POENP に適用するには、発色後のにごりが、比色を不能にするために、エタノールを加えてこのにごりを除き、500 mμ での比色を行なって、100 μg までの POENP を定量することができた。この方法は、原報⁷⁾を参照されたい。

この比色量は、ポリエチレングリコールの定量であり、POENP の分解過程における定量に用いるには、まだ十分でない。そこで、さらに併行して、紫外線吸収スペクトルを用いて定量を試みた。POENP 溶液は、図-4 に示すように、275 mμ に極大吸収を有することを確か

図-4 POENP の紫外線吸収スペクトル

め、0-500 ppm での検量線により定量を試みた。

3.4 非イオン界面活性剤の分解実験

POENP を、活性汚泥とともに容器にとり、これに、先の少量の有機物を加えたリン酸塩緩衝液を加えて、25°C で暴気処理をなした。この処理液の一部を、0, 7, 24, 48, 72 hr, および6日目に採取し、遠心分離の後、その上澄み液に対し、紫外線吸収、および比色法による分析を行なった。POENP は、その添加濃度を 414 ppm とした。

各反応時間における POENP の濃度を表-2 に示す。この比色法の結果では、時間の経過に従ってその濃度が減少し、24 hr 以内に、90%以上の POENP が、活性汚泥によって分解されたことを示している。

表-2 反応時間と POENP の濃度 (初濃度 414 ppm)

反応時間 (hr)	POENP の 濃 度	
	275 m μ 測定 (a)	比 色 法 (b)
0	490 ppm	375 ppm
7	700 "	351 "
24	245 "	40 "
48	140 "	45 "
72	—	15 "
6 日	—	30 "

3.5 POENP の分解生成物

先の紫外線吸収法による測定値の変動を調べるため、著者らが、つぎに試みたことは、その分解生成物を分離する試みである。先の各時間ごとの反応上澄み液について、その吸収スペクトルを測定した結果を図-5 に示す。

7 hr 後の吸収スペクトルは、0 hr のそれと類似した形を有するが、吸光度は非常に高く、また、極大吸収が短波長側にずれている。この波長のずれは、反応時間の経過とともに大きくなるが、しかし、24 hr 以降は、吸光度が非常に低くなる。これは、POENP の分解によ

図-5 反応液の紫外線吸収スペクトル

り、より吸光度の高い分解生成物の存在することによると考えられた。 β -酸化説の考え方からすると、これは、有機酸であろうと考えられる。そこで、この分解物を、強塩基性陰イオン交換樹脂を用いて分離することを試みた。

このカラムによって、POENP の 95% 以上が回収できることを確かめた後に、7 hr 反応液をカラム処理した流出液について、紫外線吸収法、および比色法で定量した。試料 2.0 ml 中の POENP を表-3 に示す。これらの結果は、紫外線吸収と比色の値が、ほぼ一致するために、POENP のみが分離したと考えられる。

表-3 7 hr 反応液のカラム POENP 溶出液

フラクション No.	採 取 量	紫 外 線 吸 収 スペクトル法 275 m μ	比色定量値
1	3.5	—	—
2	3.6	394	403
3	3.5	103	81
4	3.5	—	—
計		497	484

カラムに交換された分解生成物を溶離するため、1 mol 塩化アンモニウム液を用いて溶離し、フラクションに分け、おのおのフラクションを、275 m μ で吸光度の測定をして、図-6 の溶離曲線を得た。ここで、フラクション4および5について、紫外線吸収スペクトルを測定し、図-7 を得た。これは、POENP の吸収とまったく異なるものである。

このようにして得た POENP と、POENP 分解物の吸光量の和が図-5 の結果と一致することから、この分解生成物は、POENP に由来することが確認された。さらに、24 hr 以後の反応液で、急速に吸光度が減少していることは界面活性剤がどんどん分解していることを示している。なお、この POENP 分解物が、特異な高い吸光度を有することから、POENP の分解において、ベ

図-6 POENP 分解生成物の溶離曲線

図-7 1 mol 塩化アンモニウム溶液の紫外線吸収スペクトル
ンゼン核の開裂を考慮することが必要でないかと考える。McKinney らは、ABS の微生物的分解の際、末端メチル基の酸化に始まって、後にベンゼン核に及ぶと考えている。しかし、ベンゼン核の分解が、メチル基の酸化以前に、または同時に起こることを否定する証拠はない。これは今後の大きな問題であると思う。

3.6 POENP の分解実験の総括

POENP は、馴化した活性汚泥によって、容易に代謝利用されることが、ワールブルグ検圧法により明らかである。POENP の定量は、10-100 $\mu\text{g/l}$ の濃度では、比色定量法が良好な結果を得、それ以上の場合、紫外線吸収によって、275 $\text{m}\mu$ で測定できる。分解液中の POENP は、紫外線吸収により、簡単に測定することはできないが、イオン交換樹脂を用いた処理で定量することができる。また POENP は、活性汚泥とともに暴気すると、24 hr 以内に、90% 以上が分解される。この分解には、ベンゼン核の開裂が重要な役割を果たすのではないかと考えられる。

4 界面活性剤の微生物的分解に関する今後の研究

4.1 界面活性剤の微生物的分解過程の解明

著者ら⁷⁾は、先に述べたように、POENP の分解生成物の分離を試み、有機酸の生成を推定し、ベンゼン核の開裂の重要性を考えた。しかし、これは、あくまで定性的な段階であり、いまだに分解の中間生成物質の単離は行われていない。ここで、このような分解過程を追求することの意義について強調したい。

界面活性剤の分解については、先に記したように、比色法による定量、酸素吸収量の測定、BOD 試験が、研究室実験、工業的実験、実状調査において試みられてきた。このような結果から、数多くの化学構造の異なる界面活性剤について研究され、その中から見出された法則に従って、分解の程度、分解の機構の推定がなされてきた。しかし、これら個々の結論には、それぞれ、なんらかの不明確な点を残している。したがって、その評価には限度があると思われる。

界面活性剤 ABS の分解中間生成物に関し、Swisher は⁹⁾ ガスクロマトグラフィーを用いて研究している。かれは、汚水に ABS を加えた後放置し、分解が進行している過程でその一部を取り、濃硫酸で、スルホン酸を離し、生ずる揮発性の物質を、*n*-ヘキサン中に移し、これを濃縮して、ガスクロマトにかけた。この結果、ガスクロマトで、アルキルベンゼンより、保持時間 (R_f) の長い部分と短い部分の生ずるのを見、このアルキルベンゼンより後に出てくる部分が、初期の中間生成物であるとして、その代謝課程の推定を行なった。その結果、最初の酸化は、側鎖の一端から生じ、しだいに、2ないし3炭素ずつ切れていって、急速な酸化が起こる。このようにして残ったグループは、さらに他の端から再び酸化されてくると説明した。

これは、アルキル側鎖の酸化を重視し研究されたものであるが、このような代謝課程の具体的な証明は、その中間生成物についてのより以上の観察の後に、さらにははっきりするであろう。今後、できるだけ数多くの異なった界面活性剤について、このような中間生成物を研究する方向に進まねばならないと思われる。

4.2 界面活性剤分子の構成部分の影響

McKinney ら⁵⁾は、ABS を部分的に見て、テトラプロピレン側鎖、ベンゼン核、スルホン酸のグループを考え、これら各部の微生物による代謝の可能性を考察し、いずれも、微生物によって代謝可能であると考えた。しかし、これは、いずれも直接にはされなかった。また、岡原ら¹⁰⁾は、ABS の薬理学的研究において、アルキル基とベンゼンスルホネートの部分に分け、そのおのおのの薬理作用は、いずれもなんらの影響を持たないことを確かめた。

このように、界面活性剤分子が、構成部分の結合した状態において、種々の生理的な性質を現わすのは、界面

活性剤自体に、基本的な生化学的な問題があることを思わせる。この周辺の問題は、十分に理解されえない点が多い。たとえば、ABS を微生物によって代謝させたときに、至適濃度が存在したり、あるいは、非イオン界面活性剤に、特異的な生理作用のあることを思えば、界面活性剤の物理的、あるいは物理化学的性質と生物への影響の問題を研究する必要がある。

4.3 界面活性剤と土壤中での分解

土壤中の細菌は、自然浄化の面で、また、植物学的な意味で、非常に重要性がある。したがって、土壤中で、界面活性剤がどのような挙動をとるか、十分に究明される必要があろう。

McGauhey ら¹¹⁾は、土壤中での ABS の状態を研究している。その結果、生物的活性の強い土壤中、ABS は、地下水の汚染を防ぐのに十分な分解能を持たないことを示している。土壤中では、流水と本質的に、細菌の種類とその機能には差はないであろう。しかし、好気的な酸化分解のみでなく、嫌気的な条件下で、界面活性剤に対する細菌の挙動はどうかつきとめる必要があると思われる。嫌気的な条件下での微生物的分解の必要性は、さらに家庭での汚水浄化ソウとの問題もからみ、なお一層の研究が必要とされるであろう。

5 結 語

ABS が廃水に与える影響については、既に数多くの調査、および研究の成果が報告されている。これは、直ちに日本の現状に適用できるかどうかは、まだ疑問である。今後の研究の展開に待つところが多い。そこで、今後の界面活性剤の微生物的分解について考えるに際し、最近の新しい角度からのいくつかの研究を取り上げ、その研究の求める方向について論じ、特に、ABS が問題とされている現状から見て、批判に止まることのない

ように、新たな研究の展開のなんらかの手がかりとなることを希望して、それらの紹介を試みた。

アメリカでの ORSANCO, 1963 年のレポートに見られるように、現状では、ABS の障害は強調されていないが、将来の不安は残っているように感じさせる。そこで、研究の展開は、新しい分解されやすい界面活性剤の開発と、水処理技術の開発にあると結んでいるところに興味がある。

今後の研究を進めるに必要なことは、新しい界面活性剤の開発に必要な基礎研究を、今まで不十分であった界面活性剤の生化学的性質についての、あらゆる角度からの検討を試みる方向に展開する必要がある。なぜならば、それが、過去に問題となり、また、今後に不安が残る種々の界面活性剤による社会への影響を解決する最も近道であると考えられるからである。

(昭和 38 年 6 月 25 日受理)

文 献

- 1) "Soap and Detergent Association", Synthetic Detergents in Perspective, Soap and Detergent Association, New York (1962)
- 2) 須藤, 用水と廃水, **4**, 525 (1962)
- 3) Orsanco Detergent Subcommittee: *J. AWWA*, **55**, 369 (1963)
- 4) C.N. Sawyer *et al.*, *Ind. Eng. Chem.*, **48**, 236 (1956)
- 5) R.E. McKinney *et al.*, *Sew. Ind. Wastes*, **31**, 549 (1959)
- 6) H.W. Huyser, 第 3 回世界界面活性剤会議, p. 295 (1960)
- 7) 佐藤, 橋本, 小林, 水処理技術, **4** (4), 31 (1963)
- 8) 服部ら, 工化, **64**, 1195 (1961)
- 9) R.D. Swisher, *Soap and Chem. Specialities*, **39**, 58 (1963)
- 10) 岡原ら, 食品衛生, **4**, 15 (1963)
- 11) P.H. McGauhey, S.A. Klein, D. Jenkins: *J. WPCF*, **35**, 636 (1963)
- 12) AWWA Task Group, *J. AWWA*, **46**, 751 (1954)

噴 霧 乾 燥 法

豊 田 貞 男

ライオン油脂(株)生産部(江戸川区平井 3-2359)

The Performance of Spray Drying

Sadao TOYODA

Lion Fat & Oil Co., Ltd. (3-2359, Hirai, Edogawa-ku, Tokyo)

1 緒 言

最近における化学製品の粉体化、粒体化の傾向とともに噴霧乾燥法が注目されてきた。

この方法は高温気流中に液体を微粒化させて瞬間的に乾燥するため、熱に不安定な物質でも容易に処理できるばかりでなく、従来の方法では口過、乾燥、粉砕およびフルイ分けの数工程を要したものが、口塊から直接粉粒