

Kyoto University

Department of Chemical Engineering



京都大学
大学院工学研究科
化学工学専攻

2003/2004





京都大学
大学院工学研究科
化学工学専攻



Kyoto University –
Department of Chemical Engineering

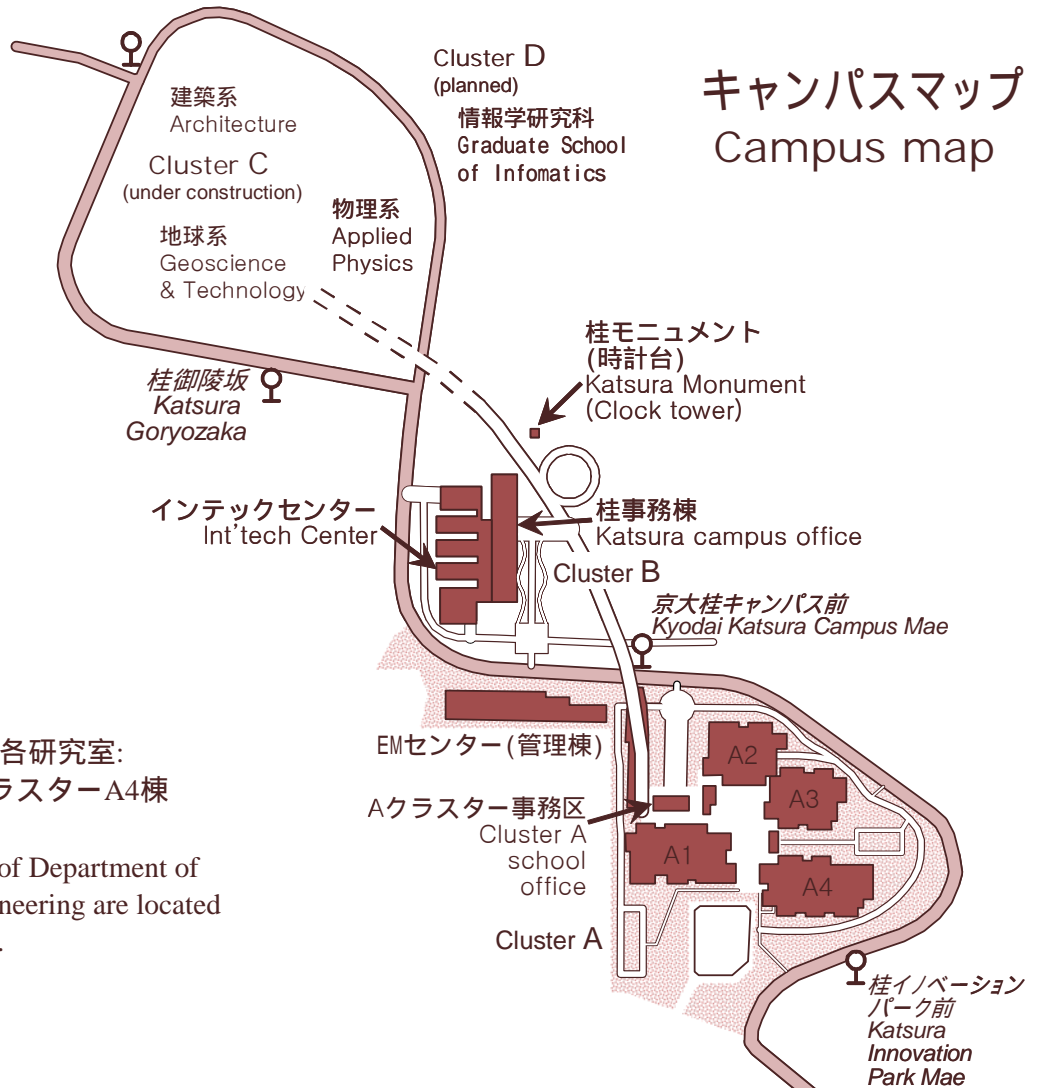
目次

キャンパスマップ	1
概要	
沿革	2
構成	4
カリキュラム	6
国際交流	8
教官・研究室紹介	
化学工学基礎講座	
輸送現象論分野	10
界面制御工学分野	12
反応工学分野	14
化学システム工学講座	
分離工学分野	16
粒子系工学分野	18
材料プロセス工学分野	20
プロセスシステム工学分野	22
環境プロセス工学講座	24
融合プロセス工学講座 (国際融合創造センター)	26
ナノ工学研究分野 (エネルギー理工学研究所)	28
非常勤講師	30
名誉教授	31
人員構成	31
交通アクセス	32

CONTENTS

Campus map	1
Outline	
Location & History	3
Organization	5
Curriculum	7
International activities	9
People & Research	
Transport Phenomena	11
Surface Control Engineering	13
Chemical Reaction Engineering	15
Separation Engineering	17
Particle-System Engineering	19
Materials Processing Engineering	21
Process Control and Process Systems Engineering	23
Environmental Process Engineering	25
Process Coordination Engineering (International Innovation Center)	27
Nanotechnology Research Section (Institute of Advanced Energy)	29
Invited lecturers	30
Professors emeriti	31
Constituent numbers	31
Access	32

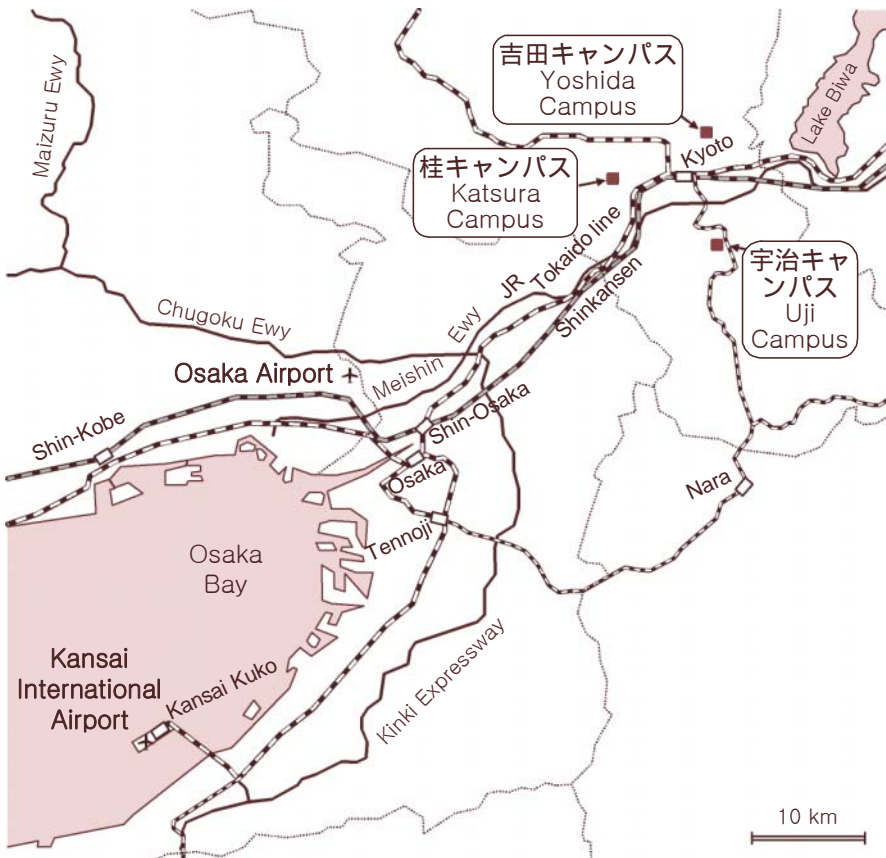
キャンパスマップ Campus map



化学工学専攻各研究室:
AクラスターA4棟

All academics of Department of Chemical Engineering are located in Building A4.

国道9号線
500 m
to Route 9



京都大学 キャンパス配置図 Kyoto University Campuses

概要

沿革

京都大学化学工学教室の歴史は、昭和15年4月1日、京都帝国大学工学部に化学機械学科が設立されたのに始まる。化学機械学科は、当初2つの講座で発足したが、翌16年に講座数3、17年には講座数4に拡大された。昭和36年に講座数は6つとなり、名称も化学工学科と変更された。拡散系単位操作講座、化学工学熱力学講座、反応工学講座、機械系単位操作講座、輸送現象論講座、装置制御工学講座の各講座が置かれ、工学研究所にも化学工学研究部門が置かれていた。学部学生定員は40名に拡充された。昭和44年に装置工学講座が設置され、講座数は7となった。昭和61年には工学部付属施設として重質炭素資源転換工学実験施設が置かれ、また平成3年には生物化学工学講座が設置され、化学工学教室は8つの講座に2つの関連講座を加えた体制となり、学部学生定員も54名に拡大された。

平成5年4月、工学部の先陣として化学系学科の改組が実施されたのにもない、化学工学科は2つの基幹大講座(7分野)と1つの大学院専任講座を有する工学研究科化学工学専攻に衣替えされた。化学系の学部課程は工業化学科3コースに統合された。学部学生は3年次から各コースでの教育を受けることとなり、化学工学専攻の教官は主に化学プロセス工学コースの教育を担当してい

る。化学工学専攻の学年定員は、修士課程26名、博士後期課程9名であり、主に化学プロセス工学コース(42名)の学生が進学する。

平成8年に原子エネルギー研究所(旧工学研究所)がエネルギー理工学研究所に改組され、新設のエネルギー科学研究科の協力講座となったが、関係教官は現在も化学工学教室の教育に参画している。また、平成13年に設立された京都大学国際融合センター融合部門には、化学工学専攻の協力講座(融合プロセス工学講座)がある。

平成15年に工学研究科の新キャンパスへの移転が開始され、その第一陣として化学系、電気系専攻が桂キャンパスへ移転した。桂キャンパスは吉田キャンパスから11km、京都駅から7km、桂駅からは2kmの距離にある。現在、化学工学専攻は桂キャンパスにある。

現在、2000名を超える本教室の卒業生が化学工業を中心に活躍しており、本教室は名実ともに我が国有数の化学工学教室となっている。

1922	工業化学科化学機械学講座設置
1940	化学機械学科設置
1949	「化学機械の理論と計算」出版
1953	新制大学院設置
1955	新制大学院博士課程設置
1961	化学工学科に改組
1963 ~ 1968	吉田キャンパス西部構内から 本部構内の工化総合館に移転
1993	大学院重点化、化学系改組
2003	桂キャンパスへ移転

OUTLINE OF THE DEPARTMENT

Location

The Department of Chemical Engineering is located on the Katsura Campus which is the newest of the three campuses of Kyoto University. Katsura Campus, opened in 2003, is located in the western part of Kyoto City. Kyoto, at the center of Honshu Island, can be accessed from Kansai International Airport within two hours. The campus is seven kilometers from Kyoto Station and two kilometers from Katsura Station. The majority of the Department is located in Building A4, but the Department also has laboratories, lecture rooms, and other facilities in Building A2.

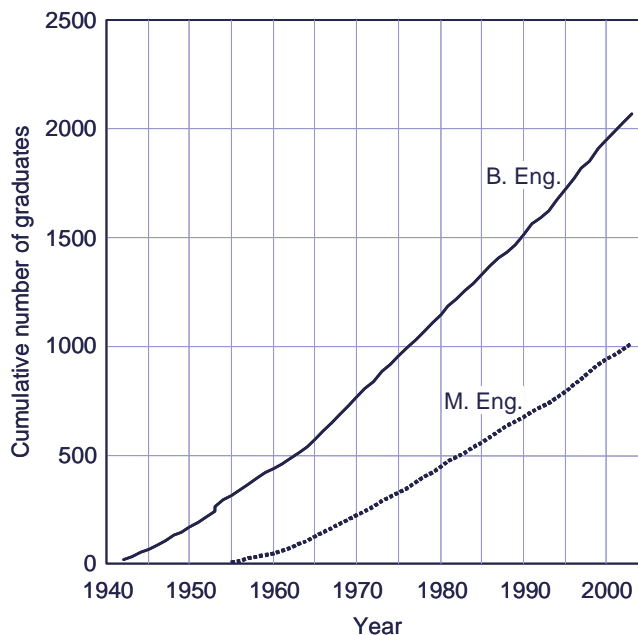
History

The Department of Chemical Engineering, Kyoto University, was founded on April 1, 1940, as one of the first chemical engineering departments in Japan. The number of Kozas (chairs) was only two in the beginning but increased to three in 1941, four in 1942, and six in 1961, which were devoted to Diffusional Unit Operations, Chemical Engineering Thermodynamics, Chemical Reaction Engineering, Mechanical Unit Operations, Transport Phenomena, and Process Control.

In 1993, the Faculty of Engineering reorganized their departments for the purpose of intensification of the graduate school. The Department became composed of eight Kozas and one affiliated Koza. The Research Laboratory of Carbonaceous Resources Conversion Technology founded in 1986 merged with the Department in 1996. After these consecutive reorganizations, the Department presently consists of eight Kozas. The Department is in close cooperation with the Innovative Process Engineering Section of the International Innovation Center, Kyoto University, as well as the Nanotechnology Research Section of the Institute of Advanced Energy, Kyoto University.

“Koza” is a small subdivision of the department. Each Koza usually has one full professor, one associate professor, and one instructor, and specializes in a particular research area as shown in the following pages.

Since the reorganization in 1993, six chemistry-related departments have provided a unified four-year undergraduate program under the name of the School of Industrial Chemistry. Students of the school choose one of three courses at the beginning of the third year. The Department of Chemical



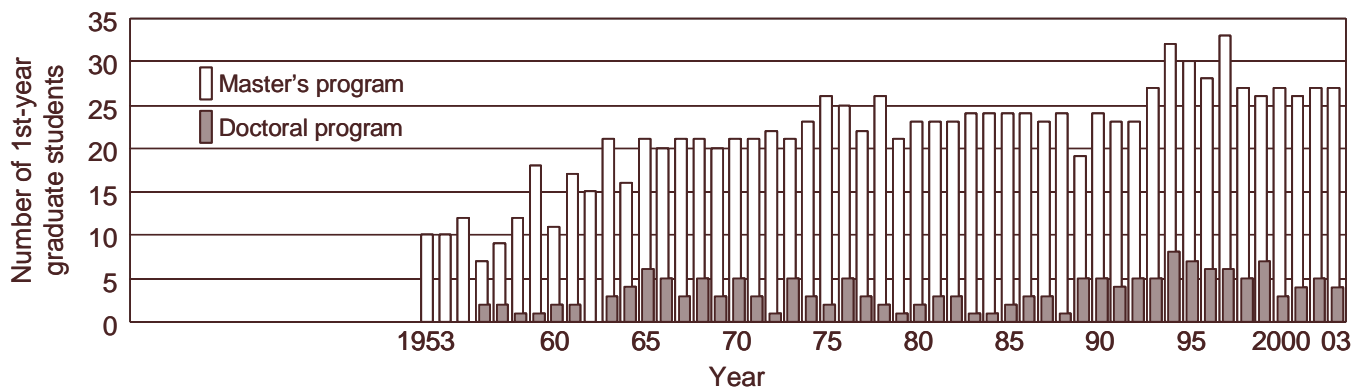
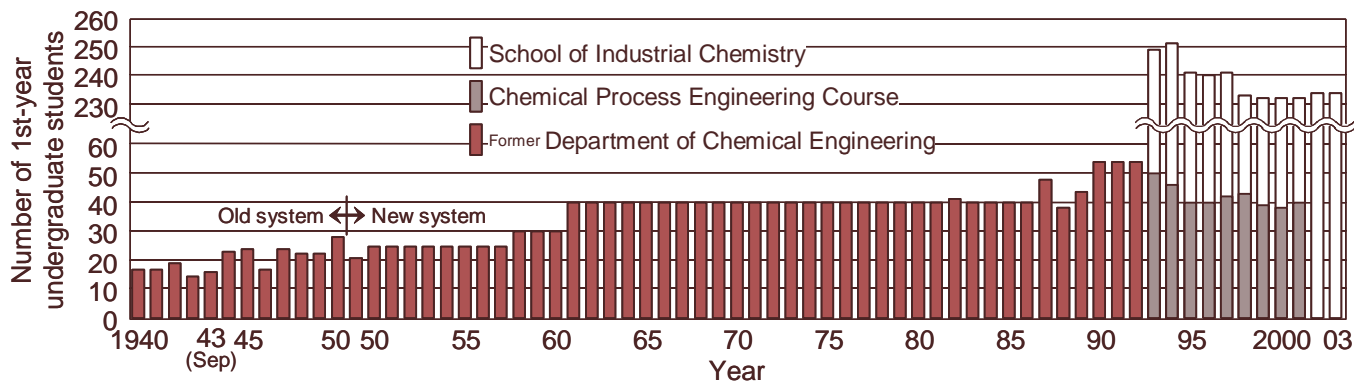
Number of graduates of the Department.
学部課程卒業生数・修士課程修了者数累計

Engineering organizes the core educational program of the Chemical Process Engineering Course. The department produces approximately 40 B. Eng.'s every year.

The Department has graduate programs leading to M. Eng. and D. Eng. degrees. Requirements for M. Eng. are 22 credits of course work and a research thesis. An original research thesis compiling more than three year research during the graduate program is a part of the D. Eng. requirements. Every year, the Department sends out 26 M. Eng.'s and several D. Eng.'s.

More than 2000 alumni of the Department are presently playing active parts in various industries including chemical industries, and the Department is recognized as one of the best and largest chemical engineering departments in Japan.





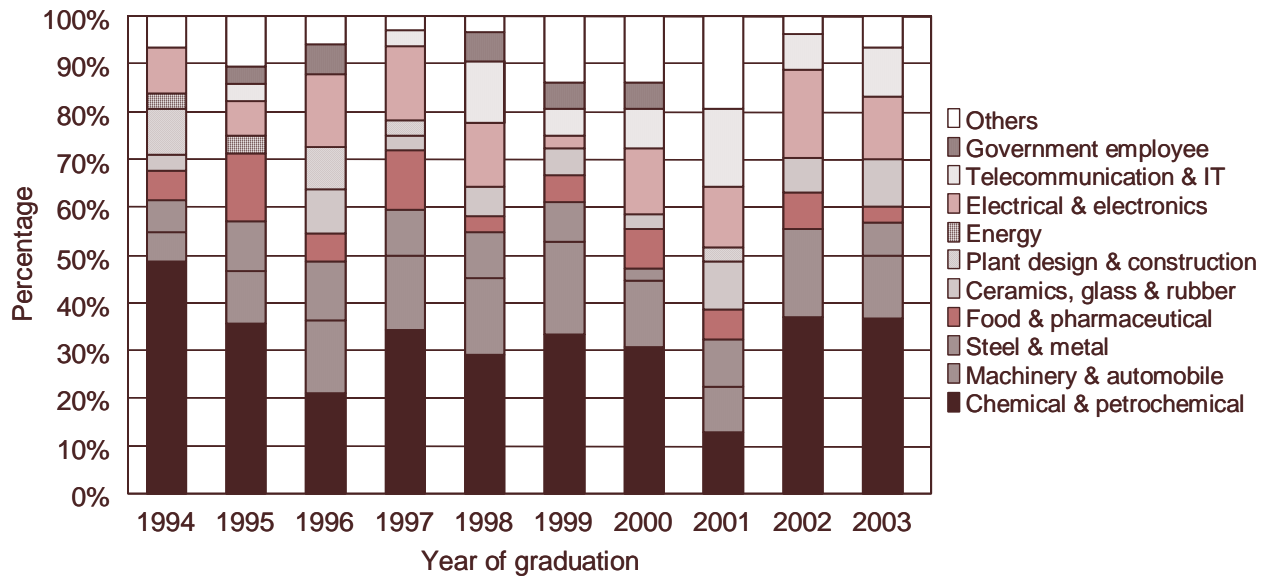
学部課程入学者数と修士課程入学者数，博士後期課程進学者数
 Number of first-year students of undergraduate and graduate programs by year.

構成

化学工学教室は、2つの基幹大講座、「化学工学基礎講座」(輸送現象論分野，界面制御工学分野，反応工学分野)，「化学システム工学講座」(分離工学分野，粒子系工学分野，材料プロセス工学分野，プロセスシステム工学分野)と専任講座「環

境プロセス工学講座」からなる工学研究科化学工学専攻と，協力講座の「国際融合創造センター融合部門ベンチャー分野 (融合プロセス工学講座)」ならびに関連分野の「エネルギー理工学研究所ナノ工学研究分野」で構成されている。





Industries which employ the graduates (B. Eng. & M. Eng.) from the Department.
産業分野別就職者数 (修士課程修了者, 学部課程卒業者合計)



Organization

Kozas (Chairs)

1. Transport Phenomena
2. Surface Control Engineering
3. Chemical Reaction Engineering
4. Separation Engineering
5. Particle-System Engineering
6. Materials Processing Engineering
7. Process Control and Process Systems Engineering
8. Environmental Process Engineering

Process Coordination Engineering
(International Innovation Center)

Nanotechnology Research Section
(Institute of Advanced Energy)



カリキュラム

工学部工業化学科 化学プロセス工学コース

工学研究科 化学工学専攻

学部課程

1回生 (工業化学科)

工業化学概論I, II

基礎物理化学A, B

基礎有機化学A, B

分析化学及び環境化学実験

微分積分学A, B

線形代数学A, B

物理学実験

物理学基礎論A, B

基礎情報処理

基礎情報処理演習

2回生 (工業化学科)

物理化学I, II

無機化学I, II

分析化学I

有機化学I, II

化学プロセス工学I, II

計算機演習

化学数学基礎

合成及び測定実験

微分積分学続論A, B

熱力学

振動・波動論

力学続論

解析力学

3回生 (化学プロセス工学コース)

物理化学III, IV

生物化学工学

環境保全概論

環境安全化学

化学プロセス工学実験

化学プロセス工学演習I, II

化学プロセス工学III

化学プロセス数学

反応工学

計算化学工学

移動現象

分離工学

プロセス制御工学

微粒子工学

プロセスシステム工学

化学工学シミュレーション

化学技術英語

4回生 (化学プロセス工学コース)

化学実験の安全指針

プロセス設計

化学プロセス工学演習III

特別研究

修士課程

移動現象特論

分離操作特論

反応工学特論

プロセスシステム論

プロセス制御論

微粒子工学特論

界面制御工学

化学材料プロセス工学

環境システム工学

流体物性工学

化学工学特論第一, 二, 三, 四

化学工学特別実験及び演習

博士後期課程

環境プロセス工学

化学工学特別セミナー1, 2, 3, 4

先端マテリアルサイエンス通論

新工業素材特論

化学工学特別実験及び演習



CURRICULUM

Undergraduate Program
Chemical Process Engineering Course
School of Industrial Chemistry
College of Engineering

Master Program & Doctoral Program
Department of Chemical Engineering
Graduate School of Engineering

Undergraduate Program

First grade (School of Industrial Chemistry)

Introduction to Industrial Chemistry I, II
Basic Physical Chemistry A, B
Basic Organic Chemistry A, B
Analytical and Environmental Chemistry Experiments
Calculus A, B
Linear Algebra A,B
Elementary Course of Experimental Physics
Fundamental Physics A, B
Information Processing Basics
Exercises in Information Processing Basics

Second grade (School of Industrial Chemistry)

Physical Chemistry I, II
Inorganic Chemistry I, II
Analytical Chemistry I
Organic Chemistry I, II
Chemical Process Engineering I, II
Computer Programming in Chemistry
Fundamental Mathematics for Chemists
Synthetic and Quantitative Chemical Experiments
Advanced Calculus A, B
Thermodynamics
Physics of Wave and Oscillation
Advanced Course of Classical Mechanics
Analytic Dynamics

Third grade (Chemical Process Engineering Course)

Physical Chemistry III, IV
Biochemical Engineering
Introduction to Environmental Engineering
Chemistry and Environmental Safety
Chemical Process Engineering Laboratory
Chemical Process Engineering Exercise I, II
Chemical Process Engineering III
Mathematical Methods in Chemical Process
Chemical Reaction Engineering
Numerical Computation for Chemical Engineering

Transport Phenomena
Separation Technology
Process Control
Fine Particle Technology
Process Systems Engineering
Simulations in Chemical Engineering
Practical English for Chemical Engineering

Fourth grade (Chemical Process Engineering Course)

Safety in Chemistry Laboratory
Process Design
Chemical Process Engineering Exercise III
Graduation Research Work (Thesis Project)

Graduate Programs

Master course (2 years)

Transport Phenomena
Separation Process Engineering, Adv.
Chemical Reaction Engineering
Advanced Process Systems Engineering
Advanced Chemical Process Control
Fine Particle Technology, Adv.
Surface Control Engineering
Engineering for Chemical Materials Processing
Environmental System Engineering
Molecular Chemical Engineering
Special Topics Chemical Engineering I, II, III, IV
Research Chemical Engineering (Thesis Project)

Doctoral course (+3 years)

Environmental Process Engineering
Special Seminar in Chemical Engineering 1,2,3,4
Introduction to High Technology Material Science
New Engineering Materials, Adv.
Research Chemical Engineering (Thesis Project)



国際交流

当専攻は世界各国からの研究者や留学生を受け入れている。当専攻は以下の大学の化学工学科等と国際交流協定を結んでおり、一部の協定は学部レベル、大学レベルに拡充されている。

- ウィスコンシン大学 (合衆国)
- ミュンヘン工科大学 (ドイツ)
- カールスルーエ大学 (ドイツ)
- 南部国立大学 (アルゼンチン)
- 浙江大學 (中国)
- デンマーク工科大学 (デンマーク)
- ラッペンランタ工科大学 (フィンランド)
- ボリスキドリック核科学研究所 (ユーゴスラビア)
- エアランゲンニュルンベルク大学 (ドイツ)
- ドルトムント大学 (ドイツ)

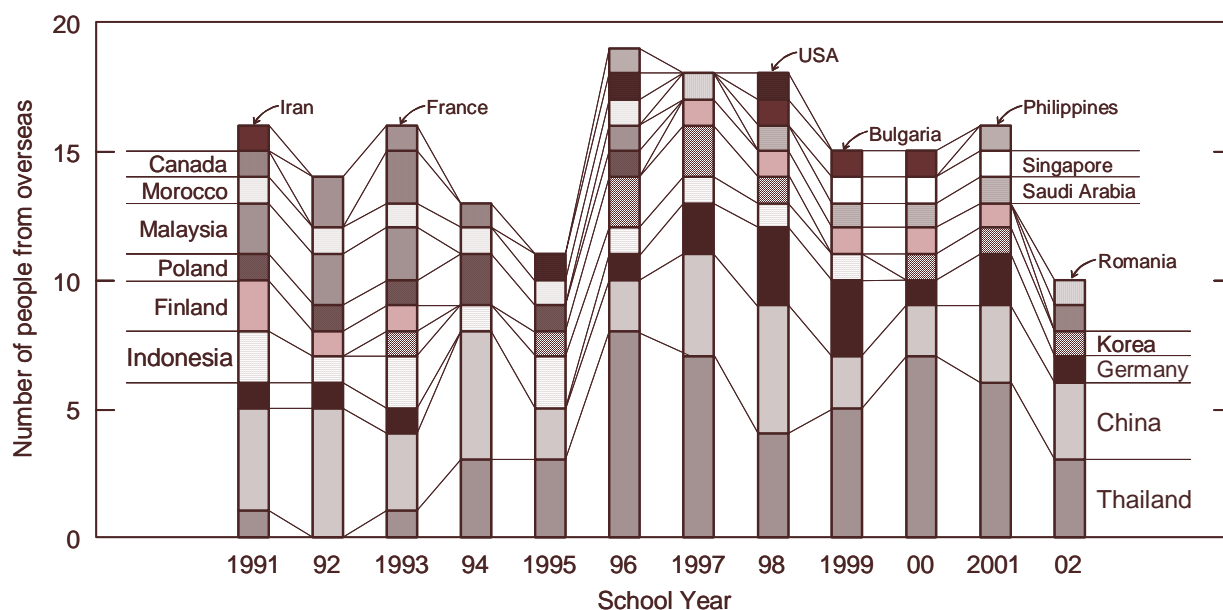
これらの他にもチュラロンコン大学 (タイ)、ウォータールー大学 (カナダ)、シンガポール国立大学 (シンガポール) などの大学と緊密な協力関係を保っており、教官ならびに学生の交流や合同シンポジウムの開催などを行っている。

専攻独自の協定に加え、テキサス大学オースティン校工学部(合衆国)、チェコ工科大学プラハ校(チェコ)、デルフト工科大学(オランダ)、チュラロ



ンコン大学(タイ)、香港科学技術大学工学研究科・理学研究科、韓国科学技術院工学研究科(韓国)、大連理工大学(中国)、ドルトムント大学(ドイツ)、中国科学技術大学(中国)等の28大学との間に部局間協定があり、清華大学(中国)、ソウル大学校(韓国)、シドニー大学(オーストラリア)、グルノーブル工科大学(フランス)、ユトレヒト大学(オランダ)、ウプサラ大学(スウェーデン)、スイス連邦工科大学(スイス)、トロント大学(カナダ)、スタンフォード大学、カリフォルニア大学、イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校(合衆国)等の79大学とは大学間学術交流協定を結んでいる。

博士課程では、英語のみで学習することができる International Doctoral Program in Engineering という特別コースも用意されている。



Number of academics and students from abroad by nationality.
長期滞在中・在学中の海外からの研究者・留学生数

INTERNATIONAL ACTIVITIES

The Department accepts visiting researchers as well as undergraduate, graduate, research students from abroad. As a part of its international cooperative exchange program, the Department has a program named the International Doctoral Program in Engineering. This program provides young students and researchers with a master degree an opportunity to conduct further studies at Kyoto University, leading to a doctoral degree. The Japanese language is not required in this program. An applicant must be a graduate of a university with which the Graduate School of Engineering, Kyoto University, has signed an agreement of international academic exchange or equivalent.

We have academic exchange agreements at the college/graduate school level with 28 engineering colleges/graduate schools including Hong Kong University of Science and Technology, Dalian University of Technology, University of Science and Technology of China (China), Czech Technical University in Prague (Czech), Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg, Universität Dortmund (Germany), Korea Advanced Institute of Science and Technology (Korea), Delft University of Technology (Netherlands), National University of Singapore (Singapore), Chulalongkorn University (Thailand), and University of Texas – Austin (USA).

Kyoto University has signed general memorandums for academic exchange and cooperation



with 79 universities including University of New South Wales, University of Sydney (Australia), University of Toronto, University of Waterloo (Canada), Tsinghua University (China), Institut National Polytechnique de Grenoble (France), Seoul National University (Korea), University of Utrecht (Netherlands), National University of Singapore (Singapore), Swiss Federal Institute of Technology (Switzerland), Uppsala University (Sweden), Stanford University, University of California, and University of Illinois – Urbana-Champaign (USA).

The Department has also signed academic exchange agreements of its own, some of which has developed into the higher-level agreements, with the following universities:

	since
University of Wisconsin (USA)	1980
Technische Universität München (Germany)	1982
Universität Karlsruhe (Germany)	1985
Universidad Nacional del Sur (Argentina)	1985
Zhejiang University (China)	1986
Technical University of Denmark (Denmark)	1987
Lappeenranta University of Technology (Finland)	1988
Boris Kidrich Institute for Nuclear Science (Yugoslavia)	1990
Friedrich-Alexander Universität Erlangen- Nürnberg (Germany)	1990
Universität Dortmund (Germany)	1990

Intimate cooperation has been achieved with the chemical engineering departments of these universities as well as Chulalongkorn University, Waterloo University, and National University of Singapore.



輸送現象論分野



教授
荻野 文丸
Prof.
F. Ogino

ogino@cheme.kyoto-u.ac.jp



助教授
稲室 隆二
Assoc. Prof.
T. Inamuro

inamuro@cheme.kyoto-u.ac.jp



講師
丸山 敏朗
Lect.
T. Maruyama

maruyama@cheme.kyoto-u.ac.jp

化学装置内あるいは材料プロセスにおけるマイクロな場の輸送現象を精密に解析し、制御することを目的として、これらの複雑な問題を一般性の高い基礎的な問題に分解して実験的研究および数値シミュレーションによる研究を行っている。また、エレクトロニクスに関連する薄膜形成の研究も行っている。

1. 混相流体の数値シミュレーション

様々な化学装置内で見られる液液および気液二相流解析に適用可能な数値シミュレーション法を開発している。界面形状が複雑に変化し多様かつ複雑な流動様式を示す液液および気液二相流の挙動解析を行っている。

2. 回転円盤上の淀み点流れの輸送現象

基盤回転型CVD装置開発の基礎研究として、加熱された回転円盤に垂直に流体が流れるときの円盤付近に発生する渦列について、実験および数値シミュレーションによってその構造およびその熱伝達への影響について検討を行っている。

3. 多孔質内における化学反応を伴う熱・物質移動

格子ボルツマン法による熱流動場ならびに物質移動を伴う場合の数値シミュレーション法を開発し、多孔質物体中の流れの流動解析および反応を伴う熱・物質移動解析を行っている。

4. 密度の等しい固液混相流の流動と伝達

細い血管内の血流に代表されるような固体粒子と管との直径比が大きく、粒子と流体の密度が等しい円管内固液混相流について、実験および数値シミュレーションにより流動特性を検討している。また、急縮小円管での粒子の閉塞現象の研究も行っている(図1)。

5. 機能性材料の創製

新しい半導体材料と機能性材料の創製の研究を行っている。現在IV族合金系薄膜(SiGe, SiSn, GeSn, GeC, SiC)の新しいヘテロ結合太陽電池創製と物性制御について研究している。

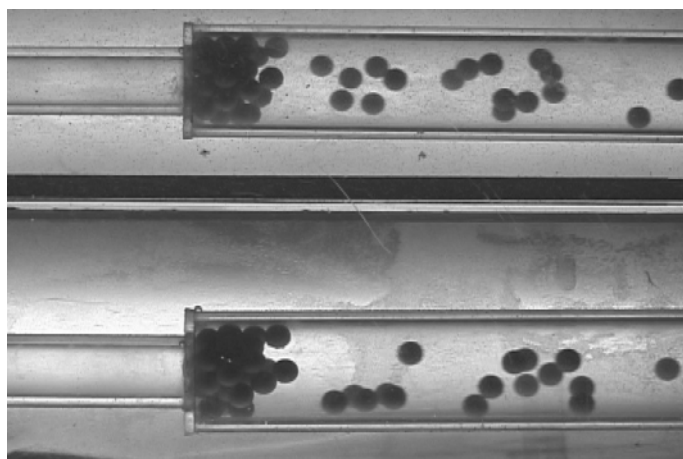


図1. 急縮小円管での粒子の閉塞
Fig. 1. Blockade of particles in a sudden contraction pipe.

Koza 1 Transport Phenomena

Professor Fumimaru Ogino
Assoc. Professor Takaji Inamuro
Lecturer Toshiro Maruyama

In order to investigate transport phenomena in micro scale fields of chemical and material processes, we study concerned fundamental problems of the transport phenomena by using experiments and numerical simulations. The research of processes for making thin films related to electronics is also carried out.

1. Numerical simulations of multi-phase flows

Numerical methods for calculating the behavior of interfaces of liquid-liquid and liquid-gas flows are developed and applied to the problems of complex multi-phase flows in chemical processes. We have developed a lattice Boltzmann method and a lattice kinetic scheme for multi-phase flows. Figure 2 shows the simulated result of rising bubbles in a long square duct. The density ratio of the liquid to the gas is 1000:1. The complicated structures of the interface and the velocity field can be computed.

2. Transport phenomena in a stagnation flow on a rotating disc

Development of CVD with a rotating substrate needs knowledge of transport phenomena of a stagnation flow on a heated rotating disc. Velocity and temperature fluctuations are measured, and numerical simulations are performed. We found that at high Grashof numbers tube-shaped vortices appear on the disk and move in the radial and azimuthal directions with stretching in the azimuthal direction.

3. Heat and mass transfers with chemical reactions in porous media

The lattice Boltzmann method for fluid flows and heat/mass transfer in porous structures is developed and applied to simulations of transport phenomena in porous structures at high Reynolds numbers. Flow characteristics and concentration profiles of diffusing species at a pore scale in a three-dimensional porous structure are obtained at various Reynolds numbers. At high Reynolds numbers, the concentration profiles are highly affected by the flow convection and become completely different from those at low Reynolds numbers.

4. Flow and heat transfer of two-phase flows with neutrally buoyant particles in a pipe

The distribution and the velocity of particles of solid-liquid flows in a pipe are investigated by experiments with an image processing method and by numerical simulations. The Segre-Silberberg effect, in which particles migrate laterally away both from the wall and the centerline and reach a certain equilibrium lateral position, is found both in the experiments and in the numerical simulations. We also investigate the blockade of particles in a sudden contraction pipe as shown in Fig. 1.

5. Creations of new functionality materials

Creations of new semiconductor materials and functionality materials are investigated. Current research subjects are the creations of group semiconductor alloys (SiGe_2 , SiSn , GeSn , GeC , SiC) and the new solar battery.

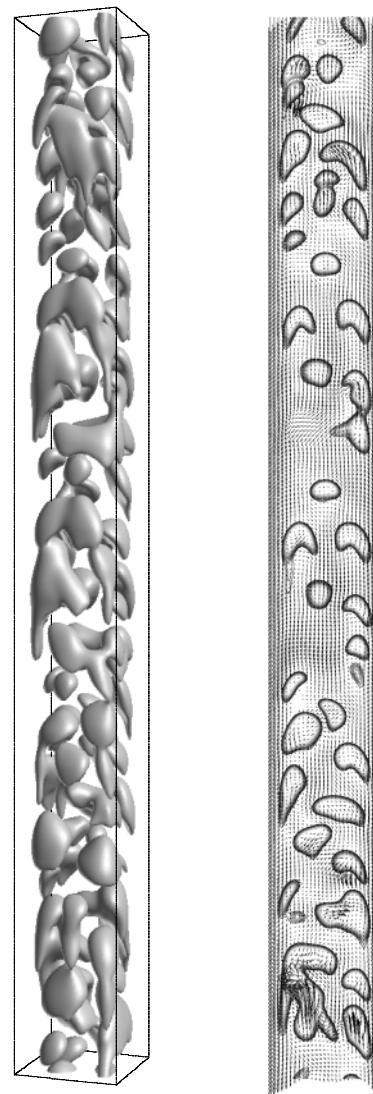


Fig. 2. Simulation of rising bubbles in a long square duct.
図2. ダクト内の上昇気泡流の数値計算結果

界面制御工学分野



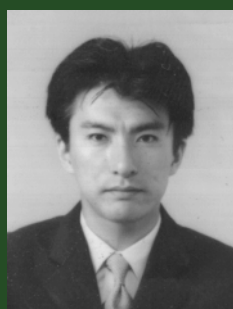
教授
東谷 公
Prof.
K. Higashitani
k_higa@cheme.kyoto-u.ac.jp



助教授
宮原 稔
Assoc. Prof.
M. Miyahara
miyahara@cheme.kyoto-u.ac.jp



助手
神田 陽一
Instr.
Y. Kanda
kanda@cheme.kyoto-u.ac.jp



助手
新戸 浩幸
Instr.
H. Shinto
shinto@cheme.kyoto-u.ac.jp

界面近傍の分子集団は通常では見られない「特異的性質」を見せてくれる。微粒子分散液に代表される「コロイド」系は言わば「界面の集まり」であり、電子・セラミックス材料、化学品・薬品・食品をはじめ、極めて多くの工業製品に深く関わっている。次世代の生産プロセス開発のためにはこうした界面特異現象を分子レベルで理解し、その制御を計ることが不可欠となる。本では、コロイド系のマクロ挙動の理解と制御を目指し、微粒子・多孔体の

表面特性と固液界面近傍原子・分子挙動の因果関係に関する理論的・実験的検討、並びに微粒子の熱力学・動力学的挙動の定量的解析を行うと共に、これらの知見を利用した応用研究を行っている。

1. 原子間力顕微鏡 (AFM) による界面マイクロ構造解析と表面間力の直接測定

水分子、イオン、界面活性剤、高分子などの固液界面吸着形態の AFM を用いた「その場観察」を行い、界面近傍での分子挙動を把握し、高機能性材料、高度分離用材料のための材料表面設計を検討する。また、微粒子挙動を支配するナノオーダー表面間力の直接測定により、表面及び媒体物性や吸着分子等の種々の因子との因果関係を明らかにし、微粒子挙動の定量的制御を目指す。

2. 固液界面近傍ナノ空間内分子挙動の分子シミュレーションと実験的検討

固液界面、マクロ粒子間、及びナノ制限空間内分子集団の、分子動力学法およびモンテカルロ法シミュレーションより、固体表面の影響下にある特異的分子挙動を検討し、表面間力や相挙動の特性を明らかにするとともに工学的モデル化及び実験的検証を図る。

3. 表面間の相分離現象・相互作用力のメソスケールシミュレーション

メソスケールの表面間では界面活性剤の作用や特異な相分離現象によると思われる複雑な相互作用力が存在する。分子と連続流体の中間領域に適用できるメソスケール動力学に着目し、それらを活用した基礎メカニズム解明と予測モデル構築を目指す。

4. 流れ場や吸着場での微粒子の動力学挙動

工業操作において微粒子分散系のほとんどは流れ場中にある。表面吸着層や粒子間力の影響が大きく、複雑な液中の微粒子の運動を、軌道理論や離散要素法シミュレーションにより表現し、液相微粒子動力学の基礎を確立する。また、固体表面をナノ～サブミクロン粒子の吸着場として用いる2次元粒子配列過程に対する Brown 動力学によるアプローチにも取り組んでいる。

Koza 2 Surface Control Engineering

Professor Ko Higashitani
Assoc. Professor Minoru Miyahara
Instructor Yoichi Kanda
Instructor Hiroyuki Shinto

Molecules near an interface often show peculiar behavior that would never be observed in bulk phase. “Colloidal system”, for which a fine-particle dispersion would be a typical example, is no other than a “mass of interfaces,” while it plays an important role in production of various functional materials such as electric and ceramic materials, fine chemicals and pharmaceuticals. The understanding and control of interfacial phenomena at the molecular level would thus be indispensable in establishing the process development methodology for the new century. In this laboratory the researchers devote their efforts, aiming at the understanding and control of macroscopic behavior of colloidal systems, to i) clarifying the behavior of atoms and molecules at solid-liquid interface, ii) analyzing quantitatively the thermodynamic and hydrodynamic behavior of fine particles, and iii) applying the obtained results to various engineering purposes.

1. In-situ measurement of micro-structure and interaction force at interface by atomic force microscope (AFM)

Behavior of water molecules, ions, surfactants and polymers at the solid-liquid interface are investigated by AFM imaging to establish the fundamentals for the design of the surface of highly functional materials. The interaction forces

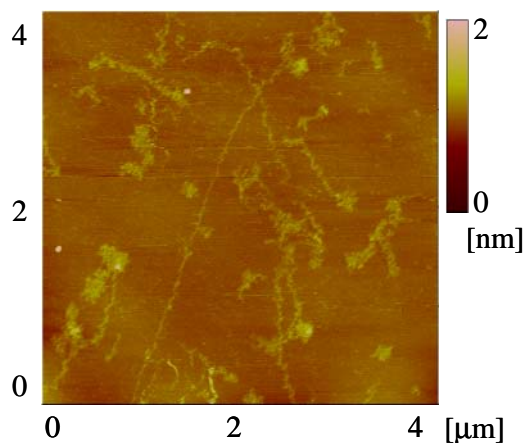


Fig. 1. An in-situ AFM image of polyelectrolyte molecules adsorbed on mica surface in solution.

図1. 水溶液中の固体表面に吸着した高分子電解質のAFM像(糸鞠状・直鎖状の高分子)

between surfaces in the order of nanometers, which control the particles' behavior in colloidal systems, are also extensively studied by AFM to clarify the relation between the force and the various factors such as surface properties, medium properties and adsorbed molecules.

2. Molecular simulation of nanoscale solid-liquid interfacial region

Molecular dynamics and Monte Carlo simulations provide insights into complicated molecular behavior under the influence of the solid surfaces, e.g., those in interfacial region, between macroparticles, and within nanoscale confined space. Thus clarified characteristic behaviors are to be sublimated as engineering models with experimental verifications.

3. Mesoscale simulation of interaction forces between surfaces

Surfaces separated by tens of nanometers sometimes exhibit unusually strong interaction forces that cannot be accounted for by conventional models. Effect of surfactants, e.g., may be thought as a dominant factor, and mesoscale simulation techniques are utilized to clarify the mechanisms and to establish engineering models for such mysterious forces.

4. Dynamics of particles in flow fields and in adsorption fields

Colloidal systems in industrial operation mostly encounter flow fields. The adsorbed layers and interaction forces makes the particle motion in fluids quite complicated. Simulations of particle motion by trajectory analysis and discrete element method are carried out to establish the fundamentals of the behavior of particles in liquids. Also, a Brownian dynamics technique is applied to two-dimensional particle-array formation on a solid surface as an adsorptive field for the particles.

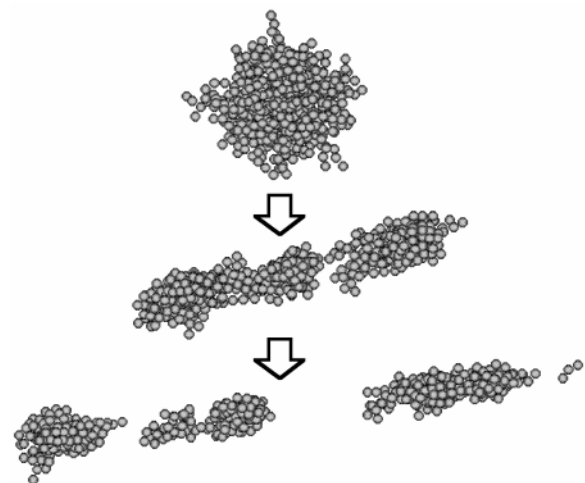


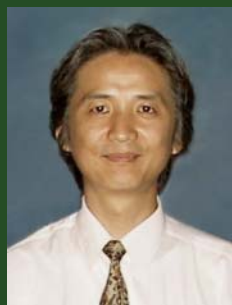
Fig. 2. A 3D simulation for dispersing large coagulated particles in shear flow.

図2. 剪断場での凝集塊分散の3Dシミュレーション

反応工学分野



教授
三浦 孝一
Prof.
K. Miura
miura@cheme.kyoto-u.ac.jp



助教授
河瀬 元明
Assoc. Prof.
M. Kawase
kawase@cheme.kyoto-u.ac.jp



助手
中川 浩行
Instr.
H. Nakagawa
hiroyuki@cheme.kyoto-u.ac.jp

当分野では、エネルギー生産や種々の物質の製造を効率よくクリーンに行なう反応プロセスの開発と化学反応を利用した新規な機能性材料の製造に関する研究を展開している。現在、実施しているテーマは以下の通りである。

1. 新しい反応スキームによる石炭・バイオマス等の高効率転換プロセスの開発

石炭は21世紀の貴重な資源であり、石炭を効率よくエネルギー源や有用化学物質に転換する反応プロセス技術の開発は急務となっている。当分野では、炭素転化率と液状物質収率の向上を目標に、石炭構造の深い理解に基づいて、新規な高効率転換法を提案し検証している。また、熱分解、ガス化等の反応を対象とした新規な反応モデルや速度論に関する研究、バイオマス、天然ガス

の転換技術に関する研究にも取り組んでいる。

- (1) FT-IR, 溶剤抽出を利用した石炭構造の解明
- (2) 石炭の高温抽出によるクリーン液体資源の創製
- (3) 新規な触媒反応を利用したバイオマス, 各種廃棄物の有効利用技術
- (4) 石炭, コールタールの熱分解, ガス化等の反応モデルとその速度論
- (5) 天然ガス改質プロセスにおけるコーク析出

2. 機能性材料の開発と材料製造プロセスの開発

独創的な高活性触媒の開発等, 反応プロセスの革新を目指した材料研究を進めている。また, 多孔質炭素, 炭素 炭化珪素傾斜機能材等の炭素系材料を始めとする各種機能性材料の開発, これら材料製造プロセス自体の開発と速度論に関する材料反応工学にも取り組んでいる。

- (1) 石炭, 各種高分子樹脂からの高機能性炭素材料の製造
- (2) 金属を高分散させた高活性な炭素担体触媒の開発
- (3) 新規コークス製造法の開発
- (4) 化学気相成長法を利用した C-SiC 傾斜機能材 (FGM) の製造
- (5) 各種カーボン CVD の反応機構解析
- (6) 管型反応器を用いた機能性単分散微粒子の連続反応晶析



図1. ホットプレス炭素化法を用いることによりおがくずから高強度で密度の高い活性炭の製造に成功

Fig. 1. Rigid and dense activated carbon was successfully produced from sawdust by hot-press carbonization.

Koza 3 Chemical Reaction Engineering

Professor Kouichi Miura
 Assoc. Professor Motoaki Kawase
 Instructor Hiroyuki Nakagawa

The research in this chair is focused on development of environmentally benign chemical reaction processes for production of energy and valuable chemicals and development of novel functional materials and materials production processes. Current research topics are as follows:

1. Development of new conversion processes of coal, biomass and other carbonaceous resources in novel reaction schemes

Innovative reaction processes are required for attaining effective and clean conversion of coal, an important resource in the near future, into energy and valuable chemicals. We have developed several new coal conversion methods based on detailed investigation of the coal structure. Continuing efforts are put into the process development for improving the coal conversion and liquid yield. We are also carrying out development of reaction models and kinetic analysis for complicated reaction systems such as coal pyrolysis, gasification reactions, etc. Specific projects in this area include:

- (1) Estimation of macromolecular structure of coal using FT-IR and solvent extraction.
- (2) Production of clean coal through the extraction of coal at elevated temperature.
- (3) Development of a novel catalytic reaction scheme for utilization of biomass and various wastes.
- (4) Kinetic analysis of the pyrolysis and gasification of coal, tar, etc.

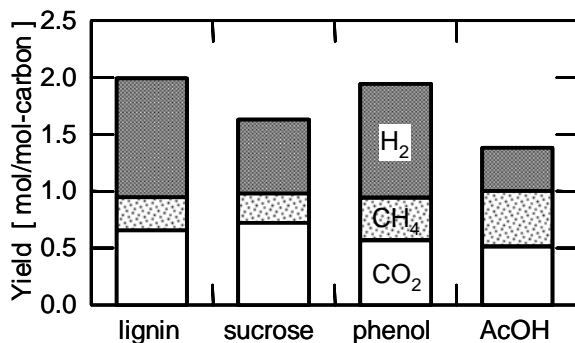


Fig. 2. Various water-soluble organics could be decomposed at 350°C.

図2. 種々の水溶性有機物を350°Cで完全に分解することに成功

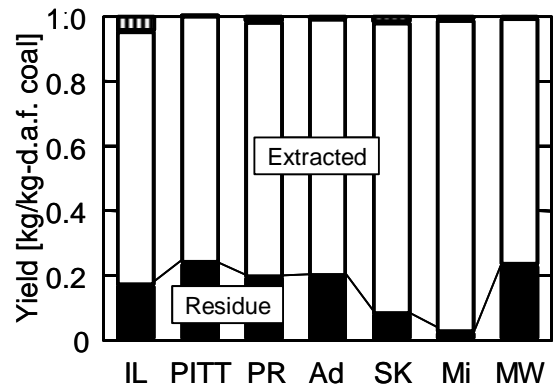


Fig. 3. More than 70wt% of coal could be extracted by carbol oil at 350°C.

図3. カルボール油を用いて350°Cで石炭の70wt%以上を抽出することに成功

- (5) Coke deposition during reforming of natural gas.

2. Development of new functional materials and materials production processes

Material research such as development of original catalysts, porous carbon, carbon-silicon carbide functionally graded material (FGM), and some other functional materials are being carried out. The processes for materials production are also our research target. Specific projects in this area include:

- (1) Production of porous carbons with controlled pore structure from coal or various synthesized resins.
- (2) Development of metal catalysts highly dispersed on porous carbon supports.
- (3) Development of a new method to produce metallurgical coke.
- (4) Production of a C-SiC functionally graded material by chemical vapor deposition.
- (5) Kinetic analysis of various carbon CVD.
- (6) Continuous precipitation of monodisperse functional particles by use of a tubular reactor.

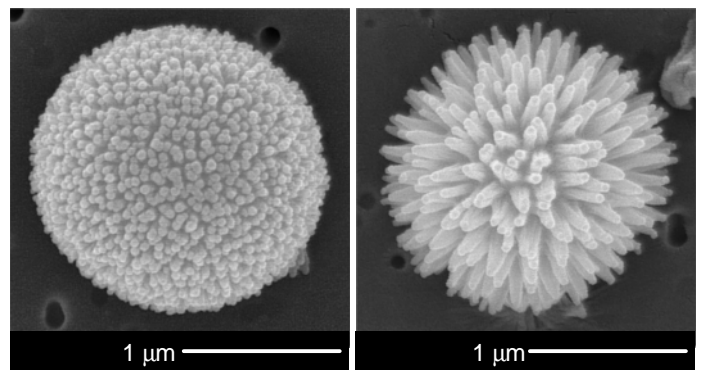


Fig. 4. Lanthanum phosphate particles precipitated by a tubular reactor.

図4. 管型反応器で合成したリン酸ランタン微粒子

分離工学分野



教授
田門 肇
Prof.
H. Tamon
tamon@cheme.kyoto-u.ac.jp



助教授
向井 紳
Assoc. Prof.
S. Mukai
mukai@cheme.kyoto-u.ac.jp



助手
鈴木 哲夫
Instr.
T. Suzuki
suzuki@cheme.kyoto-u.ac.jp

当分野では多孔体、焼結体、粉体等の不均質(多孔性)固相中での熱及び物質の移動現象が関与する、物質分離・精製手法の「操作・設計論」の確立を目的とし、主に吸着操作、乾燥操作を対象として以下のテーマで研究を行っている。

1. 吸着工学

(1) 超臨界 / 凍結乾燥による無機 / 有機エアロゲルの調製と吸着剤への応用

超臨界あるいは凍結乾燥ゆえに生成する特異な多孔体であるエアロゲルを、シリカ系、カーボン系において調製し、その吸着特性と微視的 surface 構造との因果関係を検討する。

(2) 量子化学的手法に基づく固体表面の吸着構造解析

非経験的分子軌道法により、種々の吸着系における吸着分子と表面との吸着構造・吸着エネルギー等の微視的知見を得ることで、吸着剤設計開

発指針の構築を目指している。

(3) 都市ゴミからの活性炭製造

ゴミ焼却時のダイオキシン対策として、厚生省は中小規模のゴミ焼却施設をゴミ固形燃料(RDF)化施設に転換する対策を設けている。このRDFの新たな利用法として、ダイオキシン吸着用活性炭の製造を目指した研究を行っている。

2. 乾燥工学

(1) 糖類アモルファス組織の分子包埋機能

乾燥過程において発現する糖類アモルファス組織中に生理活性高分子などの機能性分子を包埋して安定化させることを目的に、包埋分子の物理的・化学的挙動の把握と機能最適化のための基礎的検討を行っている。

3. その他

(1) 多孔質材料のマイクロ成型体の創製

コロイド溶液を一方向凍結する際に生じる分相及び氷の成長を材料のマイクロ成型に利用し、分離用マイクロデバイスに利用可能な繊維状やマイクロハニカム状の多孔質材料の創製に取り組んでいる。

(2) Li⁺ 二次電池用負極材料の高容量化

Li⁺電池のさらなる小型・軽量化を目指してLi⁺を多く吸蔵することができるSiなどを炭素材料中に分散させることにより、安定で高いLi⁺容量を有する負極材料の開発に取り組んでいる。

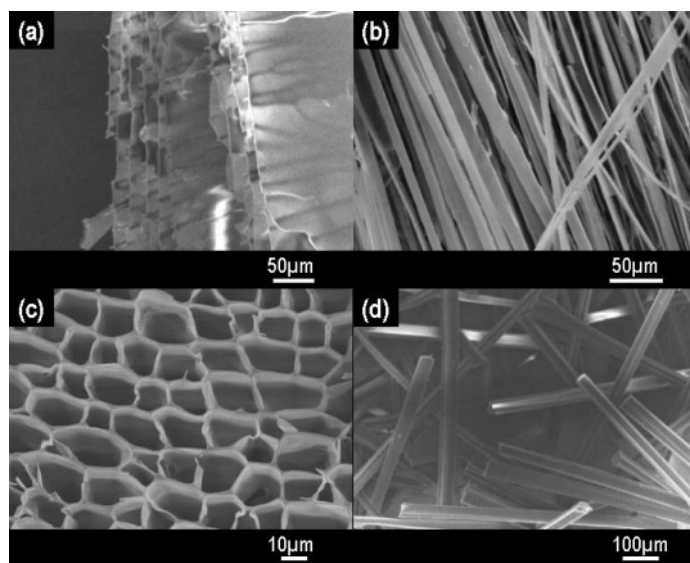


Fig. 1. SEM images of silica gel micro-structures:

(a) laminar sheets, (b) flat fibers,
(c) microhoneycomb, (d) polygonal fibers.

図1. シリカゲルマイクロ成型体のSEM像:

(a) 薄膜状 (b) きし麺状
(c) マイクロハニカム状 (d) polygonal繊維状

Koza 4 Separation Engineering

Professor Hajime Tamon
Assoc. Professor Shin Mukai
Instructor Tetsuo Suzuki

In Koza 4, researchers devote their efforts to establish methodologies for separation and purification operations that are tightly connected with solids with heterogeneous nature such as porous media, sintered materials and powders. Typical subjects of research include adsorption and drying, with emphasis on the understanding of equilibrium and dynamic nature of systems with solid surfaces and/or with confined spaces. In the following, current research activities are listed and explained briefly:

1. Adsorption Technology

(1) Preparation of organic/inorganic aerogel adsorbents by supercritical/freeze drying

The peculiar nature of aerogels such as ultrahigh porosity and large surface area can be obtained through supercritical or freeze drying. Both organic and inorganic aerogels are studied in the aspects of interrelation between adsorption characteristics and microscopic surface structure.

(2) Quantum chemical study on interaction between adsorbent and adsorbate

Applying *ab initio* molecular orbital theory to adsorption systems, microscopic information on interaction such as stable adsorption structure and interaction energy are studied to establish the strategy for designing and developing new adsorbents.

(3) Activated carbon from municipal waste

Municipal solid waste incinerators will be changed to the plant of Refuse Derived Fuel (RDF) for reducing emission of dioxins. In order to develop new usage of RDF, we are trying to produce activated carbon for dioxins from it.

2. Drying Technology

(1) Molecular imbedding function of amorphous matrix of sugar

Enzymes and other functional macromolecules can be stabilized when imbedded into an amorphous structure of sugar obtained through freeze drying. Physico-chemical nature of imbedding effect is studied to establish strategy for activity preservations.

3. Other Researches

(1) Synthesis of porous materials with unique micromorphologies

We found that porous materials with unique micromorphologies, such as fibrous and honeycomb-like, can be synthesized by freezing colloidal solutions unidirectionally. We are using this new synthesis method to develop materials which have suitable characteristics for the usage in separation microdevices.

(2) Development of carbonaceous anode materials for lithium ion batteries

The relationship between the structure and the lithium ion capacity of carbonaceous materials is investigated to develop a high capacity anode for lithium ion batteries. In particular, carbonaceous materials in which Si clusters are dispersed are prepared and tested.

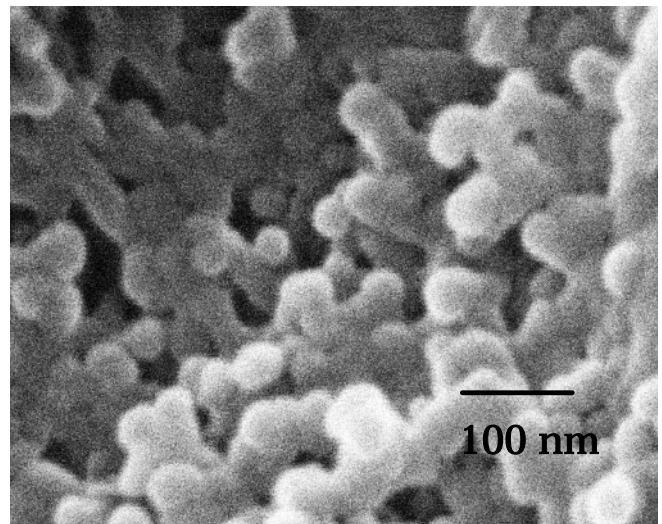


Fig. 2. SEM image of RF cryogel.
図2. 凍結乾燥RFゲルのSEM写真

粒子系工学分野



教授
増田 弘昭
Prof.
H. Masuda
masuda@cheme.kyoto-u.ac.jp



助教授
松坂 修二
Assoc. Prof.
S. Matsusaka
matsu@cheme.kyoto-u.ac.jp



助手
田之上 健一郎
Instr.
K. Tanoue
tano@cheme.kyoto-u.ac.jp



助手
丸山 博之
Instr.
H. Maruyama
Hiroyuki.Maruyama@cheme.kyoto-u.ac.jp

当分野では、主として粒子に係わる諸現象の解明と、その合理的操作・応用に関する研究を行っている。粒子系の諸現象は極めて複雑ではあるが、微粒子の有効利用および環境保全の観点から、これらの解明が望まれている。したがって、気相中に浮遊する粒子の挙動の解析と運動の制御、凝集・付着に代表される粒子集合体としての現象の解明、および粉体特性の評価について検討している。内容別に分類した研究の背景およびテーマは以下の通りである。

1. 粒子の帯電

粒子の帯電は、粉体操作における基礎的な現象であり、操作性に影響を及ぼすだけでなく、粉塵爆発などの原因にもなる。一方、電子写真、乾式粉体塗装、粒子のオンライン計測など、帯電現象を利用した技術の開発も盛んに行われている。操作性の改良および開発機器の性能を向上させるためには、粒子の帯電機構の正確な理解および帯電粒子の運動制御が必要である。

- (1) 粒子の帯電・緩和機構の解明
- (2) エアロゾル粒子の帯電量分布の測定と解析
- (3) 粒子に働く静電気力の解析
- (4) 荷電エアロゾル粒子の沈着位置制御

2. 粒子の付着と分離

粒子 - 粒子間、粒子 - 壁間、粒子 - 流体間相互作用は、粒子の挙動に直接影響を及ぼす重要な因子であり、それらの解明が望まれる。

- (1) 走査型プローブ顕微鏡を利用した粒子の付着力の測定および解析
- (2) 粒子の沈着・再飛散現象の解明

3. 粒子系操作

粒子の微小化に伴い付着性を考慮した、高性能粉体装置の開発が必要である。

- (1) 微粉体の微量定量供給
- (2) サブミクロン粉体の乾式分散と高精度分級

4. 粒子シミュレーション

粒子系の諸現象の解明と制御には、理論、実験、シミュレーションの相補的な研究が必要である。

- (1) 量子化学計算を用いた帯電特性の解析
- (2) 荷電エアロゾル粒子の挙動の解析
- (3) 管内固気二相流における粒子の衝突帯電

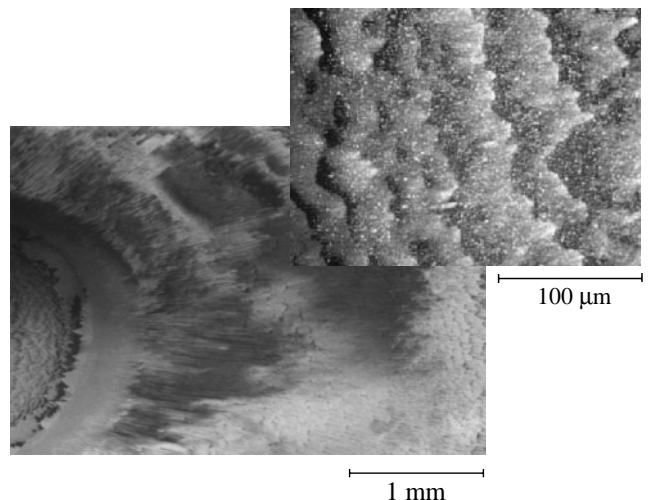


図1. 高速衝突によって形成された沈着粒子層
Fig. 1. Particle deposition layer formed by high-speed impact.

Koza 5 Particle-System Engineering

Professor Hiroaki Masuda
Assoc. Professor Shuji Matsusaka
Instructor Ken-ichiro Tanoue
Instructor Hiroyuki Maruyama

Main research activities in this chair are analysis of the phenomena relating to particles and the rational handling of them. Although particle phenomena are very complicated, full understanding of them is required for active usage of fine particles and also for environmental protection. Therefore, the analysis and control of particles suspended in air, behavior of powder such as agglomeration and adhesion of particles, and evaluation of powder characteristics are studied. Each research background and theme is as follows:

1. Electrification of particles

Particle charging is a fundamental phenomenon relating to powder handling. It is commonly a nuisance and the source of explosion hazards. Various application have, however, been developed throughout the world, e.g., electrophotography, dry powder coating, on-line measurement of particles, and many others. To improve the handling and the performance of such applications, a correct understanding of the mechanism of particle charging and the control of the movement of charged particles are required.

- (1) Analysis of the mechanism of particle electrification and relaxation.
- (2) Measurement and analysis of the charge distribution of aerosol particles.
- (3) Analysis of electrostatic force exerted on a particle.
- (4) Electrostatic control of particle deposition.

2. Adhesion and removal of particles

Particle-particle, particle-wall and particle-fluid interactions are fundamental factors directly affecting the behavior of particles.

- (1) Measurement and analysis of particle adhesive force using a scanning probe microscope.
- (2) Study on particle deposition and reentrainment.

3. Mechanical unit operation

Apparatus of high performances for fine particles should be developed taking into account the adhesive property.

- (1) Micro-feeding of fine powder.
- (2) Dry dispersion and high efficiency classification of industrial sub-micron powder.

4. Simulation

To clarify and control the particle phenomena, the combination of theory, experiment and simulation are required.

- (1) Analysis of electrification based on the quantum chemistry.
- (2) Analysis of the behavior of charged aerosol particles.
- (3) Impact electrification of particles in gas-solids pipe flow.

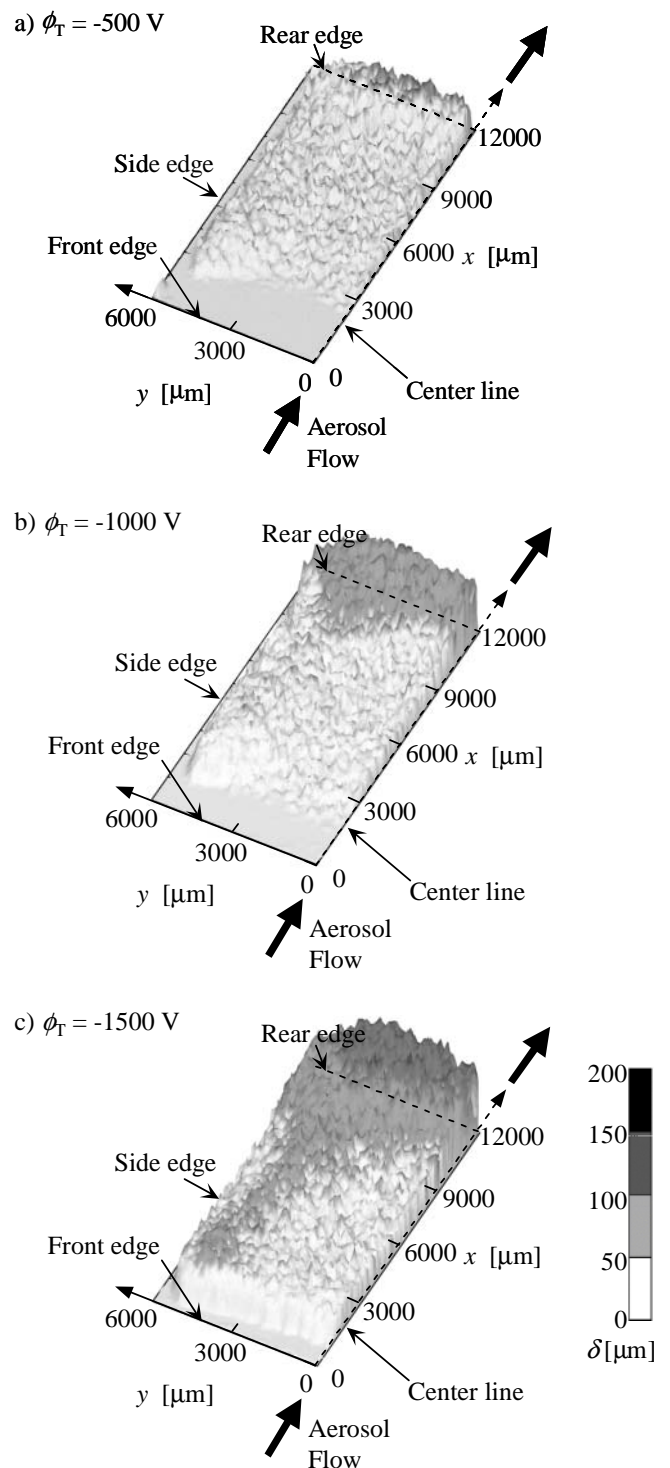


Fig. 2. Electrostatic control of particle deposition.
図2. 荷電エアロゾル粒子の沈着位置制御

材料プロセス工学分野



教授
大嶋 正裕
Prof.
M. Ohshima
oshima@cheme.kyoto-u.ac.jp



助手
木原 伸一
Instr.
S. Kihara
kihara@cheme.kyoto-u.ac.jp

マイクロ・マクロ時空を制御するプロセッシングによる機能性材料開発

現代生活では、高分子材料をはじめとし、さまざまな機能性材料が使われている。そのような機能性材料は、材料を構成する物質の化学的性質と共に物質の織り成す「構造」に深く関係している。本研究室では、プロセッシングを中心に、さまざまな時空スケールの物理・化学的性質および構造を創成するメカニズムを解明し、それらを生み出す装置のあるべき姿を探求する研究を、基礎的な実験およびコンピュータシミュレーションにより実施している。当研究を通じて、産業の発展に貢献・寄与できる人材育成にも力を入れている。以下に現在の主要な研究テーマを示す。

1. 超臨界CO₂を利用した高分子成形加工

高分子発泡成形は、高分子の特性を活かしつつ軽量化し、機能性材料を得る成形加工法として最近盛んに研究されてきている。しかし、環境に低負荷な物理発泡は有効なグリーンプロセスであるにもかかわらず十分には現象解明されていない。本研究では、主に超臨界CO₂を使って高分子材

料中の気泡核生成と成長・合一メカニズムの解明を行い、発泡成形プロセスへの応用展開をはかっている。発泡成形を応用し、ほぼすべての発泡孔に球状の微粒子が分散した面白い構造体等も得られている。

2. マイクロ化学デバイスの開発

マクロ系で顕在化しないマイクロ空間の界面効果を最大限利用して、従来にない高い効率で化学反応や物質分離操作を行うマイクロ化学デバイスの開発は、新規材料の創成や高分離装置などへの利用が期待されるほか、それらを集積させたマイクロ化学プラントの要素技術として期待されている。当研究室で開発した新規マイクロ化学デバイスは、ガラス管が同心円上に三重に重ねられた構造で、せん断力と界面張力のバランスおよび滞留時間を調整することで規則的な大きさのエマルジョンを連続に製造できる特徴がある。

3. エマルジョン系流体の数値シミュレーション

発泡・合一・破泡、乾燥などを利用するプロセッシングは、界面形成とその成長を伴う流動とともに界面での物質移動がダイナミックに生じる複雑流動系であり、それをレオロジー的に解明することが機能性材料開発の鍵となっている。実験的解析と数値流動解析の両面から詳細な現象の解明とともにモデリングを行っている。

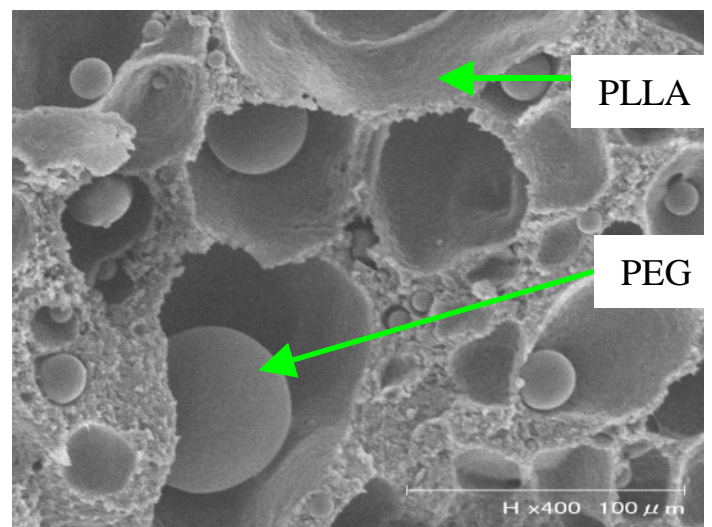


図1. 発泡したPLLA/PEG(75/25)ブレンドのSEM写真
Fig.1 SEM image of foaming of PLLA/PEG (75/25) blend.

Koza 6 Material Processing Engineering

Professor Masahiro Ohshima
Instructor Shin-ichi Kihara

Micro-Macroscopic Space and Time Control in Material Processing

Modern society is deeply indebted to various chemical materials for providing the several products to our life. Among those materials, polymer is one of the materials having the large potentials of giving rise to various functions, such as lightness, flexibility, elasticity, and fluidity. The material functions are strongly related with the material structures in the level from nano, micro to macro-scales. Employing the computer simulation and modern processing machines, our laboratory is developing new material processing technologies for creating new functional materials. Research and development mainly focus on controlling the material structure consistently from nano to macro-levels. Integration of supercritical fluid with present plastic processing technologies is a key factor of our research. Also, material processing in micro-space, i.e., micro chemical processes, is our interest. Latest research topics are micro-cellular polymer foaming, nucleation and growth mechanism, shear induced phase separation in microspace and micro-tube device developments. Some of them are introduced as follows:

1. Polymer processing using supercritical CO₂

Polymer foaming products, such as interior material of a car, exist in the world since they can carry out weight saving without reducing other superior functions. The foaming method is classified into chemical and physical foams. The later become an effective process in recently because of low environment load. In spite of its superior features, the foaming condition and its phenomenon is not fully revealed until now. In our laboratory, we study on the elucidations of cellular nucleation and growth mechanisms for supercritical CO₂ resolving into homo-polymer, polymer blends and polymer composites, and we are aiming at application to foaming fabrication processes.

2. Development of micro-chemical devices

The maximum use of the interface effect, which

is not actualized by the macroscopic system, may be carried out under the microscopic scale. Such micro-chemical devices have potentials to create the high accurate novel materials and perform a chemical reaction at the high efficiency and their accumulation becomes a micro-chemical plant on chip.

Fig. 2 shows that the architecture which is an example of the new micro chemical device developed at this laboratory. The glass pipe piled up on the concentric circle and a regular size droplet can be manufactured continually by introducing fluid into each pipe. The feature of this equipment is in the point of using well the balance among the amount of shear stress, interfacial tension and residence time in micro space.

3. Numerical simulation for emulsion system

The coalescence, break-up of multi-phase, and irreversible mass transfer are observed in foaming, dry processing, etc., and they make complex flow systems. The dynamical phenomena in such system will be induced by substance motion through the interface, accompanied by interface formation and its growth, and the rheological responses, serves as the key of development of functional material. Not only the experimental technique but also numerical flow analysis is performing in order to elucidate and model the detail phenomena.

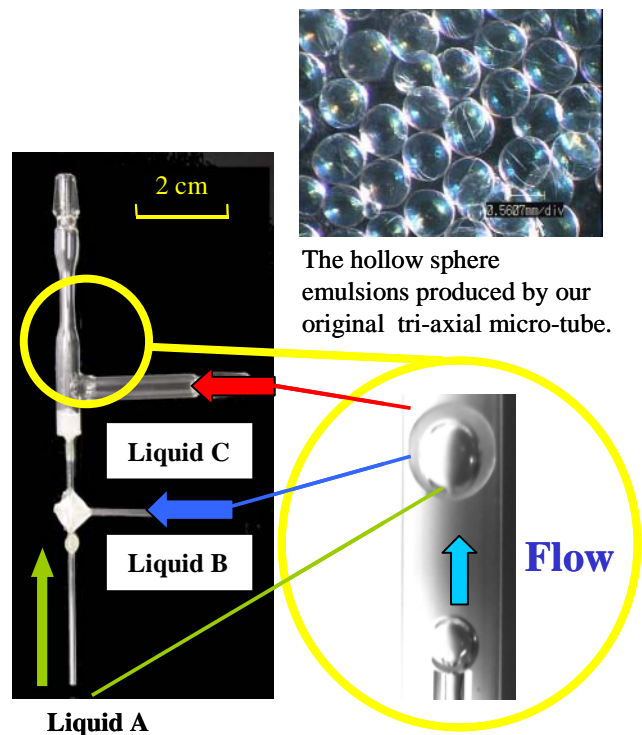


Fig. 2. Tri-axial micro-tube device and the hollow spheres.
図2. 同軸三重ガラス管からなるマイクロデバイスと中空粒子作製例。

プロセスシステム工学分野



教授
長谷部 伸治

Prof.

S. Hasebe

hasebe@cheme.kyoto-u.ac.jp



助手
加納 学

Instr.

M. Kano

kano@cheme.kyoto-u.ac.jp



助手
野田 賢

Instr.

M. Noda

noda@cheme.kyoto-u.ac.jp

環境問題など複雑で困難な問題を抱える社会情勢の中で、国際競争力のある高付加価値製品の生産を省資源・省エネルギー化と同時に実現できる生産システムの実現が望まれている。そのような革新的な生産システムを実現するための方法論、より具体的には、生産システムの設計や運転を合理的に行うための方法論を研究する学問体系が「プロセスシステム工学」である。

本研究室は、プロセスシステム工学の発展を図ると同時に、この分野における人材の育成と研究成果の実社会へのフィードバックを通して、我が国の産業の発展に寄与することを目指している。

現在の主要な研究テーマを以下に示す。

1. マイクロ化学プロセスの最適設計と操作

数値流体解析を利用した超高効率マイクロ化学

プロセスの設計とマイクロ加工装置によるマイクロデバイスの製作を通して、マイクロ化学プロセスの高速混合、高速熱交換などの特徴を活かしたマイクロ化学プラントの設計・運転に必要な基盤技術の確立に取り組んでいる。

2. 統計的プロセス運転監視・品質改善システムの開発、およびプロセス制御

化学・石油・半導体・鉄鋼など様々な産業分野を対象に、製品品質の管理や改善あるいは運転効率化に役立つ情報を、生産プロセスの操業データから巧みに抽出するデータ解析システムを開発している。また、高効率運転を安定して実施できるプロセスを設計するため、プロセス設計とプロセス制御を融合させる研究にも取り組んでいる。

3. 化学プロセスの動的最適操作

マーケットの急激な変動に対応しうる化学プロセスの最適設計、高効率運転を支える基盤技術として、バッチ蒸留などの化学プロセスのオンライン動的最適運転支援システム、動的操作を考慮した燃料電池コジェネシステムなどのプロセス系統設計手法に関する研究に取り組んでいる。

4. 分散型サプライチェーン管理システム

分散した工程(特定の処理をおこなう装置群)が自律的に動作し、情報交換によって協調性を保ちながら効率的な意思決定をおこなう、という自律分散の考え方のもとで、柔軟性に富んだ生産管理システムやスケジューリングシステムの開発を目指し、研究を進めている。

5. 環境調和型プロセスの合成法の開発

工場の様々な工程から排出される廃棄物や廃熱を対象に、未利用物性の“シーケンシャルユース”という観点から、適切なプロセス構成をシステムティックに求める手法を開発している。この開発により、環境調和型社会構築において、現在欠落している要素技術を明らかにすることも可能になる。

Koza 7 Process Control & Process Systems Engineering

Professor Shinji Hasebe
Instructor Manabu Kano
Instructor Masaru Noda

Under the current social situation which has a lot of complicated and difficult problems, such as an environmental problem, development of an advanced production system producing a competitive product with saving resources and energy is desired. Process Systems Engineering (PSE) is a research area where the systematic methodology for realizing such an innovative production system is investigated. PSE covers all aspects of design, operation, control, planning, and logistics for the process industries. Current research topics are as follows:

1. Optimal design and operation of micro chemical processes

Micro chemical plants (MCPs) consist of many types of microdevices, such as micro heat exchangers, micromixers, microreactors, and so on. Microdevices are efficiently designed and fabricated by high advanced computational fluid dynamics as well as CAD&CAM system. The merits of MCPs are rapid mixing, high-speed heat exchange, high heat transfer efficiency, and so on. Therefore, MCPs are expected to exceed the capabilities of conventional macroscopic plants. The final goal of this research is development of a new fundamental approach to design, operation, and control of MCPs.

2. Process control, process monitoring, and quality management

The data-based quality management (DBQM) system, which can improve quality and productivity by extracting useful information from operation data, is under development. The DBQM system is based on multivariate data analysis referred to as process chemometrics. In addition, this research theme covers statistical process monitoring, control performance monitoring, soft-sensor design, process control, and integration of design and control for complicated process systems including microchemical processes.

3. Dynamic optimal operation of chemical processes

Dynamic optimal operation plays an important role in the development of high efficient chemical processes. Therefore, we are studying new types of on-line dynamic optimization system, optimal design method in consideration of dynamic operation for chemical processes. Topics in this area include the development of an on-line optimization system for a batch distillation column and an optimal design of a fuel cell cogeneration system.

4. Decentralized supply chain management system

We have developed an autonomous decentralized scheduling system, in which each scheduling sub-system of a production stage generates a plausible schedule taking into account the schedules of other production stages. Now the extension of the proposed framework to the planning and scheduling of overall supply chain is being studied.

5. Synthesis of environmentally benign processes

Most of the waste products in process industries still have unused properties. By using such properties at other processes, the total capacity of the wastes can drastically be reduced. From that viewpoint, we are developing a process synthesis method by which appropriate process structures of a waste are systematically generated.

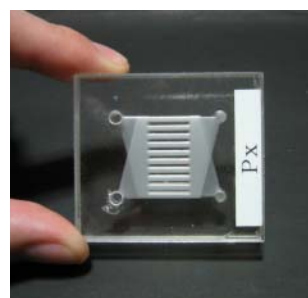
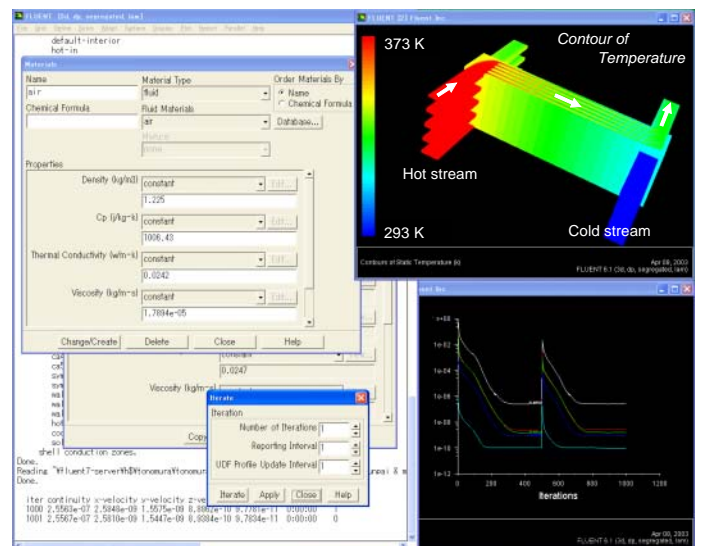


Fig. 1. Stacked Plate-fin microdevice: CFD simulator FLUENT® (top) and Glass microdevice (left).

図1. 積層型プレートフィン・マイクロデバイス(上:CFDシミュレーション,下:ガラス製デバイス).

環境プロセス工学講座



教授
前 一廣
Prof.
K. Mae
kaz@cheme.kyoto-u.ac.jp



助手
牧 泰輔
Instr.
T. Maki
taisuke@cheme.kyoto-u.ac.jp



助手
長谷川 功
Instr.
I. Hasegawa
hasegawa@cheme.kyoto-u.ac.jp

資源制約，地球環境問題などの諸問題を克服して安定した社会を維持するには，資源 - エネルギー - 環境の活動連鎖システム（産業消費体系）を合理的に組み上げた環境調和型プロセッシングを確立するとともに，それを展開する人材の育成が不可欠である。当講座では，環境調和型プロセッシングのための新しい物質変換法の開発と工学の体系化を目指し，以下の研究に重点をおいて実施している。

1. バイオマスの新規転換法の開発

再生可能資源のバイオマスを工業原料，水素，メタン，アルコールを製造するための新しい転換方法について検討している。

- (a) 湿潤バイオマスの各種前処理法の開発
- (b) 木質系バイオマスの迅速熱分解
- (c) バイオマス熱分解モデルと速度論

2. 環境浄化剤の開発

有害物質を低温で分解・除去するための各種高性能触媒の開発，環境浄化用分離膜に関する基礎的な研究を実施している。

- (a) 炭素系金属担持触媒膜の開発
- (b) FeOOHによる硝酸性窒素の除去法の開発
- (c) 無機 - 有機ハイブリッド膜の開発

3. 環境調和型プロセッシングの開発

廃熱のもつエネルギーを廃棄物に投入して高品位な化学ポテンシャルを有する資源に変換するという発想に基づく新規転換法の実現に取り組む。一方，新しい環境評価法についても検討し，新転換法をベースに各産業内，各産業間での環境調和プロセススキームを検討している。

- (a) 転炉リサイクルを目指した廃棄物 - 廃熱からの鉄カーバイドの製造法の実現
- (b) シーケンシャル・ユースに基づく新しい環境評価法，システム構築法の実現
- (c) 製鉄 - 石油化学産業連携による環境調和型プロセススキームの設計

4. マイクロリアクターの開発とマイクロ化学工学の基礎研究

次世代の新しい生産体系の構築を目標に，数十 μm - 数百 μm のマイクロチャンネルを有する新規な反応器の開発に取り組んでいる。

- (a) マイクロミキサーの開発
- (b) マイクロ反応器の開発と反応速度論
- (c) マイクロ反応器による各種微粒子の製造

5. 非平衡下での反応工学に関する研究

物質質量，エネルギーの振動，脈動下での反応，物質移動，反応に関する新しい操作論の基礎的な研究に取り組んでいる。

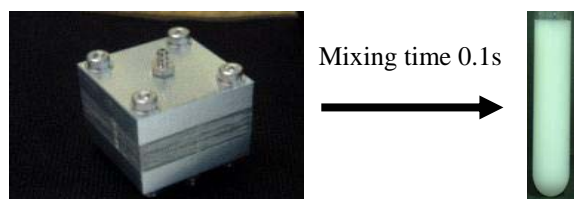


図1. 開発したマイクロミキサーによりソープフリーエマルジョン高速製造に成功

Fig.1. Micromixer for a rapid production of soap-free emulsion.

Koza 8 Environmental Process Engineering

Professor Kazuhiro Mae
Instructor Taisuke Maki
Instructor Isao Hasegawa

The research in this chair is focused on the development of environmentally benign technology based on several new conversion methods. The current research activities cover the following topics:

1. Development of new biomass conversion methods

Biomass is a promising resource as a highly condensed energy media of solar energy. From this viewpoint, several new methods are developed to recover chemicals, methane, and hydrogen from biomass by supplying waste heat.

- (a) Development of pretreatment methods of wet biomass for an efficient use.
- (b) Flash catalytic pyrolysis of biomass.
- (c) Kinetic model of biomass pyrolysis.

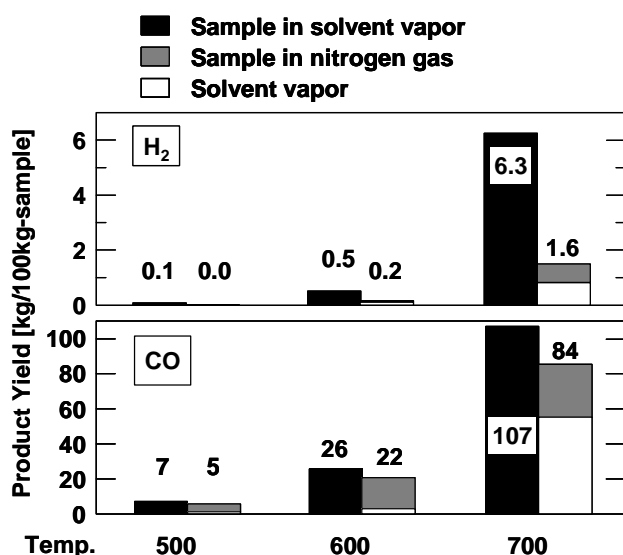


Fig.2. Effect of solvent vapor on the flash pyrolysis of Japanese cypress.

図2. アセトン蒸気を同伴することによりバイオマス熱分解の水素収率を高めることに成功

2. Development of new catalysts and membranes for environmental protection

Nitrite-nitrogen must be destructed because these pollutants are harmful to humans as precursors of cancer. Several new catalysts are developed to remove efficiently the pollutants as follows:

- (a) Development of Carbon membrane catalyst.
- (b) Removal of nitrite-nitrogen in wastewater using FeOOH.
- (c) Development of inorganic-organic membrane.

3. Design of ecological industry

A new concept for ecological processing is proposed. The concept is to produce valuable materials and energy by combining waste materials and waste heats. To build up an ecological industry network based on the proposed technologies, the following items are investigated.

- (a) Production of iron carbide from scrap, waste acids, and biomass.
- (b) Development of a new evaluation method for environmental impacts based on sequential use of material and energy.
- (c) Design of a new process scheme harmonized between steel making and petroleum refining processes.

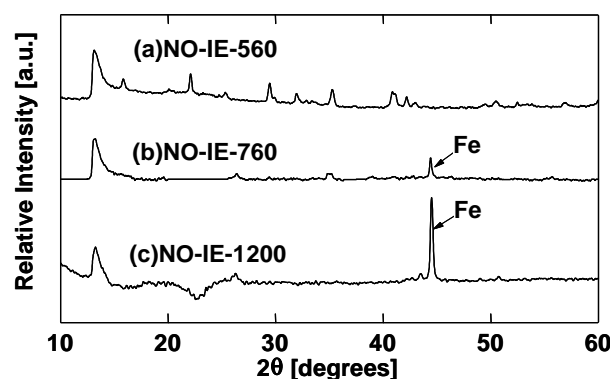


Fig.3 A new method was developed to produce iron at 760°C through iron carbide.

図3. 新規鉄カーバイド製造法により760 で純鉄を製造することに成功

4. Development of various micro reactors

–Basic research of micro chemical engineering–

Novel devices available on site and moving vehicles are required to minimize the emission of CO₂ and environmental pollutants. A few micro reactors with a new concept are proposed and their performances are investigated as follows:

- (a) Development of micro-mixer.
- (b) Basic research for the design and operation of micro reactor system.
- (c) Production of fine particles using micro reactor.

5. Basic research for non-equilibrium reaction engineering

A new methodology in a non-equilibrium state is investigated based on the reaction and separation under vibration or pulsation of mass fraction and energy.

融合プロセス工学講座

国際融合創造センター・融合部門



教授
谷垣 昌敬
Prof.
M. Tanigaki
tanigaki@cheme.kyoto-u.ac.jp

本講座は、平成13年4月に設立された京都大学国際融合創造センター(京大IIC)への谷垣教授の移籍(平成13年5月1日付)に伴って化学工学専攻の協力講座として出発した。谷垣教授は同センターの融合部門長として、京都大学の技術シーズの発信、企業からの技術相談の対応、産学協同研究のコーディネート、マルチクライアントプロジェクトの企画・運営、ベンチャー支援などを主たる業務としているが、協力講座の研究としては従来材料プロセス工学分野で実施していた多孔質膜製造プロセスの開発、液膜による金属の分離などの研究を継続するとともに、同センターの創造部門ほかとの共同研究としてナノマテリアル、バイオテクノロジー、先端電子材料などに関するプロセス工学的な研究を実施している。

1. 多孔質膜製造プロセスの開発

高分子(PTFE)のファインパウダーに押し出し、圧延、延伸などの機械的操作および熱処理操作を加えることによって、高分子の「島」とその島をつなぐ繊維状構造が規則的な周期的パターンを持って現れ、1~10 μmの孔径の揃った多孔質膜を作ることができる(図1)。この膜構造の発現と操作条件の因果関係を明確にし、より高度な孔径制御技術の確立を目指している。

2. 静電液膜(ESPLIM)プロセスの開発

2液接触の新しい方式である静電液膜プロセスでは、強い電場が抽出効率を飛躍的に増大する

(図2)。このESPLIMプロセスにおける物質移動機構の解明、安定操作の方策、廃液からの有用金属成分の分離・濃縮および2相接触法によるオゾン処理への適応性などを検討している。

3. ES細胞の分化機構の解明 (国際融合創造センター創造部門井手亜里研究室との共同研究)

胚性幹細胞(ES細胞)は、生殖細胞を含む全ての細胞に分化することが可能であり、近年再生医療等への応用に向けて注目されている。本研究は、放射光を利用する含有元素の微量分析の観点から、ES細胞の分化に関する機構解明と制御を目的としている。

4. マイクロミキサーを用いた抽出操作 (化学工学専攻前一広研究室との共同研究)

マイクロ化学プロセスは、マイクロ加工技術を用いて作成した幅数 μm から数百 μm のマイクロ流路内で起こる物理現象、化学現象を利用したプロセスである。本研究は、マイクロミキサーを用いたエマルジョンの製造と分離操作の定量的な取り扱いの確立を目指すものである。

5. 霧化CVDによる透明導電膜の生成 (国際融合創造センター創造部門藤田静雄研究室との共同研究)

超音波によって霧化させた溶液を基板上に散布、焼成することにより、均質で大面積の透明導電薄膜の製造を試みている。この技術の確立は、太陽光発電の低コスト化、液晶技術の進歩など様々な分野の発展につながるものである。

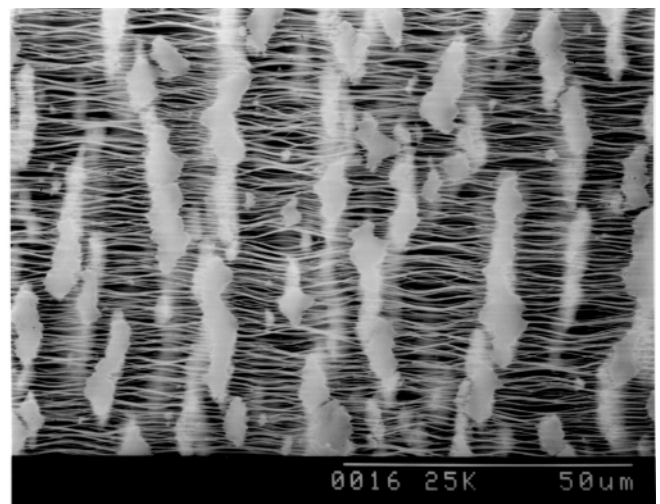


図1. PTFE多孔質膜のSEM写真
Fig. 1. SEM image of PTFE porous membrane.

Process Coordination Engineering

Division of Research Management,
International Innovation Center

Professor Masataka Tanigaki

This Koza is affiliated to the International Innovation Center (IIC), established on April, 2001. Prof. Tanigaki's main duties here, as the head of Division of Research Management, are the consultation for private sector R&D, establishment of joint research projects, organization of multi-client marketing research, and incubating venture businesses. The research in this affiliated Koza are those in which Tanigaki was working at the Materials Processing Engineering, such as the production process of polymeric porous membranes, liquid membrane operations, together with new processes in cooperation with the Division of Creative Research, IIC and others.

1. Production of polymeric porous membranes

PTFE porous membranes with controlled pore size of 1–10 μm are easily obtained by a series of simple mechanical operation, such as extruding, rolling and expansion, and the subsequent heat treatment (Fig. 1). Production conditions are studied in a close link with the membrane structure.

2. Development of electro-static pseudo liquid membrane (ESPLIM) processes

Strong electrical field applied to an aqueous phase greatly enhances the extraction efficiency in the new Electro-Static Pseudo Liquid Membrane (Fig.2). Mass transfer mechanism and the process evaluation of this ESPLIM for the separation-concentration of useful metal component from waste water and the ozonization process of pollutant elements are examined.

3. Differentiation mechanism of ES-cell

(Joint research project with Ide-Lab. of IIC)

Embryo Stem Cell is capable of differentiating into a variety of different cells and is of great

importance for the application to tissue regeneration and others. This research aims at the control of differentiation mechanism of ES-Cell with the investigation of trace metal elements using synchrotron radiation.

4. Extraction operation using micro-mixers

(Joint research project with Mae-Lab of ChE)

Micro chemical process utilizes the physical and chemical phenomena occurring within channels of micro meter order. The purpose of this research is to clarify the emulsion formation and separation processes in various micro-mixers.

5. A new production process of transparent conductive membranes

(Joint research project with Fujita-Lab. of IIC)

A new production process of homogeneous transparent conductive membranes of large area is being studied, by spraying the dispersed solution with ultra-sonic wave and the following calcination. This new technique is supposed to contribute to the low-cost solar energy cells, the supply of liquid-crystals and a variety of other applications.

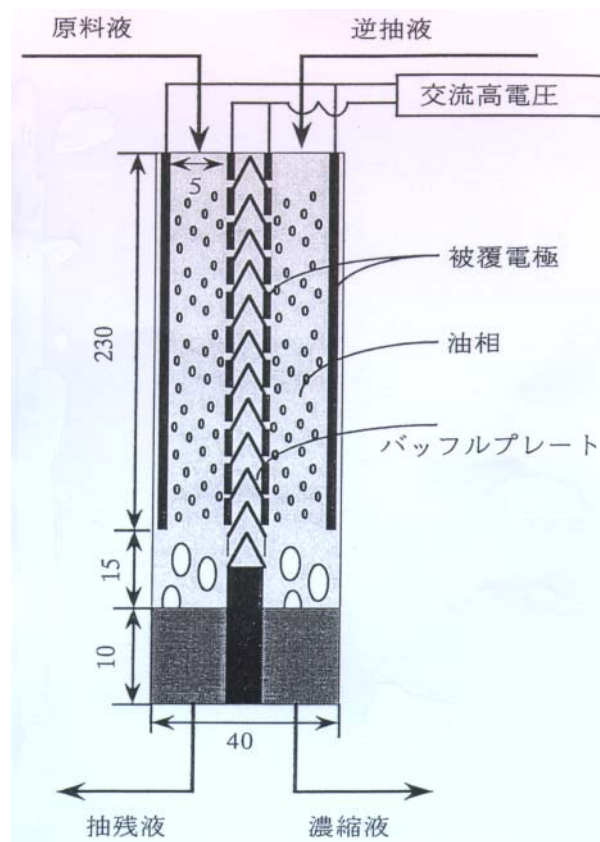


Fig. 2. ESPLIM apparatus.
図2. 静電液膜装置の概要

エネルギー理工学研究所 ナノ工学分野



教授
足立 基齊
Prof.
M. Adachi
adachi@iae.kyoto-u.ac.jp

本研究分野では、分子や粒子が自発的に集合組織を形成する自己組織化を利用して、ナノ粒子、ナノチューブ、ナノワイヤーを創製し、更に、それらナノ材料の2次元・3次元の集積体の形成を行い、高効率なエネルギー変換を行うシステムの構築をめざした研究を行っている。

1. 結晶性の高いセラミックナノ材料の創製と次世代太陽電池の高効率化

界面活性剤分子と金属アルコキシド分子の複合体が自発形成する組織を鋳型として、シリカのナノ構造集積体の形成に成功している。この成果を拡張し、界面活性剤やブロックコポリマーを利用し、種々の金属の単独あるいは複合酸化物の形成に応用してきた。結晶性の高いナノ材料を得て、その高い電子伝導性を利用し、シリコン太陽電池に代わる色素増感太陽電池の高効率化の研究を行

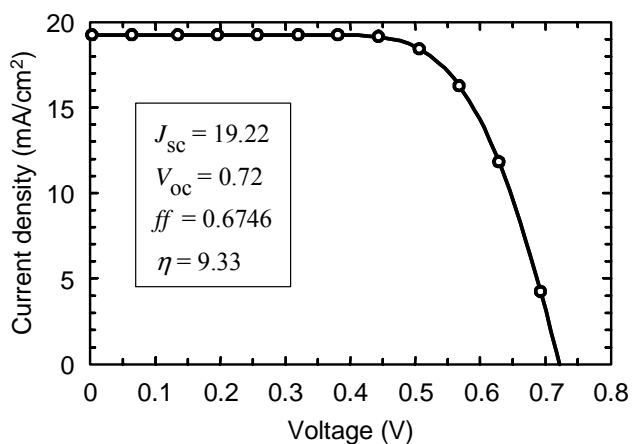


図1. チタニアナノワイヤーを用いた色素増感太陽電池の電流-電圧曲線

Fig. 1. I-V curve of dye-sensitized solar cell using titania nanowires.

っている。

2. ナノ材料の2次元・3次元配列と金属ナノワイヤーの創製

ナノ粒子を粒子間の間隔を十分小さくして配列すると、強い電気的カップリングによりスーパーラティスが作られミニバンドの形成により電子の長距離輸送が可能となる。従来型の太陽電池の最も大きな弱点であったホットキャリアーの高いエネルギーを熱として失うという点を、このような量子サイズ効果を利用して改善して電気として回収し、高効率な太陽電池をめざす第三世代の太陽電池の開発研究が始まっている。本研究では、貴金属ナノ粒子をコロイド化学的方法で作製し、2次元・3次元配列制御に関する研究と、作製条件を調節することで貴金属ナノワイヤーを得るなどナノ材料の形状制御に関する研究も進めている。

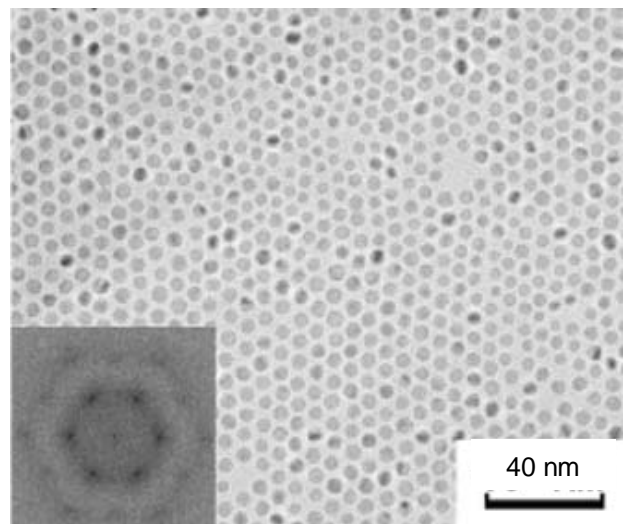


図2. 金ナノ粒子の二次元配列

Fig. 2. 2-dimensional array of gold nanoparticles.

3. 自己組織化による秩序構造形成過程の解明とナノ構造制御

ナノサイズの秩序構造形成過程の研究は、秩序構造形成が数分以内に完了してしまう場合も多く、その詳細については未解明の部分も多い。本研究分野では、シンクロトロン放射光の強力なX線を利用した秒刻みの小角X線散乱パターンの測定を、SPring 8 の設備を活用して行っている。秩序構造形成過程の知識に基づき、ナノ構造制御につなげる研究を進めている。

Nanotechnology Research Section

Institute of Advanced Energy

Professor Motonari Adachi

In the research section, feasibility study of obtaining especially high efficiency of light-to-electricity conversion was carried out utilizing the quantum effects of confinement of electrons in nanoscale narrow regions. We succeeded in the formation of nanoparticles, nanotubes, and nanowires and are now trying to make 2- and 3-dimensional assemblies of these nanoscale materials, in order to contribute to development of a highly efficient solar cell.

1. Formation of highly crystallized materials of ceramics and realization of highly efficient next generation solar cells

Integrated ordered mesoporous silica materials were successfully formed by a templating mechanism using self-organized assemblies made of surfactant molecules and metal alkoxides. We extended the method to various metal oxides and composite metal oxides using surfactants and block copolymers as shape-directing agents. Highly efficient dye-sensitized solar cells were skillfully fabricated using highly crystallized nanomaterials obtained by the above method, utilizing the high electron conductive properties of these materials.

2. 2- and 3-dimensional arrays of nanomaterials and formation of metal nanowires

Arrays of nanoparticles of metals or semiconductors with narrow spacing form a superlattice by strong electric coupling, resulting in the formation of minibands, which allow long-range electron transport. Third generation solar cells collect the energy of hot-electrons as electric energy without losing it as thermal energy, utilizing these quantum size effects. Extremely high efficiency of light-to-electricity conversion is expected. Two-dimensional arrays of novel metal nanoparticles were accomplished by a colloid chemical method using a Langmuir-Blodgett trough. We also succeeded in the formation of nanowires of novel metals by controlling the formation conditions of metal nanoparticles.

3. Elucidation of formation of integrated ordered structure and control of nanoscale structure

Formation mechanism of nanoscale integrated ordered structure is not sufficiently elucidated, because these ordered structures are often formed within a few minutes. Small angle X-ray scattering patterns were measured using strong X-rays from the synchrotron radiation X-ray facilities at SPring 8 for elucidation of a formation mechanism. We are investigating formation processes of nanoscale materials by surfactant assisted templating mechanism at the liquid-liquid interface. Controlling the shape and size of nanoscale ordered materials is an important and challenging subject.

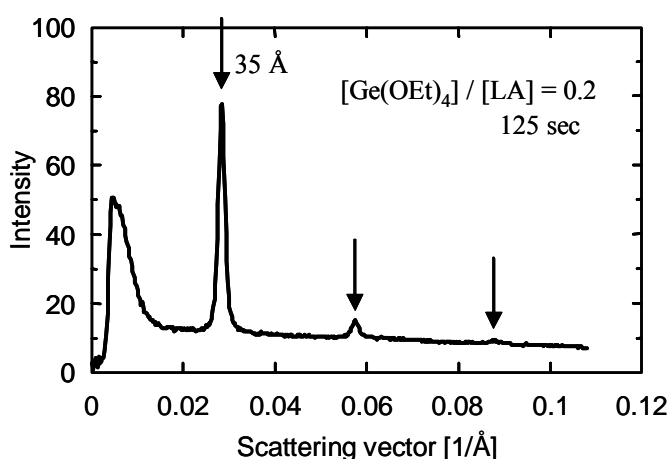


Fig. 3. X-ray diffraction of lamellar structure made of surfactant and germanium alkoxide.

図3. 界面活性剤とゲルマニウムアルコキシドから作られたラメラ構造のX線回折

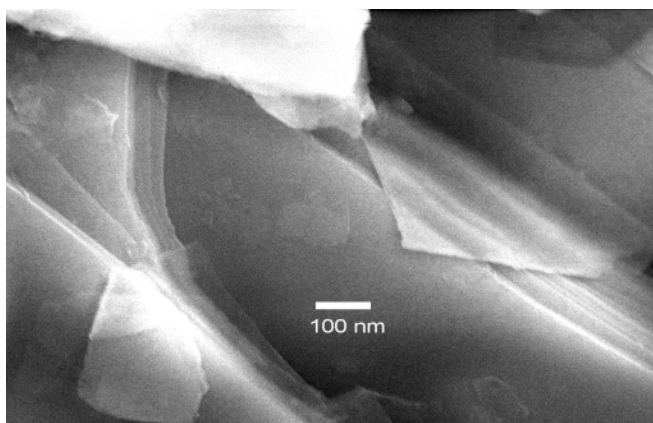


Fig. 4. SEM image of germanium oxide films made at the interface in the experiment shown in Fig. 3.

図4. 図3の実験における界面に形成された二酸化ゲルマニウムシートのSEM像

非常勤講師

INVITED LECTURERS



木下正弘
京都大学エネルギー理工学研究所
助教授

kinoshit@iae.kyoto-u.ac.jp

化学プロセス工学演習 II

Masahiro Kinoshita
Associate Professor
Institute of Advanced Energy, Kyoto University

Chemical Process Engineering Exercise II



鈴木 剛
東洋エンジニアリング株式会社
計装設計部

プロセス設計

Go Suzuki
Instrument Engineering Department
Toyo Engineering Co., Ltd.

Process Design

ディヴィッド マン
株式会社 スミキン・インターコム
化学技術英語

David Mann
Sumikin-Intercom, Inc.
Practical English for Chemical Engineering



札野 順
金沢工業大学
教授

fudanoj1@neptune.kanazawa-it.ac.jp

化学工学特論第三
(化学技術者倫理)

Jun Fudano
Professor
Kanazawa Institute of Technology

Special Topics Chemical Engineering III
(Ethics for Chemical Engineers)



大隈 修
財団法人新産業創造研究機構 部長
京都大学国際融合創造センター
融合フェロー

環境システム工学

Osamu Okuma
Senior Manager, The New Industry Research
Organization; Research Management Fellow,
International Innovation Center, Kyoto University

Environmental System Engineering

アンドリュー ペロンズ
株式会社 スミキン・インターコム
化学技術英語特論

Andrew Perons
Sumikin-Intercom, Inc.
Special Topics in English for Chemical Engineering

名誉教授

PROFESSORS EMERITI

在任期間 Term of service

吉田 文武	Fumitake Yoshida	1940 – 1976
高松 武一郎	Takeichiro Takamatsu	1970 – 1988
佐田 榮三	Eizo Sada	1977 – 1994
岡崎 守男	Morio Okazaki	1965 – 1997
橋本 健治	Kenji Hashimoto	1963 – 1999
原田 誠	Makoto Harada	1964 – 1999
橋本 伊織	Iori Hashimoto	1989 – 2003

人員構成

CONSTITUENT NUMBERS

Numbers

教授	Professors	10
助教授	Associate professors	5
講師	Lecturer	1
助手	Instructors	11
非常勤講師	Invited lecturers	6
研究員	Postdocs	2
技官・事務官	Administrative officials	4
非常勤職員	Part-time employees	6
大学院生 (博士後期課程)	Graduate students (doctoral course)	14
大学院生 (修士課程)	Graduate students (master course)	54
学部学生 (4 年次)	Undergraduate students (fourth year)	55
学部学生 (3 年次)	Undergraduate students (third year)	40
研究生	Research students	3

as of November 2003

専攻長

Head of the Department

大嶋 正裕 教授 (平成 15 年度), 東谷 公 教授 (平成 16 年度)

Prof. M. Ohshima (Apr 2003–Mar 2004), Prof. K. Higashitani (Apr 2004–Mar 2005)

交通アクセス

Access to the Department

桂駅(阪急)から

桂駅西口から市バス西6系統または京都交通バス「桂坂中央」行きで「桂イノベーションパーク前」へ

京都駅(JR・近鉄)から

- (1) 市営地下鉄で「四条」へ、阪急に乗り換え「烏丸」から「桂」へ
- (2) 東海道線で「向日町」へ、向日町駅からタクシー
- (3) 市バス73系統「洛西バスターミナル」行きで「国道三宮」へ、国道9号線から徒歩15分

自動車で

名神高速京都南インターチェンジから約8km

From the Katsura Station (Hankyu)

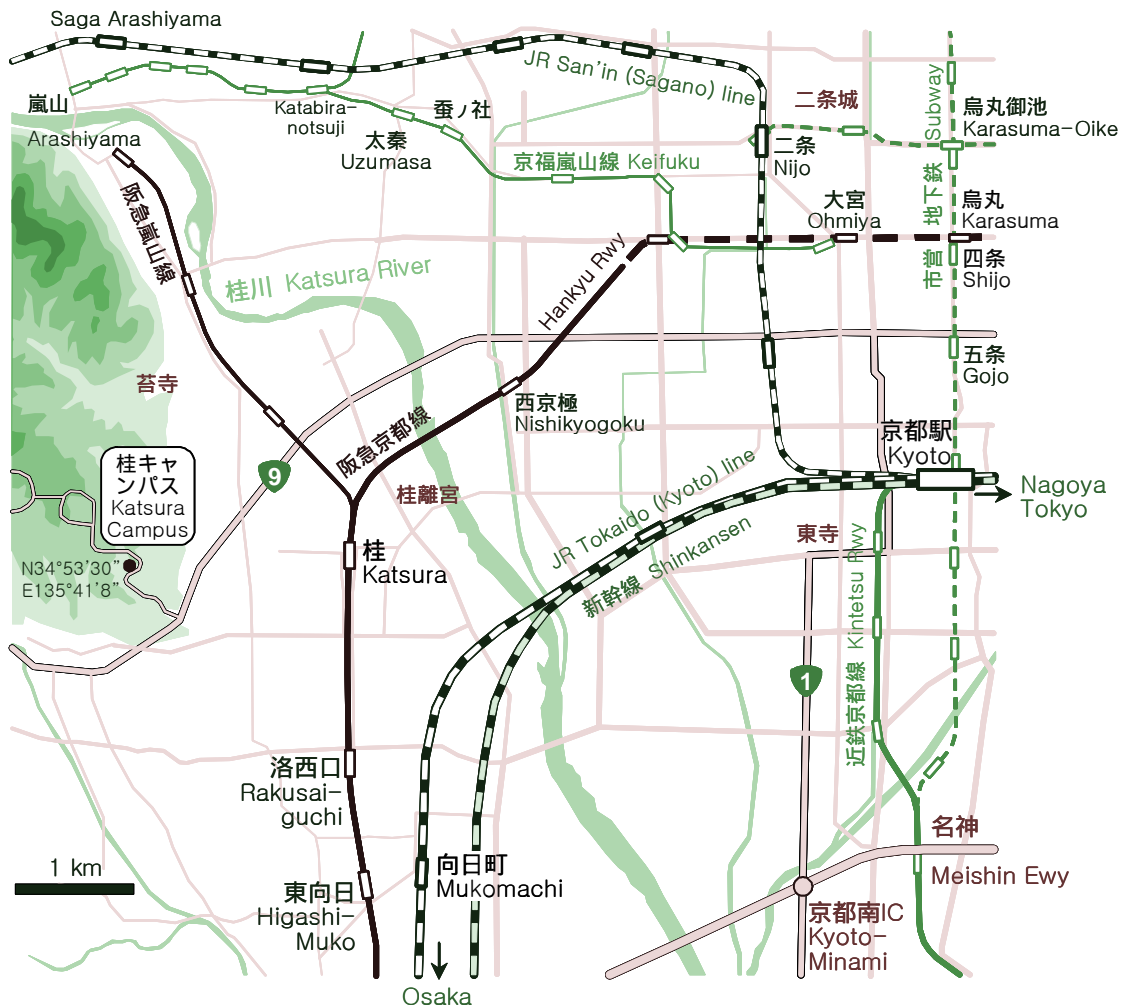
Take a Kyoto City Bus 西6 (*nishi 6*) or a Kyoto Kotsu Bus for “Katsurazaka Chuo” and get off at “Katsura Innovation Park Mae.”

From the Kyoto Station (JR, Kintetsu)

- (1) Go to “Shijo” by Subway, transfer to Hankyu at “Karasuma,” and come to “Katsura.”
- (2) Go to “Mukomachi” by JR Tokaido line, and take a taxi.
- (3) Take a Kyoto City Bus 73 for “Rakusai Bus Terminal,” get off at “Kokudo San’nomiya” and walk for 15 min.

By car

Drive 8 km from the Kyoto-Minami I.C. of the Meishin express way. Enter at the main gate of Cluster A.



京都大学大学院工学研究科
化学工学専攻
教室パンフレット 2003/2004 年度版

Copyright ©2003 京都大学大学院工学研究科
化学工学専攻

2003 年 11 月 8 日発行

発行部数 1000 部

発行者 京都大学大学院工学研究科化学工学専攻
〒615-8510 京都市西京区京都大学桂

編集者 京都大学大学院工学研究科化学工学専攻
国際交流小委員会委員長 三浦孝一

デザイン 河瀬元明

印刷・製本 有限会社 糺書房

Kyoto University –
Department of Chemical Engineering
Department Brochure 2003/2004

Copyright ©2003 Department of Chemical Engineering,
Kyoto University

Published date November 8, 2003

Circulation 1000 copies

Publisher Department of Chemical Engineering,
Kyoto University

Editor Prof. Kouichi Miura, Departmental
Commissioner for International Exchange

Designer Motoaki Kawase

Printer Tadasu Shobo, Kyoto, Japan

京都大学大学院工学研究科化学工学専攻
615-8510 京都市西京区京都大学桂
Department of Chemical Engineering
Katsura Campus, Kyoto University
Kyoto 615-8510 Japan
<http://www.cheme.kyoto-u.ac.jp/>