

研究室紹介

工学院大学工学部環境化学工学科 反応工学研究室

教授 五十嵐 ^{あきら} 哲

〒192-0015 八王子市中野町 2665-1

E-mail: igarashi@cc.kogakuin.ac.jp

1. はじめに

工学院大学は 1928 年(昭和 3 年)に築地から西新宿に移転し、また 1963 年には他大学に先駆けて八王子にキャンパスを展開しました。本学は機械系、化学系、電気・情報系、および建築系学科から構成されています。現在、化学系学科は応用化学科と環境化学工学科の 2 学科ですが、来年 4 月に両学科からマテリアル科学科が分離・設置され、3 学科体制となります。

従来、八王子校舎は教養課程、新宿校舎は専門課程として分けられていましたが、この 10 数年間に八王子校舎に次々と研究棟群を建設し、一部の研究室を除いて実験をともなう研究室が八王子校舎に集まっています。

2. 研究室の成り立ちと構成

当研究室は 16 年前に新宿校舎に開講しましたが、新宿校舎の高層化にともない、11 年前に八王子校舎に移転して現在に至っています。

筆者はもともと固体触媒の研究に従事していましたが、応用化学科ではなく(旧)化学工学科に赴任しましたので、研究室の名称を「反応工学研究室」としています。反応工学というとかく算数中心の学問のように思われがちですが、反応特性と材料物性との関わりを重視し、化学のミクロな視点とシステムのマクロな視点をあわせもつ研究を心がけています。国内での発表の場は、触媒学会、化学工学会、石油学会、それに日本化学会などです。

研究室の構成は、私に加えて、飯田 肇助手、毎年 10 名前後の 4 年生、1-2 年生を合わせて数名の修士学生で、博士課程に進学する学生がいらないのが寂しいところです。

3. 研究の対象

いまでもありませんが、化学技術は物質やエネルギーを創製・変換するプロセスを開発する技術として特徴づけられます。化学反応を精密に制御する機能材料である触媒は、化学技術のキーテクノロジーの一つといえますが、環境調和型プロセスおよび環境汚染物質の除去プロセスを開発す

るために触媒が果たす役割は益々大きくなることが期待されています。また、環境触媒でよくいわれていることですが、これからは従来のように触媒にとって最適な反応条件で触媒を用いることができず、きわめて過酷な反応条件での使用が予想されています。このためには、触媒と反応場としての反応器をシステムとして考えることが重要になってきます。

当研究室では、大テーマとして「高機能な触媒材料の開発」、「新しい触媒調製法の確立」、および「触媒反応システムの構築」の三本柱を掲げています。

4. おもな研究課題と内容

4.1 高機能な触媒材料の開発

新しい触媒の開発によって、もはや改良の余地がないといわれている古典的な反応プロセスの革新が可能となり、またまったく新しい反応プロセスが生まれます。

以前に、筆者はトルエンやキシレンの側鎖メチル基を、工業的に実施されている水素による接触脱メチルではなく、水蒸気によって脱メチルするための触媒についての研究を長らく行なっていました。この反応は水素を副生することから、一種の水蒸気改質といえます。

この経験を踏まえて、現在でも水素製造がらみの水蒸気改質や水性ガスシフト用触媒の研究を続けています。用いている触媒は ZnO_2 担持貴金属触媒です。また、インブタンやエチルベンゼンの低温脱水素のための Pt/ZnO 系触媒、高圧反応である一酸化炭素と水素からの Fischer-Tropsch 合成のための Co 系および Ru 系触媒、微量ホルムアルデヒドなどの有臭物質除去のための TiO_2 系光触媒の研究も行なっています。

4.2 新しい触媒調製法の確立

高機能な触媒材料の開発も重要ですが、触媒調製技術に工夫を施すことによって、より高機能な触媒が生まれます。最近では、資源に限りがあり高価な白金などの貴金属が触媒として大量に用いられていますが、より少ない使用量で触媒

機能を最大限に発揮するための触媒合成技術についての研究を行なっています。

超臨界流体は低粘性・高拡散性であることから、担持金属触媒の調製時の乾燥過程に、通常用いられる熱乾燥ではなく、超臨界乾燥を用いることによって活性金属の高分散化が期待されます。そこで、低温(二酸化炭素)超臨界乾燥法や高温(ヘキサンなど)超臨界乾燥法を用いた担持ニッケル触媒や担持白金触媒の調製を行なうとともに、やはり活性金属の高分散化が期待できる超音波分散法による担持白金触媒の調製を行なっています。

4.3 触媒反応システムの構築

現在、反応プロセスのために分離や反応のために消費される熱エネルギーの大幅な低下が望まれています。また、固体高分子型燃料電池のために高純度水素の供給や反応システムの小型化が必要となっています。このために、反応と分離を組み合わせた反応分離型触媒反応器(メンブリアクター)や高伝熱性プレート型触媒反応器が注目されています。

図1は、大きな吸熱反応のために高温を必要とするイソブ

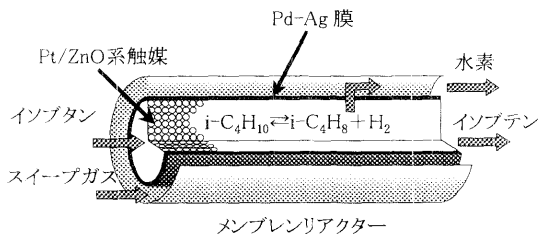


図1 メンブリアクターの例

タンの脱水素にメンブリアクターを用いた例です。生成水素を反応系から選択的に分離する水素分離パラジウム系薄膜を用いることによって平衡論的制約が回避されて反応温度が低温となり、触媒への負荷が大きく低下します。当研究室では、イソブタンやエチルベンゼンの低温脱水素のためのメンブリアクターの開発に取り組んでいます。メンブリアクターの実用化のためには、システム設計、触媒の開発、および分離膜の開発が必要となり、それぞれの専門家の協力が必要です。

図2は、やはり脱水素と同じく大きな吸熱反応である水蒸気改質における反応器内の温度分布の様子を示したものです。充填層反応器では、反応管壁での温度低下に加えて、壁面近傍に存在する境膜内での伝熱抵抗が大きく、しかも対流伝熱による触媒層内での温度低下もあり、触媒層に充

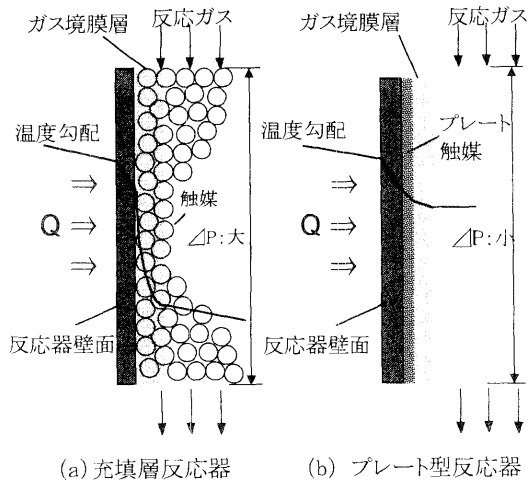


図2 反応器内の温度分布の様子(吸熱反応)

分な熱エネルギーを供給するためには多大な熱エネルギーを供給する必要があります。これに対して、反応場と伝熱面を一体化したプレート型反応器を用いれば、壁面近傍に存在する境膜内での伝熱抵抗を回避しつつ、伝導効率の高い伝導伝熱による熱エネルギーの交換が可能となります。さらに、管内の熱容量や圧力損失は充填層反応器よりもはるかに小さく、スタートアップ時や運転中の負荷変動に対して迅速な応答性を示すことが期待できます。当研究室では、シミュレーションによって発熱や吸熱反応のために用いるプレート型反応器の優位性を確認し、メタノール分解のためのプレート型反応器の開発を終え、現在、水蒸気改質やシフト反応のためのプレート型反応器の開発に取り組んでいます。

5. おわりに

21世紀はクリーンエネルギーである水素の時代と言われてはいますが、化石燃料を原料とする現行の水素製造プロセスはきわめて多量の熱エネルギーを消費し、また多量の二酸化炭素を排出しています。

これからも、微力ながら水素製造のための触媒と反応システムの研究を続けたいと考えています。