

界面活性剤と共に30年

30 Years' Academic Life with Surface Active Agents

早野 茂夫*

Shigeo HAYANO

戦後における界面活性剤の進歩と、これを受容するわが国の対応を述べるともに、わが国における界面活性剤研究の発展を回顧した。また、生研における公害問題研究の流れをたどり、新しい学問創造につながることを期待した。

1. はじめに

本日は先輩、同僚、学協会で御交誼をいただいた方々、研究室のOB等のたくさんの方々にお集まりいただき誠に有難く思っております。先程、所長からお話でしたが、環境科学の研究に関しましては、私も当生産技術研究所はわが国で指導的役割を果たして来たと自負しております。

その一番大きな種子になったのは昭和46年に始まりました大型プロジェクトでございます。本日、私の後で御講演をなさいます川井先生はそのソフト面を受け持っておられました。このプロジェクトは、前後3年間の研究が2回に亘って続けられたのでございます。これに続いて、昭和51年に——これは当時の田中首相が閣議で直々になされた指示によるものと私どもは承っておりますが——自動車排ガスの浄化に関する特定研究が始まりました。生産技術研究所には当時、平尾取先生が自動車工学の専門家のおひとりとして活躍しておられました。先生がこの特定研究のとりまとめをなさることになり、非常に困難な問題を克服して組織をつくり上げられたのでございます。この関係で、私も自動車排ガス浄化のための計測法の一部をお手伝いすることになりました。本日ここにお見えの東京理科大学の古谷圭一先生、あるいは国立公衆衛生院の松下秀鶴先生、成蹊大学の飯田芳男先生、徳島大学医学部細菌学教室の大西先生などたくさんの新進気鋭の先生方とお仕事をさせていただきました。

環境科学につきましては、文部省環境科学特別研究の事務局が、今でも生産技術研究所に置かれております。ここに御列席の第4部の増子昇先生がその代表者として、引き続き全国的な規模の研究のお世話をしておられるということで、この関係から、環境科学に関係した会

合では、何処に行きましても生産技術研究所のことを訊かれることが多いのであります。こういう大型プロジェクトが生産技術研究所で他の仕事をしている研究者に有形・無形の良い刺激を与えて来たようだと私は感じております。いろいろお話ししたいことはたくさんありますが、学生時代から現在に至るまで、一番長く仕事の対象として参りました界面活性剤を中心と致しまして、独断と偏見とせん越が多いと思いますが、思いつくままにお話を進めて見たいと思います。

2. Span, Tween の影響

ここにふたつのパンフレットがございます。ふたつは全く同じものですが、片方は英語で書かれております。もうひとつは手垢で半分汚れておりますが、あけて見ますと、内容は日本語で、常用漢字でない漢字が旧仮名づかいの文章で綴られております。日本版は、英語版に対する日本の需要家の強い要望からつくられたようであります。英語版は1950年にアメリカで発行されました界面活性剤の使用法に関する文書であります。これを発行しました会社はAtlas Powder Co. という本来は火薬を製造していた会社であります。これはデラウェア州のウィルミントン市にある化学会社のひとつであります。ウィルミントン市には現在、世界一の企業となりましたDu Pont 社や、同様に火薬の会社であるHercules Powder Co. があり、今流にいうコンビナートを形成しております。Atlas 社は、もともと農産物を原料として化学品に誘導するという政策を持った会社でありました。今でもアメリカは農産物においては世界一の国であります。1930年頃から、トウモロコシ、大豆油、綿実油というような農産物を積極的に工業原料として活用しようとする政策を取り入れたのであります。

もっとも日本においてもこれと似たような事情がありまして、昭和10年代には日本近海で大量に獲れましたイ

*東京大学名誉教授 職業訓練大学校教授

ワシの油を石鹼の原料としたことがあります。これはイワシの油に水素添加を致しましていわゆる硬化油に変えます。これによりイワシ油の臭いにおいが消えまして固体状の脂肪になりますが、これはいろいろな工業製品の原料に使われます。そのひとつの利用方法が石鹼の製造だったのでありますが、イワシの収穫量は終戦後一時的に激減した後に、漸次回復し現在では昭和10年代に比べ2倍を超える量に達しております。今ではイワシの用途としてはハマチの餌が第一になっておりますが、良く考えるともっと有効な利用法があるようであります。たとえば数年前からエイコサペンタエン酸——EPAとも呼ばれておりますが——が高血圧の薬あるいは制がん剤としての効能が喧伝されておりますが、これはイワシの油の中にかなり含まれております。このような訳で、日本人はもっとイワシを食べなければいけないという説を新聞などで見受けることがありますが考えなければならぬことであります。わが国ではイワシが取れすぎて困った時代が長く続いたようであります。私の生家は千葉県の東金という所にありまして古くから油を商っております。私の家でもイワシの油を「ぎょとう」と呼んでおりまして馬車の潤滑油として売っておりました。昭和ひと桁の後半の頃のことです。いずれにしてもそれぞれの時代に即してイワシの利用法が考えられていた訳であります。これからはもう少し頭の良い利用法が出現することを期待致しております。話が長分長びきましたが、ここでいおうとしていることは身近に得られるものを有効に利用しようとする思想が、以前からアメリカとか日本とかを問わずに有ったということでありませぬ。

そこで本題に戻りまして、このAtlas Powder Co.のパンフレットであります。実はこれは昭和20年代の後半に日本で界面化学の研究に従事している人達に衝撃的な影響を与えたのであります。まず第一に、これは主として化粧品に携わる人達に大きい影響を与えたと思われませぬ。このAtlas社で新しくつくられた界面活性剤を使いますと、実に素晴らしい乳濁液ができるからであります。従来はこのように粒子が細かく安定度の高い乳濁液をつくることはできませんでしたが、Atlas社のサンプルを使って化粧品ばかりでなく、農薬とか、艶出し剤といった乳化製品——これは水に油を分散させたものであります——の高い品質のものをつくり出せるようになりました。

私は昭和23年に大学を卒業し、直ぐに会社に就職致しました。まず和歌山市の日本有機という会社に入り、父が亡くなったこともあって、翌年に東京の大日本油脂という会社に当時の丸田工場長のお勧めにより移りました。このふたつの会社はいずれも現在の花王石鹼の前身であります。東京に移ってご一緒になった方の一人に、現在川村理化学研究所の所長をしておられる浅野定快さ

んがおられました。浅野さんとの交際は今でもつづいておりますが、このAtlas社の界面活性剤についても浅野さんのお教えを受けたのであります。それではAtlas社の界面活性剤はどういうものであるかをこれから御説明したいと思います。

先程お話し致しましたが、Atlas社は農産物を積極的に化学工業原料に応用する政策を取りました。このような考えはchemurgyという言葉としてアメリカのNational Farm Chemurgic Councilが提唱したもので、厚い辞書にはのっておりますが、言葉として定着しなかつたようであります。いい換えになります。Atlas社は政策としてchemurgyの実現を目指した会社のひとつでありました。Atlas社は動物の飼料として本来は生産されていたトウモロコシを加水分解し、グルコースという炭水化物に変えます。私どもも終戦後の物資が乏しい時代に出廻っておりました粗悪なグルコースをグリコースと呼んでおりましたが、化学的には同じものです。グルコースを水溶液としてニッケル触媒を使って高圧で水素化致しますとソルビトールあるいはこれの異性体であるマンニトールができます(図1)。このソルビトールを、目的とする界面活性剤の原料のひとつと致します。

もうひとつの原料は、牛脂、豚脂、綿実油あるいは大豆油を加水分解してつくった脂肪酸であります。こうして得られました脂肪酸とソルビトールとを原料として目的物をつくることとなりますが、ソルビトールはまずこれを脱水致しましてソルピタンという物質に変えます。場合によりこの脱水反応はさらに進みましてソルバイドという物質となりますが、このソルピタンあるいはソルバイドと脂肪酸を、化学反応では比較的簡単なエステル化反応によって反応させますとSpanと呼ばれている物質に変化致します。Spanのうち実線で囲んだ部分は脂肪酸の部分でありまして油性であります。それから破線で囲みまして部分はグルコースから誘導したソルピタンの部分でありまして水になじみやすい性質を持っております。このようにSpanは油性の部分と水になじみやすい部分から構成された物質であります。簡単にいい換えますとSpanの分子は親油性の部分と親水性の部分から成り立っております。実はこのようなことが界面活性剤の構造的な特長であります。

このSpanが界面活性剤として有効であるということ昭和18年頃にはわかりました。戦争中のことですが、その年のアメリカの特許として発表されました。Atlas社の界面活性剤はこれだけではありません。Spanから誘導して親水性がより高い一群の界面活性剤を合成したところに最も大きい特長があります。さて、このSpanにエチレンオキシドという薬品をさらに反応させることに致します(図2)。エチレンオキシドの使用量によりましてSpanの単位モル当たりに対しエチレン

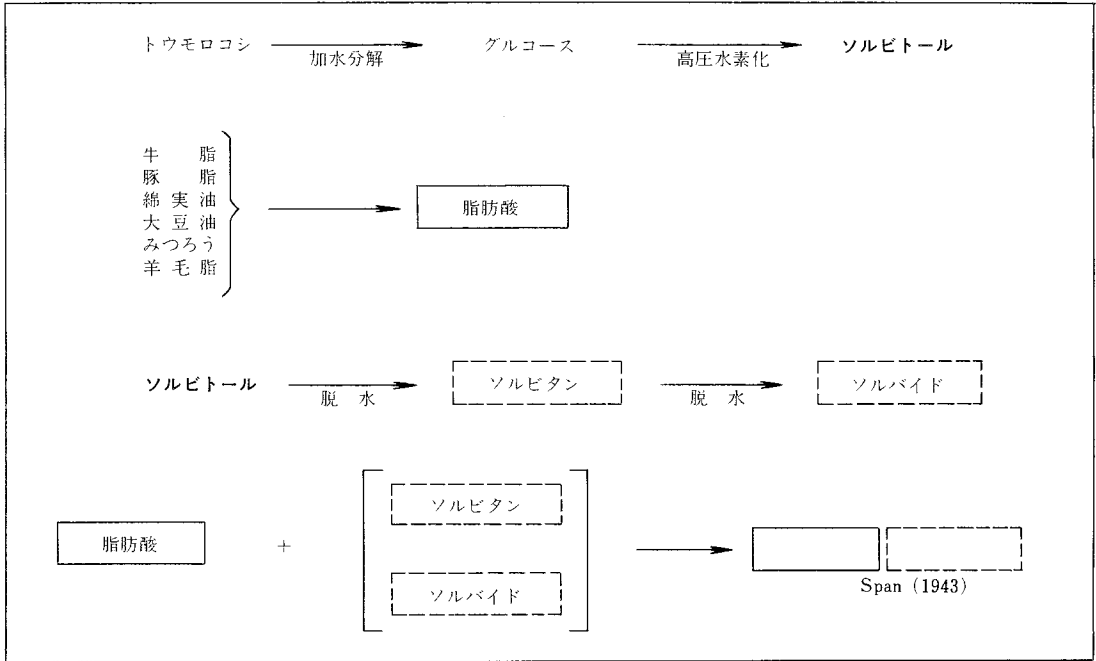


図1 Atlas Powder Co. の界面活性剤 Span

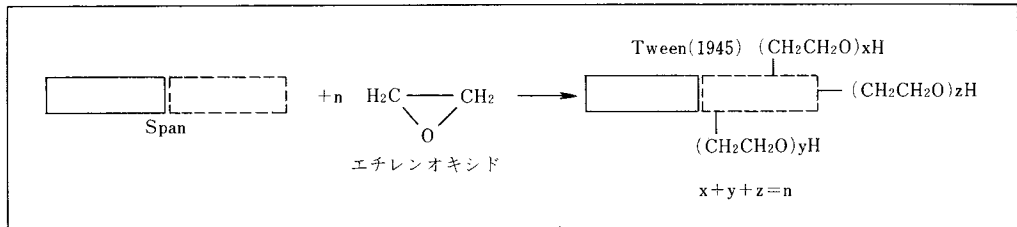


図2 Span とエチレンオキシドとの反応

オキシドの付加する量が変化致しますが、エチレンオキシドの量に応じて Span 1 個当りに付くエチレンオキシドを自由に変えることができる点が一番大切な点となります。エチレンオキシドは親水基に付加致しまして、エチレンオキシド自体がもともと親水性でありますので、親水基の割合を大きくするという働きを持っております。

このように Span にエチレンオキシドを任意の割合で付加させて作った新しい界面活性剤に対して、Atlas 社は Tween という名前を与えました。Tween の特許は 1945 年、終戦の年の昭和 20 年にアメリカで登録されました。発明者は Atlas 社のグリフィン氏でありました。先程もお話しましたように Tween の特長は、その親水基の割合を意のままに変えることができるということです。たとえば図 2 で親水基としてのエチレンオキシド $(x+y+z)$ の総和である n の大きさを自由に変えることができ、 n を用途に応じた値に設定することができ

るようになったのであります。これは応用面から見ると大変に役に立つということから「親水性—親油性のバランス」という考え方が生まれてきたのであります。英語では Hydrophile-Lipophile Balance と言い、その頭文字を綴って HLB と略していわれることが多いのであります。これは親水基部分と親油基部分の釣り合いの程度を示すパラメータであるということが出来ます。Atlas 社のパンフレットは HLB を数字で表してありまして、たとえばトウモロコシ油と水とを乳化する場合には、どういう HLB を持った界面活性剤を使ったら良いかということが事こまかく記してあります。水と油とは界面活性剤なしでは混ぜ合わせることはできません。通常、水は比重が油より重いので下の相をつくり、油の相が上に浮きます。このようにふたつの相から成り立っている系に界面活性剤を加えたと致しますと、図 3 に示しますように、油の相には界面活性剤の親油基部分がささり込み、水の部分には親水基部分が引き寄せられる筈で

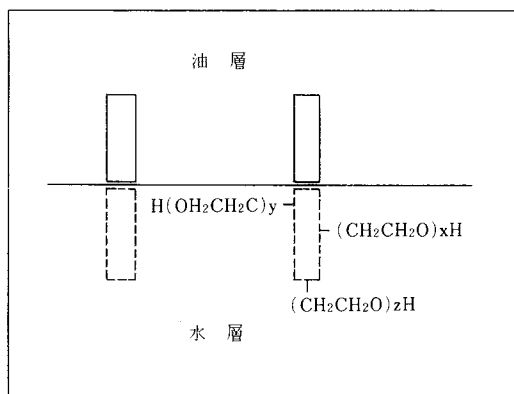


図3 油一水界面での界面活性剤の配向

あります。いま、界面活性剤の量をふやして参りますと、油一水界面に界面活性剤がぎっしりと配向吸着をし、油相には親油基が、水相に親水基が並べられることになるでしょう。こういう考え方を支持する研究が、実は昭和の初め頃から先ずアメリカで発展したのであります。そのひとつが、表面あるいは界面への界面活性剤の吸着に関する物理化学的な基礎研究であります。これを現象面から強く裏づけることにAtlas社の界面活性剤は大きく貢献したと私は感じております。

界面活性剤の添加量をさらにふやして参りますと、表面あるいは界面には界面活性剤の入り込む余地がなくなりますので、水の内部で界面活性剤の集合体が形成されるようになります。この集合体をミセルとっておりますが、ミセルの研究は昭和30年以降の世界の界面化学の研究の主流をなしたのであります。これについてはお話しする時間があまりありませんが、ミセルの形成は表面・界面への吸着と並んで界面活性剤の重要な性質であります。われわれが界面活性剤を実用に供するときに発揮される機能は、すべてこのふたつの性質に基づくものであります。たとえば、繊維におきましては、染料をムラなく染めるための染色助剤として界面活性剤が使われております。このほか、農薬、食品、製薬、化粧品、潤滑剤、光沢剤等々といったように数を挙げるときりがないくらい多くの用途に供せられております。このように、大量の界面活性剤がわれわれが気がつかない場所で使われております。現在日本では工業上の目的で界面活性剤は年間に約50万トンが生産され、使われております。

これまでお話し致しましたように、界面活性剤に関してHLBという考え方がAtlas社のパンフレットによって日本に紹介されました。しかしながら、これが学問的のどのような意味を持っているかについてはある期間は論じられませんでした。昭和30年頃だと思いますが、当時私がおりました浅原研究室に、現在職業訓練大学の

教授をしておられる後藤健一さんがおられました。後藤先生はここで非水界面のお仕事をしておられまして接触角の測定装置の開発に打ち込んでおられました。その頃の装置はバラックセットでいろいろなタイプを作っておられましたが、私には研究上の相談相手としていろいろなアイデアを下されたのであります。ある日、私はHLBの計算式がどのようにして編み出されたのかについて解を見つけたので後藤先生に相談したことがございます。後藤先生が言われるには、これは大塚面白いから論文にまとめると良いとのことでしたが、私はHLBのような考え方は学問上の対象とはならず、多くの人が使って便利であればそれで良いのではないかと答えたのであります。それと前後して浅原先生が「化学と工業」という日本化学会の機関誌に界面活性剤に関する総説をお書きになりました。実はそのときに、今までははっきりしなかったHLBのからくりを掲載してほしいと申し出まして発表させていただいたのであります。これだけではあまりにも勿体ないので、その後、日本化学会編の「化学便覧」第2版(1958)にその誘導法を発表させていただきました。これは私の若い頃の思い出のひとつであります。HLBの問題はこれだけに止まらず、その後の私の仕事の一部となりました。

3. 脂肪酸シヨ糖エステルと日本の対応

さて、第2次大戦が終了した後においても、アメリカは農産物の利用のためのプロジェクトをいろいろ考えたようであります。アメリカの東南部の海域には、キューバとかプエルトリコといったような砂糖を生産する島々が点在しております。そこで砂糖を扱う大企業がたくさんありますが、業界で金を出し合いましてSugar Research Foundationという基金をつくりました。1952年、つまり昭和27年にSugar Research Foundationのアドバイザーであるハースが、砂糖を利用して界面活性剤をつくることを思いつきました。これらのお話については第一工業製薬株式会社編の「シュガーエステル物語」(1984)を引用させていただきます。

当時、界面活性剤の著名な研究者の1人でもあり、分析化学者としても有名なアメリカの研究者でスネル博士という方がおられました。同氏はSugar Research Foundationの要請を受けまして、砂糖と脂肪酸をエステル反応によって結合させる研究に取りかかったのであります。皆さん良く御存知のように水と油とは混ざりにくいものであります。砂糖を水に溶かしまして油と反応させようと致しましても、単に機械的なカキ混ぜだけでは十分な接触が行われず反応は進みません。それでは反応を進めさせるためにどうすれば良いかということになります。砂糖の分子と脂肪酸の分子とを衝突させて、反応を起こさせるには、界面活性剤を使用して十分な程度

の接触面積をかせぐか、あるいは砂糖も溶解し、脂肪酸も溶解するような溶媒を使用するかのいずれかに頼らざるをえません。たいへん幸運なことに、当時、化学工業の発達によりジメチルホルムアミド—DMFと略称されますが—という物質が製造されるようになりました。DMFは水もある程度溶解し、油もある程度溶解するというように、水と油との中間の性質を持った特異な化合物であります。

スネル博士はDMFを溶剤として利用致しまして、1955年、昭和30年のこととなりますが、スネル法という方法を発表し、脂肪酸シヨ糖エステル合成に成功致しました。これは当時のアメリカ化学会の雑誌であるIndustrial & Engineering Chemistryに大々発表されましたが、日本の界面活性剤メーカーは挙ってこれをトレース致しました。私自身も、浅原研究室で、ある会社から頼まれて脂肪酸シヨ糖エステルのサンプルづくりに励んだ記憶がございます。DMFを溶剤として用いることにより目的とした界面活性剤の合成ができた訳であります。問題はこれで終わった訳ではありません。この新しい物質は何に使われるかという問題が、開発の第二の課題となります。Sugar Research Foundationではこれを洗剤に使おうという狙いがあったようでありますが、最終的には成功致しませんでした。

日本では大日本製糖という会社が、いち早く脂肪酸シヨ糖エステルの製造のライセンスを取得致しまして、主として食品の添加剤に使う研究を始めたのであります。ところで食品添加剤にこれを使う場合の一番大きな問題は、溶剤に用いましたDMFがどのぐらい残っているかということでもあります。大日本製糖は製品からDMFを除くための研究を進め、製品中のDMFを50ppm以下に下げる技術を開発し、同社は世界ではじめてこれを商品として発売したのであります。この一年前にイタリアにレドガという会社がありますが、そこでも脂肪酸シヨ糖エステルの界面活性剤としての面白い性質に着目致しまして企業化を計画し、同社ではこれを化粧品に応用しようとしていたようであります。

余談になりますが、日本ではこれに関する研究がさらに進みまして、DMFを使わないで製品を製造する技術が第一工業製薬によって完成することになります。これは1971年のことではあります。現在、世界で一番安全性の高い、つまり有害性の少ない脂肪酸シヨ糖エステルはこれであろうと思っております。

脂肪酸シヨ糖エステルについて長々とお話し致しましたが、私はこの物質が、環境保全の見地からして最も問題の少ない界面活性剤であるといいたかったのであります。前述のように、食品の添加剤に使う場合には人体に有害な作用を及ぼすDMFを除かねばなりません。これを除去する技術は完成しております。この物質の構成

表1 脂肪酸シヨ糖エステルの応用

- 1959 日本 食品添加物
チョコレート、チューインガム、ケーキ用起泡剤
- 安全性に関する研究
FAO/WHO DMFとして50ppmが含有限度
1969 FAO/WHO 食品添加物合同専門家委員会で
認知
- アメリカ 1983 食品添加物
1982 果実保護コーティング剤成分

成分は脂肪酸と砂糖でありますから、生態系には事実上無害であろうと考えられます。こういうことは誰でも考えることですが、ある時期に、これらの問題をもう少し詳しく調べて見ようという気運が生れたのであります。実は1959年から1961年まで、私はDAAD—ドイツ大学交換奉仕会—という財団の奨学金をいただきましてベルリンの工科大学に留学致しました。その研究室でいただいたテーマが「脂肪酸シヨ糖エステルのHLB」でありました。この話を誘導するために大変長い時間をかけさせていただきました。そこでの仕事につきましてはペーパーとして発表致しましたので省略させていただきます。

大事なことですが、脂肪酸シヨ糖エステルの工業的な意味を挙げて見ますと、日本で始めてそれが食品添加物としての公の承認を得た、つまり食品添加物公定書に登録されたということでもあります(表1)。これはチョコレートにも添加されております。これが含まれている日本のチョコレートは世界でも最も優れたもののひとつであると私は評価したいのですが皆さんはどうお考えですか。いずれにしてもこれはチョコレートの添加剤として必要不可欠なものになっております。このほかチューインガム、パウンドケーキの発泡剤の助剤というように、主として日本で食品工業の利用技術の面で開花したのであります。外国で創始されたアイデアが日本で完成されて世界中に拡がったという例のひとつになると思います。ごく最近のことになります。日本よりかなり遅れて、3年前にアメリカでは脂肪酸シヨ糖エステルが食品添加物として承認されました。

4. 界面化学研究グループの形成

これまでのお話はいずれも昭和30年前後に起こった事柄であります。日本には大小を含めて多数の界面活性剤のメーカーがありますが、いずれも現在では高い水準の技術を維持しながら特長のある製品をつくっております。それでは、この技術を支える研究面の問題はどのように進んで来たか私なりに整理して見ました。

古い話になりますが、日本化学会の中には東京大学理学部化学科の鮫島実三郎先生をスクールの長とするコロ

イド化学の研究グループがあり、これの主催で毎年、定期的にコロイド化学討論会が開催されておりました。昭和32年に油脂および界面活性剤を工業技術的な側面から研究していく学術団体であります日本油化学協会が日本化学会と共催致しまして仙台で合同の討論会を催したことがございました。化学会のほうでは鮫島先生をはじめとし、玉虫文一先生、赤松秀雄先生といった化学の御専門の方々が出られましたが、油化学協会のほうからは現在放送大学で活躍しておられる矢部章彦先生、それからもちろん、浅原照三先生——先生は私の終生の恩師であります。このほかミツワ石鹼を退職された後に油化学協会のために尽力されておられた野中正夫先生といった方々が参加されました。大変熱気のコもった学会でありました。その際、私は初めて現在東京理科大学におられる目黒謙次郎先生とお近づきになりました。ある宿屋で、夜遅くまで若さにまかせてかなり勝手放題な議論を致しまして意気投合したのであります。私個人と致しましても目黒先生との優れた友人として、あるいは学問上の相談相手としての長い交際がこのときに始まったのであります。これがきっかけになって、理学部の化学の人と工学部の応用化学の人がひとつの場所に集まって研究会を開くようにしようではないかとの気運が高まったように思います。

これより2年後に、油化学協会の中で界面化学ゼミナールを開講し、近着の外国の雑誌や単行書を読み合う研究会がつくれます。まず会社の人にたくさん来ていただくために応用的な色彩の強いポール・ベッシャー著の“Emulsions, Theory and Practice”がテキストに選ばれました。この選択は目黒先生の提案によったものですが、会社の仕事が終わってから、夜、毎週2時間ずつくらい勉強する集まりが続いたのであります。これは1年くらい続いたと記憶しておりますが、私はこの年の秋にドイツに出かけました。私の留守の間に夏季のゼミナールを開こうということが提案されまして、第1回が信州の戸隠高原で開催されました。このときは目黒先生と野中先生のほかに、都立大学におられました佐々木恒孝先生、お茶の水女子大学におられました立花太郎先生が主な提唱者となりまして運営されたのであります。これ以降、夏期のゼミナールは定着致しまして、表2に示しますように、昭和36年には軽井沢、昭和37年には清里、昭和38年には崖の湯といったように10数年も続いたのであります。

この発達の状況を参加者の数から追ってみますと、始めは30名であったものが、40名、50名、60名、80名以上というように年も追って増加しております。これに参加なさった方は会社でも研究所の上の方が比較的多数おられました。本日お見えになっておられます職業訓練大学の吉田豊彦先生も日本油脂からの参加者としてリス

表2 界面化学研究グループの発展

昭和32 (1957)	日化・油化 共催 コロイド化学討論会 (仙台)	
昭和34 (1959)	Nov. より 油化 界面化学ゼミナール開講 P. Becher: Emulsions, Theory & Practice (毎週木曜 pm 5:30~7:30) 立花, 佐々木, 目黒, 野中	
昭和35 (1960)	Aug. 8~10 界面化学夏季ゼミナール (戸隠高原) Colloid Journal USSR 21papers 事務局長を含め計30名	
昭和36 (1961)	April~July 第3回国際界面活性剤会議 (ケルン) 発表論文の輪講会 July 26~28 夏季ゼミナール (軽井沢)	計42名
昭和37 (1962)	Aug. 9~12 夏季ゼミナール (清里)	計51名
昭和38 (1963)	July 22~24 夏季ゼミナール (崖の湯)	計60名 (20名ことわる)
昭和39 (1964)	夏季ゼミナール (高峰高原)	80名以上

トの中のものっております。部長クラスあるいは主任研究員といった上級の方が若い方に混じりまして、一堂に会しまして基本的問題について熱心に討論することが続いたのであります。

5. 国際界面活性剤会議への参加

これまで申し上げました事柄は、界面活性剤研究の大きい原動力のひとつとしての、外国の文献を役に立つように理解するための動きでありました。もうひとつは紙に書いたものをなかだちとすることではなく、人の集まりに出て直接に研究者同士が交歓を行うことであります。界面活性剤に関する国際会議の母胎となった組織は、ヨーロッパの化学工業会社の団体である CEFIC が中心となってつくられた国際界面活性剤委員会 (CID) であります。CID が主催する第1回の国際会議は、昭和27年 (1952年) ロンドンで開催されました。表3に示しますように、この前年には、わが国でも石油化学工業から原料のアルキルベンゼンを供給され、鉱油系洗剤 (ソープレスソープ) が初めて発表されます。ロンドン会議には戦後の混乱からまだ完全に立ち直っていなかったためか、日本からの参加者はありませんでした。この4年後に、第2回の CID の国際会議がパリで開かれました。このときには日本からはじめて2の方が参加致しました。当時、界面活性剤工業会の常務理事をしておられた

表 3 国際界面活性剤委員会 CID (Comité International des Dérivés Tensio-actifs) と日本油化学協会とのかわり

昭 26 (1951)	鉱油系洗剤 (ソープレソープ) 日本での発売
27 (1952)	第 1 回 CID 国際会議 ロンドン
31 (1956)	第 2 回 CID 国際会議 パリ
32 (1957)	化学工業 石油化学への転換 アセトン etc.
35* (1960)	第 3 回 CID 国際会議 ケルン
39 (1964)	第 4 回 CID 国際会議 ブラッセル
40 (1965)	合成洗剤のソフト化 (ABS → LAS)
43* (1968)	第 5 回 CID 国際会議 バルセロナ
46 (1971)	1 月 油化協に CID 日本委員会設立 5 月 パリ CID 理事会で加盟
47* (1972)	第 6 回 CID 国際会議 チューリッヒ
51* (1976)	第 7 回 CID 国際会議 モスクワ
54 (1979)	合成洗剤の低りん化
59* (1984)	CEFIC/CESIO ミュンヘン

千葉常治氏と、第一工業製薬の社長をしておられた田中豊氏であります。パリ会議の抄録集を第一工業製薬株式会社から分厚い本に印刷致しまして日本の関係者に配布致しました。われわれはそれをむさぼるように読みまして、日本と外国との研究水準の差の大きさを強く感じたのであります。

CID が開催する 4 年に一度の国際会議に参加する日本人は年を追ってふえていくこととなります。1960 年に第 3 回の CID 国際会議がケルンで開かれました。当時私はベルリンにいましたが、同じ頃アメリカにおられました浅原先生がふた月ほどヨーロッパにいられました。そこで浅原先生のお伴をしてケルンの会議に出席致しました。私自身はそのときに発表するペーパーを持っておりませんでした。後藤健一先生のサビに関する論文を代読させていただきまして、たいへんうれしいことに、日本から主に工業界の方が団体で約 15 人ほどお見えになりました。それから、研究者としては都立大学の佐々木恒孝先生、大阪大学の蛋白研究所におられました伊勢村寿三先生が参加されました。

CID の国際会議は第 7 回のモスクワ会議でおわりになります。化学工業界も御多分に漏れず栄枯盛衰の激しい業界でありましてイギリスが CEFIC から脱退したことがきっかけになりまして CID が冬眠状態に入りました。この後、数年間、国際会議が開かれなかったのですが、1984 年——2 年前に、CID ではなくて、ヨーロッパ化学工業連盟 CEFIC が主体となりまして、久しぶりにミュンヘンで国際会議が開かれました。このときは日本から約 40 名が参加しました。日本の工業水準が世界的に見て一流なものに上ってくる、あるいは学問的に見ても立派な研究をどんどん発表するようになりまして、日本人が大手を振って会議場内を往来する時代にな

表 4 日本油化学協会以外での仕事

昭和 38 (1963)	日本学術振興会染色加工第 120 委 参加 4 月以降 22 名新委員 文部省科研費 総合研究テーマ (代表者 浅原照三) 「染料の分散度と染色効果に関する基礎ならびに応用研究」 染液中の染料の状態、拡散係数、 界面活性剤との相互作用、繊維中への染着機構 雑誌「表面」の創刊 浅原照三、佐々木恒孝、立花太郎、目黒謙次郎 北原文雄、後藤廉平、中垣正幸、高橋 浩
--------------	---

りました。まことに隔世の感があります。

表 3 の中で星印をつけましたものが、私が参加しました CID の国際会議であります。またこの表の中でゴシックで組みました事項は、日本の界面活性剤工業あるいはその学問的研究でのエポックメイキングとなった事件であります。たとえば昭和 32 年化学工業が石油化学に転換されまして、これ以後、石油化学製品から界面活性剤の原料が主として供給されるようになります。界面活性剤のひとつである合成洗剤の普及に伴い、洗剤廃水の発泡問題、合成洗剤に添加されているリン酸塩による湖沼の富栄養化の問題が新しい環境問題として発生致しました。このため昭和 40 年には自然環境では分解が困難であった在来型のアルキルベンゼンスルホン酸塩 (ABS) から、分解しやすいソフトタイプの直鎖型アルキルベンゼンスルホン酸塩 (LAS) に転換されました。昭和 54 年にはリン酸塩の代替物であるゼオライト A を合成洗剤に用いるようになり、現在では合成洗剤に関する環境問題は基本的には解決されたのであります。

6. 日本油化学協会以外での仕事

話を私個人が関係する事柄に戻します。私は昭和 38 年に日本学術振興会の染色加工に関する委員会に参加させていただきまして (表 4)。現在、東工大の高分子学科で活躍しておられる飯島俊郎先生、筑波の繊維高分子研究所の責任ある地位におられる津田圭四郎先生などと御一緒に 22 人の新委員の一人として入ったのであります。それ以降、染色関係の先生方とのおつきあいが今でも続いております。色々な仕事が行われましたが、今でも中心テーマのひとつとして生きているものもあります。たとえば染液中で染料はどういう状態で存在するのかという問題もそうであります。染料が非常に安定な状態で染液中に存在致しますと、繊維に染料が移らなくなる——つまり繊維が染まらなくなります。そこで良い染色物を得るための条件は頭で単純に考えられるほどにやさしくはありません。戦後は、繊維の面から申しますと新しい化

学繊維の時代であります。ナイロン、ポリエステルが製造されるようになりましたが、これが染色される場合に染料がどのように拡散をしていくのかはかなり難しい数学的な問題であります。この仕事には飯島先生とか農工大の森田先生がわが国で優れた仕事をしておられます。さらに、染料と界面活性剤との相互作用もこの委員会の大きなテーマでありました。新しく出現した化学繊維は木綿のようなセルロース系の天然繊維と異なり親水的ではありません。したがってこれに用いられる染料も、繊維の性質に適したものに変わらなければなりません。そこで従来のような染料でなく、界面活性剤を使用する場合にだけ染浴に均一にコロイド状に分散する染料が合成されるようになりました。これは前述のような特別な性質を備えているので一般に分散染料と呼ばれております。そこで、染浴中で界面活性剤と共存する分散染料が形づくっている分散系の物理化学的な意味が問題になります。学術振興会の染色加工委員会では、これについても総合研究を実施致しました。私はこれに関連して、染浴中で界面活性剤のミセルの中につつまれている分散染料に関して、分散染料の電気化学的に活性な性質を利用してミセルの大きさを測定する研究に取りかかりました。これについては私の研究室の篠塚さんにその仕事のほとんどすべてをやっていただいたのでありますが、どうやらまとまったような気が致します。これは学界の一部から多少の評価を受けたものと考えております。

もうひとつ、私の仕事として思い出の深いものが、雑誌「表面」の創刊であります。同じ昭和 38 年の夏が過ぎた頃に話が起きましたのですが——現在、神田錦町にある広信社という出版社を営んでいる八木茂氏が、界面科学に関する雑誌の出版を引き受けて下さるという申し出がありました。前々から色々な集まりで親しかった人たちが寄り合ひまして「表面」の創刊にこぎつけたのであります。表 4 に携わった方々のお名前だけ掲げさせていただきますましたが、幹事として北原先生と私は 13 年間、編集のお手伝いをさせていただきました。昭和 51 年に 2 人は新進気鋭の科学者である東大生研の齊藤泰和先生と都立大の清宮先生にバトンタッチを致しました。このお二人も、もう 10 年以上にさしかかった訳ですが、何卒よろしくお願い致します。

7. 環境問題のたかまり

先程、所長から生研で実施した大型プロジェクトのお話がありました。表 5 にこれに関連した事項をまとめてみました。生研では昭和 46 年以前からも、環境問題研究の芽生えになるような動きがございました。昭和 40 年、当時所長であられた岡本先生の御発議で、社研の所長の有泉先生とのお話し合いにより、生研と社研との境界領域の問題として公害問題を取り上げ、これに関する懇談

表 5 生研における環境問題のたかまり

昭 40 (1965)	生研・社研 公害問題懇談会
41 (1966)	第 1 次将来計画委
45 (1970)	第 2 次将来計画委
46 (1971)	生研大型プロジェクト 「都市における災害・公害の防除に関する研究」 耐震建築、都市交通公害対策、都市廃棄物 対策
48 (1973)	計測技術開発センター発足
49 (1974)	第 2 次大型プロジェクト 汚染計測・防除、都市情報の収集、処理、 都市災害・公害の最適防護システム
51 (1976)	文部省科研費 特定研究 「自動車の排気浄化に関する基礎研究」 低公害燃料、低公害機関、低公害燃焼、 低公害自動車の評価
54 (1979)	東大環境安全センター処理施設稼働
55 (1980)	東大環境安全センター併任 環境庁「固定発生源からの炭化水素削減に関する 検討会」
56 (1981)	通産省「塗料の環境及び省資源対策調査委員会」

会を開こうという計画が立てられました。これには社研と生研を交替で会場として使い、生研から約 20 名の教室が参加致しました。懇談会のひとつとして、当時まだ建設途上にあった千葉のコンビナートの見学も行われました。当時の千葉県知事であった友納氏が、出光石油千葉工場までお見えになり、私どもを激励して下さいました。こんな次第で、われわれの問題意識は、工学に携わるものが公害にどう対処すれば良いかという点で一致していたように思います。この気運を受けて、将来計画委員会が、生研の比較的近い将来における「あるべき姿」についての構想を所長に答申する段取りに進んだのであります。

このようにして生研の構成員の全体的な合意を得ながら、そのひとつとして施設の形で結実したのが計測技術開発センターでありました。これは昭和 48 年に発足致しました。これを挟んで公害・災害の防除に関する大型プロジェクトが 2 回に亘って継続されました。先程お話し致しましたようにこれに重なって「自動車の排気浄化に関する基礎研究」が開始されます。これらのプロジェクト研究を通じて大変たくさんの方にお近づきを得ました。私にとって誠に貴重な、素晴らしい経験でございました。

昭和 54 年に東京大学で環境安全センターの有害廃液処理施設が動き始めますが、次の年の鎌田初代センター長の後をうけまして、環境安全センターの運営に携わることになりました。その年に、環境庁の「固定発生源からの炭化水素削減に関する検討会」に参加致しました。

これには埼玉大学の八巻直臣先生が座長をつとめられましたが、この委員会はいへんハードな委員会でありました。ここでは職業訓練大学の植木先生や吉田先生にたいへんお世話になりました。ここでの報告書は出版されて市販されておりますが、数多くの勉強をさせていただきました。

ここには挙げませんでしたが、海洋汚染関係の仕事は若干つけ加えさせていただきます。われわれが石油化学の時代あるいは高度成長時代に入りました同じ時期に、世界中の産業も大きく石油に依存するようになり変りました。つまり中東やソ連の石油が石炭に変わって大きいエネルギー源として登場し、マンモスタンカーによる石油の大量輸送時代が出現致しました。そこで従来は考えられなかった事故として大量の石油流出事故が発生するようになります。その中でもイングランドの南東端で座礁したマンモスタンカーであるトリー・キャニオン号から12万トンの原油がドーバー海峡に流出した事件は特に良く知られております。これを契機に致しまして、海上輸送に伴う石油流出事故を国際的なレベルで防止するために、従来の国際条約を大幅に強化し、1964年に新しい条約が締結されます。これに続き油以外のばら積み化学物質をも対象にした包括的な条約が1973年(昭和48年)にIMCO(政府間海事協議機構)において締結されます。浅原先生はこの際にアドバイザーのお一人としてロンドンに赴かれたのでありますが、私ははじめは浅原先生がお忙しい時間に代理として、これに対応する国内の委員会に出さしていただいていたのが、いつの間にか気がついてみるとこの仕事が定常的なものになってしまいました。

海洋汚染関係の仕事は、運輸省が主管しておりますが実務的な部分は日本海難防止協会がかなりの部分を委託されており、当時から現在に至るまで私は日本海難防止

協会に入入りさせていただいております。昭和49年暮に発生した三菱石油水島製油所の重油流出事故のときにも、環境庁の中に対策室が設けられましたが、官民挙げての協力で被害が最少限に食い止められたことは不幸中の幸いでありました。このときにわれわれが得たもろもろの教訓は忘れることなく若い世代につたえなければならぬと思っております。

8. お わ り に

最後に新しい界面活性剤として何を期待するかというお話しをするのが良さそうな気が致しますが、私自身の気持ちを申しますと、未来への展望は多くの方々から上手にまとめておられますのでもうつけ加えるものは何もありません。私もバイオサーファクタントと呼ばれる一群の新物質に大きい期待をかけております。もっともバイオサーファクタントと称しても、純粋なバイオテクノロジーの技術——遺伝子操作等々を駆使したもの——によるものから、単に天然物から抽出したものに至るまでさまざまであります。はじめにも述べましたように、われわれは自然にあるものを利用し、これを有用なものに変えることによって生活を営むことが大切であるように思われます。視点を変えて天然物を観察し、研究することは新しい界面活性剤の合成に大きく役立つように思います。これと同時に自然がつくりえないような特殊な性質を持った界面活性剤、たとえばフッ素やケイ素を含むものの研究もこれらに劣らず重要であります。いずれにしても界面活性剤は現在流行の機能性材料あるいは機能性物質の草分けでありました。界面活性剤の研究は、これからの材料科学の進歩に大いに貢献するでしょう。

終わりにのぞみ、長い間私を御指導下さった浅原照三先生に深い感謝の意を表しこのお話を閉じさせていただきます。(1986年5月20日受理)