

基礎工学部・化学工学科 反応システム工学講座



研究室紹介

東 稔 節 治*

1. はじめに

本講座は、化学反応、生化学反応を基礎とする反応工学、反応装置工学に関する教育と研究を行っている。職員は東稔節治教授、田谷正仁助教授、正脇輝之助手、紀ノ岡正博助手と川嶋将夫技官の5名から構成されている。大学院の後期課程には1名(フィリピンからの留学生)、前期課程には7名、学部4年生は6名が在籍している。この数年間に多数の外国人研究者が客員教授・客員研究員として本講座に滞在され、現時点では韓国から客員研究員として1名、研究生として2名(中国、ベトナム)が在籍している。

近年、化学工業や医薬品工業など物質の生産やエネルギーの変換を目的とする産業では、多様化する社会的ニーズに対応して多品種少量化が進行するなかで、反応器(リアクター)の果たす役割がますます重要となっている。この反応器の効率的な操作・運転を達成するためには、反応に関与する機能素子(化学触媒、生物細胞など)の開発・改良、反応速度論の解析、合理的なリアクターの設計と制御、生産物の高度な分離・精製など学問的な原理の探求と知識の集約が不可欠となる。本講座では反応システム工学の体系化を目標とし、具体的には以下のような研究を精力的に行っている。



*Setsuji TONE
1936年2月4日生
昭和35年大阪大学大学院工学研究科応用化学専攻修士課程修了
現在、大阪大学基礎工学部化学工学科、教授、工学博士、反応工学
TEL 06-844-1151(内線4700)

2. 研究内容

(1) 光化学反応リアクターおよび電気化学反応リアクターシステムの構築

食品産業において大量に消費される水、シロップ、安定剤などへの耐熱性細菌胞子の混入が問題となっている。本講座では、半導体触媒粒子が長波長域の光エネルギーを吸収し、酸化還元反応により活性酸素ラジカルを生成することに着目し、光触媒作用に基づく耐熱性細菌胞子の新たな殺菌法の開発に成功した(写真1)。ま

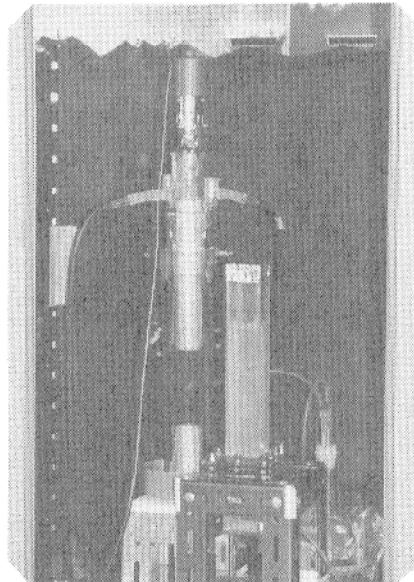


図1 胞子殺菌のための光化学反応リアクター

た、高度水処理システム開発の一環として、水溶液中の難分解性有機化合物と半導体触媒をスラリー状に懸濁し、光照射のもと空気吹込み操作で無害な無機物質まで分解することを可能とした。最終的には、ソーラーシステムと光分解反応を組み合せた有機化合物の連続分解処理プロセスの開発を目指している。

また、電極反応による補酵素 NAD の直接的な還元再生を行うため、陰イオン荷電膜を隔膜として用いた電気化学反応リアクターの開発を行っている。反応効率などの改善すべき点もあるが、酵素反応と連動することによりユニークな反応システムが構築されるものと期待される。

(2) 微生物および植物細胞のバイオリアクターシステムの構築

工業、民生用電力の需要増大とともに石炭を用いた火力発電が行われているが、石炭燃焼で発生する酸化イオウは大気汚染源として深刻な問題を引き起こしている。本講座では、石炭のクリーン燃焼を目的として、石炭中の無機イオウを硫酸イオンとして可溶化する独立栄養細菌の機能を利用して、石炭の脱硫システムを検討している。微生物による石炭脱硫の事前処理法が確立すると、環境保全とエネルギー資源確保が可能となる。

地球上に約30万種存在するといわれる植物の天然成分には、植物に特有であり微生物によって生産できないものや、構造が複雑で化学合成による工業的生産が困難なものも多い。植物を有用物質の生産という観点からみた場合、植物細胞は高いポテンシャルを持っていると考えられる。本講座では、植物毛状根（土壤細菌のプラスミドにより誘導される形質転換体）を対象とし、酵素や色素などの有用二次代謝産物の効率的な生産方法の確立を目的とした研究を行っている。同時に、根組織として特異な生育様式を示す毛状根の培養に適したバイオリアクターシステム（写真2）の構築を行っている。このためには、毛状根の増殖および生産物生成の定

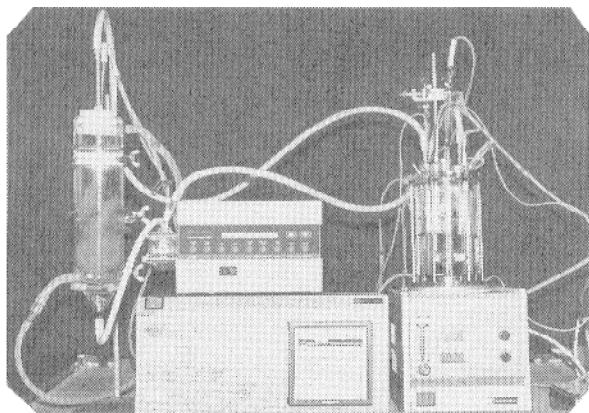


図2 植物毛状根培養のためのバイオリアクター

式化ならびにリアクター内の物質移動や流動特性の解析など反応工学・装置工学的理論体系が必要であり、着実な成果をあげている。

植物細胞は、外的な刺激に対して様々な反応を示す。例えば、光に対しては光合成機能が誘発され、植物ホルモンに対しては分化・脱分化などの形態変化が認められる。このような植物細胞の生理機能の工学的利用として、光反応型バイオリアクター（写真3）による葉組織機能の高発現や人工種子生産プロセスの開発を行っている。

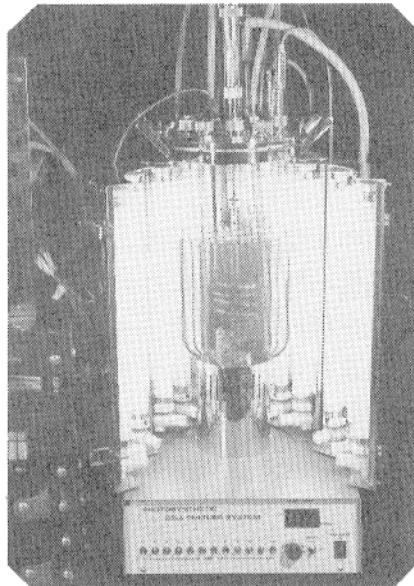


図3 植物細胞のための光反応型バイオリアクター

(3) 機能性分離膜の開発

バイオ生産物を医薬品、食品などに利用するためには、その物質がもつ生理活性、薬理活性などの機能を保持した状態で抽出、取得する必要があるが、これらの生化学的機能は、温度、pHなど環境の変化に対し不安定である。一方、精密ろ過・限外ろ過等の膜分離は、加熱を必要としないため、熱変性を伴うバイオ生産物の分離・精製に適した省エネルギープロセスである。しかしながら、多成分混合物から目的物質のみを選択的に透過したり、光学異性体や幾何異性体の分離を行うことは非常に困難であった。

このような問題に対応するため本講座では、圧力を推進力とすることにより、簡便な操作で連続的な大量処理が出来るという膜分離の利点を活かしつつ、高度な分離機能を有する新規機

能性分離膜の開発を行っている。すなわち、ビニルピリジンとアクリロニトリルの共重合体を合成し、これを用いて外部からの刺激（溶液のpH変化）に対して溶質の膜透過特性が可逆的に変化する刺激応答性限外ろ過膜を調製し、多成分系からの酵素・タンパク質などの分離・精製に応用している。この膜機能は、生体膜の模倣技術として医薬品の放徐制御への応用も期待される。

また、目的物質分子と類似な構造をもつ光学異性体など難分離物質の混合物の分離を可能とする高選択的機能を膜に付与するため、プラズマ重合装置（写真4）を用いてL-アミノ酸、D-アーメントールなどの光学活性な官能基を膜に導入し、分子を高度に識別する不斉認識膜の開発に成功した。これにより、医薬品の前駆体となるアミノ酸の光学分割が可能となる。さらに、不斉識別機構の解明を図るため、光学異性体の膜透過特性を解析し、アフィニティの差に基づく膜内拡散速度の違いにより光学分割が達成できることを明らかにしている。

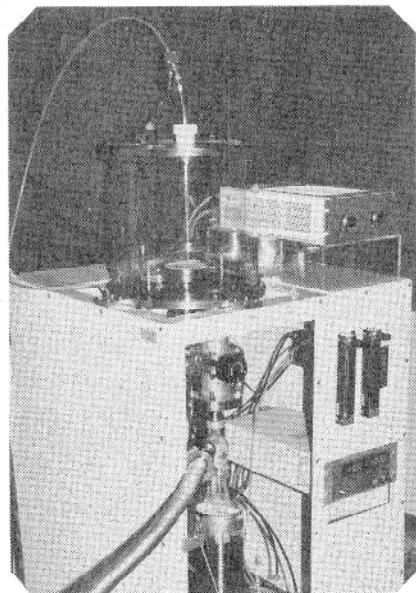


図4 機能性高分子膜合成のためのプラズマ重合装置

(4) 生化学反応と膜分離の融合—メンブレンバイオリアクターシステムの構築—微生物や植物細胞培養により生産された有用物質を、系外へ取りだすことができれば、連続

操作が可能となり生産性の向上を図ることができる。例えば、アセトン・ブタノール発酵では、目的とするアセトンやブタノールが生産菌に対して強い毒性を示すため、通常の発酵では低濃度で発酵を終了する必要がある。本講座では、このような問題を解決するため有望な方法として、抽出発酵と膜分離法である浸透気化法を組み合せたアルコールの連続的な生産・濃縮について検討している。

また、膜を反応の場として用いることにより、分離の選択性を高め、生産物生成速度を促進することができる。生体触媒反応において、基質の水に対する溶解度が低い場合は、通常エマルジョンで反応が行われるが、この場合生成物を得るために相分離が必要であり、連続操作が困難となる。一方、膜に酵素を固定化し、膜の片側に水相、他方に基質を含む有機相を流通し反応を行うと、生成物の分離、濃縮を同時にを行うことができる。本講座では、酵素反応と膜分離を組み合せた抽出型中空系メンブレンバイオリアクターにより、色素・医薬品としての需要があるアントラキノン系化合物などの生産・分離を行うとともに、このリアクターにおける選択性、生産性の評価を実験的および理論的に解析している。

3. おわりに

以上のように、本講座では生化学反応および光化学・電気化学反応を利用したバイオリアクターの構築とこれに膜分離操作を組合せたメンブレンバイオリアクターシステムの開発を行っている。

化学プロセスとバイオプロセスの融合によって創出される環境調和型生産技術は、今後の産業・経済活動を支える基幹技術となる。省エネルギー・省資源志向の化学・生物プロセスとリアクターの設計・開発によって有用物質、高附加值製品を開発・生産するとともに、廃棄物量の最少化を図ることが、21世紀へ持続発展する原動力となることを信じ、日夜研究・教育活動を行っている。