



分ける 集める 取り除く

川崎研究室～化学工学専攻



川崎 順二郎 教授

有害なものを除去したり、有効成分を取り出したりと我々が生活する上で分離作業というものは重要な役割を果たしている。我々が水を安心して飲めるのも浄水という分離作業のおかげである。また薬品や化学製品を作る時は、その生成過程で余計な物質も生成することがある。そんな時は抽出などの分離操作が重要となってくる。

これほど重要な分離操作をする際にかかるコストが高ければ、最悪の場合我々の死活問題に発展するだろう。「分離をより効率的により安価に」これが川崎研究室のテーマである。



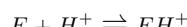
より効率良く～乳化現象による液膜分離～

東京工業大学ではフェライトの発見に代表されるように工業のための化学の研究が盛んである。南1号館に研究室を構える化学工学専攻の研究室でも、日夜工業に関わる化学が研究されている。ここ川崎研究室では、化学工学の分野の中でも「分離」に注目して研究を行っている。

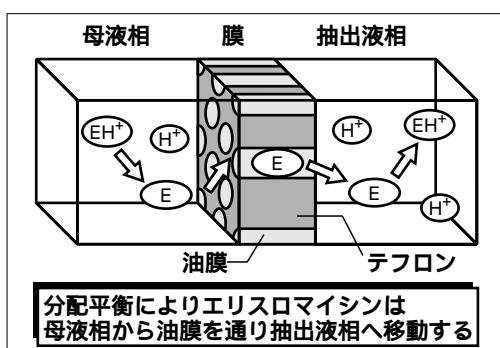
この研究室の代表的な研究にエリスロマイシンの液膜分離法の研究がある。エリスロマイシンとは世界で3番目に消費の多い抗生物質であり、純粋なエリスロマイシンを効率的に分離する研究は一時、世界中で競争になった程だ。エリスロマイシンは発酵母液中に細菌類を用いて培養する。そのため生成物を含む発酵母液内はほとんどが栄養物や不純物で占められており、目的物質である純粋なエリスロマイシンはわずか0.3%くらいしか含まれていない。このままでは抗生物質として使えないで何らかの方法でエリスロマイシンを不純物と分離しなければいけない。そこに用いられるのが液膜分離法である。一般的な液膜分離法の装置は図1の様に母液相、膜、エリスロマイシンを集める抽出液相で構成される。膜はテフロンでできた多孔性の固体に油を染み込ませ、ちょうど穴

の中に油膜が張った状態のものを使う。

エリスロマイシンは水に溶けると水素イオンを供与され、



という平衡状態になる。ここで、Eはエリスロマイシンのことである。 EH^+ は極性があるため油膜を通過できないが、Eは通過できる。そこで、母液相のpHを上げると式の平衡が左に傾き、Eの濃度が上がる。また抽出液相のpHを下げることで、抽出液相中のEの濃度が下がり、 EH^+ となった工



エリスロマイシンは母液相の方に戻らなくなる。物質は濃度の高い方から低い方へ移動するので、エリスロマイシンは母液相から抽出液相へ移動する。こうしてエリスロマイシンを分離・抽出するのである。

この液膜分離法は化学平衡を用いた分離なので、必要なエネルギーは熱を必要とする蒸留などの分離法に比べて小さい。そして計算上ではエリスロマイシンはこの方法で約2万倍にまで濃縮できることが分かっている。

しかし、従来の液膜分離法で分離をしようとする場合、完全に分離が終了するまでおよそ20時間もかかるてしまい、工業的にはあまり好ましくない。そこで、乳化現象を用いて液膜分離法の効率を飛躍的に上げる方法だ。川崎先生が採用したこの方法は、基本的な原理は液膜分離法と全く同じだが、母液相を油相中に分散させておいてその中を抽出液相がくぐるというとてもユニークな方法だ。具体的には次のように行う。

まず、母液相を界面活性剤を用いて分散させ、ホモゲナイザーという高速の攪拌機を使って攪拌する。すると、母液は3μm程度の極小の粒となる。これほど小さくなつた水の粒は、非常に強力な表面張力によって10日間はその球形を保つ。これが乳化現象である。その後、図2の様にこの乳化した液に上から抽出液を数mm程度の粒にして、雨のように滴下すると、油より重いこの粒は底の方に沈んでいくのである。このように2つの水相が自然と向かい合う方向に流れることで効率良くエリスロマイシンの交換が行える。そして、

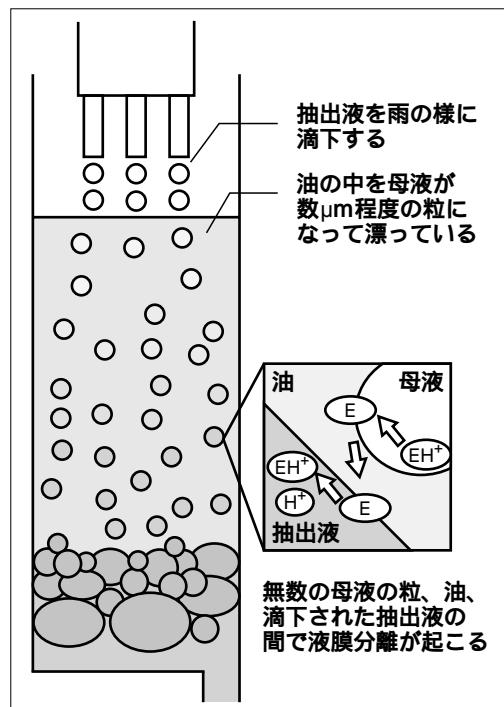


図2 乳化現象を用いた液膜分離

あらかじめ母液と抽出液のpHを調節しておくと、抽出液が乳化液中をくぐっている間に母液相、油相、抽出液相間で液膜分離が起こるのである。また抽出液は底に溜まるので抽出液の回収が楽なのもこの液膜分離の特徴である。

現在、川崎先生はこの液膜分離を企業と協力してエリスロマイシン以外の物質でも、工業的に用いることができるよう研究を続けている。



より安価に～身近なものが人々を救う～

我々は比較的豊かな国に住んでいるので、飲料水や食物に混ざっている毒物は高度な分離操作によって取り除かれ安全な状態で供給されることを当たり前のように受け入れている。よって安価に分離を行う必要性というものをあまり感じることはないだろう。しかし、世界には中毒症状を起こすヒ素などを含んだ水を飲まざるを得ない状況にある人達がたくさんいる。彼らはお金がないためにヒ素を除去することができず日本と同じような安全な水を飲むことができないのだ。このような人々に望まれるのが安価な分離操作だ。ここでは

川崎研究室で行われている「安価な分離」の研究を紹介しよう。

川崎先生がこのような研究をするようになったきっかけは、ODA(Official Development Assistance;政府開発援助)が行った、タイのタマサート大学の工学部の設立援助の一環で川崎先生が化学工学科の講師として派遣された時のことだ。タイは農業が盛んな国であるためその収穫量も膨大な量になる。収穫量が多い反面、収穫した作物から出る廃棄物が大きな問題となっていたのだ。例えば、タイの代表的な農作物に米がある

が、稲穂を採った時に余る茎の部分を燃やした時のエネルギーはタイで使われている燃料の約3分の1に相当する。他の農作物にも同様のことがいえ、その多くは徒にCO₂の発生源と化している。そこでタマサート大学の化学工学科ではこの農作物の余った部分をいかに有効に利用できるかという研究を始めた。川崎先生もこの研究に携わり、アブラヤシの殻を活性炭にして有効利用する研究を行っていた。

ある時、同じくタマサート大学の土木工学科に派遣された埼玉大学の先生からタイの南部でヒ素汚染に苦しんでいる地域があるという話を聞かされた。タイ南部のマレー半島はヒ素を含んだ土壤が多い。土壤に含まれるヒ素は水に難溶なため近年までヒ素中毒の被害はなかったが、錫の採掘などで土壤が掘り返されたためにヒ素が空気に触れて酸化されて水に溶けるようになり、地下水に溶けてしまったのだ。土木工学はヒ素で汚染された地域を調べたり原因の解明したり等は専門分野であるが、ヒ素の除去ということは専門外であるので川崎先生に話が来たのだ。川崎先生はそこに研究中の活性炭をうまく利用できるのではないかと思い立った。そして、日本に帰った今もヒ素除去の研究を続けているというわけである。

このヒ素除去の研究の最大のテーマは分離するためのコストをいかに抑えるかということである。なぜならヒ素汚染地域に該当する場所は東南アジアの比較的お金のない地域なので、コストが高くて誰も使えない。特に最も被害の大きい東インドからバングラディッシュは約150万人の人々が汚染された井戸水を飲み、約20万人が中毒に苦しんでいる。そのためには先ほど挙げた廃棄物を利用した活性炭を用いることはコスト削減に有利なのだが、活性炭だけで浄水器を作ろうすると直径5cm高さが50cmのカートリッジで効果が2週間程度しか持たず、交換する手間がとてもかかるてしまう。さらに活性炭は廃棄物である油やしの殻を碎き数mmから1cmくらいのかけらにし

さて、今回は川崎先生の研究のうち、液膜分離とヒ素汚染地下水の浄化の2つを紹介したわけだが、先生は他にも数多くの研究をなさっている。誌面の都合上紹介できなかつたのが残念である。

て空気のない条件で300から400℃に加熱し、熱分解を起こして水素や酸素などが取り除き、炭にした後に炭酸ガスを通しつつ800から1000℃の高温でしばらく熱して作る。こうして1gで表面積が1000m²もある吸着性の高い活性炭ができるが、作るコストと手間が大きな負担となってしまう。

そこで、先生はヒ素除去の一番オーソドックスな方法である鉄イオンとの共沈に目をつけたのだ。共沈というのは鉄イオンがヒ素イオンに結びついて固体となって沈殿する現象である。東南アジアの一部には鉄を多く含むラテライトという赤色の土がある。この土が上手く利用できれば土を運ぶ手間だけでヒ素除去ができるので非常に安価に済み、理想的だ。川崎先生は日本で唯一ラテライトがある小笠原からラテライトを取り寄せ、およそ60μm程度まで細かく砕いてヒ素除去の実験をしてみた。すると活性炭を使った時よりもおよそ100倍も長持ちすることが分かった。しかし、ラテライトだけで除去を行うと十分濃度が下がらないのでラテライトでろ過した後に活性炭でろ過する必要がある。それでも1年は効果が持てば実用化できるのではないかという話である。

この浄水器は実際にどうやって使うかというと各家庭に1つずつ設置し、現地の人は汲んできた水を浄水器に通し出てきた水を飲む。そして、効果が切れるころにODAの職員が巡回し交換するのだ。そのためにも少しでも長持ちするほうを交換する手間が減って楽なのだ。

現在は、実際に現地で流れている水を調査しきちんと浄水されるかを調べているところである。地下水にはヒ素だけでなくカドミウムやクロム等の有害な金属が含まれていたり、pHが異なっていたりするため、正常に浄水が行われるのかが立証されていないのである。そのような土地でもラテライトが使いものになるかを調べ、電気も通っていないような所で本当に浄水器を運転できる、という所まで研究を進めて初めて役に立つだろう、と先生はおっしゃった。

最後になりましたが、お忙しい中我々の取材に快く応じて下さった川崎先生とはばき先生に心より感謝いたします。

(川上 裕二)