

全国共同利用

2009

# MATERIALS AND STRUCTURES LABORATORY

Since 1934 TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

応用セラミックス研究所  
セキュアマテリアル研究センター  
建築物理研究センター

東京工業大学

# MATERIALS AND STRUCTURES LABORATORY



TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

## CONTENTS

ごあいさつ Address	2
組織・沿革 Organization and History	4
研究所職員 Directory of the Laboratory	6
<b>セラミックス機能部門</b> Division of Novel Functional Ceramics	
「透明電子活性」が拓く未来 細野・神谷研究室	8
ユビキタス元素戦略：酸化物の自然ナノ構造が拓く未来 細野・神谷研究室	8
微小領域でスピンを操る 伊藤・谷山研究室	9
酸化物の新機能を探索する 伊藤・谷山研究室	10
これからのグリーンテクノロジーを支える材料の創生 原研究室	10
セラミックス表面・界面のナノエンジニアリング 松本研究室	11
セラミックスの超機能に迫る 笹川研究室	12
<b>セラミックス解析部門</b> Division of Basic Researches	
放射光X線で電子・磁気状態をみる 佐々木研究室	13
相転移のダイナミクスを探る 中村研究室	14
材料の機能性を相転移で制御する 川路研究室	14
磁性セラミックスのプロセス・構造・物性の相関を探る 松下研究室	15
<b>材料融合システム部門</b> Division of Structural Engineering	
損傷制御による耐震構造 和田研究室	16
耐久的な建物を考える 田中研究室	16
地震エネルギーの吸収で建物を守る 笠井研究室	17
水を利用したセラミックス省エネルギー材料 岡田研究室	18
建築構造材料の高温特性を知る 安部研究室	18
コンクリートのひび割れ挙動 篠原研究室	19
RC・木構造物の力学的挙動解明 坂田研究室	20
建築構造物の終局耐震性能を解明する 山田研究室	20
<b>セキュアマテリアル研究センター</b> Secure Materials Center	
安全な建築を造ろう 林(静)研究室	22
セキュアマテリアルを目指すセラミックス構造設計 若井・赤津研究室	22
局所高応力場で探るセラミックスの破壊と変形 若井・赤津研究室	23
活性なイオンやラジカルを操るセラミックス 林(克)研究室	24
相転移を使った壊れ方機能 阿藤研究室	24
酸化物界面工学の構築 須崎研究室	25
<b>協力講座</b>	
建設を化学する 坂井研究室	26
新しい表面機能材料の創製と応用 中島研究室	26
安全・安心そして快適のための材料力学 岸本・井上研究室	27
共同利用推進室 Promotion Office for Cooperative Researches	28
技術室 Section of Technical Staffs	28

Kiyoshi Okada



## 応用セラミックス研究所は セラミックス及び建築材料研究で世界をリードし 全国共同利用機関として学産官の連携を 強力に推進します

As a core research institute for materials in focused on advanced Ceramics and architectures, Materials and Structures Laboratory Promotes tight collaboration with academics, industries, and public Research sectors worldwide.



## ごあいさつ

応用セラミックス研究所は、「セラミックスに関する学理とその応用に関する研究」を目的として国立大学法人東京工業大学に附置された研究所で、1996年度よりセラミックス材料分野で唯一の全国共同利用研究所として活動しています。

電子、光、磁性などの新しい機能を有する酸化物、新規な鉄系超伝導材料、炭素系環境触媒材料など、セラミックス材料分野で世界をリードする研究を展開しています。原子・電子のレベルの研究から、材料のミクロな構造とマクロな物性との関係を解明し、複合材料などのエンジニアリング材料はもとより、建築構造物とファインなセラミックス研究とを統合的に理解できる方法論の構築を目指しています。また、人間社会の安全・安心な社会の構築に役立つ材料をセラミックスの未来概念として重視し、物質の変化を自在に制御するための物質ダイナミックスの研究にも力を入れています。

研究者による学術的な価値観の視点だけでなく、安全・安心な社会構築の視点に立った価値観から見ても評価され得る材料研究を指向するために、10年間の時限で附属セキュアマテリアル研究センターを設置し、2006年4月から活動を開始しています。この他、建築材料や免震・制振構造などの大型構造物について研究する学内共通施設の建築物理研究センターを研究所の教員が中心となって運営しています。ここでは、人と現象をつなぐ材料の科学と文化の発展を目指しています。

以上のような研究活動は、関東大震災直後に創設された建築材料研究所における「災害から人を護るための研究」の精神と、窯業研究所における「複雑な無機物質の解明から材料へ」の研究姿勢を、工業材料研究所時代を経て現在に至る70年以上の歴史とともに強固に受け継いでいるものです。本年度は国立大学が法人化され、その第1期6年の最終年度にあたります。大学における附置研究所の立場は法人化とともに大きく様変わりしていますが、時代の変化に対して常に先端研究を進めて行くよう研究所一丸となって努力していく所存ですので、関係各位の一層のご理解とご支援をお願い申し上げます。

平成21年4月

所長 岡田 清

## Director's address

Our Materials and Structures Laboratory (MSL) is a unique nationwide collaborative research laboratory established at the Tokyo Institute of Technology (Tokyo Tech) in 1996. It is open to researchers from outside the campus who wish to engage in multilateral collaboration and pursue fundamental and applied research on ceramic materials.

MSL-affiliated researchers are engaged in world-class studies of advanced ceramics, including superfunctional oxides for electronic, photonic and magnetic applications, new high-temperature superconductive iron-based materials and sustainable environmental catalysts based on carbon. MSL is also aiming to create systematic methodologies, applicable to a wide range of materials from fine ceramics, through structural ceramics for giant architectural structures, to composite materials. We are pursuing these goals by studying the relationships between the microstructures of materials at the atomic and electronic scale and the resulting macroscopic material properties. Furthermore, MSL proposes a new concept for future ceramics, namely self-organized materials for human beings. To realize this concept, we are studying "Materials Dynamics" to enable us to control materials and attempt to understand how to change their crystal structures.

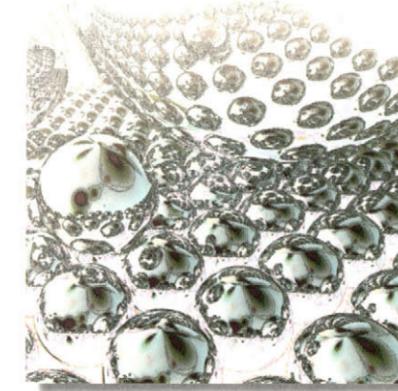
The Secure Materials Center (SMC) was established on April 1, 2006, as an affiliated research center with a lifespan of ten years. SMC promotes materials research from the point of view of its sociological effects, to promote the safety and security of human society as well as setting academic criteria. The Structural Engineering Research Center (SERC), which is an affiliate of Tokyo Tech, is supervised mainly by the members of the architectural research group within the MSL laboratory. Its purpose is to develop materials that are designed primarily to benefit the "Human Element" or the end-user.

All the continuing MSL activities are developing from the research concept and ethos of the former Research Laboratory of Engineering Materials (RLEM). This institution includes two major laboratories. The Research Laboratory of Building Materials was established just after the 1923 Great Kanto Earthquake, and focused on the development of building materials for human safety. The Research Laboratory of Ceramic Industry pioneers the development of novel materials by careful and detailed study of complex inorganic materials. This year marks the end of the first six years of the Mid-Term Objectives and Plan, set up after the change from a national university to a national university corporation. This brought about great changes in the circumstances of the research laboratories attached to the various national universities. However, all the members of the MSL have been able to maintain their cutting edge activities in materials research. It is therefore vital that our laboratory continues to receive strong support from all concerned parties to ensure its ongoing development.

April 2009  
Director Kiyoshi Okada

# 組織

## Organization



# 沿革

## History

- 昭和 9年3月 本学の附属研究所として「建築材料研究所」が発足
- 昭和18年1月 本学附属研究所として「窯業研究所」が発足
- 昭和24年5月 建築材料研究所及び窯業研究所がそれぞれ本学附置研究所へ変更
- 昭和33年3月 建築材料研究所及び窯業研究所とを整備統合して「工業材料研究所」が発足
- 平成 8年5月 工業材料研究所が全国共同利用型の「応用セラミックス研究所」へ改組

# 研究所職員

Directory of the Laboratory(2009年4月1日現在)

<b>所 長</b>		Director	
教 授	岡田 清	Kiyoshi OKADA	045-924-5301 okada@msl.titech.ac.jp
<b>所 員</b>		Faculty Members	
<b>セラミックス機能部門</b> Division of Novel Functional Ceramics			
教 授	細野 秀雄	Hideo HOSONO	045-924-5359 hosono@msl.titech.ac.jp
教 授	伊藤 満	Mitsuru ITOH	045-924-5354 Mitsuru_Itoh@msl.titech.ac.jp
教 授	原 亨和	Michikazu HARA	045-924-5311 mhara@msl.titech.ac.jp
准教授	神谷 利夫	Toshio KAMIYA	045-924-5357 tkamiya@msl.titech.ac.jp
准教授	笹川 崇男	Takao SASAGAWA	045-924-5366 sasagawa@msl.titech.ac.jp
准教授	谷山 智康	Tomoyasu TANIYAMA	045-924-5632 taniyama@msl.titech.ac.jp
准教授	松本 祐司	Yuji MATSUMOTO	045-924-5314 matsumoto@oxide.msl.titech.ac.jp
助 教	柳 博	Hiroshi YANAGI	045-924-5628 yanagi@lucid.msl.titech.ac.jp
助 教	谷口 博基	Hiroki TANIGUCHI	045-924-5626 mmb@msl.titech.ac.jp
助 教	中島 清隆	Kiyotaka NAKAJIMA	045-924-5381 k-nakajima@msl.titech.ac.jp

<b>セラミックス解析部門</b> Division of Basic Researches			
教 授	佐々木 聡	Satoshi SASAKI	045-924-5308 Satoshi_Sasaki@msl.titech.ac.jp
准教授	中村 一隆	Kazutaka NAKAMURA	045-924-5397 n akamura.k.ai@m.titech.ac.jp
准教授	川路 均	Hitoshi KAWAJI	045-924-5313 kawaji@msl.titech.ac.jp
准教授	松下 伸広	Nobuhiro MATSUSHITA	045-924-5310 matsushita@msl.titech.ac.jp
助 教	奥部 真樹	Maki OKUBE	045-924-5383 makisan@lipro.msl.titech.ac.jp

<b>材料融合システム部門</b> Division of Structural Engineering			
教 授	和田 章	Akira WADA	045-924-5352 wada@serc.titech.ac.jp
教 授	田中 享二	Kyoji TANAKA	045-924-5329 tanaka@serc.titech.ac.jp
教 授	笠井 和彦	Kazuhiko KASAI	045-924-5512 kasai@serc.titech.ac.jp
教 授	岡田 清	Kiyoshi OKADA	045-924-5323 okada@msl.titech.ac.jp
准教授	安部 武雄	Takeo ABE	045-924-5305 abe@serc.titech.ac.jp
准教授	篠原 保二	Yasuji SHINOHARA	045-924-5326 yshinoha@serc.titech.ac.jp
准教授	坂田 弘安	Hiroyasu SAKATA	045-924-5395 hsakata@serc.titech.ac.jp
准教授	山田 哲	Satoshi YAMADA	045-924-5330 naniwa@serc.titech.ac.jp
助 教	大木 洋司	Yoji OOKI	045-924-5512 ooki@serc.titech.ac.jp
助 教	吉敷 祥一	Shoichi KISHIKI	045-924-5352 kishiki@serc.titech.ac.jp

<b>セキュアマテリアル研究センター</b> Secure materials Center			
教 授	林 静雄	Shizuo HAYASHI	045-924-5338 hayashi@serc.titech.ac.jp
教 授	若井 史博	Fumihiko WAKAI	045-924-5361 wakai@msl.titech.ac.jp
准教授	赤津 隆	Takashi AKATSU	045-924-5336 Takashi_Akatsu@msl.titech.ac.jp
准教授	阿藤 敏行	Toshiyuki ATOU	045-924-5393 atou@msl.titech.ac.jp
准教授	須崎 友文	Tomofumi SUSAKI	045-924-5360 susaki@msl.titech.ac.jp
准教授	林 克郎	Katsuro HAYASHI	045-924-5337 k-hayashi@lucid.msl.titech.ac.jp
助 教	篠田 豊	Yutaka SHINODA	045-924-5335 shinoda@msl.titech.ac.jp

<b>協力講座</b> Adjunct Faculty Members (Dually Appointed)			
セメント化学協力研究部門	教 授	坂井 悦郎	Etsuo SAKAI
	准教授	中島 章	Akira NAKAJIMA
衝撃破壊力学協力研究部門	教 授	岸本喜久雄	Kikuo KISHIMOTO
	准教授	井上 裕嗣	Hirotsugu INOUE

<b>特任教員</b> Adjunct Faculty Members			
助 教	北野 政明	Masaaki KITANO	
助 教	勝又 健一	Kenichi KATUMATA	

<b>客員教員</b> Visiting Faculty Members			
客員教授	Shigeo Ted OYAMA		
客員教授	河田 洋	Hiroshi KAWADA	
客員教授	壁谷澤寿海	Toshimi KABEYAZAWA	
客員准教授	犬丸 啓	Kei INUMARU	
客員教授	片山 雅英	Masahide KATAYAMA	
客員教授	丸田 誠	Makoto MARUTA	
客員教授	濱本 卓司	Takuji HAMAMOTO	
客員教授	辻田 修	Osamu TUJITA	
客員教授	山内 尚雄	Hisao YAMAUCHI	
客員准教授	本橋 輝樹	Teruki MOTOHASHI	

<b>技術室</b> Technical Staffs			
研究支援推進員	川北 健三	Kenzo KAWAKITA	045-924-5323 kawakita @msl.titech.ac.jp

<b>事務室</b> Administrative Office Staffs 代表suzu.osera@jim.titech.ac.jp			
研究所グループ長	湯上 道子	Michiko YUGAMI	045-924-5966 micuyugami@jim.titech.ac.jp
研究所グループ	森 るり子	Ruriko MORI	045-924-5966 rurmori@jim.titech.ac.jp
研究所グループ	吉永 献一	Kenichi YOSHINAGA	045-924-5967 kenyoshinaga@jim.titech.ac.jp

<b>非常勤研究員</b> Research Fellows			
伊藤 浩資	Hiroshi ITOU		
劉 靈芝	Liu Lingzhi		
蒲 武川	Pu Wuchuan		
Lou Zhengsong			
Sonia Sharmin			

<b>研究支援推進員</b> Research-Promotion Supporting Staffs			
大畠 稔	Minoru OOHATA		
丸井 桂子	Keiko MARUI		
森島 順子	Yoriko MORISHIMA		

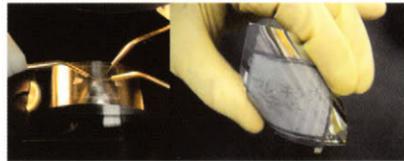
# セラミックス機能部門

Division of Novel Functional Ceramics

## 「透明電子活性」が拓く未来

酸化物の結晶やアモルファスの多くは光学的に透明で、電気的には絶縁体です。そのため、電子が主役となるアクティブな機能に乏しいと思われてきました。しかしながら、私たちは、酸化物に特有の結晶構造や欠陥に基づく特異な電子構造を利用することで、透明半導体や新しい光・化学機能を持つ材料を作ることができることを実証してきました。例えば、世界に先駆けてp型透明酸化物半導体を発見し、酸化物で初めての紫外発光ダイオードを実現しました。また、層状化合物LaCuO(S,Se)において、2次元的な電子構造に由来する室温安定な励起子の存在とそれ由来する鋭い発光を利用した励起子発光ダイオードを試作しました。また、室温で作製してもa-Si:Hトランジスタよりも一桁以上性能の高いトランジスタをアモルファス酸化物で開発しました。当グループはこのように、電子状態を制御し、透明性と酸化物ならではの特性を活かした新しい光・電子・化学機能の発現（「透明電子活性」）を目指しています。

教授：細野秀雄  
准教授：神谷利夫  
助教：柳 博



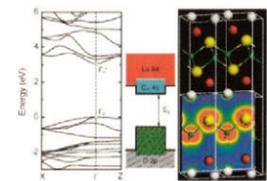
(左) アモルファス酸化物半導体を使って室温で作製した透明フレキシブルトランジスタ 有機トランジスタ、アモルファスシリコンよりも一桁以上優れた性能を示す  
(右)凸版印刷がアモルファス酸化物トランジスタを使って試作した電子ペーパー

Most of oxides are optically transparent and therefore favorable for optical applications. However, it had been believed that active functions are not possible in such transparent oxides because their bandgaps are too large to control generation and dynamics of carriers. We have demonstrated that it was a misconception and developed new electro-active functions in transparent materials by considering the electronic structures of crystals and local defects formed in these materials. The first demonstration of UV light-emitting diode fabricated using PN junction is a milestone success of our strategy. We have then developed several new p-type transparent semiconductors, high-performance transparent TFTs, amorphous oxide PN junctions and so on.

Professor: Hideo Hosono  
Assoc. Prof.: Toshio Kamiya  
Res. Assoc.: Hiroshi Yanagi



透明電子活性の木（こう育ててほしいという希望）



LaCuOSの2次元電子構造  
CuS層(右図の赤い部分)に正孔が閉じ込められている

細野・神谷研究室

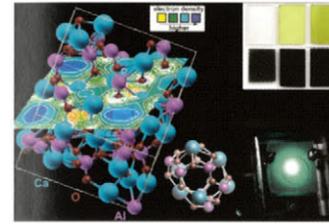
## ユビキタス元素戦略:酸化物の自然ナノ構造が拓く未来

酸化物の多様な機能は、遷移金属や希土類イオンなどのカチオンを変えることで実現されてきました。ところが、21世紀の科学技術に求められる最も重要な課題は、環境負荷の少ない元素だけを利用して、必要な機能を持つ新しい材料・デバイスを実現することにあります。私たちは発想を変えて、酸化物結晶が持つナノ構造を利用することで新しい可能性が拓けないか、という視点からアプローチをしています。C12A7の略称で呼ばれる $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ は、内径0.4nmのナノケージ（籠）構造が結晶構造を作るといふ、特異な構造をもつナノ構造結晶です。このケージ構造が正に帯電しているため、通常では安定に存在できないアニオンを、ケージ内に安定に生成することができます。このような特徴を利用することで、O<sup>-</sup>、H<sup>-</sup>、e<sup>-</sup>（電子）などを高濃度で生成することに成功しました。これらを含むC12A7はそれぞれ、白金さえも酸化させる「超酸化力」、UV光照射により電気伝導率を制御できる「絶縁体-伝導体転移」を示したり、電子がアニオンとして振舞う「エレクトライド」を形成したりします。これらを利用して、Ca、Al、Oという、クラーク数の大きいありふれた（ユビキタス）元素だけを用いて、O<sup>-</sup>イオン銃、書換え可能電子回路・光メモリー、電界放射型ディスプレイなどのデバイスを作ることができます。また、C12A7エレクトライドの非常に小さい仕事関数を利用し、有機EL素子の電流注入層として使う研究も進めています。私たちは、自然ナノ構造が、もっと多くの新しい機能を持つと期待して研究を進めています。

教授：細野秀雄  
准教授：神谷利夫  
助教：柳 博



深紫外光を通す  
光ファイバー



(左) エレクトライドC12A7: e<sup>-</sup>の結晶構造と電子分布  
(中央) ナノ籠構造（籠の内径は~4Å）  
(右上) 電子が生成する様子か色の变化でわかる  
(右下) 電界放射型発光デバイス

We discovered in 2002 that a constituent of alumina cement,  $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$  (C12A7), contained high-density O<sup>-</sup> anions, which suggests that natural nanostructures in oxide crystals may have much potential to realize new functions using only abundant & environment-friendly elements. C12A7 crystal is composed of sub-nanometer-sized cages densely aligned in three dimensional. As the cage framework is positively charged, anions are incorporated in some of the cages to maintain the charge neutrality. This structure stabilizes active anions such as O<sup>-</sup>, H<sup>-</sup> and e<sup>-</sup> that are not stable in orthodox crystals and free space. Due to these active anions, the C12A7-derived materials exhibit a variety of functions such as “super oxidation power”, “UV-induced persistent insulator-conductor transition”, and “efficient electron field emission”. We believe this is just a first example and have tried to create or find new functions in other nanostructured oxides.

Professor: Hideo Hosono  
Assoc. Prof.: Toshio Kamiya  
Res. Assoc.: Hiroshi Yanagi

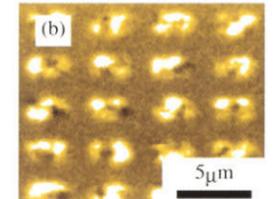
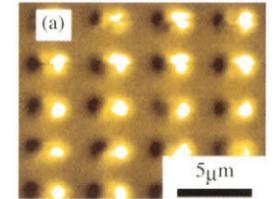
細野・神谷研究室

## 微小領域でスピンを操る

ナノメートルからマイクロメートル程度の微小な領域に潜むスピン物理現象の基礎的理解に基づき、「スピン注入」「スピン検出」「スピン操作」といったスピントクノロジーにおける基本3要素技術の確立と新奇スピントデバイスの提案を目指して研究を推進している。

最先端の微細加工技術と計測技術を併用することにより、これまでに、サブミクロンスケールの磁性ドットにおけるスピン状態の制御、磁性/非磁性細線接合を利用したスピン偏極した電子の非磁性体への注入技術、磁性体/半導体ハイブリッド構造を用いた光スピン励起等の研究で独創性ある成果を挙げてきた。フェムト秒レーザーを用いた磁性体におけるスピンドダイナミクスの観測とその人工操作の研究にも着手している。

教授：伊藤 満  
准教授：谷山智康  
助教：谷口博基



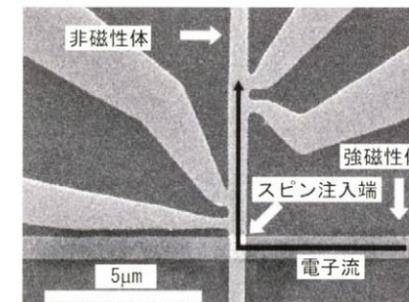
-284.3 [deg] -285.2

磁性ドット/強誘電体接合における  
電圧駆動磁区構造変化

Our current researches orient towards a full understanding of the physics of spin injection, spin detection, and spin manipulation in a micron- to nano-meter length scale, with a view to developing novel spin electronic devices.

Recent nanofabrication technology has enabled to get insights into magnetic domain structures and its control, spin injection into nonmagnetic materials, and spin transport in magnetic material/semiconductor hybrid structures under optical spin orientation. Also, studies of spin dynamics and its artificial manipulation in magnetic materials meet our research target.

Professor: Mitsuru Itoh  
Assist. Prof.: Tomoyasu Taniyama  
Res. Assoc.: Hiroki Taniguchi



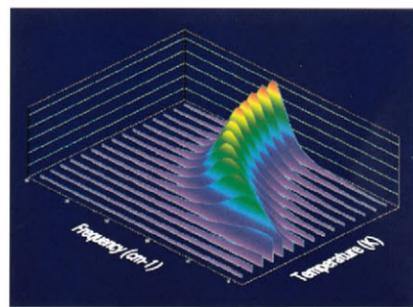
スピント注入デバイス

伊藤・谷山研究室

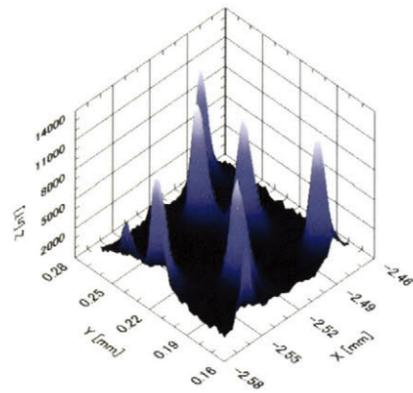
## 酸化物の新機能を探索する

本研究室では、物質科学の立場から広い範囲の材質に対する基礎研究「構成元素・組成・プロセス→構造（化合物）→物性（誘電性、イオン伝導性、電子伝導性、磁性）」を行っている。またこれを土台とする応用研究、つまり逆のプロセス「特定の機能（要求される物性）←化合物（構造）←構成元素・組成・プロセス」をたどって、マイクロ波用誘電材料、強誘電材料、圧電材料、磁性材料、金属伝導性酸化物、高イオン伝導性酸化物の設計と合成に取り組んでいる。この結果、酸化物リチウムイオン超伝導体、高温量子常誘電体、新規強誘電体、非鉛系圧電体、スピングラス、電子伝導体、擬1次元系磁性体等、100を超える新物質の合成に成功し、また、多くの新機能の解析を行っている。

教授：伊藤 満  
准教授：谷山智康  
助教：谷口博基



量子ゆらぎと拮抗するペロブスカイト型酸化物の強誘電振動モードの完全ソフト化の様子 (SrTi<sup>100</sup>O<sub>3</sub>)  
新物質合成を通して実験的に初めて確認することに成功 (2006)



超伝導体にトラップされた地磁気

Our major field is Inorganic Solid State Chemistry. The properties of the materials, dielectricity, magnetism, electronic and ionic conduction, optical property and others, depend on their electronic and crystal structures. That is, the design of the new materials with the desired property is a kind of methodologies, how to select the elements from the periodic table and to optimize the structures. So we are accumulating the knowledge of the material design through the deduction and induction for the known and new materials. As a result, we have succeeded in finding new materials more than 100 including superionic conductors, high temperature paraelectric, ferroelectrics, piezoelectric oxides, spin glasses, and electronic conductors for the past 10 years.

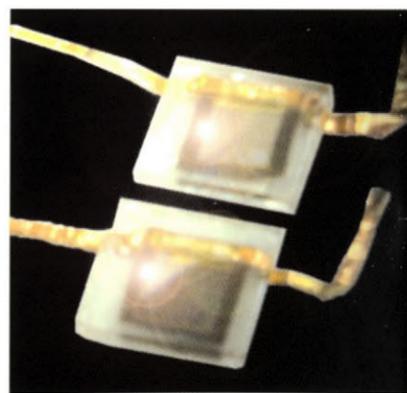
Professor: Mitsuru Itoh  
Assist. Prof.: Tomoyasu Taniyama  
Res. Assoc.: Hiroki Taniguchi

伊藤・谷山研究室

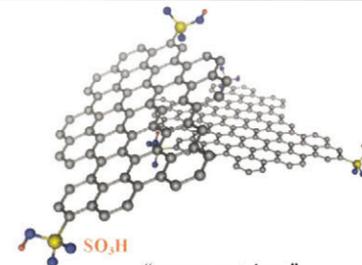
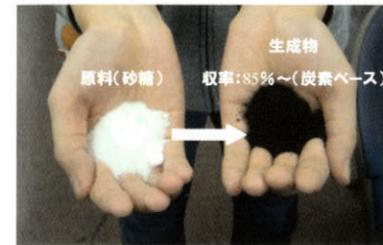
## これからのグリーンテクノロジーを支える材料の創生

可能な限り環境に与える負荷を小さくして、エネルギーと化学資源を獲得することは、持続可能な社会の実現に必要な不可欠です。しかし、既存の材料を使うグリーンテクノロジーでは環境負荷の大幅な低減は困難と言わざるを得ません。我々は従来の触媒を遥に凌駕する新しい概念の固体触媒—1nm未満のグラフェンシートからなるアモルファスカーボン—を設計・実現することによって、革新的なバイオフェューエル・化成品の高効率生産に取り組んでいます。また、簡単に入手できる安価な有機物の熱分解によって、新しいタイプのn型半導体の構築に成功しており、この材料をベースに大面積を安価にカバーできる高効率太陽電池を開発しています。

教授：原 亨和  
助教：中島清隆  
特任助教：北野政明



新型n型半導体をベースにした大面積を安価にカバーできる太陽電池



“sugar catalyst”  
高密度のスルホン酸基が結合した1~2nmのグラフェンシートからなるアモルファスカーボンの高性能触媒

It is essential for our survival to produce chemicals and energy with small environmental load. We have been trying to create materials and catalysts for the eco-friendly production of chemicals and energy. Our “sugar catalyst” -which is composed of nanographene sheets- exhibits remarkable catalytic performance for the production of biofuels and various industrially important chemicals. We have also found that pyrolysis of abundant and inexpensive organic compounds results in a novel n-type semiconductor and have been constructing a new solar cell based on the material.

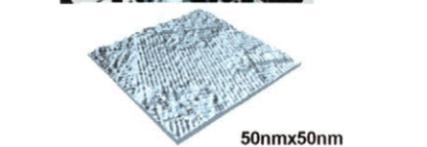
Professor: Michikazu Hara  
Res. Assoc.: Kiyotaka Nakajima  
Res. Assoc.: Masaaki Kitano

原研究室

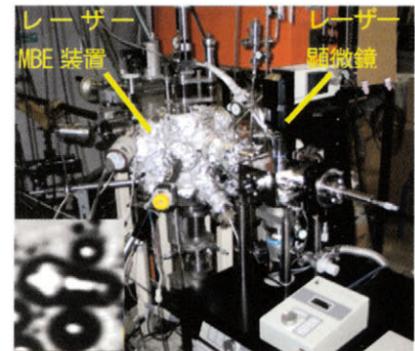
## セラミックス表面・界面のナノエンジニアリング

今や半導体薄膜技術にも匹敵するレーザー分子線エピタキシー法 (Laser MBE法) に新薬開発ですでに市民権を得ているコンビケム概念を取り入れたコンビナトリアル薄膜合成、真空下で液相プロセスを融合させたフラックスエピタキシー、超平坦酸化物基板など最先端のもの作り技術と走査型トンネル顕微鏡、放射光光電子分光、レーザー顕微鏡などの表面・界面分析技術を駆使し、様々な酸化物薄膜の表面・界面、ナノ構造、およびそれらの物性機能を探索している。これにより、酸化物をベースとした薄膜成長や触媒作用などの薄膜/表面・界面現象を原子レベルで明らかにするとともに、電子・情報・環境技術のための、新機能・材料開発を目指す。

准教授：松本祐司



コンビナトリアルPLD表面解析複合装置：  
パルスレーザー堆積とSTMやLEED、AES分光装置とのin situシステムと二酸化チタンアナターゼ薄膜表面の原子分解能STM像



10 μm

フラックスエピタキシー-レーザー顕微鏡複合装置：  
セラミックスの固液界面を利用した真空薄膜製造装置  
挿入図：BiOxの液滴のその場レーザー顕微鏡観察

Studies on super functional oxide nano materials and devices as well as new material processing in vacuum utilizing ceramics solid-liquid interface are going on in this laboratory. Laser molecular beam epitaxy (MBE) for high-quality oxide thin films and surface analyses with STM/AFM, LEED/AES and XPS for their characterizations are the key technologies in our laboratory. Currently, our effort is focused on such topics as follows.

- 1) Laser MBE growth of oxide films: Flux-mediated epitaxy for real oxide single crystal films
- 2) Field effect chemical devices: oxide electronics and photocatalysis in TiO<sub>2</sub>-based wide-gap oxides.
- 3) Surface chemistry of transition metal oxides: exploration of new low dimensional nano structures and properties of ceramics.

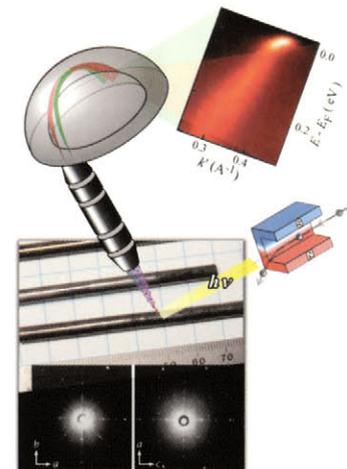
Assoc. Prof.: Yuji Matsumoto

松本研究室

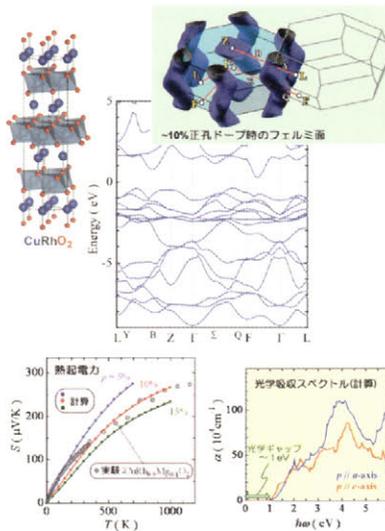
## セラミックスの超機能に迫る

層状銅酸化物の高温超伝導体に代表されるようなセラミックスの持つ超機能を、理解すること、操ること、そして創成することを目指して研究を行っている。当研究室の誇る武器の第一は、精密組成制御した試料や高品質大型単結晶の合成技術である。研究テーマの提案、試料提供や実際の物性測定までと、幅広い形で国内外との共同研究を推進中である。武器の第二は、物性をミクロに支配するエレクトロンやフォノン、マグノンの運動状態を、角度分解光電子分光法や非弾性X線散乱法などの先端量子計測を利用して直接観察する技術である。そして、これら実験結果の理解や、新物質・新物性の探索・設計に、計算機を用いたナノシミュレーション（第一原理計算）を活用しているのが第三の武器である。作り、測り、考え・予測するという物質科学研究の醍醐味の全てに、これらの武器を駆使して挑戦している。

准教授：笹川崇男



フローティング・ゾーン法で単結晶を合成し、軌道放射光を利用した角度分解光電子分光実験により、電子の運動方向と運動エネルギーの関係を直接に観察



廃熱発電（熱電変換）材料候補であるCuRhO<sub>2</sub>について、電子構造や熱起電力、光学吸収スペクトルを第一原理計算でナノシミュレーションした結果

Our goal is to understand, to utilize, and to create “super functions” in ceramic materials (e.g., high- $T_c$  superconductivity in layered copper oxides). For these ends, we are extending our expertise to full aspects of approaches in materials science; (1) syntheses: preparations of samples with precisely controlled compositions / non-stoichiometry, and growth of large high-quality single-crystals, (2) measurements: state-of-the-art techniques of quantum observations such as electronic states by angle-resolved photoemission spectroscopy and phonon states by inelastic x-ray scattering, and (3) theoretical analyses/predictions: nano-simulations based on first principles calculations.

Assoc. Prof.: Takao Sasagawa

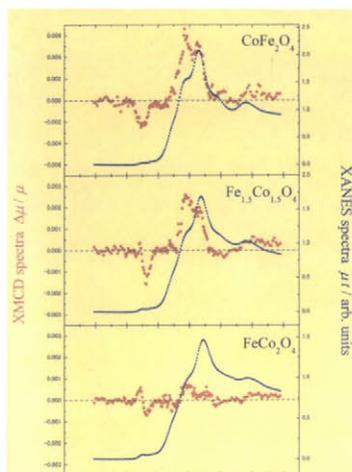
# セラミックス解析部門

Division of Basic Researches

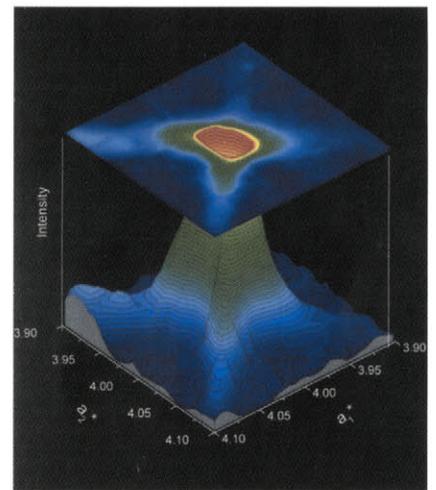
## 放射光X線で電子・磁気状態をみる

物質の電気的性質や磁気的性質は、原子や分子の構造に左右される。半導体や超伝導体などのハイテク材料には、その機能がなぜ発現するのか不明なものも多く、結晶構造や電子状態との関係が盛んに研究されている。本研究室では、放射光や中性子を利用して、物質のミクロなレベルでの構造や電子状態を研究し、マクロな世界で起こっている物理化学現象や機能の発現を調べている。最近の研究には、共鳴散乱による磁性酸化物の価数動揺や電荷秩序型相転移の研究、メソスコピック領域での結晶物性の研究、フェライトや高温超伝導体での電子状態の研究、電子配列の第一原理分子動力学法や線形反応法によるシミュレーション、X線磁気吸収や共鳴磁気散乱による酸化物の磁性研究などがある。

教授：佐々木聡  
助教：奥部真樹



フェライトやコバルタイトでの磁気吸収



X線散漫散乱強度分布  
(マグネタイト中の $\text{Fe}^{2+}$ - $\text{Fe}^{3+}$ イオン対により出現)

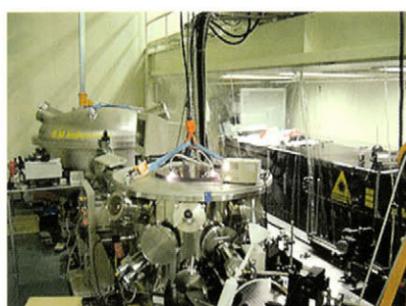
Our research interest is in the examination of the relationship between the crystal structure and physical property in materials, where synchrotron X-ray and neutron diffraction/scattering techniques are used to clarify the electronic and magnetic states in crystals. The current research topics include the followings: charge fluctuation in valence-mixed compounds, physical properties related to the mesoscopic region of crystals, the electron states in ferrites and oxide superconductors, the first-principles MD and linear-response calculations on electronic structures, and XMCD and resonant magnetic scattering studies on magnetic oxides.

Professor: Satoshi Sasaki  
Res. Assoc.: Maki Okube

## 相転移のダイナミクスを探る

物質は圧力や温度などの外界条件に応じてその構造や相状態が変化する。我々はこうした相転移現象の動的過程を原子・分子レベルで解明することを目的として研究を行っている。高強度フェムト秒レーザー光を用いて、放射光に匹敵する高輝度超短パルスX線を発生し、これを用いることでピコ秒の時間分解能を持つX線回折測定を可能としている。また、パルスレーザー照射により数万気圧を超える超高压状態を発生することができ、高圧相転移過程における動的構造変化を測定することが出来る。高強度超短パルスレーザー光を用いて発生する、X線以外の量子放出（電子線やプロトンビームなど）を用いた新奇の超高速物性解析法の開発も行っている。

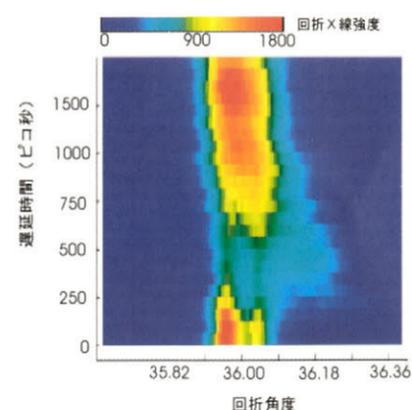
准教授：中村一隆



高強度フェムト秒レーザーシステム

Materials change structures and phases according to surrounding conditions such as pressure and temperature. We investigate to elucidate dynamical process of phase transitions at atomic level. Ultrashort pulsed X-rays, which is brighter than synchrotron radiation, are generated using an intense femtosecond laser beam and enable picosecond time-resolved X-ray diffraction measurements. High pressure more than 1GPa is also generated by using pulsed laser. We have measured directly structural changes under high pressure phase transition. Furthermore, novel techniques for ultrafast analysis of materials properties using quantum emissions are developing.

Assoc. Prof.: Kazutaka Nakamura



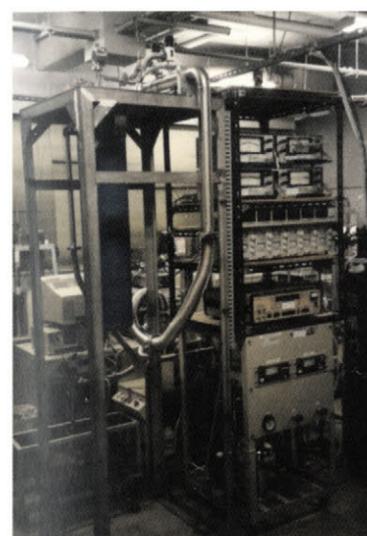
ピコ秒時間分解X線回折測定

中村研究室

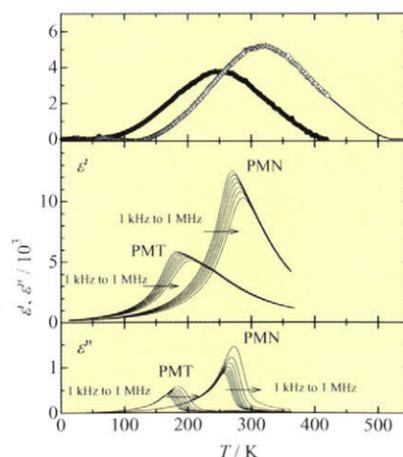
## 材料の機能性を相転移で制御する

材料の機能性発現には相転移現象が深く関与することから、種々の物質における相転移機構の解明とその制御が必要である。本研究室では、種々の物質の相転移機構を個別に理解することに加えて、不純物、結晶粒界、有限の粒子サイズなどの結晶の不完全性やナノ構造が相転移挙動におよぼす影響について統一的に理解することを目的としている。具体的には、フラストレートした磁性体の磁気相転移あるいは磁性への不純物導入の効果、強誘電体の逐次相転移現象あるいは分子性結晶の誘解相転移への結晶粒子サイズ効果などについて調べている。この成果をもとにナノ構造制御による相転移の制御の可能性について検討している。

准教授：川路 均



熱容量測定装置



リラクサーにおける強誘電ナドメインの生成による過剰熱容量と誘電率

The elucidation of the mechanism of phase transitions in various kinds of materials is required as the phase transition affects the functionality of the material. We are especially trying to understand the effect of crystal imperfection to the phase transition behavior. The effects of impurities to the magnetic phase transition and the magnetism in frustrated spin systems, the limited particle size effects to ferroelectric substance and molecular crystals, and the pinning effects in incommensurate phase transitions are studied. The possibility to control the phase transition behavior by nano-structure controlling is examined.

Associate Prof.: Hitoshi Kawaji

川路研究室

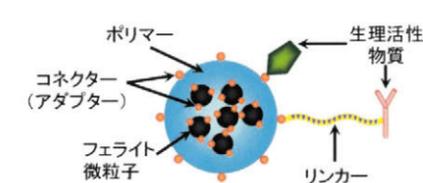
## 磁性セラミックスのプロセス・構造・物性の相関を探る

セラミックス磁性材料には、論理素子（スピントロニクス）、超高密度ストレージ、薄膜インダクターや伝導ノイズ抑制体としての電子デバイス応用に加え、DNA解析・ハイパーサーミア・薬剤輸送の高速化・高機能化・高効率化に役立つ医用磁性ビーズなどの医学応用もある。

これらのデバイスの応用をさらに進めるとともに、新機能発現の可能性を探るには、プロセス・構造・物性の関係を明らかにすることが不可欠である。

日本が世界に誇るセラミックス磁性材料である「フェライト」の薄膜・微粒子プロセスを開発し、その構造・物性との相関を探る。

准教授：松下伸広

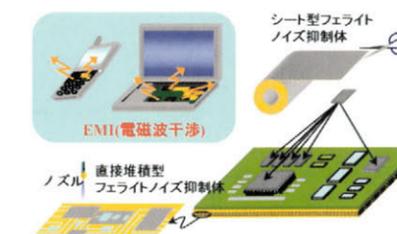


フェライトポリマービーズ

Magnetic ceramics are widely utilized in various electronic devices such as logic elements (spintronics), ultra-high density storages, film inductor in MHz range and noise suppressors in GHz range. Magnetic medical beads are useful for the speeding-up, multi-functionalization and promotion of the most-advanced medical applications such as DNA sequencing, hyperthermia, drug deliver system (DDS). To make further progress of these devices and to find their undescribed functionality, it is of great use to figure out the relation among processes, structures, and solid-state properties.

“Ferrite” is one of representative magnetic ceramics, which Japan proud to the world. Here, the dry and wet processes for making their films and powders are developed and the structure analyses and properties are investigated.

Associate Prof.: Nobuhiro Matsushita



フェライト膜のノイズ抑制体への応用

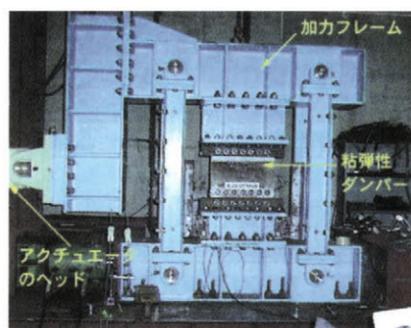
松下研究室

### 損傷制御による耐震構造

大きな地震災害が都市を襲うことの怖さははっきりしてきました。

ノースリッジ地震、兵庫県南部地震を受けて、これらの地震時の現象がはっきりしてきたため、損傷制御による建物の設計が非常に増えてきている。過去を振り返って反省すると、新しい技術、構造法が定着していく時、例えば鉄筋コンクリート構造は剛的であるからS耐震的であり、鉄骨構造は靱性が高く耐震的であると言うように過信が生じ、その後の大きな被害を呼んでいることがある。耐震構造についても、同じことがあってはならない。ここでは、過大な地震動入力を受ける耐震構造の主体構造は、限定される塑性変形までに止め、地震により生じる主な損傷を特殊な部材に集中させる耐震設計法に関する研究を行っている。

教授：和田章  
助教：吉敷祥一



粘弾性ダンパーの動的繰り返し載荷実験

Lessons learned from the Northridge earthquake in USA 1994 and Hyogoken-Nanbu earthquake in Japan 1995 told us the great importance of damage controlled seismic design for the civil and building structures. The objectives of our research are that, 1) to develop the methodology of damage controlled seismic design for building structures; 2) to develop various effective devices of passive energy dissipation systems, such as hysteretic dampers, viscoelastic dampers, etc.; 3) to develop intelligent dynamic analysis systems for damage controlled seismic structures. Our researchers are based on the theory derivation, computer analysis, and experiments.

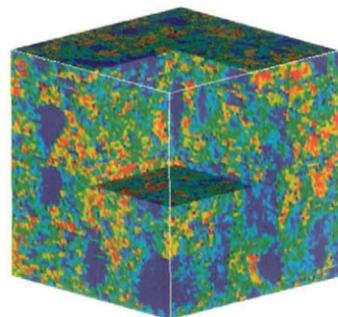
Professor: Akira Wada  
Res. Assoc.: Shouichi Kishiki

和田研究室

### 耐久的な建物を考える

建設物は長い間に劣化し、性能が低下する。これには気象が強く関与する。そのため建設物の耐久性を評価するには、気象負荷と劣化の関係を正しく理解する必要がある。当研究室では、その劣化機構の解明と評価方法の開発に取り組んでいる。また、我が国は、高温多湿で降水量の多い風土であり、建設物や部材に水分を入れないことが耐久性向上の要諦である。そのための防雨、防水工法についても研究課題としている。さらに建設材料としてコンクリートが多用されるが、その物性の解明は耐久的建設物を作り上げるために不可欠であり、その観点からのセメントペーストの細孔構造、コンクリートの透過性、中性化問題に取り組んでいる。

教授：田中享二



ガリウム注入法による  
コンクリートの次空隙分布像

Professor: Kyoji Tanaka

田中研究室



建築材料の屋外暴露試験

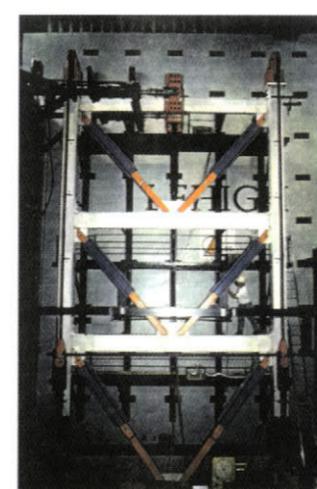
The properties and long-term performance of materials and components for building structures and envelopes are mainly investigated here. As they are closely related to weather, we focus, in particular, on deterioration of performance of them by weather and how to evaluate their deterioration.

Durability of concrete, which occupies a significant part of substance of buildings, directly affects their life. We also study the properties of concrete relating to durability such as pore structure of cement paste, permeability of concrete, and carbonation of it.

### 地震エネルギーの吸収で建物を守る

地震は建物に運動エネルギーを与え、そのために建物の振動・被害が生じる。建物にダンパーを入れることにより、エネルギーを吸収し建物の揺れを極端に減らす方法を研究している。右図は我々の実験で、10階建物下部3階分の実物大架構（白）を作り、それにダンパー（青と黄）を入れたものを、複数の高速アクチュエーターで揺らしたものである。また、地震応答のコンピューターシミュレーション法、耐震設計法も開発している。他の研究課題は：弾塑性、摩擦ダンパーによる制振：鉄骨架構の柱・梁ボルト剛接合（下図参照）、半剛接合：鋼管コンクリート柱・鉄骨梁ボルト接合：地震時の近接建物や橋の衝突。

教授：笠井和彦  
助教：大木洋司

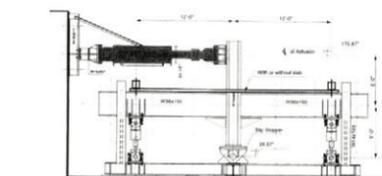


ダンパーを持つ実物大3層フレームの高速載荷実験  
(米国Lehigh大学の設備を用いた)

The use of various dampers that absorb seismic energy and reduce building sway / damage is addressed. The figure shows our real-speed full-scale tests for the bottom 3 - story portion (white) of a 10-story frame having dampers (blue and orange). This study involves experiment, analysis, and design phases. Other topics are :Elasto-Plastic and friction dampers; bolted rigid (see bottom figure) and semi rigid connections; bolted connections for concrete-filled column and steel beam; seismic collisions between adjacent buildings or bridge deck segment.

Professor: Kazuhiko Kasai  
Res. Assoc.: Yoji Ooki

笠井研究室



BEAM-COLUMN CONNECTION TEST SET-UP

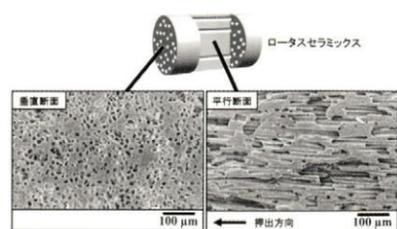


実物大鉄骨梁・柱・接合部の実験  
(梁は高さ90cmのもの)

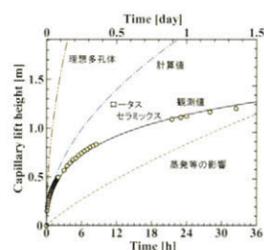
## 水を利用したセラミックス省エネルギー材料

セラミックスには様々な大きさの“孔”をもつ多孔質材料を創ることができ、細孔表面は、その孔の大きさに密接に関連した機能空間場として特異な表面反応などに利用できる。我々の研究室では、ミクロ(<2nm)、メソ(2-50nm)、マクロ(>50nm)細孔のそれぞれの特長を生かした材料応用を考えている。ミクロ細孔では“ミクロポアフィリング”現象を利用したヒートポンプ用吸着材料、メソ細孔では毛管凝縮—蒸発に見られる水蒸気の吸脱着のヒステリシスを利用した調湿材料、マクロ細孔では毛管力による自立的な揚水能力を生かしたヒートアイランド対策用蒸発冷却材料について検討している。この他、ナノシート材などの表面コーティングによる親水・疎水機能材料についても研究している。以上のように、おもに水を利用した省エネルギーに関連した機能材料を研究対象として活動している。

教授：岡田 清  
特任助教：勝又健一



“ロータスセラミックス”の組織写真



ロータスセラミックスの毛管力による揚水能

A wide variety of porous ceramic materials can be prepared and their different pore structures provide the special internal spaces required for reaction with various adsorbates. Our group has developed a new process for producing porous ceramics containing micropores (< 2 nm in size), mesopores (2-50 nm) or macropores (>50 nm), for various applications in which their characteristic properties are exploited. Microporous ceramics act as highly functional vapor adsorbents showing micropore filling phenomena that may make them useful as chemical heat pump materials. Mesoporous ceramics have the potential to control humidity by exploiting their capillary condensation-evaporation hysteresis properties. Macroporous ceramics have potential applications as passive cooling materials for counteracting heat island effect because of their high capillary lift ability (>1 m). In addition, ceramics with hydrophilic and hydrophobic properties can also be produced, in which various oxide nanosheets are used as surface coating materials. Thus, our main interests are in a variety of functional ceramics for water-based energy-saving technology.

Professor: Kiyoshi Okada  
Res. Assoc.: Kenichi Katumata

岡田研究室

## 建築構造材料の高温特性を知る

火災時における建築構造骨組は、加熱による材料の劣化や熱膨張ひずみに起因する熱応力の作用により、鉄骨柱の局部座屈やコンクリート柱のせん断破壊などの損傷を受ける可能性がある。このような構造物の挙動や損傷の予測のためには、火災を対象とした温度範囲(室温~800℃)における鋼材およびコンクリート材料に関する基礎データを整備することが重要である。本分野では、力学的特性(応力・ひずみ関係、耐力、弾性係数など)に関する定量的な材料データの蓄積および温度や応力が連続的に変動する際の構成法則の確立に努めている。また、これらのデータの有用性を確認するための柱、梁、高力ボルト摩擦接合部などの部材実験および数値解析を行っている。

准教授：安部武雄



高強度コンクリートの破壊性状



マドリードの32階建て高層ビル火災(ウインドソル・ビル)【撮影:AP通信】

In a fire, it has the possibility that damage due to the deterioration of the material and the thermal stress, occurs in the framework of the structure.

To predict the behavior of the structure and its damage during a fire, it is important to make clear the mechanical properties of steel and concrete materials at high temperatures. In this Laboratory, it has been studied about the mechanical properties, especially the stress-strain relationship and creep-strain in the temperatures ranges from 20 to 800°C. In addition, in order to the verification of validity of these data, test results of structural members, such as column, beam, a high strength bolt friction joints, are compared with the numerical analysis result.

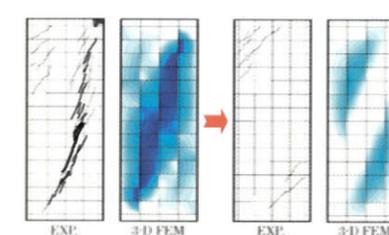
Assoc. Prof.: Takeo Abe

安部研究室

## コンクリートのひび割れ挙動

数値計算によって建築構造物の力学的挙動を予測する際に必要となる構成材料レベルの力学モデルの開発を目的として、建築用構造材料の力学的特性に関する基礎的な研究を行っている。最近、コンクリートのひび割れ面における多軸応力状態の力学的特性を解明するために、サーボ制御システムによって垂直方向と水平方向の荷重または変位を、独立に制御できる2軸加力試験装置を構築し、ひび割れ面の垂直荷重、または変位を制御して繰返しせん断実験を行っている。また、鉄筋コンクリート柱のせん断挙動に及ぼす横拘束効果を明らかにするために、横方向プレストレスを導入した柱の曲げせん断実験および三次元有限要素解析を行っている。

准教授：篠原保二



横方向プレストレスによるせん断ひび割れの抑制効果

The mechanical properties of structural materials have been investigated to accumulate necessary information that applies to nonlinear finite element analysis. A biaxial loading device, with which the vertical and horizontal load as well as displacement can be independently controlled by closed-loop hydraulic systems, has been developed in order to study the shear behaviors in concretes containing narrow cracks. The cyclic shear tests have been carried out under the boundary conditions controlling the normal displacement and load across the crack surface. Experiments and 3-D FEM analyses were also performed on reinforced concrete columns laterally prestressed by the shear reinforcements to study the influence of the active confinement upon shear strength and crack behaviors.

Assoc. Prof.: Yasuji Shinohara



2軸加力試験装置

篠原研究室

## RC・木質構造物の力学的挙動解明

コンクリート系構造物および木質構造物の力学的挙動の解明と安全性確保の確立を目指して、研究を行っている。最近の研究課題は、コンクリート系構造に関しては、損傷制御を実現するための工法の開発とその力学的挙動の解明、設計法の確立などである。木質系構造に関しては、鋼材と集成材のハイブリッド材の開発、変位依存型・速度依存型ダンパーを用いた木質制振壁の開発とそれを在来工法木造住宅に適用する際の設計法の確立、モーメント抵抗接合の開発と力学モデルの構築などである。

准教授：坂田弘安



木構造物の加力実験



接合部近傍の破壊状況

Main research project is the solution of mechanical behavior and the establishment of safety of concrete composite structures and timber structures. Study on damage controlled Precast-Prestressed concrete structures with P/C mild-press-joint is carried out in order to clarify the mechanical behavior and to establish of design method. The research subject also includes experimental study on mechanical behavior of composite member composed of cedar-glulam-timber and steel plate applied friction connector, experimental study and establishment of design method of wood frames with velocity-dependent dampers or deformation-dependent dampers, and experimental study on moment resisting timber structures. Estimation method of moment and rotation angle relationships of moment resisting joint is proposed.

Assoc. Prof.: Hiroyasu Sakta

坂田研究室

## 建築構造物の終局耐震性能を解明する

構造物の安全性を考える上で、建物がどのような性能を持っているか、そして設計で考えている被害レベルは建物の終局耐震性能の中でどの程度に位置しているのかということを確認することは、極限地震下においても建物の倒壊を防ぎ人命や都市機能を守るために必要不可欠です。

山田研究室では、構成要素の現実的な履歴挙動に基づいた鋼構造多層骨組の断塑性応答解析、材料特性までを扱った鋼構造構成要素の動的破壊実験、過去の地震の評価、地盤条件を考慮した地震入力の評価といった、入力地震動から構成材料・全体システムとしての建築構造物を幅広く扱った研究を行い、極限地震下において建築構造物が発揮し得る終局耐震性能を解明すべく活動しています

准教授：山田 哲



大型振動台を用いた部分架構の大動的破壊実験



兵庫県南部地震における鋼構造建築の被害  
(上は梁端の破断、下は厚肉柱の脆性破壊)

It is very important to evaluate the ultimate earthquake resistance of building structures to prevent the fatale damage on building and civil structures under earthquake. In our laboratory, to clarify the ultimate earthquake resistance of building structure, following theme is studied. 1) Inelastic response analysis of multi-story steel moment frames based on the realistic behavior of members. 2) Dynamic loading test on the full scale structural element made by the material of the various performance. 3) Estimation of earthquake resistance of the moment resistant steel frames under the past fatal earthquake.

Associate Prof.: Satoshi Yamada

山田研究室

# セキュアマテリアル研究センター

Secure Materials Center

## 安全な建築を造ろう

本研究室では、鉄筋コンクリート造建築物を耐震性と耐久性に優れたものとするための研究を行っている。建築物が大地震に遭遇したときに、単に崩壊しないということだけではなく、どの程度の機能を保持できるのかを明らかにすることが重要であることが、1995年に発生した阪神・淡路大震災によって確認された。柱や梁、壁といった耐震要素の、地震力の大きさに応じた損傷過程を把握し、建築物全体の地震時挙動を明確にすることが重要である。また、地震や事故などで発生する爆発によって建物が2次災害を発生することもある。爆発による飛散物に対する鉄筋コンクリート造建物の耐衝撃性能を把握することも、2次災害を軽減し人命の安全を確保する上で重要である。

教授：林 静雄

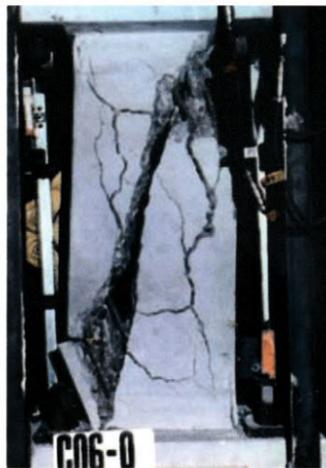


阪神・淡路大震災で実際に起きた柱のせん断破壊

This group is concerned with the basic behavior of reinforced concrete members to make the reinforced concrete building proof against the strong earthquake and durable. It has been definitely shown by Hanshin-Awaji Earthquake Disaster in 1995 that knowing the function of building remained after shock. We have to explain the behavior of the building during earthquake and the process of failure.

Strong earthquakes bring out the tremendous explosions at gasholders or powder plants. In order to protect human against those explosions, it is necessary to study the damage of a structure from them.

Professor: Shizuo Hayashi



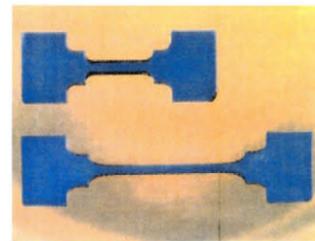
実験で再現した柱のせん断破壊

林(静)研究室

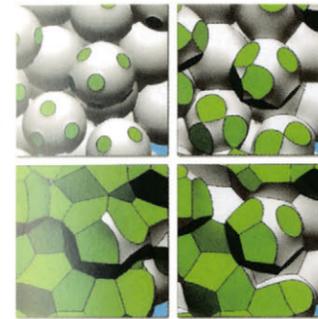
## セキュアマテリアルを目指すセラミックス構造設計

セラミックスは、硬い、化学的に安定、高温で使用できる、という特長があり、エネルギー、輸送、製造、建築システム等の要素技術として、多様な未来産業の基盤です。一方、本質的に脆く、巨視的強度はマイクロ欠陥に支配されます。安全・安心なシステムの実現に向けた材料レベルからのアプローチとして、セラミック部材の信頼性の確保は、依然、挑戦すべき大きな課題です。脆いセラミックスに延性を付与することは未だ夢ですが、超塑性の発見はセラミックスを自由自在に変形する成形加工技術を可能にしました。セラミックスは焼結技術を原点として発展を遂げ、その特徴は部材産業であること、すなわち、部材化技術が国際競争力と付加価値の源泉です。私たちは超塑性・焼結鍛造等、力と変形を利用する高強度・高靱性部材の新たな創製技術を目指した基盤研究をしています。部材の信頼性・形状精度向上という課題に対する古典的な実験研究の限界を突き破るには、理論とシミュレーションが重要な役割を果たします。焼結プロセスをマイクロ力学系という視点から解析し、不均質性制御による信頼性向上を実現するセキュア構造設計指針を示すことを目指しています。

教授：若井史博  
准教授：赤津 隆  
助教：篠田 豊



窒化ケイ素複合材料の超塑性の発見 (Nature 1990)



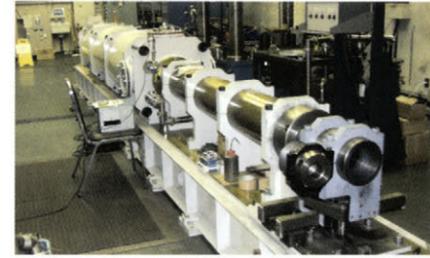
焼結プロセスの3次元シミュレーション (2006)

Most ceramics are hard, chemically inert, and refractory, then, they are used for a multitude of applications, e.g., energy, transportation, production, and construction systems. On the other hand, they are brittle in nature, and their strength is limited by microscopic defects. We aim to develop technology for increased reliability of ceramics, which will be key components for realizing safe and secure systems. The ductile ceramics is still a dream, but, the finding of ceramics superplasticity brought about a unique net-shape manufacturing method for future ceramic industry. The main challenges are to provide basis for developing highly efficient superplastic forming of toughened ceramics. Furthermore, we are developing modeling and simulation technology to make more reliable ceramic components by controlling microstructural heterogeneity during sintering.

Professor: Fumihiro Wakai  
Assoc. Prof.: Takashi Akatsu  
Res. Assoc.: Yutaka Shinoda

若井・赤津研究室

We carry out research and development of safe and secure materials and fundamental technologies, responding to the demands of the times. We create part of modern culture by developing materials that link people and phenomena, which is academically and

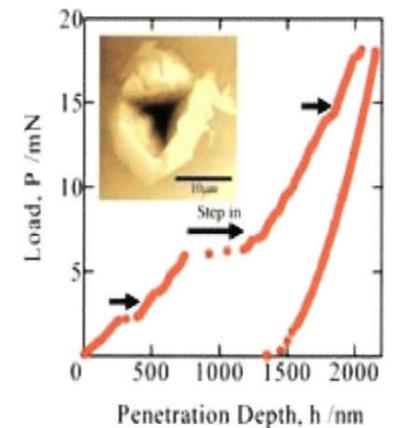


鉄筋コンクリートの安全な壊れ方機能を探索する大型衝撃銃

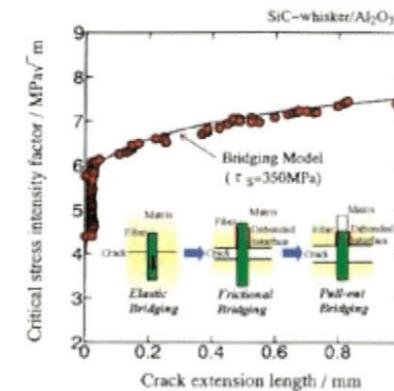
## 局所高応力場で探るセラミックスの破壊と変形

セラミックスの破壊や塑性変形は本質的にその材料の微細組織と同程度の大きさでの局所的な現象を起点とする。我々は亀裂先端やナノインデンテーションといった局所高応力場でのセラミックスの特異な破壊・変形挙動を研究し、高強度・高靱性セラミックスの開発に対する知見を得ることを目標としている。我々の開発したサブミクロン・ナノメートルスケールでの力学的特性評価技術はMEMS部材やナノ薄膜といった先端材料に幅広く適用可能である。

教授：若井史博  
准教授：赤津 隆  
助教：篠田 豊



高配向熱分解黒鉛のナノインデンテーション挙動と圧痕のAFM像



ウィスカー強化セラミック複合材料のR曲線挙動の実験値と亀裂面架橋モデルによる予測値

The fracture and plastic deformation of ceramics substantially progress from a local phenomenon that should be observed in the same scale as the microstructure of the material. The aim of our research project is to know how we can develop ceramics with high strength and toughness through the study of local fracture and deformation behavior at a crack tip or under an indentation with nano or submicron scale. We have developed a technique to evaluate the local mechanical properties of materials, which is widely applicable for advanced materials such as MEMS parts or thin films.

Professor: Fumihiro Wakai  
Assoc. Prof.: Takashi Akatsu  
Res. Assoc.: Yutaka Shinoda

若井・赤津研究室

## 活性なイオンやラジカルを操るセラミックス

150金属酸化物からなるセラミック材料を、特異な状態のイオンやラジカルなどの化学種を生成・貯蔵・輸送する場として捉え、それらの物理化学的性質を理解すると共に、新しい機能材料やデバイスに発展させる事を目標としている。例えば、ナノポーラス構造を持つ  $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$  (C12A7) の籠状格子中に水素化物イオン(H)を安定化させ、光照射によって軽金属酸化物では初めての電子導電体に転化できること等を見出してきた。また、真空中で白熱させたジルコニアセラミックスが、高い反応性を持つ原子状酸素を高密度に放出することを見出し、効率的な酸素ラジカル源となる事を示した。

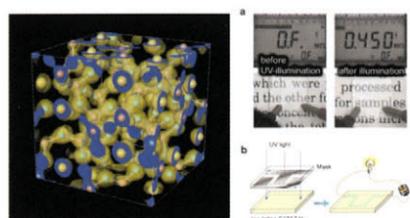
准教授：林 克郎



(左) 酸素ラジカル放出とその照射・評価のための実験装置 (右上) 白熱した放出源と四重極質量分析計 (右下) 水晶振動子上での銀の酸化

Certain metal oxide ceramics have been viewed as mediums that generate, store and transport ions and free radicals in peculiar states. We aim at understanding their physical and chemical properties and developing these properties to new functional materials or devices. For example, we found hydride (H) ion can be stabilized in cage of  $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$  (C12A7) with a nanoporous structure. A light illumination converts it to a transparent electronic conductor, which is a first discovery of an electronic conductivity in light-metal oxides. We also found that incandescently-heated zirconia ceramics intensely emit atomic oxygen having a strong reactivity into vacuum. This serves as an efficient oxygen radical source.

Assoc. Prof.: Katsuro Hayashi



放射光測定によって得られたC12A7のケージ構造。(右a) Hイオンを包接したC12A7薄膜の紫外線照射前後の変化 (右b) 目に見えない電気回路バッテリー

林(克)研究室

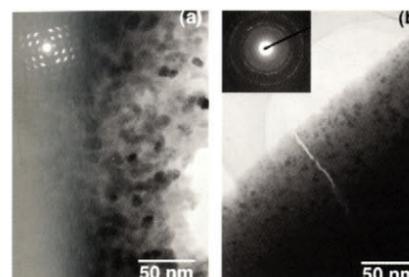
## 相転移を使った壊れ方機能

従来の構造材料開発では、より強い材料を指向してきたが、どのような材料であれ、得られる強さには限界がある。そこで、発想を転換して、材料自らが壊れることで生命を守る機能をもたせることが可能ではないか、と模索している。そのための切り口として、本分野では、“壊れ方”を新しい機能として捉え、温度や圧力によって引き起こされる相転移や化学反応を利用して、デザインされた壊れ方を持った新規構造材料を創成することを、将来的な目的としている。相転移という現象は、材料それ自身が内包するアクティブな特性であり、インテリジェントな機能を発現する可能性を秘めている。まず、基礎的な要素として、高速な衝突によって発生する衝撃波が引き起こす、構造相転移や化学反応を、ナノスケール以下の微視的な観点から研究し、これらの基礎的なデータを蓄積することにより、新しい安全な構造材料の開発へと展開させる。

准教授：阿藤敏行



飛翔体を秒速4kmに加速できる二段式軽ガス銃 (近藤研所有)



衝撃圧縮したムライトセラミックス((a) 4.9 GPa(b) 6.5GPa)相転移に伴うムライトのナノ結晶化(a)や微細なγ-AlミナとSiO<sub>2</sub>ガラスへの分解反応(b)が見られる。

Intrinsically, every material has limitation in strength even though materials researchers have devoted considerable effort to develop strong structural materials. By changing the way of thinking, we are proposing new concept, so called “functional fragmentation”, in which materials themselves fragment to save our lives. Development of new structural materials with designed fragmentation is our future goal. To realize such a function, phase transitions and/or chemical reactions induced by temperature or pressure should play an important role, because such a phase changes can be regarded as intelligent active function against external conditions. As basic investigations, shock-induced phase transitions and chemical reactions are explored from microscopic level, and then application to new safe structural materials will be examined.

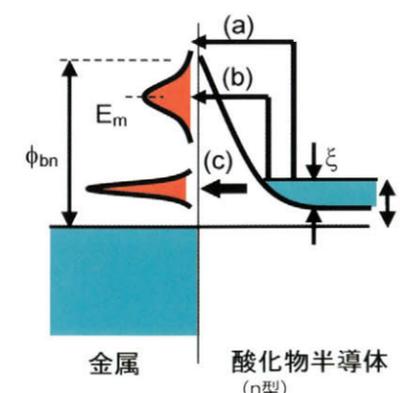
Assoc. Prof.: Toshiyuki Atou

阿藤研究室

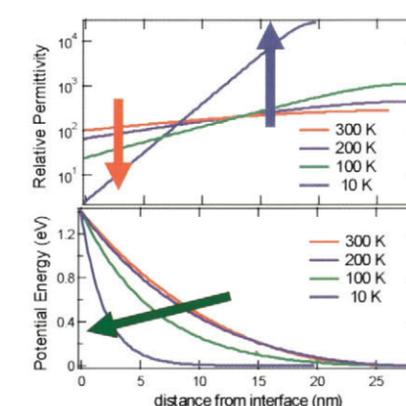
## 酸化物界面工学の構築

半導体の界面において実現する空乏層形成、整流特性などの界面特有の現象は、現代のエレクトロニクスを生み出すと同時に、量子ホール効果などの全く新しい物理現象発見の舞台を提供してきました。本研究室では、金属酸化物界面を対象とし、新機能、新電子状態の探索を行っています。具体的には、高精度で酸化物人工薄膜構造を作製し、輸送特性、接合特性の測定に加え、光電子分光による電子状態の評価を行っています。金属酸化物においては、表面・界面が劇的な効果を及ぼす例が次々と見つかっており、そのような効果を能動的に利用することで、デバイス应用到有望な、あるいは基礎研究の対象として価値がある人工電子状態を探索していきます。

准教授：須崎友文



金属-酸化物半導体界面のポテンシャルの模式図 正バイアス V が印加された状態を考慮している バリアが薄い場合、thermionic emission (a) に加え、トンネル電流(b), (c) の寄与が考えられる



金属-n型ドーパ SrTiO<sub>3</sub> 接合の誘電率(上)とポテンシャル(下) 誘電率は、界面からの距離に大きく依存する

Phenomena characteristic of semiconductor interfaces have given rise not only to electronic devices but also to new research areas including quantum Hall effect. We study oxide interfaces in order to develop new functionalities and to find novel electronic structures by high-precision thin film growth, transport and junction characteristics measurements and photoemission spectroscopy, utilizing a large difference between bulk and interface electronic states in oxides. Our goal is to develop artificial electronic states which are useful for device application as well as for scientific research.

Assoc. Prof.:Tomofumi Susaki

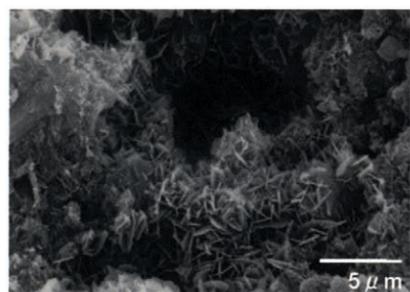
須崎研究室

# 協力講座

## 建設を化学する

セメントは水との反応によりマイクロやナノサイズの生成物と空隙を生成し、機能を発揮する。反応や生成物を制御することで、高強度、急結・急硬性や膨張性など各種の機能を付与でき、流動特性の制御により合理的な施工法も可能となる。また、セメント産業には、循環型社会への貢献も要望されている。建設技術に関連した多くの問題を化学的側面から解決するため、循環型資源の有効利用、循環型資源を利用したセメントの材料設計、高機能セメントの材料設計、セメント系材料の超長期耐久性、高分子系分散剤による無機粒子の分散・凝集、濃厚系サスペンションの流動特性、無機-有機複合体、水熱反応による建材や調湿材の合成などに取り組んでいる。

教授：坂井悦郎



150°Cの低温下での水熱合成に成功したバモライト  
 $[(Ca_4(Si_3O_9H)_2]Ca \cdot 4H_2O$

We work on the following themes to solve a lot of problems related to the construction technology from a chemical side. We cover studies of basic research for developments of cement based new materials, new application methods of cement based materials, long-term durability of cement based materials, composite of polymer and inorganic materials, hydrothermal synthesis of building materials, rheology of concentrated suspensions, dispersion mechanisms of polymer dispersants. We also cover studies of fundamental research for the use of industrial waste products in cement raw materials and cement concrete mineral admixtures.

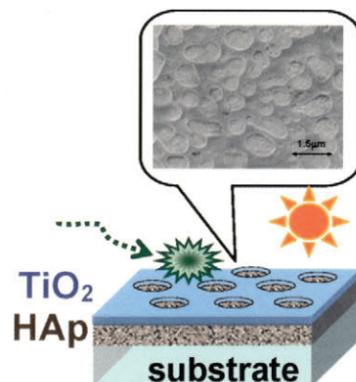
Professor: Etsuo Sakai

坂井研究室

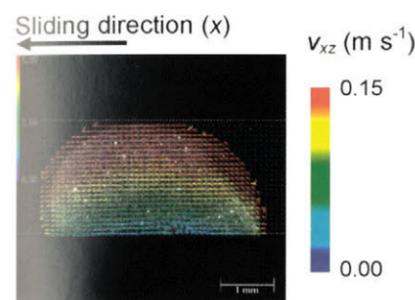
## 新しい表面機能材料の創製と応用

固体の表面はさまざまな化学反応の「場」であり、固体そのものと他の物質、光、熱、電荷、情報などとの直接的な接点です。バルクの固体にはない表面の面白さは、それらが組成や構造などある一定の条件を満足すると、それが極めて微細な（ナノレベルの）特徴であるにもかかわらず、目に見える形でのマクロな性質として具現化される点にあります。我々は様々物理化学的手法を用いることにより、新しい表面機能材料を創製・応用する研究を展開しています。最近では、反応場と吸着場の制御による高性能光触媒材料の開発、固体表面での流体の動的挙動の解析に基づく新規機能表面の創製、低環境負荷で高性能表面機能材料を創製するためのプロセス開発などに関する研究を行っています。

准教授：中島 章



分相構造を利用した、酸化チタン/アパタイト透明ハイブリッドフィルムの外観と表面微構造



撥水性固体表面を転落する水滴の内部流動速度の分布（赤の部分が最も速い）

Solid surfaces are the substrate of chemical reactions and the contact point of solids and other substances, such as electrons, atoms, molecules, photons, and phonons. Our research interest is the development of new surface functional materials and their application to various industrial fields. Recent research topics are: Development of new photocatalysts for environmental purification by controlling the spatial arrangement and chemical composition of reaction fields and adsorption fields on a nano-scale, Preparation of functional wetting surfaces through analysis of dynamic motion of fluid droplets on various solid surfaces, Development of manufacturing process of surface functional materials with low environmental burdens using plasma and light, and others.

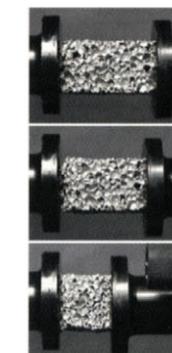
Assoc Prof.: Akira Nakajima

中島研究室

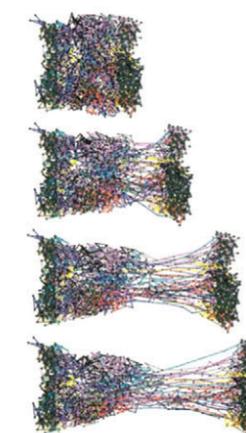
## 安全・安心そして快適のための材料力学

材料と構造の強度、耐久性、信頼性の確保と向上は、人類にとって永遠の課題であり、最近喧伝されている安全・安心というキーワードにも直結しています。我々の研究室では、安全・安心ひいては快適な人間生活の実現に寄与するべく、材料力学を中心とする分野で解析、シミュレーション、計測、評価の幅広い観点から研究に取り組んでいます。最近の研究テーマは、材料界面の力学的モデル化と接着・剥離強度評価法の開発、分子鎖ネットワークモデルによる高分子の変形挙動シミュレーション、弾性応力波のウェーブレット解析と超音波非破壊評価技術の高度化、逆問題解析による応力・ひずみ計測技術の高度化、電子材料・機器の信頼性の評価と向上など、極めて多岐にわたっています。

教授：岸本喜久雄  
 准教授：井上裕嗣



アルミニウム発泡材の圧縮変形挙動の観察



分子鎖ネットワークモデルによる高分子の変形挙動シミュレーション

Realization and development of strong, sustainable and reliable materials and structures are everlasting subject for human beings. They are directly related to recent national issue: *anzen* and *anshin* (security and peace of mind). In order to achieve *anzen*, *anshin* and hence comfortable human life, we are working on analysis, simulation, measurement and evaluation in the fields around Mechanics of Materials. Recent research topics are widely spread as follows: mechanical modeling and evaluation of adhesion and debonding of material interfaces, simulation of polymer deformation with molecular chain model, wavelet analysis of elastic stress waves, development of ultrasonic non-destructive evaluation technique, advancement of stress/strain measurement techniques by inverse analysis, evaluation and improvement of mechanical reliabilities of electronic materials and products, and others.

Professor: Kikuo Kishimoto  
 Associate Prof.: Hirotsugu Inoue

岸本・井上研究室

# 共同利用推進室

Promotion Office for Cooperative Researches

応用セラミックス研究所は、全国共同利用研究所として、国内外の大学、研究所ならびに民間等の研究者との共同利用研究を進めている。共同利用推進室はこの共同利用研究の事務処理を支援する。共同研究は大きく5種類のカテゴリーに分けられ、当研究所の教員と所外の研究者が当研究所の施設、設備、データ等を共同で利用する「一般共同研究」、外国人研究者を含めて実施する「国際共同研究」、当研究所において開催する研究集会のための「ワークショップ」「国際ワークショップ」がある。平成20年度は、89件の共同研究が採択され、約780名にも及ぶ研究者が来所し、活発な共同研究が行われている。なお、共同利用研究の申請は前年度の2月中旬に締め切られる。

電子メール：suishin@msl.titech.ac.jp

MSL is promoting collaborative research with the researchers in the Universities, Governmental and/or industrial research organizations in Japan as well as overseas utilizing facilities and/or data in MSL. The collaborative researches are categorized as “General research” ,

“Specified research” and “Workshops to be held in MSL”. In 2008, we promoted 89 project including more than 780 researchers. The dead line for application will be in the middle of February in every year.

E-mail:suishin@msl.titech.ac.jp



## 技術室

Section of Technical Staffs

### 研究支援と装置製作

技術室では東工大技術部精密工作技術センターと協調して研究活動を技術面から支援し、主として実験装置、試験装置類の設計と製作を担当している。また共同利用機器等での試料測定や実験装置、機器類の保守・管理補助を行い、研究活動を幅広く支援している。

The section of technical staffs supports research activities of the laboratory technically. It has a machine shop and the staffs assist sub technical consulting to develop experimental equipments and manufacturing them. Moreover, the sample measurement with equipments for collaborate research. It has the staffs assist maintenance of experimental equipments and management assistance to research activities are supported widely.





東京工業大学  
応用セラミックス研究所

〒226-8503 横浜市緑区長津田町4259 R3-28  
TEL.045(924)5967(事務係) FAX.045(924)5978

Materials and Structures Laboratory  
Tokyo Institute of Technology

Nagatsuta 4259 R3-28, Midori, Yokohama 226-8503, Japan  
Phone +81-45-924-5967(Director Office), Fax +81-45-924-5978  
<http://www.msl.titech.ac.jp>

