

反応プロセス工学特論

工学部・工学研究科シラバス

反応プロセス工学特論(2.0 単位)

講義番号：6760

課程区分：前期課程

科目区分：主専攻科目 主分野科目

授業形態：講義

対象専攻・分野：分子化学工学分野 生物機能工学分野
エネルギー理工学専攻

開講時期1：1年前期

担当教員：田川 智彦 教授 小林 敬幸 准教授

反応プロセス工学特論

前期木曜1限、144講義室

田川 智彦 教授

●本講座の目的およびねらい

具体的な化学反応プロセスについて、これを支援する反応工学の新展開について講述し、反応工学の将来的な展開や可能性についての理解を深める

- 達成目標
- 1) 触媒反応工学の体系を理解し応用できる。
 - 2) 反応分離工学の体系を理解し応用できる。
 - 3) 反応装置工学の体系を理解し応用できる。
 - 4) 反応場の工学の体系を理解し応用できる。

反応プロセス工学特論論

●バックグラウンドとなる科目:

化学反応, 反応操作(学部レベルでの、反応速度論基礎および反応工学基礎: 化学工学基礎2、反応工学概論)

●教科書: 化学工学の進歩40「進化する反応工学」 槇書店

●参考書: 化学工学の進歩29「触媒工学」 槇書店

●質問への対応: 講義時に対応。

それ以外はメールにて対応: tagawa@nuce.nagoya-u.ac.jp

●成績評価の方法: レポートと期末試験を総合評価

合格ライン: 60/100

反応プロセス工学特論

●授業内容 前半

1. 講義概要の説明
2. プロセス開発と反応工学ー
3. 触媒分子反応工学と触媒工学の体系
4. 反応分離工学の体系
5. 反応装置工学の体系
6. 反応場の工学とその体系
7. 中間試験
- 8 回目以降（後半）は小林敬幸准教授が担当

名大・分子化学工学コース・専攻の 反応工学で何を学んだか，何を学ぶか

学部レベル

化学反応
反応操作
反応工学概論

反応工学を
使いこなす
ための基礎

大学院レベル

物質プロセス工学基礎論
反応プロセス工学特論

反応工学の大系と展開
反応工学のすすむ
方向を考える

ゼロからの出発ではない・・・胎動はある

「触媒という反応メディアの開発・設計」という分野を例に考えよう。
プロセス開発のプロジェクトからの要求、プロセス開発を支える
反応工学、反応工学における分子論的アプローチ」

反応工学の役割と目指すもの(そもそも・・・)

工業生産;

粗原料 → 物理的变化 → 化学的变化
→ 物理的变化 → 製品

化学工学: 物理プロセスの体系化から

単位操作(流動、伝熱、拡散分離、機械的分離、・・・)

→ 原料調製、生成物の分離・精製・・・

反応工学の役割と目指すもの(そもそも・・・)

反応工学: 化学プロセスの工学的体系化

(日本への導入
1959年)

合理的で経済的なプロセスの
選定と操作の最適化 →
反応装置形式、反応メディアの
選定と設計

→ 反応速度の支配因子: 速度解析

分子論的理解の重要性

流れ

(物質移動)

押し出し流れ

完全混合流

逆混合流

反応器

反応メディア

化学プロセス

化学反応速度

温度

(エネルギー移動)

等温操作

断熱操作

熱交換

物質収支

熱収支

数学モデル

新しい
コンセプトを
生み出す

反応器設計・反応メディア設計

排気ガスからの脱硫を例に

排気ガス中の硫黄酸化物

出来てしまったものはしょうがない

塩基性中和剤で除去；

乾式法、半乾式法（水噴霧） 湿式法（水溶液）
湿式法；石灰石→石膏（反応晶析）

……JBR（ジェットバブリングリアクタ）法

自動車など小規模排出源には無理

排気ガスからの脱硫を例に

もとを絶てばよい

燃料から硫黄分を除去；

水素化反応による硫黄分の除去:水素化脱硫

ディーゼル油の脱硫；

1992 1997 2004 2009

0.5% → 0.2% → 500ppm → 50ppm → 10ppm

深度脱硫

超深度脱硫

超超深脱

パーティクル規制；芳香族の除去

これ以上は

排気ガスからの脱硫を例に

きれいなものをもとから作ってやる

燃料油 → 合成ガス (CO+H₂) (脱硫)

水蒸気改質

合成ガス → ワックス → 燃料油
F T 合成 水素化分解

反応メディアに望むこと；

反応率の向上

選択率の向上

耐久性の向上

そのために制御すべきこと；

触媒を例に：

表面反応特性；酸塩基性

形状選択性；細孔構造

結局行うことは

機能性材料としてみた場合の

構造制御

表面制御

分子反応工学をどう考えるか

服部の考え方 ← 野村の分子化学工学

田川の考え方 ← 香田のメソエンジニアリング

特定領域研究「触媒分子反応工学」の発足（2001）



新しい展開（多様な考え方）

非（定常、平衡、線形）の活用

相田（東工大）

反応機構の分子論的認識

西山（神戸大）

構造体触媒の概念

亀山（農工大）

手段としての触媒

椿（富山大）

プロセス開発と触媒設計

岩佐（北大）

反応工学部会

研究分野

- ・触媒反応工学(グリーン触媒、構造体触媒)
- ・ソノプロセス(超音波照射下での高温・高圧局所反応場)
- ・活性種化学(励起種発生、化学反応モデル)
- ・反応分離(反応促進法、新反応機構、膜型反応器)
- ・反応装置(流動接触反応工学、非定常反応操作)
- ・CVD反応(微粒子・薄膜合成, 反応機構解析, 反応器設計)
- ・反応場(熱以外のエネルギー付与による反応促進)

反応工学部会の案内

反応工学部会は化学反応をともなう多方面の技術分野に貢献します

化学工学の単位操作の集大成として発展してきた反応工学は、狭義の化学反応器の設計と操作にとどまらず、化学反応をともなうすべての装置設計および操作の基礎となっています。そして、最近では、ナノレベルの材料設計、バイオリアクターの開発、さらにはマクロな地球レベルの環境問題などを解決するための学問としての展開が行われています。このように、現在の「反応工学」は従来のように反応工学そのものを直接の研究対象とするよりも、反応工学を基礎としたきわめて多方面への研究分野に貢献しています。一方、化学工学あるいは応用化学に代表される工学部の化学系学科では反応工学の講義は必ず行われており、基礎教育としてはきわめて重要であるものの、学問・研究対象の拡がりにともなって研究の一分野として反応工学の名を付した形での直接的な学問上の成果として現れることが少なくなっているのも事実です。しかしながら、反応工学が化学工学の学問体系のなかでもっとも重要な基礎技術分野の一つとして位置付けられる限り反応工学の果たす今後の役割は大きいと考え、平成14年4月に東京大学の小宮山宏教授を部会長として「反応工学部会」が設立されました。

反応工学部会の案内

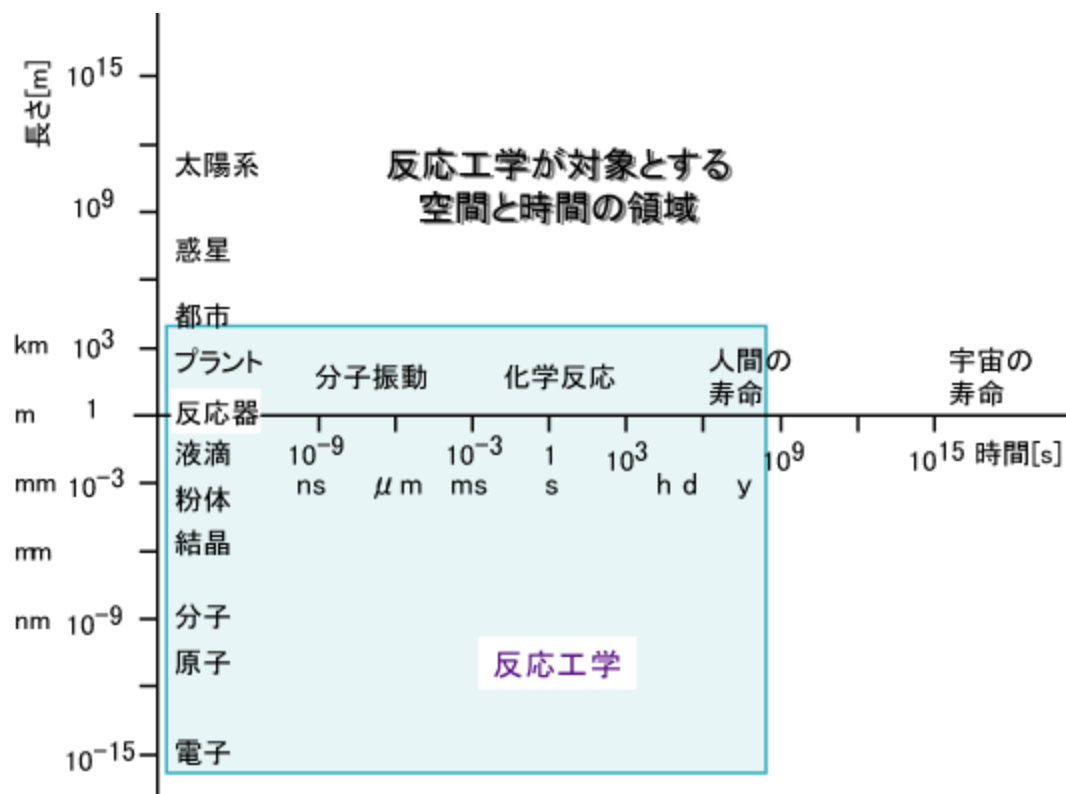
反応工学部会は「ナノ・マイクロからマクロまでの連続化による合理的反応システムの構築」を目指します

化学工学会の従来の特設研究会および研究会を概観すると、上述したように、たとえば目的は高機能材料の合成あるいはバイオ反応であっても、研究手法としての反応工学を共通のキーワードとする分野が多いことが特徴として挙げられます。このことから、反応工学部会は、ナノ・マイクロレベルの現象や触媒活性点の性能を装置レベルで最大限に発現させたり、マイクロレベルで進行する物質変換過程をマクロレベルでの反応器形成期・操作で制御することで、次世代の反応工学に関する国内外の学術、技術、そして産業の発展に寄与します(図)。

反応工学部会の案内

反応工学部会は「ナノ・マイクロからマクロまでの連続化。」

図 反応工学が対象とする空間と時間



反応工学部会の分科会

部会設立に際しては、反応工学と言ってもそのカバーする分野は非常に広いことから、部会の中に複数の分科会を設け、単独の分科会あるいは複数の分科会の横断的な協力によって、年会や秋季大会におけるシンポジウムの開催、特定の領域の講演会・講習会の開催、あるいは国際学会の招致等の活動を積極的に推進する計画です。

反応工学部会の分科会

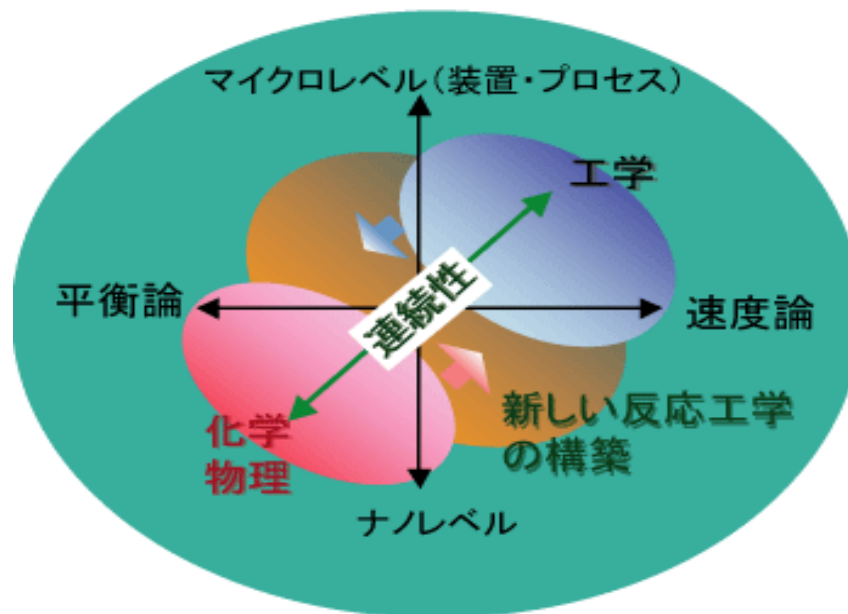
触媒反応工学

活性種化学

ソノプロセス

マイクロとマクロの連続化による
合理的反応システム

反応装置



反応分離

マイクロレベルの現象や触媒活性点の性能を
装置レベルで最大限に発現

CVD反応

反応場

バイオ反応

バイオプロセス又は酵素反応プロセスと環境利用プロセスについて、実際に使われているプロセスの話題も織り交ぜて紹介す

執筆者一覧 (執筆順)

- 1.1 服部 忠 愛知工業大学工学部応用化学科
- 田川 智彦 名古屋大学大学院工学研究科化学・生物工学専攻
- 1.2 増田 隆夫 北海道大学大学院工学研究科有機プロセス工学専攻
- 1.3 五十嵐 晋 工学院大学工学部環境化学工学科
- 福原 長寿 八戸工業大学工学部生物環境化学工学科
- 1.4 西山 覚 神戸大学環境管理センター
- 岸田 昌浩 九州大学大学院工学研究院化学工学科
- 1.5 増田 隆夫 北海道大学大学院工学研究科有機プロセス工学専攻
- 1.6 薩摩 篤 名古屋大学大学院工学研究科物質制御工学専攻
- 1.7 平林 大介 名古屋大学エコトピア科学研究所環境システム・リサイクル科学研究部門
- 鈴木 憲司 名古屋大学エコトピア科学研究所環境システム・リサイクル科学研究部門
- 1.8 高橋 武重 鹿児島大学工学部応用化学工学科
- 2.1 田川 智彦 名古屋大学大学院工学研究科化学・生物工学専攻
- 2.2 山中 一部 東京工業大学大学院理工学研究科応用化学専攻
- 2.3 山田 博史 名古屋大学大学院工学研究科化学・生物工学専攻
- 田川 智彦 名古屋大学大学院工学研究科化学・生物工学専攻
- 2.4 上宮 成之 岐阜大学工学部機能材料工学科
- 2.5 伊藤 直次 宇都宮大学工学部応用化学科
- 3.1 筒井 俊雄 鹿児島大学工学部応用化学工学科
- 3.2 甲斐 敬美 鹿児島大学工学部応用化学工学科
- 3.3 草壁 克己 福岡女子大学人間環境学部生活環境学科
- 3.4 本多 裕之 名古屋大学大学院工学研究科化学・生物工学専攻
- 3.5 堀添 浩俊 名古屋大学大学院工学研究科化学・生物工学専攻
- 3.6 相田 隆司 東京工業大学大学院理工学研究科化学工学専攻
- 4.1 尾上 薫 千葉工業大学工学部生命環境科学科
- 4.2 中野 勝之 福岡大学工学部化学システム工学科
- 大淵 英子 福岡大学工学部化学システム工学科
- 埜田 博史 産業技術総合研究所中部センターサステナブルマテリアル研究部門
- 竹内 浩士 産業技術総合研究所つくばセンター環境管理技術研究部門
- 4.3 吉田 寿雄 名古屋大学エコトピア科学研究所環境システム・リサイクル科学研究部門
- 4.4 宗宮 創 滋賀医科大学医学部医学科生命科学講座
- 木村 隆英 滋賀医科大学医学部医学科生命科学講座
- 4.5 安田 啓司 名古屋大学大学院工学研究科化学・生物工学専攻
- 4.6 尾上 薫 千葉工業大学工学部生命環境科学科
- 4.7 須藤 雅夫 静岡大学工学部物質工学科化学工学コース

序

化学工学会東海支部が本シリーズで「触媒工学」を送り出したのは平成7年である。プロセスからの要求に即応する触媒を設計するための分子論的な背景を核とした工学の展開を取り上げた。その後、社会的要求としての環境調和への即応性が求められるにいたっている。こうした背景を踏まえ、持続可能社会へと急展開する化学プロセスを支援するための、反応工学の新しい進化をまとめることとなった。反応工学の各分野は、平成14年に化学工学会の反応工学部会へと団結した。この中で反応の「場」を解析し、新しいプロセス設計に繋げるわが国独自の考え方が醸成された。このような進展を見せる反応工学部会と化学工学会東海支部が共同して本書の編集に当たる意義は大きい。

本書ではこうした背景を念頭に、「持続可能社会」を共通のキーワードとし、1) 触媒反応工学、2) 反応分離工学、3) 反応装置工学、4) 新しい反応場の工学、の4章構成とした。内容の一部は科研費特定領域研究「触媒分子反応工学」(平成13~15年度、代表 服部 忠 名大教授)、同基盤研究(C)企画調査「高度反応制御を可能とする構造体触媒反応システムを旨とした触媒分子反応工学」(平成18年度、代表 増田隆夫 北大教授)、同「持続可能社会に向けた化学工学の体系化」(平成17年度、代表 田川智彦 名大教授)の成果であることを付記したい。

本書は、化学工学会東海支部進歩講習会のテキストとして編纂されたものであるが、反応工学の基礎知識を持った皆さんが大学院レベルの教科書としても用いることができるような構成とした。日本の化学プロセスの将来を担う若い人たちが、本書により進化を続ける反応工学の先端に触れ、さらにその進化の担い手となっただけのことができれば、望外の幸である。

末筆ながら、東海支部を代表して編集業務に当たられた岐阜大学上宮成之先生と出版に尽力いただいた横書店佐藤恒雄氏に感謝申し上げる。

2006年10月

編者を代表して
名古屋大学大学院工学研究科 田川 智彦

ISBN4-8375-0692-5

C3043 ¥4400E

定価(本体4,400円+税)



9784837506928



1923043044000

化学工学の進歩 40 進化する反応工学
—持続可能社会に向けて—

化学工学会編



横書店

化学工学の進歩 40

進化する反応工学

—持続可能社会に向けて—

化学工学会編

横書店

化学工学の進歩29

触媒工学

化学工学会編

槇書店

序文

次世代を目指した産業構造の変革の波に呼応して、化学工学を含めた多くの技術分野は大きな転換期を迎えている。“もの”を創り、変換するプロセスも例外ではなく、そのキーテクノロジーである触媒にもこれまでにない展開が期待されている。特に“プロジェクト”としてプロセスを開発する方法が一般化されるに伴い、“プロセス”と一体となった触媒工学の展開が望まれている。

近年の固体科学や表面科学の進歩は著しく、固体触媒をも分子レベルの正確さで解明しうるに至っている。しかし、これらを現実のプロセスや未来プロセスに生かしていくための工学については体系化されたものはなく、個々の技術者の“経験”や“勘”にたよっている場合が多い。

本書は、化学工学会東海支部の「第29回化学工学の進歩講習会」のテキストとして編纂されたものであるが、新しい触媒工学に求められているこうした視点にスポットを当て、

- I. プロセスから望まれる触媒の化学と工学、
- II. プロセス開発を支える触媒の工学、
- III. 触媒の化学と分子論

という三つを軸とした、現在および未来に期待されるプロセスを具体的に分野を絞り、これらを支える新しい工学、その基盤を構成する分子論がどのように繋がり、どのように応用されるのかなどを各分野の専門家に執筆いただいた。本書が“プロセス—工学—分子”の連携を基軸とする新しい触媒工学の確立の礎となれば幸いである。

1995年8月

著者代表

田川智彦、服部忠