



# ICAT

Institute for Catalysis

*2015*

共同利用・共同研究拠点  
北海道大学 触媒科学研究所

Joint Usage/Research Center  
Institute for Catalysis, Hokkaido University



所長 朝倉清高

# 触媒科学の新時代へ

2015年10月1日より、触媒化学研究センター（CRC）は、触媒科学研究所に改組いたしました。触媒化学研究センターは、旧触媒研究所（1943年設置）に換わり、1989年に設立され、現在まで触媒化学研究の共同利用・共同研究拠点として活動を続けてきました。

新しい触媒科学研究所のミッションはこれまでの共同利用・共同研究拠点として国内外のコミュニティーへの貢献と触媒化学を中心とした物質材料研究の国際拠点となることに加え、触媒化学以外の分野を取り入れ、研究を多様化し、今までにない触媒科学という新学術分野を創造することです。この新しい触媒科学を創造したいとの思いから、触媒科学研究所と命名いたしました。

既存の触媒化学研究の枠を超え、多様化するためには、触媒科学研究所内の基礎研究を発展させるだけでなく、触媒科学研究所外の研究者・有識者とのコミュニケーションをより一層強化するとともに、産業界や海外との連携も深めていく必要があると思います。

特に、触媒は社会生活を豊かにするという意味において、現実世界や実用化に近い実学としても重要です。そこで基礎研究と実用化・社会還元を結びつけるため、大学の基礎研究の実用化と企業実用化ニーズのシーズ化を目指す研究開発部門が中心となり、触媒科学研究所全体が協力して基礎に根ざした実用化を推進し、イノベーションを興すというミッションを自らに課しました。この思想は、旧触媒研究所を設立された堀内寿郎先生のお考えにも通じます。

しかし、この基礎に根ざした実用化推進とイノベーション創出のミッションは、我々、触媒科学研究所の職員だけでは達成できるものではありません。今回、新しく触媒連携研究センターを設置して、産業総合研究所、高エネルギー加速器研究機構や名古屋、京都、九州の各大学の附置研究所・センター等と組織間連携を行い、このミッションの実現を図ります。

また、触媒研究や実用化は我が国だけの課題にとどまりません。人類の直面するPM2.5や石油枯渇、温暖化といった地球規模の課題に対し、この新設した触媒連携研究センターが中心となって、海外展開を進め、グローバルネットワークの構築により、地球規模でのサステナブル社会を実現することと北海道大学がグローバル大学として発展することに貢献しようと思っています。

新しい触媒科学創造とイノベーション創出を達成するため、内外の研究者と有機的に協働し、活動を強化して参りたいと存じますので、これまでも増して皆様からご意見、ご支援・ご協力を賜りますようお願い申し上げます。

## Greetings

### A Dawn of Catalysis Science

The new Institute for Catalysis is opened today. The Institute for Catalysis was originally founded in 1943 by Juro Horiuchi and it was remodeled to the Catalysis Research Center in 1989. The new Institute for Catalysis will function as a unique Joint Usage/Research Center for the catalysis field, succeeding the mission of the Catalysis Research Center. We have 23 faculty members under eight Fundamental Research Divisions and one Research and Development Division supported by many post-docs and eight technicians.

Catalysts are materials that accelerate chemical reactions. The development of catalyst materials is expected to contribute to solving some of the global problems we are facing now, such as climate change, the exhaustion of energy and natural resources, the population explosion, and deterioration of the environment.

Our missions are not only to perform frontier research on catalysis, but to help and activate communities and to promote their catalytic research. We have started the new Institute for Catalysis now and are going to attempt further missions to expand catalysis research collaboration with other fields such as physics, biology, and environmental sciences, and create new academic fields based on catalysis science.

Practical applications and industrialization based on the established fundamental science is the second task. Catalysis research is directly connected to practical applications. However, there is still a deep rift between industry and fundamental university research. The Research and Development Division is now trying to bridge these two entities through collaboration with the other fundamental research divisions, institutes, and universities outside the Institute for Catalysis.

Finally, the most important task is the creation of a global catalysis network through the interaction of several institutes and universities. International interaction will be important not only in research, but also in education. This mission will be conducted mainly in the newly built Catalysis Collaborative Research Center.

We will continue to do our best to reinforce collaborative work to overcome world-wide problems through catalysis science and technology. We hope that our activities will facilitate the establishment of a world-wide sustainable society. Thank you for your cooperation in further collaborations with us.

Kiyotaka Asakura  
Director of Institute for Catalysis,  
Hokkaido University  
October 1st, 2015.

平成27年10月

# 沿革

History

- 昭和18年2月1日 勅令第57号により触媒研究所が設置
- 平成元年5月29日 全国共同利用施設の「触媒化学研究センター」(6研究部門) が設置
- 平成10年4月9日 拡大改組し、基幹研究部門3部門9分野、客員研究部門1部門2分野となる
- 平成19年4月1日 改組し、触媒ターゲット研究アセンブリ、触媒基礎研究部7研究部門となる
- 平成22年4月1日 文部科学省の認定する共同利用・共同研究拠点となる
- 平成24年4月1日 触媒基礎研究部が8研究部門となる
- 平成25年4月1日 実用化基盤技術開発部を設置
- 平成27年10月1日 触媒科学研究所に改組

# 組織

Organization





## 基礎研究系 (Department of Fundamental Research)

### 触媒表面研究部門 (工学院担当) Catalyst Surface Research Division



教授 朝倉清高  
Kiyotaka ASAKURA  
011-706-9113  
askr@cat.hokudai.ac.jp



准教授 高草木達  
Satoru TAKAKUSAGI  
011-706-9114  
takakusa@cat.hokudai.ac.jp



助教 有賀寛子  
Hiroko ARIGA  
011-706-9115  
ariga@cat.hokudai.ac.jp



研究推進  
支援教授 津野勝重  
Katsushige TSUNO  
011-706-9113  
eostsuno@marble.ocn.ne.jp

### 触媒理論研究部門 (総合化学院担当) Catalysis Theory Research Division



教授 長谷川淳也  
Jun-ya HASEGAWA  
011-706-9145  
hasegawa@cat.hokudai.ac.jp



准教授 中山哲  
Akira NAKAYAMA  
011-706-9145  
nakayama@cat.hokudai.ac.jp



助教 中谷直輝  
Naoki NAKATANI  
011-706-9145  
naokin@cat.hokudai.ac.jp

### 表面分子科学研究部門 (環境科学院担当) Surface Molecular Science Research Division



特任教授 大澤雅俊  
Masatoshi OSAWA  
011-706-9123  
osawam@cat.hokudai.ac.jp



准教授 叶深  
Shen YE  
011-706-9126  
ye@cat.hokudai.ac.jp

### 物質変換研究部門 (総合化学院担当) Catalytic Transformation Research Division



教授 福岡 淳  
Atsushi FUKUOKA  
011-706-9140  
fukuoka@cat.hokudai.ac.jp



准教授 中島清隆  
Kiyotaka NAKAJIMA  
011-706-9136  
nakajima@cat.hokudai.ac.jp

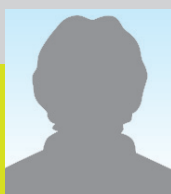


助教 小林広和  
Hirokazu KOBAYASHI  
011-706-9137  
kobayashi.hi@cat.hokudai.ac.jp

### 触媒材料研究部門 (総合化学院担当) Catalyst Material Research Division



教授 清水研一  
Kenichi SHIMIZU  
011-706-9164  
shimizu@cat.hokudai.ac.jp



助教 公募中

### 光触媒科学研究部門 (環境科学院担当) Photocatalysis Research Division



教授 大谷文章  
Bunsho OHTANI  
011-706-9132  
ohtani@cat.hokudai.ac.jp



准教授 エバ=コワルスカ  
Ewa KOWALSKA  
011-706-9131  
kowalska@cat.hokudai.ac.jp



助教 高島舞  
Mai TAKASHIMA  
011-706-9130  
takashima.m@cat.hokudai.ac.jp



## 分子触媒研究部門 (生命科学院担当) Molecular Catalyst Research Division



教授 高橋保  
Tamotsu TAKAHASHI  
011-706-9149  
tamotsu@cat.hokudai.ac.jp



准教授 小笠原正道  
Masamichi OGASAWARA  
011-706-9154  
ogasawar@cat.hokudai.ac.jp



助教 宋志毅  
Zhiyi SONG  
011-706-9153  
songzhiyi@cat.hokudai.ac.jp



研究推進  
支援教授 笠原二郎  
Jiro KASAHARA  
011-706-9149  
jiro.kasahara@cat.hokudai.ac.jp

## 高分子機能科学研究部門 (総合化学院担当) Macromolecular Science Research Division



教授 中野 環  
Tamaki NAKANO  
011-706-9155  
tamaki.nakano@cat.hokudai.ac.jp



准教授 小山靖人  
Yasuhito KOYAMA  
011-706-9157  
yasuhito.koyama@cat.hokudai.ac.jp



助教 吉満隼人  
Hayato YOSHIMITSU  
011-706-9157  
hayato.yoshimitsu@cat.hokudai.ac.jp

## 実用化推進系 (Department of Practical Applications)

### 研究開発部門 (総合化学院担当) Research and Development Division



教授 西田まゆみ  
Mayumi NISHIDA  
011-706-9381  
m-nishida@cat.hokudai.ac.jp



准教授 安田友洋  
Tomohiro YASUDA  
029-861-4572  
yasuda@cat.hokudai.ac.jp

## 研究支援技術部 Technical Division

gijyutu@cat.hokudai.ac.jp

### 研究支援技術部



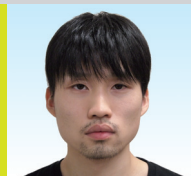
技術班長 石川勝久  
Katsuhisa ISHIKAWA  
011-706-9108  
katuhisa@cat.hokudai.ac.jp



技術主任 山岸太平  
Taihei YAMAGISHI  
011-706-9107  
yamata@cat.hokudai.ac.jp



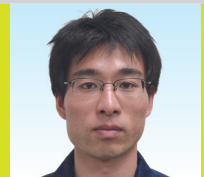
技術主任 長谷川貴彦  
Takahiko HASEGAWA  
011-706-9108  
hsgw@cat.hokudai.ac.jp



技術主任 向井慎吾  
Shingo MUKAI  
011-706-9109  
mukai@cat.hokudai.ac.jp



技術職員 下田周平  
Shuhei SHIMODA  
011-706-9107  
s-simoda@cat.hokudai.ac.jp



技術職員 川村裕介  
Yusuuke KAWAMURA  
011-706-9109  
kawa-yu@cat.hokudai.ac.jp



研究支援  
推進員 土生哲三  
Tetsuzo HABU  
011-706-9108



研究支援  
推進員 松平和彦  
Kazuhiko MATSUDAIRA  
011-706-9109  
kma@cat.hokudai.ac.jp

### 北キャンパス合同事務部

Northern Campus Area Joint Administration

事務長 六家英紀

Hideki ROKKE  
011-706-9101  
k-jimucho@jimuhokudai.ac.jp

## 触媒表面研究部門

Catalyst Surface Research Division

<http://www.hucc.hokudai.ac.jp/~q16691/index.html>基礎研究系  
Fundamental  
Research

## 表面をみて、つくって、あやつって

Observe, Create and Manipulate Surfaces

朝倉清高 教授 (Kiyotaka ASAKURA) 高草木達 准教授 (Satoru TAKAKUSAGI) 有賀寛子 助教 (Hiroko ARIGA)  
津野勝重 研究推進支援教授 (Katsushige TSUNO)

触媒作用を司る固体表面を原子レベルで見て、表面の構造や電子状態を解析し、反応機構の解明を行うとともに、触媒として興味深い表面を作って、反応を操るのが研究室のミッションです。

たとえば、燃料電池触媒の研究に取り組み、動作環境における表面構造の変化や電子状態の変化、高速電子移動の解明に取り組んでいます (図1)。また、分子科学研究所、高エネルギー加速器研究機構と共同して、光吸収に伴い高速で変化する電子状態変化とその緩和過程を原子レベルで解明する取り組みも行っています (図2)。こうした研究を支える顕微鏡法や分光法の開発も行っています。特に新しい量子ビームである陽電子、ミュオン、自由電子レーザを触媒に応用し新しい表面の知見を得ている。

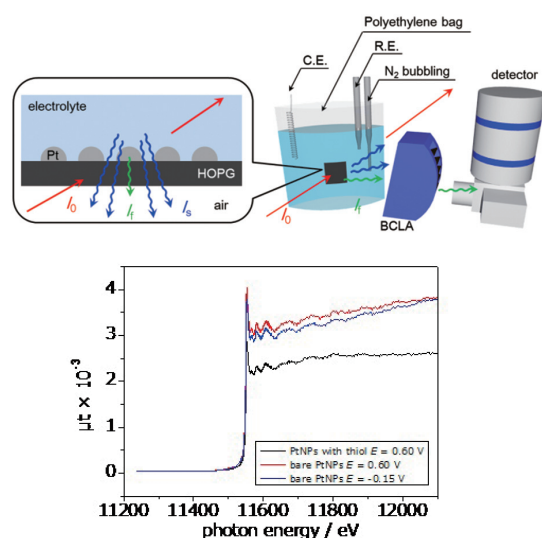


Fig. 1 EXAFS can be obtained from the sample with less than  $10^{15} \text{ cm}^{-2}$  Pt on Highly oriented pyrolytic graphite in the presence of electrolyte.

Our missions are observing the catalytically active solid surfaces on an atomic level to reveal the reaction mechanisms, making the catalytically interesting surfaces and manipulating the surface reactions (Fig. 1). For example, we have revealed the change of electronic state of central atoms and its evolution after the photoabsorption using pump-probe *in situ* XAFS in collaboration with IMS and KEK-PF (Fig. 2). We are challenging to develop new surface analysis methods. We applied the accelerator based beam techniques to the characterization of the surfaces such as positron, muon and free electron laser.

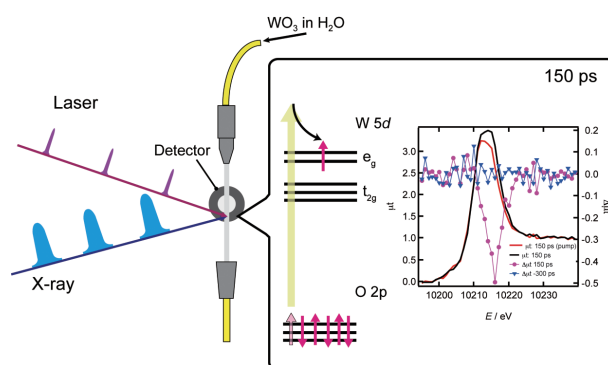


Fig. 2  $\text{WO}_3$  is a Z-scheme photocatalyst for water splitting. We collaborated with Prof. Bunsho Ohtani (ICAT), IMS and KEK-PF to reveal the evolution of electronic state after the photoabsorption process with a ps order time resolution using Pump-Probe XAFS method.

## 複雑分子系の理論化学計算手法による触媒原理の解明

### Theoretical and Computational Approach to Catalytic Principles

長谷川淳也 教授 (Jun-ya HASEGAWA) 中山哲 准教授 (Akira NAKAYAMA) 中谷直輝 助教 (Naoki NAKATANI)

本部門では、電子状態、分子構造、動力学など多様な複雑性に由来する触媒原理を明らかにすることを目的として研究を行っている。複雑な構造を持つ分子系を計算するためのQM/MM法(図1)、化学反応の動態を明らかにするAIMD法、熱的な分子構造揺らぎを考慮する統計力学的解析手法(図2)、複雑電子系の高精度計算が可能なDMRGなどの計算手法を開発するとともに、触媒反応への応用に取り組んでいる。

2014年度は、1.炭素触媒表面における糖の吸着構造、モデル触媒系における糖の加水分解機構(福岡研究室と共同研究)、2.固体酸化物と金属の界面における酸素原子の移動を介した酸化還元プロセス、3.遷移金属錯体触媒を用いたアミドのヒドロシラン還元反応のメカニズム(九州大学との共同研究)、4.DMRGに基づく強相関系励起状態理論の開発とFe-Sクラスターへの応用に関する理論的研究を行った。

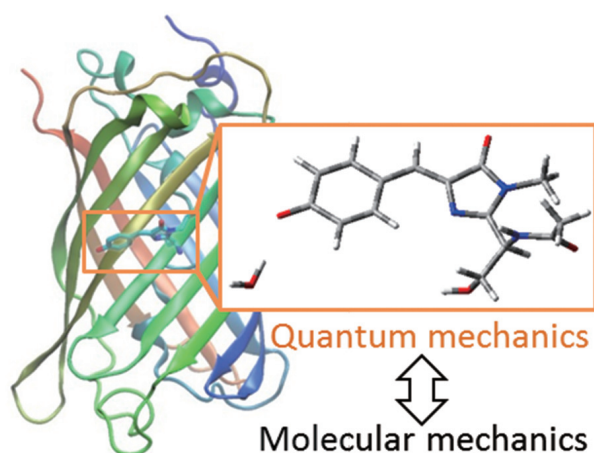


Fig. 1 Image of the QM/MM method for calculating complex molecular systems.

To overcome multiple complexities in catalytic mechanisms, we are developing an accurate theory for complex electronic structures, QM/MM method for large molecular systems, AIMD method for molecular simulations, and analytical methods based on quantum and statistical mechanics. These methods are applied to the catalytic reactions of organic catalysts, transition-metal reagents, heterogeneous catalysts.

Several examples of our research activities in 2014 is as follows: 1. Potential energy profiles for the adsorption and the mechanism for hydrolysis by carbon catalysts developed by Fukuoka group. 2. The redox process at the metal/metal-oxide interface by the first-principles molecular dynamics simulations. 3. Reaction mechanism of the platinum-catalyzed reduction of amide with bifunctional hydrosilane (with Nagashima group at Kyusyu University). 4. Development of density matrix renormalization group for calculating strongly-correlated excited states.

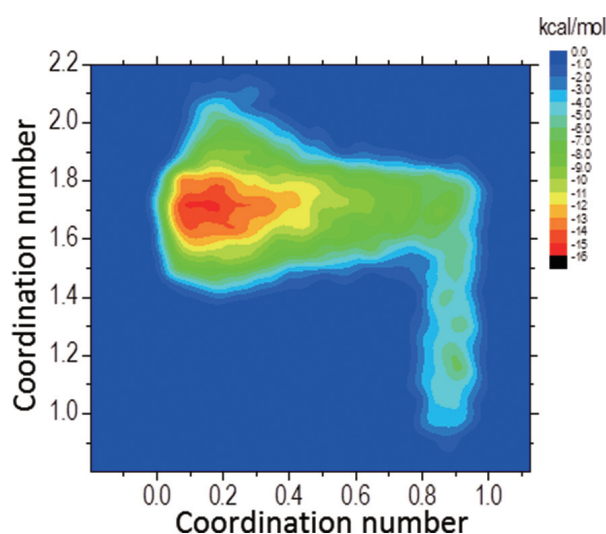


Fig. 2 Free energy landscape of a chemical reaction in aqueous solution.



## 表面分子科学研究部門

Surface Molecular Science Research Division

<http://www.cat.hokudai.ac.jp/osawa/>基礎研究系  
Fundamental  
Research

## 固液界面反応動力学の高速振動分光解析と反応制御

Real-time Vibrational Spectroscopic Monitoring and Control of Reaction Dynamics at the Solid/Liquid Interface

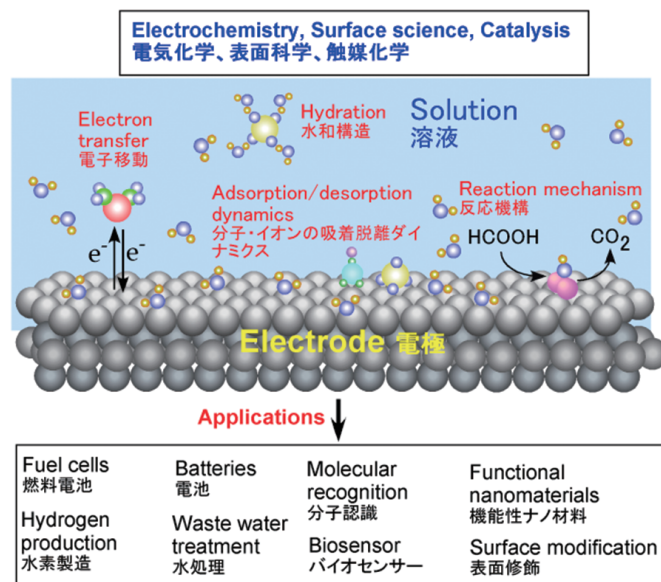
大澤雅俊 特任教授 (Masatoshi OSAWA) 叶深 准教授 (Shen YE)

電極界面 (固液界面) をはじめとする種々の界面の構造ならびにそこでの化学反応過程を分子レベルで解析し、応用することを目的に研究を展開している。研究手段として、赤外分光、和周波発生(SFG)分光、原子間力顕微鏡、電気化学的手法などを複合化して用いている。

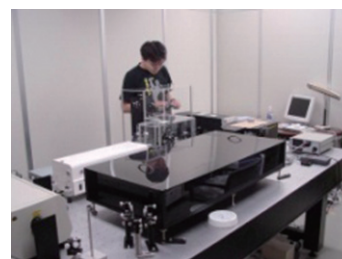
主な研究テーマは、(1) 固液界面構造と分子吸着挙動解析、(2) 電極表面反応ダイナミクスの高速時間分解分光解析、(3) 燃料電池を志向した電極触媒反応機構の解明、(4) 機能性有機超薄膜の構築と構造・機能解析、(5) SFGによる有機超薄膜の構造解析、(6) バイオポリマー表面における水素結合と生体適合性との相互、などである。

当研究室の研究の特徴は、反応が進行している界面をリアルタイムに追跡するところにある。表面増強赤外分光という超高感度表面分光の開発がそれを可能にしている。

Our main interest lies in reactions that take place at solid/liquid, solid/gas, and solid/solid interfaces. IR spectroscopy, sum frequency generation (SFG), scanning probe microscopy (STM, AFM), laser spectroscopy, and electrochemical techniques have been combined in order to understand the reactions on a molecular scale. Surface-enhanced IR (SEIRAS) developed in our laboratory enables fast time-resolved reaction monitoring. The main subjects are (1) dynamics of molecular adsorption at the electro-chemical interface, (2) electrode kinetics and dynamics, (3) mechanism of electro-catalysis for fuel cells, (4) self-assembly of ultra-thin organic and inorganic films and its applications, (5) structural analysis of ultrathin organic films and interfaces by SFG, and (6) hydrogen bonding at bio-polymer surfaces and bio-compatibility.



SEIRAS



SFG

## 物質変換研究部門

Catalytic Transformation Research Division

<http://www.cat.hokudai.ac.jp/fukuoka/>基礎研究系  
Fundamental  
Research

## 固体触媒の分子設計と多様なエネルギー源・資源の利用

Molecular Design of Heterogeneous Catalysts for Utilization of Variable Energies and Resources

福岡 淳 教授 (Atsushi FUKUOKA) 中島清隆 准教授 (Kiyotaka NAKAJIMA) 小林広和 助教 (Hirokazu KOBAYASHI)

本部門では、固体触媒を分子レベルで設計し、多様なエネルギー源・資源の利用に応用している。特に、非食料の木質バイオマスを分解して糖化合物などの有用化学品に変換する固体触媒の研究を進めている。本研究の中で、空気酸化した炭素がセルロースを加水分解して高収率でグルコースを合成できることを見出した（図1）。炭素表面の芳香環がセルロースを吸着し、弱酸点がグリコシド結合を切断する。現在は実バイオマスを効率的に分解できる触媒系の開発をめざしている。

また、野菜や果物を腐敗させるエチレンを触媒で酸化して除去することにより、食料の長期保存を可能にし、廃棄率の低下や飢餓地域への食料輸送の実現をめざしている。本研究では、メソポーラスシリカ担持白金触媒Pt/MCM-41が低温下においてエチレンを完全に除去することを見出した。赤外分光法を用いた検討からは一酸化炭素が反応中間体であることが示唆された（図2）。触媒の構造活性相関を検討し反応機構の解明に取り組んでいる。

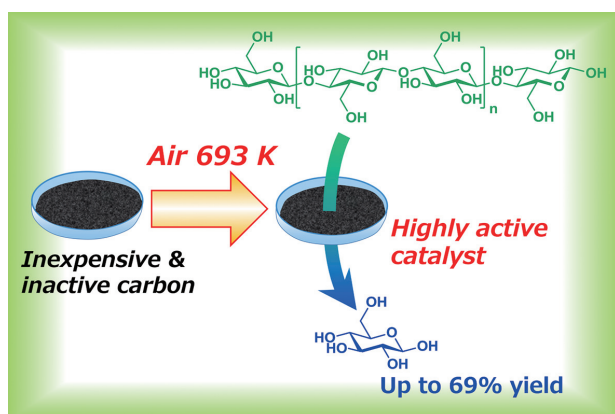


Fig. 1 Air-oxidized carbon catalysts for the hydrolysis of cellulose.

Our objective is molecular design of heterogeneous catalysts and their application for utilization of variable energies and resources. We have found that an alkali-activated carbon hydrolyzes cellulose to glucose, and that the active sites are weakly-acidic groups. Recently, instead of the alkali-activation, we developed a facile air oxidation method for the synthesis of inexpensive and highly active carbon catalysts (Fig. 1). Efficient hydrolysis of real woody biomass is now under investigation.

Another recent finding in our group includes high catalytic performance of Pt nanoparticles on mesoporous silica (Pt/MCM-41) in oxidation of ethylene at low temperatures (0 °C, Fig. 2), which prevents ripening of vegetables and fruits. Infrared analysis suggested that CO is an intermediate in this catalytic reaction. We are studying the structure-activity relationship to elucidate the reaction mechanism.

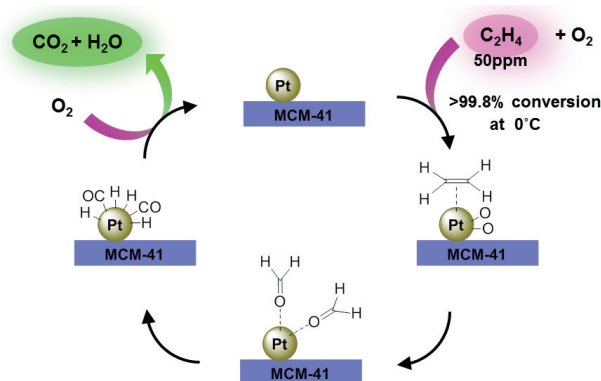


Fig. 2 Proposed mechanism for low-temperature oxidation of ethylene over Pt/MCM-41.

## 触媒材料研究部門

Catalyst Material Research Division

<http://www.cat.hokudai.ac.jp/shimizu/>基礎研究系  
Fundamental  
Research

## 理想的な化学品合成・自動車排ガス浄化を目指した多機能性触媒の設計

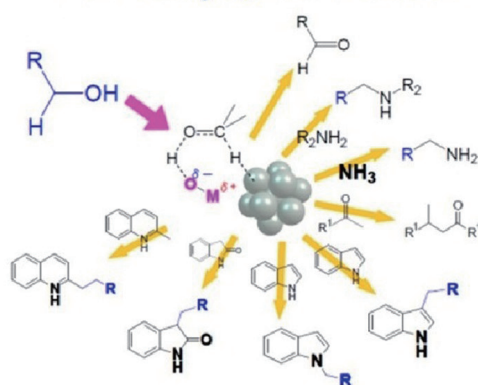
Design of Multifunctional Catalysis for Ideal Synthesis and Automotive Pollution Control

清水研一 教授 (Kenichi SHIMIZU)

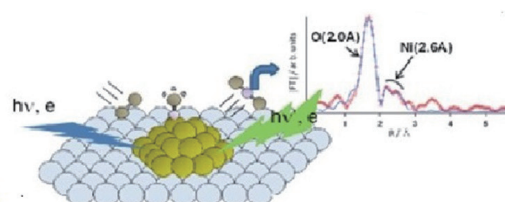
稀少金属資源の使用量を最小限に抑えたグリーン有機合成、環境浄化用固体触媒の開発を目的とする。種々のIn-situ分光を駆使した触媒構造・反応機構研究を通じて触媒構造-機能-性能の相関関係を明確化し、触媒設計にフィードバックさせる。機能の異なる複数の金属・酸化物種を近接させた界面の設計が複合効果の任意制御の鍵となると考えている。

Our aim is to design new heterogeneous catalysts for green organic reactions and automotive pollution control with minimum use of metal resources. Mechanistic and structural studies by various in-situ spectroscopic methods establish the structure-activity relationship, which provides fundamental basis for catalyst design. Control of multifunctional active sites at metal-support interface will be the key to the catalyst development.

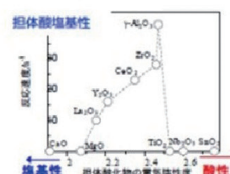
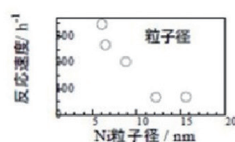
## New Catalyst, New Reaction



## Dynamic Surface Analysis



## Design of Multifunctional Catalysis





## 光触媒科学研究部門

Photocatalysis Research Division

<http://www.hucc.hokudai.ac.jp/~k15391/>基礎研究系  
Fundamental  
Research

## 機能性微粒子の設計・開発と化学反応系への応用

Design, Development and Application of Functionalized Particles

大谷文章 教授 (Bunsho OHTANI) エバ=コワルスカ 准教授 (Ewa KOWALSKA) 高島舞 助教 (Mai TAKASHIMA)

触媒あるいは光触媒などをはじめとするさまざまな化学機能をもつ微粒子の設計と調製、評価をおこなうとともに、それらを化学反応系に応用することをめざしている。具体的には、(1) 高効率な光触媒反応系の構築を目的として、作用スペクトル解析法および二重励起光音響分光法を開発し、微粒子光触媒の設計指針および反応機構に関する知見をえた。(2) 新規な精密制御気相法チタニア合成装置を開発し、世界最高性能の十面体形状アナタースチタニア光触媒を調製することに成功した(図1)。(3) 金微粒子担持酸化チタン光触媒を開発し、従来の半導体光触媒反応系におけるバンドギャップ吸収ではなく、金の表面プラズモン共鳴吸収にもとづく新規な可視光誘起光触媒反応系を開発した。(4) 水熱処理などの方法を駆使して、ミクロな結晶構造およびマクロな集合構造を規制した金属酸化物微粒子を調製し(図2)、その高い可視光誘起光触媒活性を確認した。

We are aiming to design and fabricate functionalized micro-/nano-particles and apply them to chemical reaction systems for efficient use of energy and resources. Recent achievements include (1) development of analytical methods, action spectrum analyses and double-beam photoacoustic spectroscopy for evaluating photocatalyst particles for the purpose of designing a highly active photocatalyst; (2) preparation of highly active titanium(IV) oxide (titania) photocatalyst particles using a newly developed gas-phase reactor (Fig. 1); (3) development of a visible-light responsive gold-loaded titania photocatalyst particles driven by surface plasmon resonance absorption of gold; (4) development of metal oxide particles with micro-macro hierarchical structure through processes such as hydrothermal treatment of substrates (Fig. 2), which show relatively high level of photocatalytic activity under visible-light irradiation.

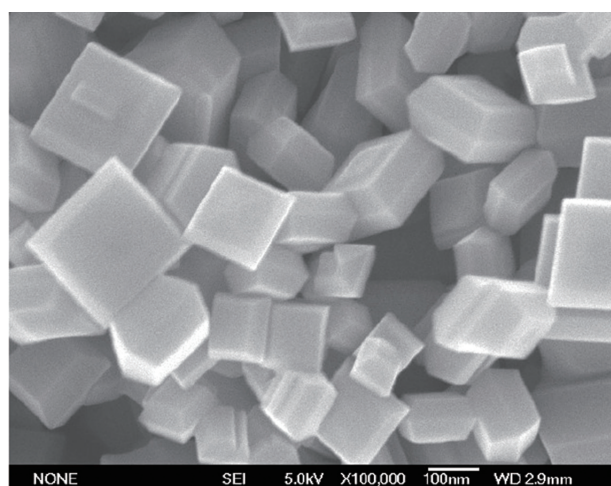


Fig. 1

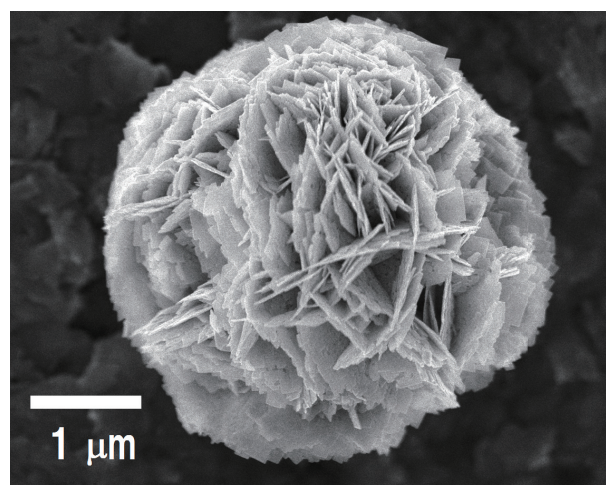


Fig. 2

## 分子触媒研究部門

Molecular Catalysis Research Division

<http://www.cat.hokudai.ac.jp/takahashi/>基礎研究系  
Fundamental  
Research

## 有機金属化学を駆使して、新たな炭素骨格構築反応の開発を目指す！

Toward Novel Carbon-Carbon Bond Formation by Organometallic Chemistry

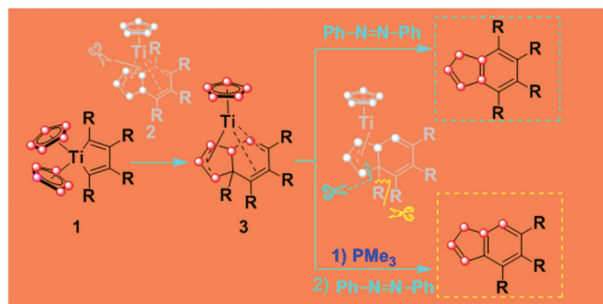
高橋保 教授 (Tamotsu TAKAHASHI) 小笠原正道 准教授 (Masamichi OGASAWARA) 宋志毅 助教 (Zhiyi SONG)

笠原二郎 研究推進支援教授 (Jiro KASAHARA)

当研究室では従来より、様々な遷移金属試薬/触媒を用いた新規有機合成反応の開発を行っており、古典的な有機化学においては困難とされてきた様々な炭素骨格変換反応/立体選択的反応を見出している。

チタン錯体1によるCpとジエン部位とのカップリング反応によりジヒドロインデンチタン錯体2が生成し、さらに炭素-炭素結合切断が起こり、異性化反応により錯体3へと変化する。今回、生成したチタノセン錯体の多様な反応性を明らかにすべく、添加剤の検討を行った。その結果、アゾベンゼンに加え添加剤としてトリメチルホスフィンを加えると、ジエン部位と置換基の間の炭素-炭素結合がひとつ切断され、三置換インデン誘導体が得られることを見出した。また、錯体3にアゾベンゼンのみを入れると、四置換インデン誘導体がえられた。Scheme 1に示すように、驚くことに錯体3の五つ鎖状炭素が環状に戻った、一度切断した炭素-炭素結合が再結合するという珍しい例を見いだした。

共役ジエンの炭素-炭素単結合における回転を阻害するとアトロプ異性体が生じるが、アトロプ異性ジエンの不斉源としての利用はほとんど報告されていなかった。テトラリン骨格を縮環させたブタジエン誘導体1がアトロプ異性に基づく螺旋不斉を示すことを見いだした。1はルイス塩基であり、不斉有機分子触媒としてアルデヒドのアリル化反応へ応用したところ、特異的に高い触媒活性、優れたエナンチオ選択性を示した。



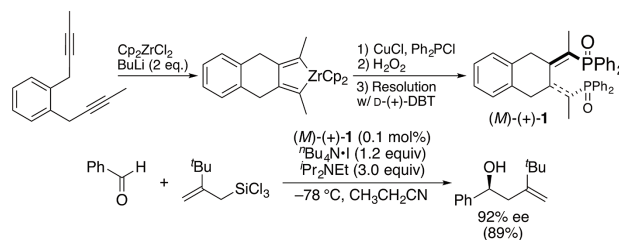
Scheme 1. Carbon-Carbon bond cleavage reactions of Titanacyclopentadienes

Cleavage/formation of carbon-carbon bonds in organic molecules have been a major challenge in synthetic organic chemistry. By utilizing transition-metal reagents or catalysts, our research group has developed such reactions with unique modes of C-C bond cleavage/formation or interesting stereoselectivity.

Titanacyclopentadiene complexes 1 underwent intramolecular coupling of Cp with diene moiety to give dihydroindenyl complexes 2. Complexes 2 were converted to 3 via C-C bond cleavage. When tetraalkyldihydroindenyl complexes 3 were treated with azobenzene in the presence of PMe<sub>3</sub>, one alkyl group was cut off to give an indene with THREE substituents.

On the other hand, when tetraalkyldihydroindenyl complexes 3 were treated with azobenzene in the absence of PMe<sub>3</sub>, an indene product with FOUR substituents was obtained. Surprisingly, linearly-aligned 5 carbons in the dihydroindenyl moiety of 3, which were once the cyclic five carbons of Cp ring, were converted to the five-membered ring of the indene product. Once cleaved C-C bond was recombined.

Restricted rotation about the carbon-carbon single bond in a 1,3-diene induces atropisomeric chirality, however, the dienic atropisomeric chirality has been rarely utilized for asymmetric reactions as chiral templates. We have recently found out that cycloalkane-fused butadiene derivative 1 is atropisomeric and isolable in the enantiomerically pure forms showing excellent performances in the organocatalytic asymmetric allylation of aldehydes.



Scheme 2. Synthesis of Atropisomeric Dienic Phosphine Oxide 1 and Its Application in Organocatalytic Allylation of Aldehydes

## 高分子機能科学研究部門

Macromolecular Science Research Division

<http://polymer.cat.hokudai.ac.jp/>基礎研究系  
Fundamental  
Research

## 高分子・超分子の精密構造制御による機能性材料の開発

Control of Polymer and Supramolecular Structures Leading to Advanced Materials

中野 環 教授 (Tamaki NAKANO) 小山靖人 准教授 (Yasuhito KOYAMA) 吉満隼人 助教 (Hayato YOSHIMITSU)

当部門では先端材料としての応用を目指して構造制御された高分子および超分子を合成している。重合反応の設計により、らせん、 $\pi$ -スタック型、ハイパーブランチ型などの分子構造および高次構造の制御を実現し、加えて、液晶等の分子間構造制御法も開発している。制御構造を有する高分子・超分子を用い、触媒、発光、導電性、エネルギー移動、光学非線形特性、分離、薬理活性等の高度な機能の発現に挑戦している。

当研究室では $\pi$ スタック型構造をビニルポリマーに対して制御することに初めて成功した(図1)。 $\pi$ スタック型ポリマーは特異な立体構造に基づいて、興味深い光・電子物性を示す。光電子物性は主鎖共役系高分子に特異的なものと考えられていたが、ビニルポリマーの構造制御により優れた材料が開発できることを明らかにした。また、円偏光を用いたらせん高分子の合成に成功し、さらに、光でらせんの向きをスイッチングするらせん高分子系の開発も行っている(図2)。

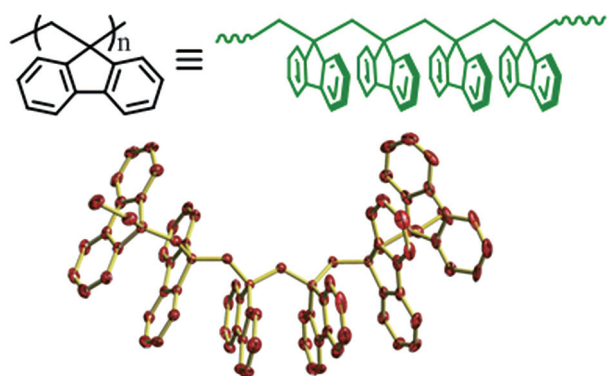


Fig. 1. Structure of poly(dibenzofulvene), the first  $\pi$ -stacked vinyl polymer.

Our research focuses on the synthesis of polymers and supramolecules having controlled structures including helix,  $\pi$ -stacked conformation, and hyperbranched morph and ordered liquid crystalline phases aiming at creating advanced materials showing catalytic activities, photo emission, conduction, energy transfer, non-linear optical properties, separation functions, and pharmaceutical activities.

We have succeeded in synthesis and structural elucidation of  $\pi$ -stacked vinyl polymer, poly(dibenzofulvene), for the first time (Fig. 1). Based on the  $\pi$ -stacked structure, this polymer shows valuable photo electronic properties that have been thought to be unique to main-chain conjugated polymers. Another goal is to create a polymer helix using light: we have for the first time prepared a preferred-handed helix on the basis of chirality of light (circularly polarized light) and further extended this work to a helical-sense switching driven/triggered by light (Fig. 2).

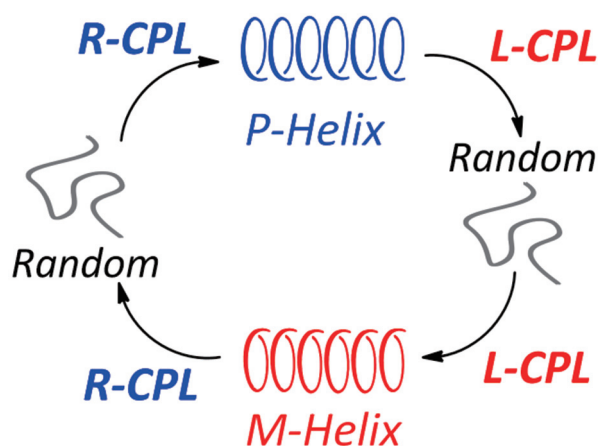


Fig. 2. Chirality switching of helical polymer driven/triggered by circularly polarized light (CPL).



## 研究開発部門

Research and Development Division

<http://www.cat.hokudai.ac.jp/osawa/>実用化推進系  
Practical  
Applications大学の知的財産の実用化・商業化及び企業の実用化ニーズの  
技術シーズ化Technical Transfer of Intellectual Property owned by University to Industry &  
Introduction of Industrial Need to University as Research Seed

西田まゆみ 教授 (Mayumi NISHIDA) 安田友洋 准教授 (Tomohiro YASUDA)

実用化基盤技術開発部は、産学連携強化をより進めることを目的とする文部科学省の要請に応え、全国に先駆け2014年4月から北海道大学触媒化学研究センターに設けられた研究室です。そのミッションは、大学の知的財産の実用化・商業化及び企業の実用化ニーズの技術シーズ化にあります。実用化基盤技術開発部の役割は、研究者コミュニティの成果を国内外の企業に紹介し、実用化に興味を示す企業を見つけ出し、本来の発明者である先生の立場に立って、大学の知的財産の活用を推し進め、成果に市場価値を付与することです。また、市場から要求される技術を大学での研究シーズにまで落とし込み、それを研究者コミュニティに投げかけることで、企業の要望に沿った新しい技術開発を行います。2015年4月からは産業技術総合研究所触媒化学融合研究センターとのクロスアポイントメントにより、産学官のネットワークを更に広げて行きます。

The technical application division was set up in April 2014 in Hokkaido University in run up to other universities in Japan at the request of the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology. The mission statements of the technical application division are as follows.

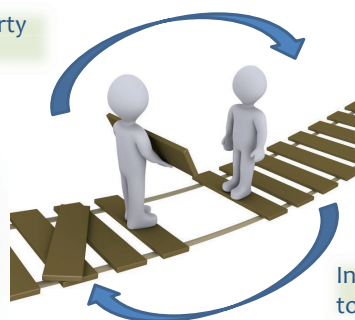
1. Technical transfer of intellectual properties owned by Japanese universities to industry
2. Introduction of industrial needs to Japanese universities as research seeds

In April 2015, the technical application division started the collaboration with National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, which was under Ministry of Economy and Trade and Industry, on a cross-appointment system to promote cooperation among government, academia and industry.

## Mission Statement of Technical Application Division

Technical Transfer of Intellectual Property  
owned by University to Industry

Researcher Community



Business People

Introduction of Industrial Need  
to University as Research Seed

## サステナブル触媒研究クラスター

Research Cluster for Sustainable Catalyst

<http://www.cat.hokudai.ac.jp/>, <http://www.catalystdb.jp/index.php>

拠点型  
Central  
Research  
Section

### 触媒化学研究拠点事業の推進

Promoting Catalysis Research on the Basis of a Collaboration Framework

Cluster Leader: 長谷川淳也 (Jun-ya HASEGAWA)

Member: 朝倉清高 (Kiyotaka ASAKURA, ICAT, Hokkaido Univ.)  
大澤雅俊 (Masatoshi OSAWA, ICAT, Hokkaido Univ.)  
大谷文章 (Bunsho OHTANI, ICAT, Hokkaido Univ.)  
高橋保 (Tamotsu TAKAHASHI, ICAT, Hokkaido Univ.)

福岡 淳 (Atsushi FUKUOKA, ICAT, Hokkaido Univ.)  
中野 環 (Tamaki NAKANO, ICAT, Hokkaido Univ.)  
西田まゆみ (Mayumi NISHIDA, ICAT, Hokkaido Univ.)  
清水研一 (Kenichi SHIMIZU, ICAT, Hokkaido Univ.)

持続可能社会の構築に向け、その鍵となる触媒科学技術の先端研究を推進する。全国の研究者コミュニティとの協力研究体制の提案と構築、触媒科学の体系化、全国の研究者の情報共有のためのネットワーク構築など、触媒科学研究拠点として独自の事業を行う。

#### ①サステナブル触媒事業

持続可能な社会に向けた技術革新を可能とする新しいエネルギー・資源・物質変換の触媒科学・技術研究を推進する。

#### ②触媒高度実践研修プログラム事業

統合的触媒研究体制のもと、研究者の人材育成、触媒開発支援をする。

#### ③複雑に進化する触媒に関係する膨大な科学技術の体系化、触媒データベースを構築する。

For realizing a sustainable society, high level development of catalysis science is indispensable. This cluster is aiming at collaboration and/or fusion of current catalytic studies as well as the development of new catalytic science and technologies like catalytic biomass conversion and also new catalyst characterization methodology through networking of researchers in catalytic science and related fields. This collaboration framework provides chances for the researchers to make global collaboration for discussing problems in catalytic studies, and for making international proposals relating to chemistry and catalytic science. We also plan to systematize known catalytic chemistry and technologies by making database and to use the information for education and training of researchers in the field of catalysis.



#### 触媒化学研究データベースによるこそ

北海道大学触媒化学研究センターは触媒化学研究の拠点活動のひとつとして、触媒データベースの構築を開始しました。皆様のデータ入力により構築・拡張される下記データベースを広く公開するものです。皆様のご協力を宜しくお願いいたします。

触媒物質データベース

XAFS database

Figure 1. Top page view of the web site of catalyst database

# 不斉反応場クラスター

Research Cluster for Development of Non-centrochirality As Novel Asymmetric Reactants Media

<http://www.cat.hokudai.ac.jp/takahashi/>

展開型  
Extensive  
Research  
Section

## 「非中心不斉」化合物の不斉合成、不斉反応場としての応用を目指す Development of Novel Application of "Non-Centrochirality" in Stereoselective Reactions

Cluster Leader: 小笠原正道 (Masamichi OGASAWARA)

Member: 柴田哲男 (Norio SHIBATA, Nagoya Institute of Technology)

野村琴広 (Kotohiro NOMURA, Tokyo Metropolitan Univ.)

西原康師 (Yasushi NISHIHARA, Okayama Univ.)

中島誠 (Makoto NAKAJIMA, Kumamoto Univ.)

吉田和弘 (Kazuhiro YOSHIDA, Chiba Univ.)

神川憲 (Ken KAMIKAWA, Osaka Prefecture Univ.)

阿部竜 (Ryu ABE, Kyoto Univ.)

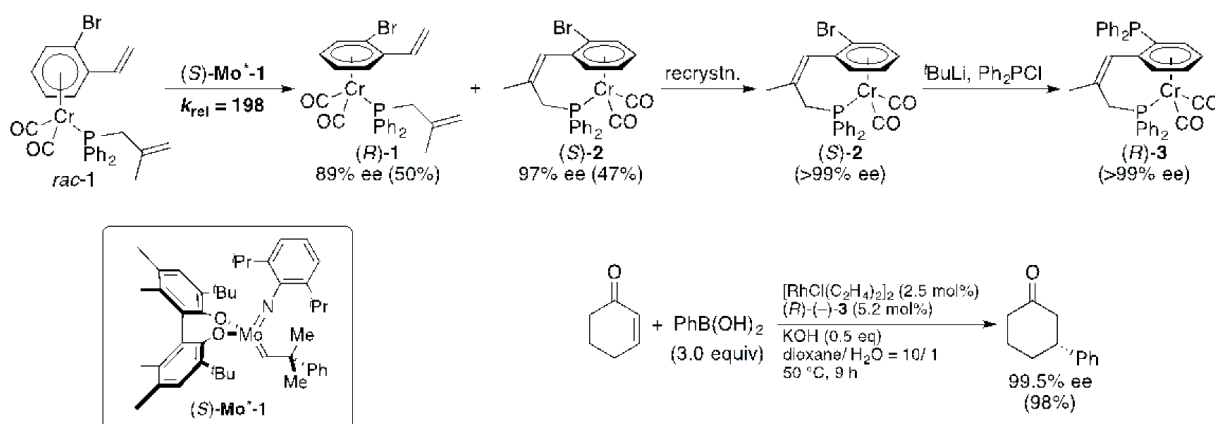
中野 環 (Tamaki NAKANO, ICAT, Hokkaido Univ.)

本研究では、軸不斉、面不斉、螺旋不斉といった「非中心不斉」を有する化合物の効率的な不斉合成法の開発、およびそれらのキラル化合物の不斉試薬、不斉触媒、不斉反応場としての応用を目的とする。

立体で選択的合成手法、とりわけエナンチオ選択的合成反応の開発は近年の合成化学における最も重要な課題の一つであり、活発な研究が行われている。しかしながら、この分野の従来の報告例のほとんどは、炭素上に中心不斉を誘起するものであり、「非中心不斉」を有する化合物の触媒的不斉合成の成功例は非常に限られている。一方、軸不斉・面不斉を有する化合物は、不斉合成反応における効果的なキラル・テンプレートであることが知られている。すなわち、「非中心不斉化合物」の不斉合成は、潜在的な「不斉触媒種（あるいはその前駆体）」の不斉合成ととらえることができる。

Purposes of this research project are development of novel methods of inducing "non-centrochirality", which includes axial-, planar-, or helical-chirality, by the use of transition-metal-catalyzed asymmetric reactions and application of such non-centrally chiral molecules in asymmetric transformations as chiral reagents, catalysts, or media.

Development of novel enantio-selective reactions has been an area of extensively studied in recent synthetic organic chemistry. In spite of importance of axially and/or planarly chiral compounds in this field, most of the reports feature construction of tertiary or quaternary stereogenic carbons and asymmetric synthesis of compounds with non-centrochirality is extremely rare. We are going to challenge this relatively unexplored area, which will potentially be "catalytic asymmetric synthesis of asymmetric catalysts".



Scheme 1. Development of Planar-Chiral (Arene)chromium-Based Phosphine-Olefin Ligands and Their Application in Rhodium-Catalyzed Asymmetric Conjugate Addition Reaction.



# 構造制御表面反応場研究クラスター

Research Cluster of Well-defined Surface Structures for Precise Reaction Control

<http://www.hucc.hokudai.ac.jp/~q16691/index.html>

展開型  
Extensive  
Research  
Section

## 構造の制御された表面反応場をつくる、みる

Create and Observe Well-defined Surface Structures for Precise Reaction Control

Cluster Leader: 高草木達 (Satoru TAKAKUSAGI)

Member: 清水研一 (Ken-ichi SHIMIZU, ICAT, Hokkaido Univ.)

八木一三 (Ichizo YAGI, Hokkaido Univ.)

佃達哉 (Tatsuya TSUKUDA, The Univ. of Tokyo)

田旺帝 (Wan-Jae CHUN, International Christian Univ.)

近藤敏啓 (Toshihiro KONDO, Ochanomizu Univ.)

魚崎浩平 (Kohei UOSAKI, NIMS)

増田卓也 (Takuya MASUDA, NIMS)

角山寛規 (Hironori TSUNOYAMA, Keio Univ.)

原賢二 (Kenji HARA, Tokyo Univ. of Technology)

構造の規定された酸化物単結晶表面を機能性分子や金属で様々に修飾することで、well-definedな表面反応場を構築する。走査型トンネル顕微鏡 (STM) や偏光全反射蛍光XAFS法を用いて原子・分子レベルでの幾何・電子構造評価を行うとともに、実際に触媒活性を測定することで活性発現の起源を明らかにし、活性サイトの合理的設計のための指針を得る。

例えば酸化物上の金属ナノ粒子は担持金属触媒をはじめ、センサー、電子デバイスなど様々な材料に應用されているが、凝集が起こりやすく、微小クラスター (サイズが1nm以下) を均一に十分な量担持することが難しい。しかし酸化物表面を、あらかじめ金属と強く相互作用する官能基を有する機能性分子で修飾することで、図1のように金属を単原子状に分散できる。機能性分子の被覆率と金属の導入量を変化させることで、サイズを制御した微小クラスターの調製が可能になると期待できる。

The objective of our research group is to create well-defined active surface structures by modifying oxide single crystal surfaces with various functional molecules and metals. They are characterized at an atomic level by using advanced surface science techniques such as STM and PTRF-XAFS to elucidate the origin of the catalytic activity.

We are now focusing on metal nanoclusters on oxide surfaces because they are technologically important as oxide-supported metal catalysts, sensors, and electronic devices. It is not easy to prepare homogeneous subnanometer-sized clusters on oxides because they are easily aggregated to form large clusters although they are expected as the next generation catalysts or devices. We succeeded in preparing an atomically dispersed metal species by premodifying an oxide surface with functional molecules before metal deposition (Fig. 1), which may enable precise size control of subnanometer-sized clusters by controlling densities of the functional molecule and the deposited metal.

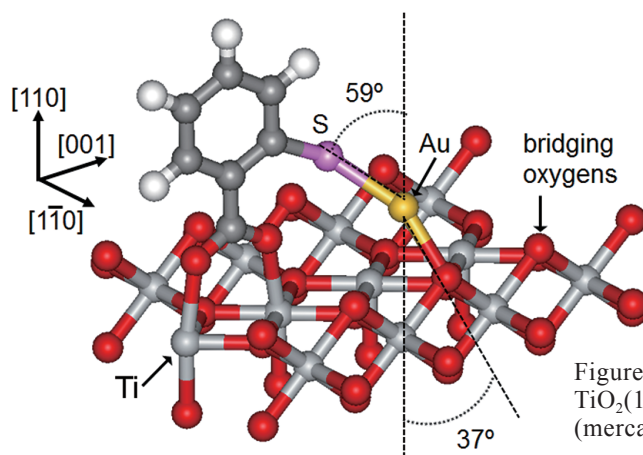


Figure 1. Atomically dispersed Au on  $\text{TiO}_2(110)$  premodified with *o*-MBA (mercaptobenzoic acid) molecules.

# バイオインターフェース研究クラスター

Research Cluster of Bio-Interface

<http://www.hokudai.ac.jp/osawa/member/ye>

展開型  
Extensive  
Research  
Section

## 生体界面の分子構造を高感度で追跡する

Exploring the Bio-Interface in a Molecular Sensitivity

Cluster Leader: 叶深 (Shen YE)

Member: 村越敬 (Kei MURAKOSHI, Hokkaido Univ.)

葉金花 (Jinhua YE, National Institute for Materials Science)

今堀博 (Hiroshi IMAHORI, Kyoto Univ.)

田中賢 (Masaru TANAKA, Kyushu Univ.)

物質の触媒活性や機能性はその物質の表面や界面の原子・分子の配列構造に支配されている。我々は、和周波発生 (SFG) 振動分光法や原子間力顕微鏡 (AFM) などの表面科学的手法を用い、生体膜をはじめとする生体機能性材料の界面分子構造の解明を通じて、その機能性発現の機構解明を分子レベルで実現する。タンパク質や酵素などの様々な生体分子との反応に伴う界面構造の高感度な追跡により、バイオインターフェースにおける反応の機構解明を目指すと同時に、生体機能性材料の開発にも貢献する。さらに、リチウムイオン電池や金属空気電池などの蓄電池の充放電性能や安定性の改良を表面科学的視点から取り組み、電極と有機電解質溶液との界面構造をその場に解明することにより、機能性電極触媒材料の開発に貢献する。

Molecular structure at surface of a functional material plays important roles in its functionality and catalytic activity. Our research interest is focused on elucidation of relationship between the functionality and the molecular structures on the surface or interfaces of bio-membranes and functional materials at molecular level using sum frequency generation (SFG) spectroscopy and atomic force microscope (AFM). The enzyme reaction and phase transition have been investigated by these approaches under in situ conditions. The structures on the electrode/solution interfaces in several secondary batteries, such as Li-ion battery and metal-air battery, have also been studied to establish our basic understanding between the battery performance and the interfacial structures.

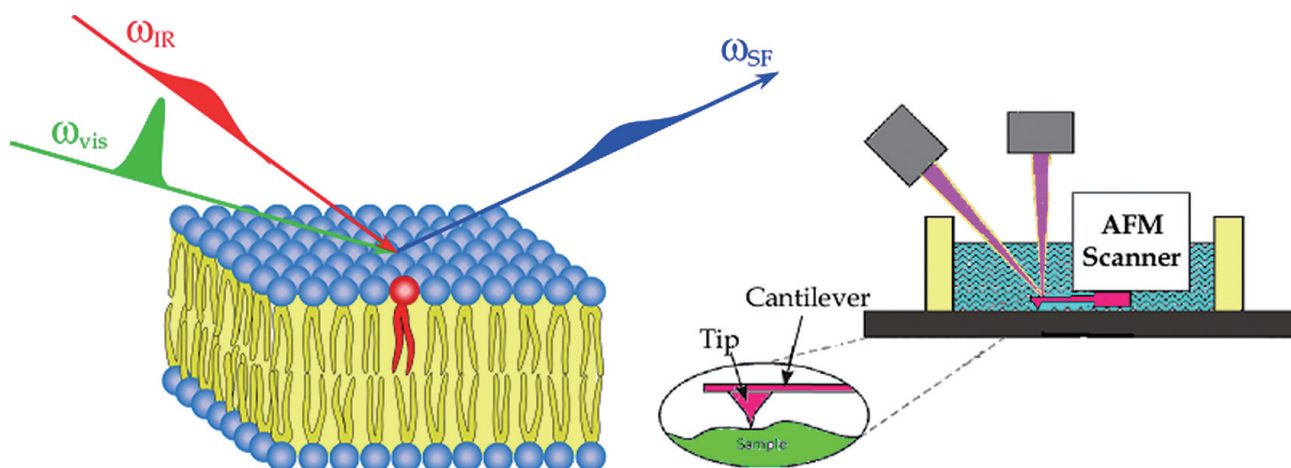


Figure 1. Scheme for SFG and AFM Measurements on the Bio-interface.

# 光機能性プラズモン粒子研究クラスター

Research Cluster for Photofunctional Plasmonic Particles

<http://www.hucc.hokudai.ac.jp/~k15391/>

展開型  
Extensive  
Research  
Section

## 環境浄化用プラズモン励起型光触媒の開発

Development of Plasmonic Photocatalysts for Environmental Applications

Cluster Leader: エバ=コワルスカ (Ewa KOWALSKA)

Member: 高草木達 (Satoru TAKAKUSAGI, ICAT, Hokkaido Univ.)

高瀬舞 (Mai TAKASE, Muroran Institute of Technology)

Hynd REMITA (Univ. de Paris-Sud, France)

Saulius JUODKAZIS

(Swinburne Univ. of Technology, Australia)

Sven RAU (Hironori TSUNOYAMA, Keio Univ.)

Adriana ZALESKA (Gdansk Univ., Poland)

Agata MARKOWSKA-SZCZUPAK

(The West Pomeranian Univ. of Technology, Poland)

Antoni W. MORAWSKI

(The West Pomeranian Univ. of Technology, Poland)

Wojciech MACYK (Jagiellonian Univ., Poland)

本研究クラスターでは、太陽光にふくまれる可視光の波長領域において表面プラズモン共鳴吸収をもつ光機能性の粒子、すなわち、金、銀あるいは銅などの金属あるいは合金と広いバンドギャップをもつ半導体からなる光触媒の開発をめざしている。これらの光触媒を用いる紫外あるいは可視光照射下での汚染物質分解の反応機構およびLSPR吸収により生じる電場による光触媒活性向上の効果を検討し、主要な反応条件および光触媒活性と物理化学的特性の相関を明らかにする。さらにこのプラズモン光触媒に均一系光触媒である金属錯体を修飾することにより、さらなる光触媒活性の向上と光吸収、キャリア移動および酸化還元反応の機構を解明する。

Our research will focus on development of photofunctional nanoparticles with plasmonic properties (LSPR) at visible range of solar spectrum, i.e. mono and bimetallic photocatalysts composed of gold, silver, copper and wide-band semiconductor. We will examine the influence of structural properties on the photocatalytic activity and on the mechanism of chemical and biological (bacteria and fungi) pollutants degradation. The mechanism of photocatalytic action under visible light irradiation will be studied by a few methods, e.g., i) action spectra analysis, ii) determination of quasi Fermi level, and iii) determination of lifetime of charge carriers by time resolved microwave conductivity (TRMC) and photoacoustic spectroscopy (PAS). The influence of titania facets (101 and 001) on properties of metal deposits, and thus on resultant photo- and antiseptic properties will be also examined.

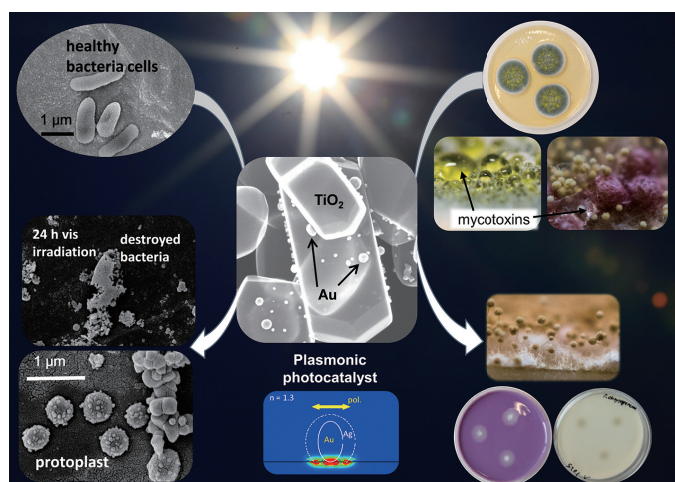


Figure 1. Scheme for SFG and AFM Measurements on the Bio-interface.

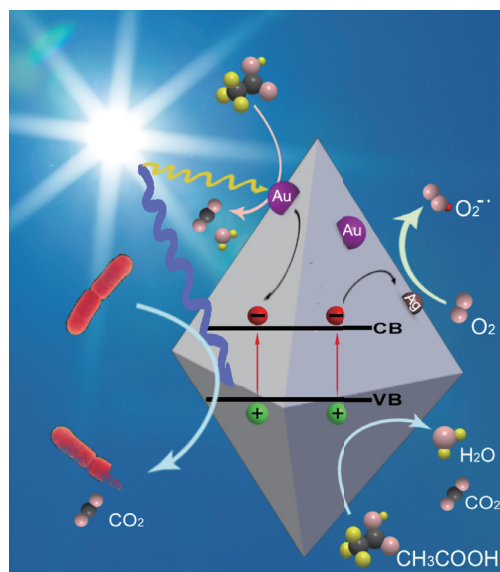


Fig. 2. Scheme of photodegradation of chemical and biological pollutants on titania (exposed with (101) facets) modified with NPs of gold and silver.



# バイオポリマー研究クラスター

Research Cluster for Biopolymers

<http://www.cat.hokudai.ac.jp/biopolymer.html>

展開型  
Extensive  
Research  
Section

## 生体高分子の精密合成法を開発し、超分子材料を創製する

Development of Exact Polymerization Method of Biopolymers and Creation of Supramolecular Materials Exploiting Biopolymers

Cluster Leader: 小山靖人 (Yasuhito KOYAMA)

Member: 芹澤武 (Takeshi SERIZAWA, Tokyo Institute of Technology)

門出健次 (Kenji MONDE, Hokkaido Univ.)

福岡 淳 (Atsushi FUKUOKA, ICAT, Hokkaido Univ.)

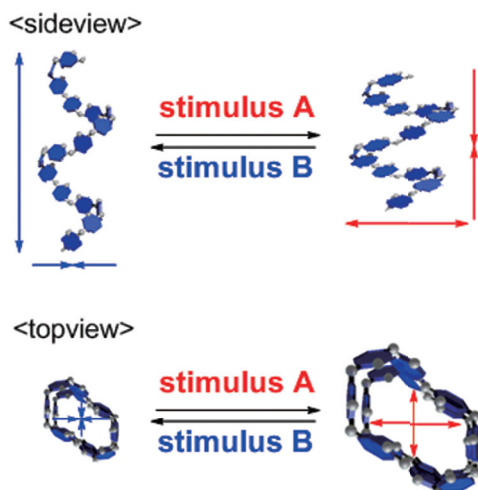
高田十志和 (Toshikazu TAKATA, Tokyo Institute of Technology)

光学活性な有機化合物の構造を合理的に設計することにより、有用な機能性材料が創出される。有機金属触媒、分離・分割材料、円偏光発光性材料などがその代表的な例である。不斉場と機能性物質の複合化は、今後の革新的な機能性材料の創製において重要であると考えられる。

らせん高分子は、光学活性低分子には存在しない特異な不斉場である繰り返し構造間の「空孔」や「溝」を有する。そのためらせん高分子を機能性材料の土台として活用する研究が近年盛んに行われている。こうした背景の下、我々は①高次構造が完全に一方巻きで、②様々な機能性物質と容易に複合化でき、さらに③らせん構造を外部刺激によって自在に制御できるような生体高分子に着目している。現在、糖鎖やポリペプチドの精密合成法と、高次構造の動的特性の解明、及び生体高分子及び関連する生体分子の構造特性を活かした超分子材料の創製について研究を実施している。

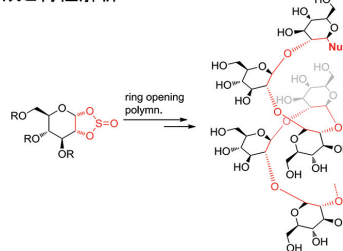
Rational design of optically active organic compounds produce useful materials such as organometallic catalysts, chiral separation resins, and circularly polarized light (CPL)-emitting materials. Hybridization between asymmetric field and functional materials is an important concept on a creation of innovative materials. Helical polymers have been regarded as a unique scaffold for high performance materials, because they have two unique asymmetric fields, cavity and groove. On the basis of such backgrounds, we are intrigued by the potential usefulness of biopolymers as a rigid, multi-functional, and stimuli-switchable helical foldamer. Development of exact polymerization method of biopolymers, elucidation of dynamic behavior of biopolymers, and creation of supramolecular materials exploiting biopolymers are currently underway.

### Conceptual Structure of Biopolymer as a Helical Foldamer

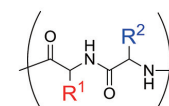


### Research Motifs

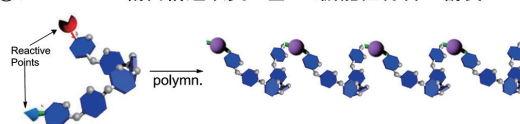
①天然高分子：(1→2)-β-グルコピラノンの合成と特性解析



③ポリペプチドのシーケンス制御型重合法の開発



②アミロースの精密構造改変に基づく機能性材料の創製



# 量子シミュレーション研究クラスター

Research Cluster for Quantum Simulation

<http://www.cat.hokudai.ac.jp/hasegawa/>

展開型  
Extensive  
Research  
Section

## 量子シミュレーション手法の開発と触媒反応の理論的解析

Development of the Methodology of Quantum Simulations and its Application to Catalytic Reactions

Cluster Leader: 中山哲 (Akira NAKAYAMA)

Member: 高草木達 (Satoru TAKAKUSAGI, ICAT, Hokkaido Univ.)

清水研一 (Ken-ichi SHIMIZU, ICAT, Hokkaido Univ.)

武次徹也 (Tetsuya TAKETSUGU, Hokkaido Univ.)

原賢二 (Kenji HARA, Tokyo University of Technology)

中村恒夫 (Hisao NAKAMURA, AIST)

Nisanth N. NAIR

(Indian Institute of Technology Kanpur, India)

本研究クラスターでは、触媒反応のメカニズム解明と理論的設計法の確立を目指し、第一原理分子動力学法やQM/MM法などの量子シミュレーション手法をもとに、方法論の開発と応用研究を行っている。

特に不均一系での触媒反応に重点を置き、反応活性点周辺の電子状態の変化、表面欠陥の影響、ナノクラスター担持触媒における接合部の役割、表面上の熱力学的なプロセスに着目した触媒機能解析を行う。また、触媒設計を指向したナノ接合界面における理論的モデリングも行い、界面電子移動反応にも展開する。

Our research focuses on the understanding and theoretical modeling of the catalytic reactions with the help of computer simulations such as the first-principles molecular dynamics simulations and QM/MM methods. In particular, we are interested in chemical processes occurring in the heterogeneous catalysis and aim to elucidate the underlying mechanisms of catalytic reactions by examining the electronic structure around the active site, a role of surface defects and interface, and environmental effects, and so on. The theoretical modeling of the electron transport process at the interfaces is also a topic of our research.

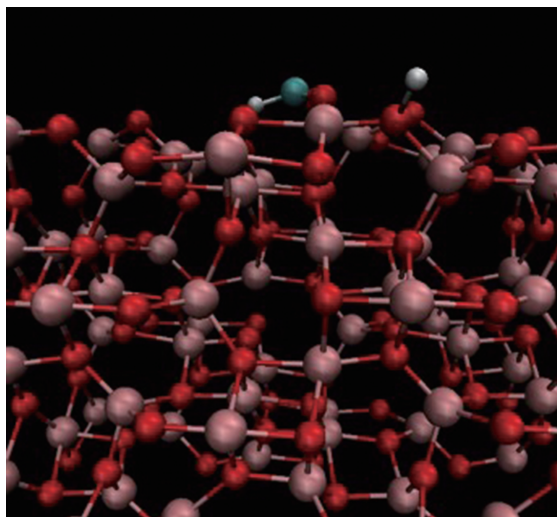


Fig. 1. Heterogeneous catalytic reactions

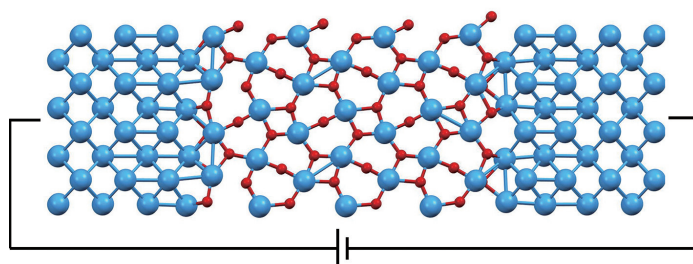


Fig. 2 Redox process at the metal/metal-oxide interface

# 水中機能酸塩基触媒研究クラスター

Research Cluster for Water-Compatible Acid-Base Catalysts

<http://www.cat.hokudai.ac.jp/fukuoka.html>

展開型  
Extensive  
Research  
Section

## 水中で機能する固体酸塩基触媒を開発し、 植物由来炭化水素から必須化学品の原料を得る

Development of water-compatible solid acid-base catalysts for the conversion of abundant carbohydrates in nature to platform molecules for bulk chemical production

Cluster Leader: 中島清隆 (Kiyotaka NAKAJIMA)

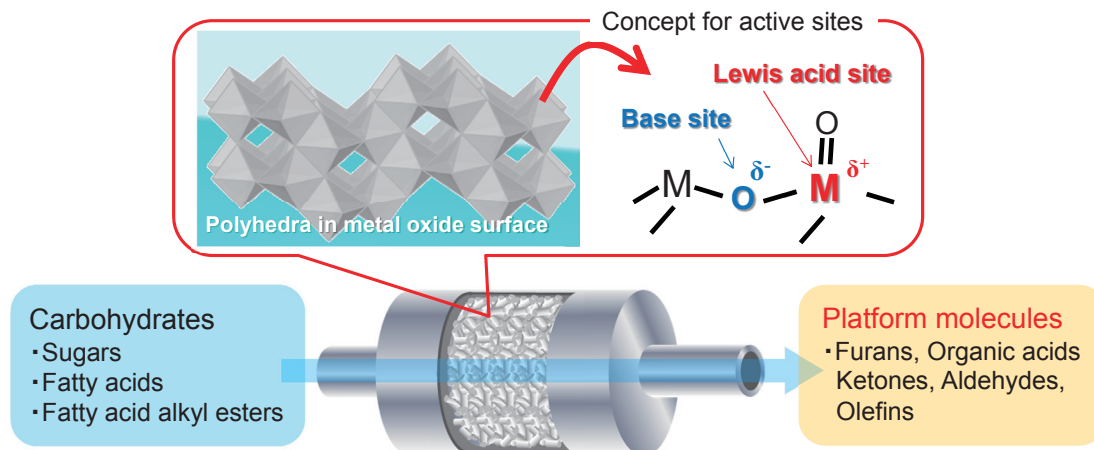
Member: 長谷川淳也 (Jun-ya HASEGAWA, ICAT, Hokkaido Univ.)  
神谷裕一 (Yuichi KAMIYA, Hokkaido Univ.)  
一國伸之 (Nobuyuki ICHIKUNI, Chiba Univ.)  
横井俊之 (Toshiyuki YOKOI, Tokyo Institute of Technology)  
加藤英樹 (Hideki KATOH, Tohoku Univ.)

本倉健 (Ken MOTOKURA, Tokyo Institute of Technology)  
Emiel J.M. HENSEN  
(Eindhoven University of Technology, The Netherlands)

Barbara ONIDA (The Politecnico di Torino, Italy)

近年、化石資源に依存しない資源循環型社会の構築が求められており、反応性の高い植物由来炭化水素を原料とした水溶液内での必須化学品原料の合成が重要な課題となっている。本研究クラスターでは、固体酸化物の水溶液内における酸塩基触媒作用、特にこれまで検討されていなかった電子欠損金属サイトと電子過剰な格子酸素の酸塩基性質を解明し、環境低負荷を志向した水溶液内でのバルクケミカル原料合成に取り組む。主な検討内容は、多様な植物由来の炭化水素（糖類、高級脂肪酸およびそのエステルなど）からカルボン酸、ケトン、アルデヒド、オレフィン類などを高収率で獲得する反応系の構築である。特に塩基サイトによる正・逆縮合反応の制御が可能となれば、C2～C4を中心とした低分子量炭化水素からC12を大幅に上回る高分子量炭化水素合成の道筋が確立できる。

Chemical production from renewable and easily accessible carbohydrates in nature is increasingly important in recent years for the development of sustainable society. Plant-derived carbohydrates, which show higher reactivity than fossil fuel-derived hydrocarbons, can be converted to attractive platform molecules (furans, organic acids, ketones, aldehydes, olefin, etc.) by acid-base catalysis in water. In this project, water-compatible acid and base functionality of electron-deficient metal species and electron-rich lattice oxygen sites, respectively, on metal oxides has been studied for aqueous-phase reactions of the carbohydrates. Precise control of basicity for oxide catalysts would enable selective production of various small (C2-C4) and large (>C12) hydrocarbons through fragmentation and condensation reactions. The resulting molecules can be used as sustainable resources for the production of a variety of industrially important chemicals.



Conceptual illustration of acid-base pair on metal oxide surface available for carbohydrates conversion in water



## 研究者と協力し、新しい装置を開発していく

Technical Support in Response to Various Special Needs of Scientists

<http://www.cat.hokudai.ac.jp/technical/>

研究支援技術部では、研究者からの規格外の特殊な要望に迅速に対応し、ガラス・金属製の実験器具・装置の開発・製作・改良、本センター機器・設備・ネットワーク管理などの多岐にわたる技術補助を行い、本センターの高度な研究を支えている。講習会を開催し、研究者と技術部との連携を高めるとともに、実習を通して安全な研究を支援し、共同研究による外部からの依頼に対しても、長年培ってきた高度な技術を提供することで研究者と協力し、新しい装置を開発している。

第一研究機器開発班：数百種類以上の装置・器具の開発・製作経験を活かした精度・実用度の高いガラス加工を行っています。

第二研究機器開発班：金属・樹脂・セラミックスの加工を行っており、主に真空部品・光学部品・電気化学セル等を製作しています。汎用の工作機械を用いた加工から、自動プログラムを用いたNC加工までさまざまな機械工作を行っています。

研究機器管理班：本センターの走査型電子顕微鏡、透過電子顕微鏡、X線光電子分光装置、吸着測定装置、核磁気共鳴装置などの機器管理、ネットワーク管理を行っています。

The Technical Division is composed of Research Equipment Development Teams No. 1 and No. 2 and the Research Equipment Management Team.

Research Equipment Development Team No. 1 manufactures glassware commonly used in chemical experiments as well as special glassware that is not commercially available, such as vacuum pumps and special spectrochemical cells.

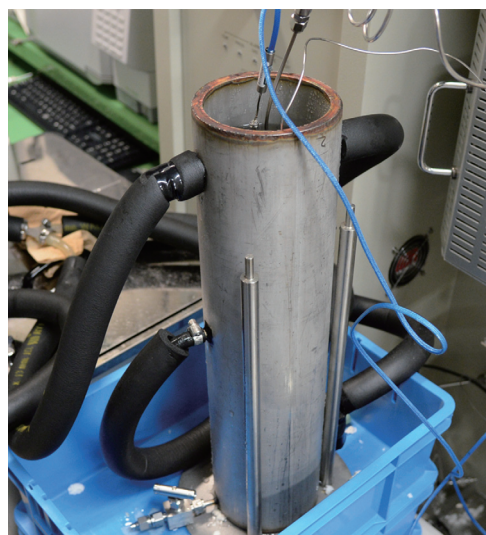
Research Equipment Development Team No. 2 is in charge of metal processing, welding, and the construction of equipment such as ultra-high vacuum systems.

The Research Equipment Management Team is responsible for maintaining common-use equipment, such as SEM, TEM, XPS, and NMR.

Our mission is to contribute to research at Inst.Catal through technical support. We aim to make user-friendly, highly efficient equipment as requested, through active discussion and consultation with the researchers from the early stages of development. Although we have many years of experience in glassblowing and metal processing, we make every effort to acquire new skills.



技術部講習会



冷却装置

## 共同研究事業について Promotion of Cooperative Research

共同利用・共同研究拠点としての本研究所は、次の共同研究事業等を行っています。

### 1 共同利用・共同研究

本研究所は、平成22年度から文部科学省の認定を受け、触媒化学研究の共同利用・共同研究拠点として、より深化した共同研究を進めることとしております。

本学外の研究者が研究代表者となり、本研究所の教員を研究分担者として研究所において共同実施するもので、研究課題があらかじめ設定されている「課題設定型」(年1回公募)及び申請者自らが研究課題を設定する「課題提案型」(年3回公募)の種類の区分により公募を行います(採択された課題に対しては、研究所から研究費が支給されます。)

### 2 各種研究会の開催

#### (1) 研究討論会

平成16年度まで開催していた研究発表会と研究討論会を統合させ、平成17年度からは研究討論会として、全国の研究者による講演及び本研究所各部門・クラスターの研究成果発表・討論を行っています。

#### (2) 国際研究集会

諸外国の研究者を招聘して、触媒化学の特定テーマについてシンポジウムを開催するもので、平成2年から開催しております。平成18年からは、年1回海外においても開催しております。

#### (3) 情報発信型国際シンポジウム

「日本が誇る先駆的研究成果を『日本の研究機関の主導で』海外において情報発信する」というコンセプトの基で企画・運営されており、年2回開催しています。

We support research on catalysis and related fields through the Joint Usage/Research Center Program and symposiums.

#### 1. Joint Usage/Research Center Program

The Institute for Catalysis has been authorized by MEXT as a Joint Usage/Research Center for catalysis. Through this program, we provide financial and technical support to joint research projects with our staff. The program is open to researchers at both universities and public research institutions. There are two categories for applications: target-set projects and target-proposed projects. Applications are accepted once a year for target-set projects and three times a year for target-proposed projects. Applicants are requested to contact our staff member with whom they wish to collaborate.

#### 2. Symposium

##### (1) Research Symposium

The Research Symposium which showcases research activities at the Institute for Catalysis is held every year. Special lectures are delivered by invited speakers.

##### (2) International Symposium

We have organized many international symposia on specific themes in catalytic chemistry featuring the participation of distinguished researchers from various countries. Our international symposia have been held in several countries, including Germany, USA, France, and Sweden.

##### (3) ICAT International Symposium

We organize two international symposia per year. These symposia are operated under our philosophy that a Japan's own research institution should take the initiative in dissemination of information in overseas countries on pioneering research outcome which Japan takes pride in.

## 統合物質創製化学推進事業 MEXT Project of Integrated Research on Chemical Synthesis

本研究所は、名古屋大学・京都大学・九州大学の国際的触媒化学研究拠点と協同して異種学術領域を包含する新たな物質合成概念を創出する「統合物質創製化学」の先導的研究を推進し、科学と科学技術の革新と新産業の創出を促す新学術基盤の構築と次世代中核研究者の育成を図ります。

We are working in collaboration with the prestigious research institutes of Nagoya University, Kyoto University and Kyushu University to create a novel area of chemical synthesis at the interdisciplinary level. This project also aims to realize new innovations in science and technology, to promote new industries, and to encourage the younger generation to become involved in research.



本研究所では、諸外国との国際交流の一環として部局間協定を締結しています。

- 1) 締結先: 中国・石油大学(北京)化工学院  
締結年月日: 平成13年12月7日
- 2) 締結先: 中国・華東師範大学化学系  
締結年月日: 平成17年3月18日
- 3) 締結先: ドイツ・マックスプランク協会  
フリッツハーバ研究所  
締結年月日: 平成17年12月26日
- 4) 締結先: アメリカ・デラウェア大学  
触媒科学技術センター  
締結年月日: 平成19年7月9日
- 5) 締結先: 中国・廈門大学  
固体表面物理化学国家重点実験室  
締結年月日: 平成19年10月9日
- 6) 締結先: 中国・中国科学院大連化学物理研究所  
触媒基礎国家重点実験室  
締結年月日: 平成19年10月10日
- 7) 締結先: アメリカ・アイオワ州立大学  
理工技術研究所  
締結年月日: 平成21年3月10日
- 8) 締結先: イギリス・カーディフ大学  
カーディフ触媒研究所  
締結年月日: 平成22年1月26日
- 9) 締結先: ポーランド・ポーランド科学アカデミー  
触媒・表面化学研究所  
締結年月日: 平成22年3月15日
- 10) 締結先: ポーランド・西ポメラニア大学  
化学・環境工学研究所  
締結年月日: 平成22年3月17日
- 11) 締結先: ポーランド・グダンスク工科大学  
締結年月日: 平成22年3月18日
- 12) 締結先: フランス・リル第1大学-リル中央学院  
触媒・固体化学研究ユニット  
締結年月日: 平成23年1月17日
- 13) 締結先: アメリカ・パーデュー大学サイエンス学部  
締結年月日: 平成26年4月26日

To promote international exchange, we have concluded agreements with its counterparts in many other countries.

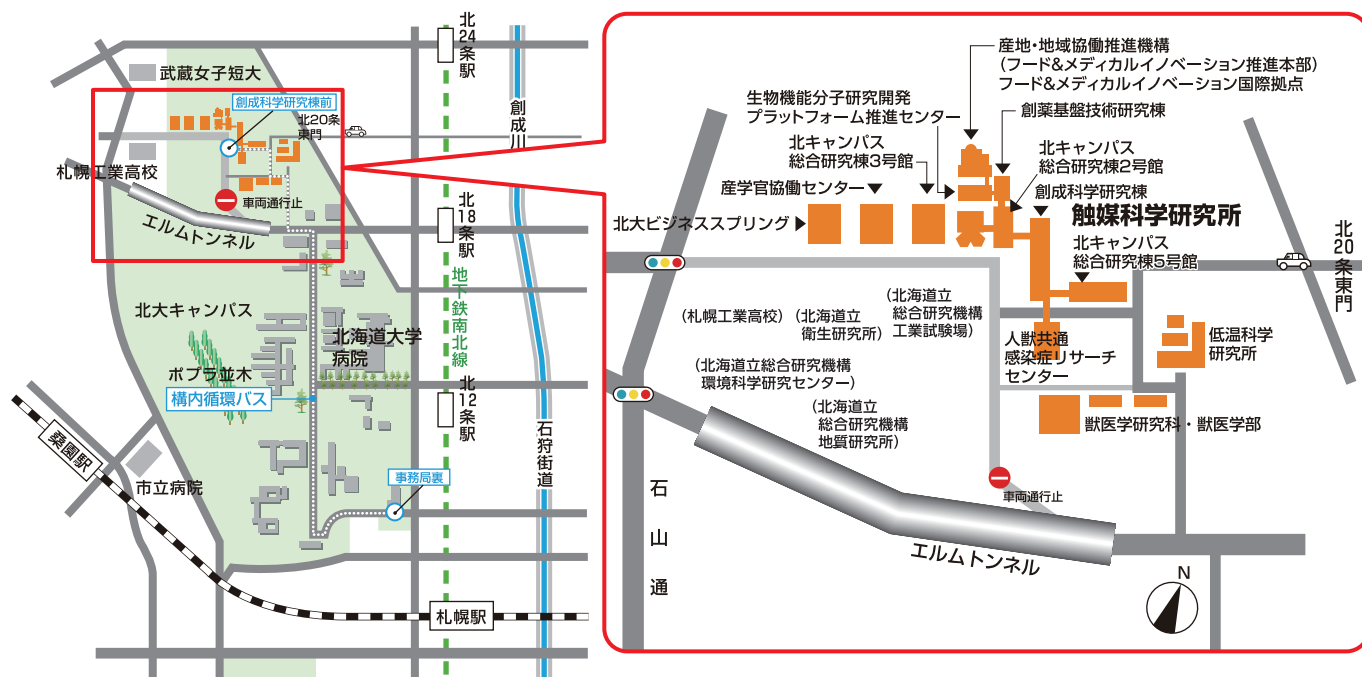
- 1) School of Chemical Engineering, China University of Petroleum, China (December 7, 2001)
- 2) Department of Chemistry, East China Normal University, China (March 18, 2005)
- 3) Fritz Haber Institute of the Max Planck Society, Germany (December 26, 2005)
- 4) Center for Catalytic Science and Technology, Delaware University, USA (July 9, 2007)
- 5) State Key Laboratory of Physical Chemistry of Solid Surfaces, Xiamen University, China (October 9, 2007)
- 6) State Key Laboratory of Catalysis, Dalian Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences, China (October 10, 2007)
- 7) Institute for Physical Research and Technology, Iowa State University, USA (March 10, 2009)
- 8) Cardiff Catalysis Institute, Cardiff University, UK (January 26, 2010)
- 9) Institute of Catalysis and Surface Chemistry, Polish Academy of Sciences, Poland (March 15, 2010)
- 10) Institute of Chemical and Environment Engineering, West Pomeranian University of Technology in Szczecin, Poland (March 17, 2010)
- 11) Gdansk University of Technology, Poland (March 18, 2010)
- 12) Unité de Catalyse et de Chimie du Solide Université Lille 1 et Ecole Centrale de Lille (January 17, 2011)
- 13) College of Science, Purdue University (April 26, 2014)

## 触媒科学研究所 国際ネットワーク





# 触媒科学研究所 案内図



## 交通アクセス

地下鉄南北線「北18条」駅より徒歩20分

※構内循環バスは、平日15分間隔（時間帯によっては10分間隔）で事務局裏から発車しております。

※一般車両は北20条東門から入構願います。原則として車両入構料300円が必要です。

※タクシー等については、西側の石山通から侵入し、建物付近での降車も可能です。

## 北海道大学触媒科学研究所

〒001-0021 札幌市北区北21条西10丁目

Institute for Catalysis, Hokkaido University, Sapporo, JAPAN

TEL (代) 011-716-2111 (内9104) FAX 011-706-9110

E-mail: k-shomu@jimu.hokudai.ac.jp

Homepage: <http://www.cat.hokudai.ac.jp/>



