

2016 東京工業大学 物質理工学院

材料系 無機材料分野

Department of Materials Science & Engineering
Tokyo Institute of Technology



「材料の源流が、本流が、 そして未来がここにある」

先進材料クラスター代表 中島 章

先進材料クラスターは、本学の創立間もない1896年に設立された現在の無機材料工学科と、1943年に設立された現在の応用セラミックス研究所を源流とし、物質科学創造専攻、物質電子化学専攻、材料物理学専攻および原子炉工学研究所から、先進無機材料分野の発展と次世代人材の育成を担う教員で平成28年に結集した新しい教育・研究組織です。材料分野は、我が国の科学技術を根底から支える基盤技術です。今後の科学技術の発展の鍵を握るのは材料分野であることには言を俟ちません。東工大先進材料クラスターは、この分野の次世代を担う新進気鋭の人材の教育・育成を行います。

先進材料クラスターの講義は、構造科学、物性科学、反応科学、プロセス科学の各科学に対して多様な内容が揃っています。これらは環境・エネルギー・エレクトロニクス・バイオテクノロジー・構造インフラといった応用分野にも繋がっていきます。材料に関する広く深い知識を修得でき、無機材料を中心に材料に関する基礎から応用に至る世界トップレベルの研究指導を受けることができる先進材料クラスターは、まさに材料の教育・研究の本流であり、世界に通じる材料科学の真の実力を養うことができます。また世界の材料分野の様々な研究者と議論する機会も多く、これらを通じて分野を超えた広い視野、豊かな創造性と国際性、そしてリーダーシップが身につくことでしょう。

先進材料の研究者には、世界に先駆けた先進材料の研究開発に加え、人類社会を支える基盤材料を確実に発展・高度化することも求められています。高性能・多機能・高速且つ安定なエレクトロニクスデバイスの創製とそれを実現するための材料開発、エネルギー消費を大幅に低減する触媒や水素を含めた新エネルギー創出とそれらを可能にする材料開発、界面・表面における物性評価とそれらを活用したデバイス・材料の研究推進、先進生体材料の開発を通じた人類の長寿命化、安全安心な社会基盤の高信頼化・長寿命化を実現するための先進構造材料の開発などが必要とされるでしょう。また、それらを実現するための低環境負荷・大量合成プロセスの研究開発に加えて、我が国の限られた資源・マンパワーの中でも効率良く材料開発を推進するための元素戦略とマテリアルズインフォマティクス、そしてナノメートル・原子レベルでの構造や結晶配向を解析する技術の深化、ピコ/フェムト秒という極めて短時間に刻々と変化する物理現象や物性の理解を可能にする計測・評価技術の進展も極めて重要です。さらに日本社会の置かれた現状からエネルギーミックスの最適化は必須であり、極めて長時間の安全運転を可能とする原子力システムのための材料開発や放射性廃棄物を長期間保全する材料研究も重要な課題といえるでしょう。

先進材料クラスターには、上記の材料に関する広い学問分野を修め、先進的な材料研究を極めた学生を、世界を舞台に戦う研究人材、科学技術立国日本を支えるエンジニアのリーダーとして社会に送り出す使命があります。また、上記科学技術の発展を先導しながら産学官連携を推進し、環境・エネルギー問題、長寿命社会、新エネルギーの創造などに取り組む社会貢献も我々の重要な任務です。先進材料に関する世界トップレベルの研究機関との共同研究や人材交流を通じて、世界に冠たる材料立国日本を支えるための努力も必要とされています。

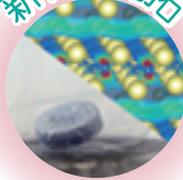
我々先進材料クラスターの教員は、材料分野での教育・研究を通じて、人類の将来を託せる人材の育成に努めて行きます。是非、ここで学び、研鑽を積んでください。そして日本、人類、地球のために、材料の未来を共に切り拓いて行きましょう。

目次	01
先進材料クラスター	02
キャンパスライフ	04
大学院修士課程入試スケジュール	06
希望を実現する進学・就職プラン	07
先進材料クラスター研究室リスト	09
研究室紹介	
東研究室	16
生駒研究室	17
伊藤・谷山研究室	18
大場研究室	20
神谷研究室	21
川路研究室	22
北野研究室	23
北本研究室	24
笹川研究室	25
坂井・宮内研究室	26
佐々木研究室	28
篠崎研究室	29
多田研究室	30
柘植研究室	31
鶴見・武田研究室	32
中島・松下（祥）研究室	34
中村研究室	36
林研究室	37
原・鎌田研究室	38
細野・平松研究室	40
舟窪研究室	42
真島研究室	43
松石研究室	44
安田研究室	45
矢野（哲）・松下（伸）研究室	46
矢野（豊）・吉田研究室	48
吉本・松田研究室	50
若井研究室	52
阿部研究室	53
坂田研究室	54
瀬川研究室	55
学生諸氏の受賞の記録	56
キャンパスマップ	58

新材料開拓



細野秀雄教授



松石聡 准教授



北野政明 准教授

アモルファム



矢野哲司教授



瀬川浩代 連携教授



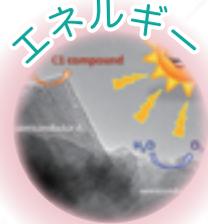
飯村 壮史 助教



平松 秀典 准教授



吉本 護教授



エネルギー



井手 啓介 助教



宮内雅浩教授



松下 祥子 准教授



篠崎 和夫教授



プロセス



松下伸広 准教授



舟窪 浩教授

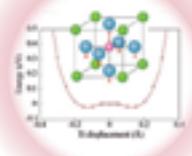


松田 晃史 講師



伊藤 満教授

基礎



佐々木聡教授



塩田 忠 助教



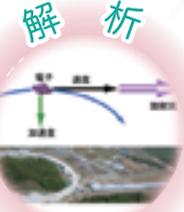
武田 博明 准教授



奥部 真樹 助教



川路均教授



解析



中村一隆 准教授



坂田修身 連携教授



生駒 俊之 准教授



北本 仁孝教授



ソフト・バيو



阿部 英喜 連携教授



林 智広 准教授



柘植 丈治 准教授



北條 元 助教



杉山 友明 助教



岸哲生 助教



多田朋史 准教授



大場史康 教授

材料設計



笹川崇男 准教授



原亨和 教授



坂井悦郎 教授

環境



中島章 教授



喜多祐介 助教



磯部敏宏 助教



鎌田慶吾 准教授



東康男 助教



赤松寛文 助教



熊谷悠 特任講師



谷山智康 准教授



矢野豊彦 教授

構造材料



安田公一 准教授



若井史博 教授



保科拓也 助教



鶴見敬章 教授

電子材料



東正樹 教授



真島豊 教授



吉田克己 准教授



安井伸太郎 助教

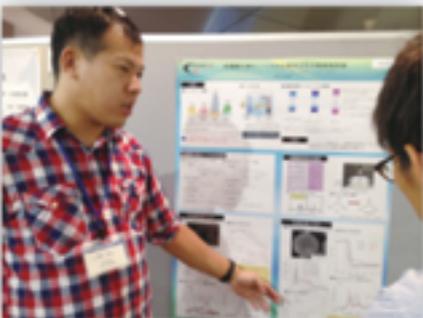


神谷利夫 教授

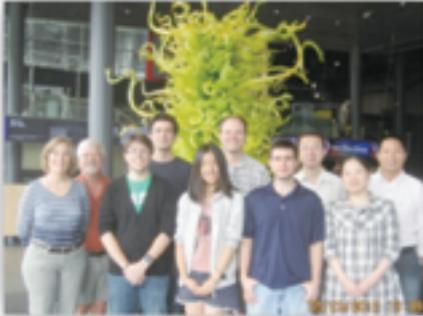
講義・ゼミ



学会・国際会議発表



留学



ゼミ合宿



BBQ・OB会



修士・博士論文発表会



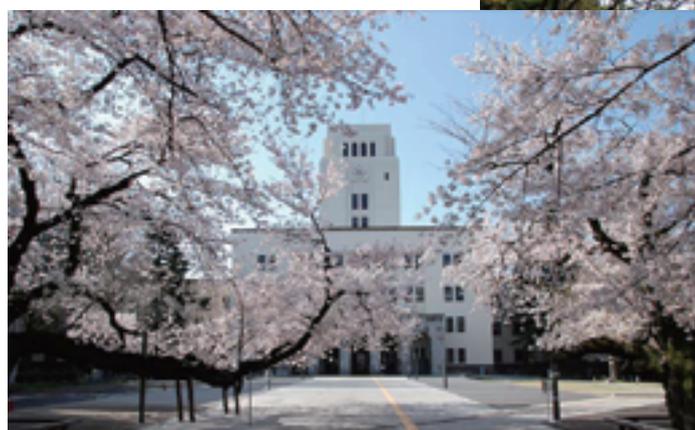
修了パーティー・送別会



大学院修士課程入試スケジュール

(平成 29 年 4 月入学者用)

課程	募集要項	願書提出	学力審査		合格発表	備考
修士課程 (4月入学)	5月9日 (月)	6月20日(月) -24日(金)	口述試験 7月23日(土), 25日(月)-27日(水)		9月2日 (金)	「口述試験」または「筆答試験」のいずれの受験になるかは、成績証明書と志望理由書にもとづいて決定後、連絡致します。
			筆答試験 8月16日 (火)	口頭試験 8月17日(水) -25日(木)		



合格・入学

修士（博士前期）コース

博士（博士後期）コース

博士学生支援

創造性に優れた社会の要請に応え得る人材の養成をめざし、学位取得後の多様な活躍の場を想定した教育を行っています。国際的な視野の拡大が特徴の一つです。

・即戦力型の研究者

組織的・国際的プロジェクトの遂行に必要な知識と経験を習得

・創造的起業家

研究シーズを事業化できる創造的起業家を育成

・文理融合型・異分野融合型人才

幅広い知識を活かして様々な社会活動でリーダーシップを発揮

博士学生・博士研究員支援

産業界で活躍できる研究者の養成と、多様なキャリアパス創出のための支援機構。博士取得後に大学等の研究者だけでなく、企業での研究者になることも手厚くフォローアップ

・On-Campus Training

多彩な講師人による講義、演習

・キャリア相談

専任キャリアアドバイザーによるキャリア支援

・ドクターズ キャリア フォーラム

個人ブース形式で企業情報の収集ができるイベント

・価値創造インターンシップ

長期滞在型（3ヶ月以上）の企業における研究活動の体験

就職先

研究者として

オスロ大、オレゴン州立大、カイロ大、カリフォルニア工科大学、テキサス A&M 大、ドイツポツダム大、南ミシシッピ大、メリーランド大、レンセラ工科大、オックスフォード大、ダルムシュタット工科大、ベル研、宇都宮大、大阪大、金沢大、近畿大、熊本大、神戸大、信州大、東工大、東京理科大、東北大、鳥取大、豊田工業大、北海道大、名工大、宇宙航空研、科技団、原子力機構、産業技術総合研究所、情報通信研、物質・材料研究機構、理化学研、自衛隊、大阪府産技研 他

技術者として

旭化成、旭硝子、Acroquest Technology、アクセンチュア、伊藤忠ケミカルフロンティア、石川島播磨 (IHI)、いすゞ自動車、イノベーショントラスト、イリソ電子工業、AGC セラミックス、NHK、NOK、NTT ファシリティーズ総合研究所、王子製紙、オムロン、オリンパス、花王、カシオ計算機、鹿島建設、川崎重工業、キヤノン、京セラ、金属技研、クアーズテック、クラリアントジャパン、クラレ、クリスチャン・ディオール、神戸製鋼所、コナミホールディングス、コニカミノルタ、小松製作所、サムライファクトリー、三洋電機、JFE テクノリサーチ、ジェイテクト、資生堂、シャープ、昭栄化学工業、昭和電工、昭和電線ホールディングス、信越化学工業、新日鐵住金、新日鐵住金エンジニアリング、JX エネルギー、GS ユアサ、JR 東日本、JFE スチール、シチズン時計、スズキ、スタンレー電気、住友化学、住友ゴム工業、住友重機械工業、スリーエムジャパン、住友ベークライト、セイコーエプソン、積水化学工業、ソニー、ソニー LSI デザイン、ソフトバンク、ダイキン工業、大日本印刷、太陽石油、大洋マシナリー、大和総研、WDB エウレカ、ダンガロイ、チノー、千代田化工建設、帝人、DeNA、デュポン、テルモ、デンソー、デンカ、電気興業、電通、東京急行電鉄、東京エレクトロン、TDK、東京都教員、TOTO、東芝、東燃ゼネラル石油、東洋エンジニアリング、東洋紡、トヨタ自動車、豊田自動織機、トヨタ紡織、東レ、トクヤマ、凸版印刷、ニコン、ニチハ、日揮、日揮触媒化成、日揮プラントイノベーション、日産自動車、ニトリ、日本アイ・ピー・エム、日本板硝子、日本イー・エス・エム、日本カンタム・デザイン、日本航空、日本証券テクノロジー、日本精工、日本ゼオン、日本総合研究所、日本電気 (NEC)、日本電気硝子、日本電信電話 (NTT)、日本電波工業、日本取引所グループ、日本ユニシス、野村アセットマネジメント、野村證券、ノリタケカンパニーリミテド、博報堂、日立製作所、日立金属、日立建機、日野自動車、BASF ジャパン、パナソニック、ファナック、フジクラ、富士重工業、富士通、富士通ゼネラル、富士ゼロックス、富士フイルム、ブリヂストン、古河機械金属、古河電気工業、ボッシュ、HOYA、本田技研工業、マグネスケール、みずほフィナンシャルグループ、三井化学、三井金属鉱業、三井スペース・ソフトウェア、三井造船、三菱化学、三菱自動車工業、三菱重工業、三菱商事、三菱総合研究所、三菱電機、三菱東京 UFJ 銀行、三菱マテリアル、三菱レイヨン、武蔵エンジニアリング、村田製作所、メガチップス、安川電機、ヤマハ、ヤンマー、UACJ、横浜銀行、横浜ゴム、リコー、リソな信託銀行、リンテック、ローム、ラピスセミコンダクタ、YKK、YKK AP、ワールドインテック

頁	役職	フリガナ 氏名	主の系・コース	研究内容		居室	電話番号	QRコード
キーワード(4つまで)			副の系・コース	キャンパス	研究室ホームページアドレス	e-mail		
16	教授	あずま まさき 東 正 樹	材料系 材料コース	新しい機能性酸化物の開拓と機能発現機構の解明 —低次元磁性体から非鉛圧電体まで—		J1棟 904号室	045-924-5315	
機能性酸化物,新物質探索, 精密構造解析,固体化学				すずかけ台	http://www.msl.titech.ac.jp/~azumalab/	mazuma(at)msl.titech.ac.jp		
17	准教授	いこま としゆき 生 駒 俊 之	材料系 材料コース	生体機能を修復するバイオセラミックスを中心に、医療に役立つ材料開発を行っています。		南7号館 816号室	03-5734-3960	
バイオセラミックス,細胞機能, 表面・界面,セラノステック			材料系 ライフエンジ ニアリングコース	大岡山	http://www.bio.ceram.titech.ac.jp/	tikoma(at)ceram.titech.ac.jp		
18	教授	いとう みつる 伊 藤 満	材料系 材料コース	電子、イオン、格子制御を意図する新物質合成と物性化学		J2棟 703号室	045-924-5354	
新物質科学,強誘電体,マルチ フェロイクス,イオン伝導体				すずかけ台	http://www.msl.titech.ac.jp/~itohlab/	tikoma(at)ceram.titech.ac.jp		
20	教授	おおば ひみやす 大 場 史 康	材料系 材料コース	コンピュータシミュレーションを駆使した電子・エネルギー材料の設計と探索		R3棟 501号室	045-924-5511	
第一原理計算,電子材料, エネルギー材料,電子構造				すずかけ台	http://www.msl.titech.ac.jp/~oba/	oba(at)msl.titech.ac.jp		
38	准教授	かまた けいご 鎌 田 慶 吾	材料系 材料コース	酸化物材料を基盤とした高機能固体触媒の設計と合成、環境調和型な実用的化学変換プロセスの創出		R3棟 404号室	045-924-5338	
触媒化学,無機合成化学,物 理化学,有機化学			材料系 エネルギー コース	すずかけ台	http://www.msl.titech.ac.jp/~hara/	kamata.k.ac(at)m.titech.ac.jp		
21	教授	かみや としお 神 谷 利 夫	材料系 材料コース	酸化物半導体をはじめとする、新しい電子機能材料・デバイスを開発する。計算機シミュレーションを用いて材料設計、デバイス設計、物性解析を行う。		J1棟 615号室	045-924-5357	
新無機半導体開発,ディスプレ イ用半導体デバイス,太陽 電池,量子シミュレーション				すずかけ台	http://www.iem.titech.ac.jp/~kamiya/	kamiya.t.aa(at)m.titech.ac.jp		
22	教授	かわじ ひとし 川 路 均	材料系 材料コース	誘電体・磁性体・超伝導体・イオン伝導体における相転移現象の解明と物性と構造の相関についての研究,ナノ細孔に閉じ込められた物質の相転移挙動についての研究,相転移による機能性制御の可能性を探る研究		J1棟 701号室	045-924-5313	
機能性材料,相転移,機能性 制御			材料系 ライフエン ジニアリングコース	すずかけ台	http://www.msl.titech.ac.jp/~kawaji/	kawaji(at)msl.titech.ac.jp		

頁	役職	ふりがな 氏名	主の系・コース	研究内容		居室	電話番号	QRコード
キーワード(4つまで)		副の系・コース		キャンパス	研究室ホームページアドレス	e-mail		
23	准教授	きたの まさあき 北野 政明	材料系 材料コース	豊富な元素を駆使した環境調和型触媒の創成		S8棟 401号室	045-924-5191	
担持金属触媒, アンモニア合成, 酸塩基, 電子化物材料				すずかけ台	http://www.mces.titech.ac.jp/authors/kitano/	kitano.m.aa(at)m.titech.ac.jp		
24	教授	きたもと よしたか 北本 仁孝	材料系 材料コース	1. 3次元ナノ粒子集積によるナノポーラス構造体の創製と薬剤輸送システムキャリアと触媒への応用, 2. 有機無機ナノ粒子複合体の磁場に対する応答を利用した生体情報センシング・デバイスとがん温熱治療		J2棟 510号室	045-924-5424	
ナノ粒子・ナノ構造体, ナノ医療デバイス, 磁気デバイス				すずかけ台	http://www.iem.titech.ac.jp/kitamoto/	kitamoto.y.aa(at)m.titech.ac.jp		
26	教授	さかい えつお 坂井 悦郎	材料系 材料コース	産業廃棄物の有効利用による資源循環システム, 低炭素型建設システム, 高耐久性建設材料の開発		南7号館 818号室	03-5734-3368	
廃棄物利用, 建設材料, 低炭素, 高耐久性材料		材料系 エネルギーコース	大岡山	http://www.eim.ceram.titech.ac.jp/		esakai(at)ceram.titech.ac.jp		
25	准教授	ささがわ たかお 笹川 崇男	材料系 材料コース	高温超伝導体を超えるような新物質・新機能の発見と、そのメカニズムの理解。作り(精密組成制御試料・単結晶)、測り(マクロ物性と先端量子測定)、考え・予測・設計(第一原理計算)の全てを実践。		J1棟 503号室	045-924-5366	
超伝導, トポロジカル電子状態, ナノテク新素材, 電子デバイス材料		材料系 エネルギーコース	すずかけ台	http://www.msl.titech.ac.jp/~sasagawa/		sasagawa(at)msl.titech.ac.jp		
28	教授	ささき さとし 佐々木 聡	材料系 材料コース	構造物性と電子磁気構造, 放射光 X 線の回折・散乱・分光, 共鳴磁気散乱, 計算物理		J1棟 508号室	045-924-5308	
結晶科学, 共鳴散乱, 電子密度, 酸化物				すずかけ台	http://lipro.msl.titech.ac.jp/	sasaki(at)n.cc.titech.ac.jp		
29	教授	しのざき かずお 篠崎 和夫	材料系 材料コース	セラミック薄膜の構成元素、不定比性、不純物分布、結晶構造や微構造を制御することにより、新しい性質をもつセラミックスを創製する		南7号館 611号室	03-5734-2518	
セラミック薄膜, セラミックセンサー, エネルギーセラミックス				大岡山	http://www.sim.ceram.titech.ac.jp/process/welcomej.html	ksino(at)ceram.titech.ac.jp		
32	准教授	たけだ ひろあき 武田 博明	材料系 材料コース	機能性単結晶・セラミックス材料の探索とバルク化プロセスの確立, バイオ・エレクトロニクス応用		南7号館 508号室	03-5734-2520	
酸化物結晶, 結晶成長, 圧電材料, バイオセンサ		材料系 ライフエンジニアリングコース	大岡山	http://nanophononics.ceram.titech.ac.jp/		htakeda(at)ceram.titech.ac.jp		

頁	役職	ふりがな 氏名	主の系・コース	研究内容		居室	電話番号	QRコード
キーワード(4つまで)			副の系・コース	キャンパス	研究室ホームページアドレス	e-mail		
30	准教授	ただ ともみ 多田 朋史	材料系 材料コース	エネルギー変換材料、触媒材料、量子情報材料といった次世代材料の理論的設計を電子状態計算により行っております。		S8棟 402号室	045-924-5192	
第一原理計算,マルチスケール計算,化学反応,輸送現象				すずかけ台	http://www.mces.titech.ac.jp/authors/tada/	tada.t.ae(at)m.titech.ac.jp		
18	准教授	たにやま ともやす 谷山 智康	材料系 材料コース	ナノスケール磁性とスピントロニクス, スピン変換の物質科学		J3棟 717号室	045-924-5632	
強磁性/誘電性ヘテロ構造,マルチフェロイクス,スピン注入,スピン波エレクトロニクス			材料系 エネルギーコース	すずかけ台	http://www.msl.titech.ac.jp/~itohlab/	taniyama.t.aa(at)m.titech.ac.jp		
31	准教授	つげ たけはる 柘植 丈治	材料系 ライフエンジニアリングコース	無機化合物から有機ポリマーを作るバイオコンバージョン技術,新規構造を有するバイオポリエステル の物性評価,化学合成無機栄養細菌の生化学および遺伝子工学		J2棟 605号室	045-924-5420	
バイオベースポリマー,生分解性ポリエステル,化学合成無機栄養細菌,二酸化炭素			材料系 材料コース	すずかけ台	http://www.iem.titech.ac.jp/tsuge/	tsuge.t.aa(at)m.titech.ac.jp		
32	教授	つるみ たかあき 鶴見 敬章	材料系 材料コース	誘電体・強誘電体の構造と物性,人工超格子,圧電デバイス動作解析		南7号館 509号室	03-5734-2517	
フォノン解析,誘電体・強誘電体,キャパシタ,圧電デバイス				大岡山	http://nanophononics.ceram.titech.ac.jp/	ttsurumi(at)ceram.titech.ac.jp		
34	教授	なかじま あきら 中島 章	材料系 材料コース	表面エンジニアリングによる各種環境機能材料の開拓		南7号館 709号室	03-5734-2524	
表面/界面,濡れ制御,触媒,セラミックス製造プロセス				大岡山	http://www.rmat.ceram.titech.ac.jp/	anakajim(at)ceram.titech.ac.jp		
36	准教授	なかむら かずたか 中村 一隆	材料系 材料コース	機能性物質の超高速ダイナミクス解析と制御,量子古典境界と量子情報応用		J1棟 913号室	045-924-5397	
超短パルスレーザー,機能性物質,コヒーレント制御,量子古典境界				すずかけ台	http://www.knlab.msl.titech.ac.jp/	nakamura.k.ai(at)m.titech.ac.jp		
37	准教授	はやし ともひろ 林 智広	材料系 ライフエンジニアリングコース	人工物と細胞・生体組織の界面における分子プロセスの解析,生体適合性メカニズムの解明,そのための界面解析技術の開発,高生体親和性・適合性を持つ材料の設計		G1棟 1010号室	045-924-5400	
バイオ界面,プローブ顕微鏡,近接場光学,計算科学との融合			材料系 材料コース	すずかけ台	http://lab.spm.jp/	hayashi(at)echem.titech.ac.jp		

頁	役職	ふりがな 氏名	主の系・コース	研究内容		居室	電話番号	QRコード
キーワード(4つまで)			副の系・コース	キャンパス	研究室ホームページアドレス	e-mail		
38	教授	はら みちかず 原 亨和	材料系 材料コース	これまで不可能だった化学資源生産、エネルギー変換を可能にする革新無機触媒の創出		R3棟 407号室	045-924-5311	
触媒, エネルギー変換, バイオマス変換, アンモニア			材料系 エネルギーコース	すずかけ台	http://www.msl.titech.ac.jp/~hara/	mhara(at)msl.titech.ac.jp		
40	准教授	ひらまつ ひでのり 平松 秀典	材料系 材料コース	超伝導体や半導体をはじめとする様々な機能性材料の探索、エピタキシャル薄膜成長(PLD, MBE, スパッタリング)、光・電子・磁気的物性評価(発光, キャリア輸送, 超伝導)、デバイス化(LED, ジョセフソン接合)		R3D棟 102号室	045-924-5855	
半導体光電子物性, 超伝導, エピタキシャル薄膜, デバイス作製				すずかけ台	http://www.msl.titech.ac.jp/~hosono/	h-hirama(at)lucid.msl.titech.ac.jp		
42	教授	ふなくぼ ひろし 舟 窪 浩	材料系 材料コース	機能性薄膜作製、環境適応型強誘電体・圧電体の探索、エネルギー薄膜デバイス(振動発電、燃料電池、熱電発電)		J2棟 1508号室	045-924-5446	
グリーンエネルギー材料, 元素戦略, 強誘電体・圧電体, 電子材料			材料系 エネルギーコース	すずかけ台	http://f-lab.iem.titech.ac.jp/	funakubo.h.aa(at)m.titech.ac.jp		
40	教授	ほその ひでお 細野 秀雄	材料系 材料コース	鉄系などの高温超伝導物質の探索, IGZOなどの透明酸化半導体, ありふれた元素を使って新機能を実現する元素戦略, アンモニア合成触媒, 有機EL, 金属間化合物の電子物性, 高压合成, 磁気共鳴		S8棟 502号室	045-924-5009	
新物質・材料開発, 酸化エレクトロニクス, 元素戦略, ディスプレイ材料(TFT, 有機EL)				すずかけ台	http://www.msl.titech.ac.jp/~hosono/	hosono(at)msl.titech.ac.jp		
43	教授	まじま ゆたか 真島 豊	材料系 材料コース	サブ10nmスケールの電子デバイス作製(EBL, 無電解メッキ, 自己組織化)とナノ電子機能探索・応用		R3棟 410号室	045-924-5309	
ナノ電子物性, 無電解メッキ, 単電子トランジスタ, 分子デバイス				すずかけ台	http://www.msl.titech.ac.jp/~majima/	majima.y.aa(at)m.titech.ac.jp		
44	准教授	まついし さとる 松石 聡	材料系 材料コース	超伝導物質および透明伝導性物質などの電子機能性物質の探索		S8棟 501号室	045-924-5190	
超伝導体, 混合アニオン化合物, 水素化物, エレクトロライド				すずかけ台	http://www.mces.titech.ac.jp/authors/matsuishi/	matsuishi.s.aa(at)m.titech.ac.jp		
34	准教授	まつした さちこ 松下 祥子	材料系 材料コース	表面・界面科学から切り込むエネルギー変換		南7号館 704号室	03-5734-2525	
コロイド, 界面, 熱電変換, プラズモニクス, ナノテクノロジー			材料系 エネルギーコース	大岡山	http://www.rmat.ceram.titech.ac.jp/	matsushita.s.ab(at)m.titech.ac.jp		

先進材料クラスター研究室リスト

(50音順)

頁	役職	ふりがな 氏名	主の系・コース	研究内容		居室	電話番号	QRコード
キーワード(4つまで)			副の系・コース	キャンパス	研究室ホームページアドレス	e-mail		
46	准教授	まつした のぶひろ 松下 伸広	材料系 材料コース	新規溶液プロセスの開拓と機能性薄膜・微粒子・ナノ構造のバイオ・環境/エネルギー・エレクトロニクス応用		南7号館 713号室	03-5734-2523	
フェライト,透明導電膜,バイオセンサ,固体酸化燃料電池			材料系 ライフエンジニアリングコース	大岡山	http://www.garaken.com/	matsushita.n.ab(at)m.titech.ac.jp		
50	講師	まつだ あきふみ 松田 晃史	材料系 エネルギーコース	ナノから原子レベルのガラス・結晶材料合成と、構造・形態・挙動の観察評価による次世代電子・エネルギー材料の創製、デバイス応用探索		J3棟 1620号室	045-924-5389	
薄膜ナノプロセス,エネルギーハーベスト(環境発電),機能性セラミックス・ガラス,半導体・導電性材料			材料系 材料コース	すずかけ台	http://www.yoshimoto.iem.titech.ac.jp/	matsuda.a.aa(at)m.titech.ac.jp		
26	教授	みやうち まさひろ 宮内 雅浩	材料系 材料コース	半導体ナノ粒子・薄膜と光電気化学をベースにした光エネルギー変換		南7号館 819号	03-5734-2527	
光触媒,人工光合成,太陽電池			材料系 エネルギーコース	大岡山	http://www.eim.ceram.titech.ac.jp/	mmiyauchi(at)ceram.titech.a		
45	准教授	やすだ こういち 安田 公一	材料系 材料コース	材料の破壊・変形,そして、それに関する組織形成を力学的,確率論的な観点から研究しています		南7号館 612号室	03-5734-2526	
構造用セラミックス,材料力学,統計力学,信頼性			材料系 エネルギーコース	大岡山	http://www.cmc.ceram.titech.ac.jp/	kyasuda(at)ceram.titech.ac.jp		
46	教授	やの てつじ 矢野 哲司	材料系 材料コース	ガラス・アモルファスの物質科学の探究という基礎から、光学、化学などの分野への応用技術開発		南7号館 712号室	03-5734-2522	
ガラスの科学・工学,イオン交換,液相プロセスによる新規非晶質材料合成,微小光学素子			材料系 エネルギーコース	大岡山	http://www.garaken.com/	tetsuji(at)ceram.titech.ac.jp		
48	教授	やの とよひこ 矢野 豊彦	材料系 原子核工学コース	原子力・核融合エネルギーシステムが安全に機能するために必要となる複合した苛酷環境におかれたときの材料の振舞いの解明及びそれらに耐える材料の開発		北2号館 223室	03-5734-3380	
原子炉・核融合炉材料,セラミックスの中性子照射損傷,欠陥と固体物性,苛酷環境下の材料物性			融合理工学系 原子核工学コース	大岡山	http://www.nr.titech.ac.jp/~tyano/	tyano(at)nr.titech.ac.jp		
48	准教授	よしだ かつみ 吉田 克己	材料系 原子核工学コース	ナノ、マイクロあるいはマクロレベルでの微構造制御に基づく信頼性向上,特性・機能付与に注目した,原子力・核融合分野や宇宙航空分野等の苛酷環境下での適用を目指した先進セラミック材料の開発		北2号館 221室	03-5734-2960	
セラミックス基複合材料,耐苛酷環境性材料,高機能セラミック多孔体,原子力・核融合炉用材料			融合理工学系 原子核工学コース	大岡山	http://www.nr.titech.ac.jp/~tyano/	k-yoshida(at)nr.titech.ac.jp		

頁	役職	氏名	主の系・コース	研究内容		居室	電話番号	QRコード
キーワード(4つまで)			副の系・コース	キャンパス	研究室ホームページアドレス	e-mail		
50	教授	吉本 護	材料系 エネルギーコース	セラミックスやガラス・ポリマーの原子スケールのプロセス開拓から新規な電子・エネルギー材料を創製する	J3棟 1619号室	045-924-5388	yoshimoto.m.aa(at)m.titech.ac.jp	
太陽電池, 熱電変換, ガラス・ポリマー, レーザー・プラズマ			材料系 材料コース	すずかけ台	http://www.yoshimoto.iem.titech.ac.jp/			
52	教授	若井 史博	材料系 材料コース	エンジニアリングセラミックスの構造設計、プロセス、物性	J1棟 612号室	045-924-5361	wakai.f.aa(at)m.titech.ac.jp	
ナノ材料, 超高硬度・高靱性セラミックス, 超塑性, 焼結の科学と技術			材料系 エネルギーコース	すずかけ台	http://www.msl.titech.ac.jp/dfc/			
53	連携教授	阿部 英喜	材料系 ライフエンジニアリングコース	再生可能資源からの高性能・高機能新規高分子材料の創製	理化学研究所	048-467-9394	habe(at)riken.jp	
バイオマス, 高分子, 生分解			材料系 材料コース	理化学研究所 (和光市)	http://www.csr.riken.jp/jp/labs/brt/index.html			
54	連携教授	坂田 修身	材料系 エネルギーコース	SPring-8の高輝度放射光を活用し、薄膜やナノ構造体の原子配列構造、および、化学状態、価電子帯スペクトルなどの電子構造を解析している。	物質・材料研究機構 (SPring-8内)	0791-58-1970	SAKATA.Osami(at)nims.go.jp	
酸化物薄膜, 合金ナノ粒子, X線回折散乱, 硬X線光電子分光			材料系 材料コース	物質材料研究機構 (兵庫県)	http://www.nims.go.jp/webfram/index.html			
55	連携教授	瀬川 浩代	材料系 材料コース	ガラスやアモルファスを用いた機能性材料を創製する	物質・材料研究機構	029-860-4601	SEGAWA_Hiroyo(at)nims.go.jp	
ガラス, アモルファス膜, 熔融, 陽極酸化, ガラス焼結, 発光材				物質材料研究機構 (つくば市)	http://samurai.nims.go.jp/SEGAWA_Hiroyo-j.html			



研究室紹介

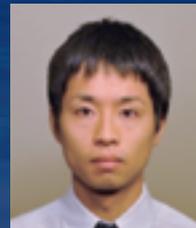
東研究室

新しい機能性酸化物の開拓と機能発現機構の解明
—低次元磁性体から非鉛圧電体まで—

URL: <http://www.msl.titech.ac.jp/~azumalab/>



教授
東 正樹
博士(理学)



助教
北條 元
博士(工学)

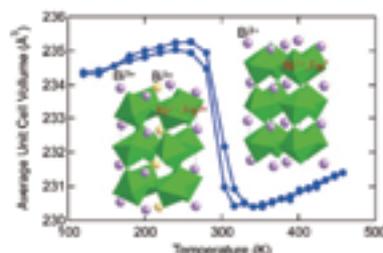
◆研究目的および概要

遷移金属酸化物は磁性、強誘電性、超伝導性などの様々な有用な機能を示します。我々はダイヤモンド合成に使われる高压合成法や、単結晶基板をテンプレートとした薄膜法などの手段を駆使して、温めると縮む負の熱膨張材料、環境に有害な鉛を排した圧電体、強磁性と強誘電性が共存する材料などの、新しい機能性酸化物を開拓しています。温度や圧力の変化によって機能が発現する際の、わずかな結晶構造変化を放射光X線や中性子線を用いて検知し、機能の発現メカニズムを解明します。こうして得られた情報からさらに新しい材料を設計、合成するというサイクルで研究を展開しています。非常に基礎的な低次元磁性体から、応用をにらんでの非鉛圧電体開発に至るまで、幅広い視点で材料の探索を行っています。

◆代表的な研究テーマ

● ナノテクノロジーを支える一負の熱膨張物質

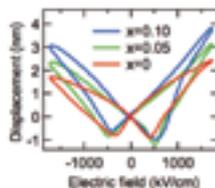
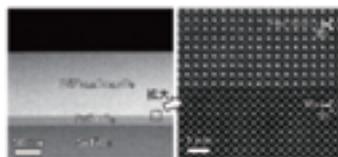
半導体製造装置や光通信などの精密な位置決めが要求される場面では、材料の熱膨張が問題になります。昇温に伴って縮む、「負の熱膨張」を示す材料は、部材の熱膨張を補償するために使われます。我々のグループでは、 $\text{BiNi}_{0.85}\text{Fe}_{0.15}\text{O}_3$ が既存材料の6倍もの巨大な負の熱膨張を示す材料であることを発見、多数の新聞に報道されました。この発見は、母物質である BiNiO_3 (これも我々が見つけた新物質です) の、圧力下の電子状態と結晶構造の変化を調べる研究から生まれました。基礎研究が特許性を持つ材料開発につながる好例です。



加熱によって Bi と Ni の間で電荷移動が起こる $\text{BiNi}_{0.85}\text{Fe}_{0.15}\text{O}_3$ 。 Ni^{2+} から Ni^{3+} への酸化に伴い Ni-O 結合が収縮、巨大な負熱膨張を示します。

● 環境問題解決へ向けて—非鉛圧電体

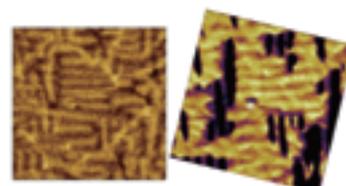
電気と運動を変換する圧電材料は、インクジェットプリンター等のアクチュエーターや超音波診断装置等のセンサーとして広く使われ、私たちの生活を支えています。現在主流の材料である $\text{PbZrO}_3\text{-PbTiO}_3$ 固溶体 (PZT) は環境に有害な鉛を重量にして 64% も含んでいるため、代替材料の探索が急務です。PZT の結晶構造に倣い、種々の非鉛圧電材料の設計・開発を行っています。



非鉛圧電体 $\text{BiFe}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_3$ 薄膜の走査透過電子顕微鏡像 (上) と圧電カーブ (左)。Co の置換量を増やすに従い圧電性が增大します。

● 次世代メモリ材料—強磁性強誘電体

磁石 (磁性) とコンデンサー (強誘電性) の性質を併せ持つ物質は、強磁性強誘電体、又はマルチフェロイクスと呼ばれ、次世代のメモリーやセンサー材料として注目されています。我々のグループでは、 BiFeO_3 の Fe を Co で置換することによりスピンの並びが変化し、室温で弱強磁性と強誘電性が共存するマルチフェロイック物質となることを発見しました。電場による磁化反転の実証を目指し、単結晶・薄膜合成の両面から研究を進めています。



$\text{BiFe}_{0.9}\text{Co}_{0.1}\text{O}_3$ 薄膜の磁気力顕微鏡像 (左) と圧電応答顕微鏡像 (右)。強誘電ドメインと強磁性ドメインの相関が明らかになってきました。

◆当研究室について

当研究室の学生の4年生時の研究テーマは、有機合成、錯体、表面科学など、様々です。上記の研究内容に馴染みがなくても、用語がわからなくても、心配いりません。好奇心のある、元気なあなたを待っています。また、企業との共同研究も盛んで、数名の方が研究室に入ります。就職活動やその後の社会人生活の貴重な体験談を沢山聞けるはずですよ。

◆ 関連学会

日本物理学会、応用物理学会、日本化学会、セラミックス協会、粉体粉末冶金、高圧力学会、日本結晶学会など。その他海外の学会、ワークショップ等多数参加。これらの発表において、多くの学生が優秀発表賞等に輝いています。

生駒研究室

生体機能を修復するバイオセラミックス

URL: <http://www.bio.ceram.titech.ac.jp>



准教授
生駒俊之
博士(工学)



助教
杉山友明
博士(工学)

ナノテクノロジーにより深化する

バイオセラミックス

原子・分子が集まるナノの世界から、私たちの身体は構築され、維持されています。生命の最小単位の細胞にも観察されるナノ現象は、材料をナノメートルの大きさに制御すると、材料工学的に制御できます。研究室では、セラミックスを用いた医療機器（人工骨など）と医薬品とを組み合わせた“コンビネーション製品”や、治療（therapy）と診断（diagnostic）とを同時に可能とする“セラノステック”に役立つ生体材料を開発しています。これら二つの研究を柱に、次世代の医療技術をつくりだすことを目指しています。

医療機器から

コンビネーション製品へ

医療機器だけでは、生体機能を修復するに至らないことが少なからずあります。また、我々の身体は、異物を認識したり、外敵から身を守るために炎症を起こしたりします。このような反応を制御するためには、薬物と医療機器との特性を効率よく組み合わせる必要があります。例えば、抗菌作用のあ



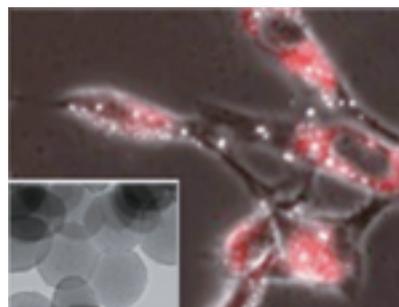
る化合物を人工骨と組み合わせると、炎症を起こしてもそれを鎮めることができます。また、細胞・材料・成長因子を三本の柱とする再生医療に必要とされる足場材料へとこれらの技術は応用できます。次世代の医療機器として、これらの機能を複合化した生体材料を開発しています。

ナノメディシンから

セラノステックへ

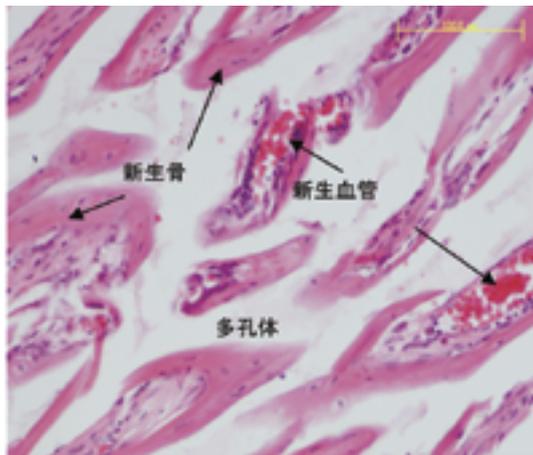
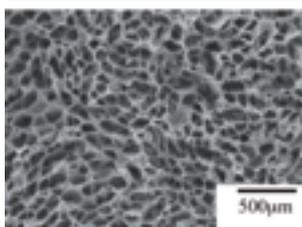
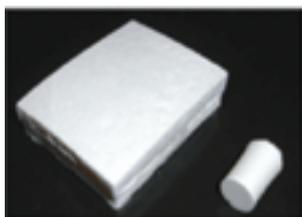
病気になると、身体にとって悪い細胞を増えることがあります。これらの悪い細胞が現れると、それを自動的に認識（診断）し、死滅させる治療法の研究が進んでいます。例えば、悪性腫瘍の診断や治療に役立つ“セラノステックナノ粒子”を開発しています。また、これらの技術を応用すると、障害のある細胞を識別し、遺伝子的に治療する

ナノ粒子の創出につながるものが期待されます。生物学の進歩とともに細胞の膜構造が解明され、これらの新しい知見を活かした粒子表面の修飾が可能となります。



医療に貢献する材料を目指して

医療の技術革新は、材料からも起きます。“使われてこそ材料”をモットに、研究開発に取り組みます。生体と材料との界面を知り、制御できれば、その道は必ずや開けるはず。当研究室では“自由闊達”に“見聞を広げる”様々な取り組みを行っています。例えば、専門家の集まる会議での発表や海外留学生の受け入れなどです。これらの研究活動を通じて、国際感覚の醸成や研究開発の方法論を卒業時まで学びます。



伊藤・谷山研究室

酸化物機能物質科学とスピン変換の物質科学

URL: <http://www.msl.titech.ac.jp/~itohlab/>



教授
伊藤 満
博士(工学)



准教授
谷山智康
博士(工学)

➤ はじめに

物質が特定の有用な性質を有するとき我々はそれらを材料と称します。いくつかの材料を組み合わせることでデバイスや装置を組み立てます。我々の研究グループは、物質がなぜ特定の機能を有するかを問いかける根源的な研究(理学)をはじめとして、応用を志向した機能発現を目的とした研究プロセスを通して物質の研究を行っています。研究分野としては、固体化学、固体物理、構造化学を含む材料科学であり、常に、世界の研究者と議論しつつ共同研究を遂行しています。

➤ 酸化物機能物質科学

過去 25 年間、我々が精力的に進めてきたのは、強誘電性、強磁性、電気伝導性、イオン伝導性、発光特性を有する新物質の探索です。研究の対象とする物質はこれまでに誰も報告していない新物質であり、既知物質に対しては、興味ある機能を発現する起源とメカニズムを調べて報告しています。また、目的に応じて、自分自身でセラミックス(多結晶)、単結晶、薄膜を作製し、結晶構造や特性を評価する試料作製と物性評価を行うことによって物質・材料研究の全てを経験するように努めています。

実験装置は最新鋭のものをそろえています。研究室のモットーは、測定や解釈でブラックボックスを作らず原理を理解し、自分で意図した実験ができるように努めています。

研究は各人が興味あるテーマに取り組み、日常的な議論、あるいは月例報告での議論を通して問題点を解決しています。2年間の修士課程では、物質・材料に関する研究を通して研究者として孵化することを目指し、3年間の博士課程では、世界をリードする独立した研究者として羽ばたけるように日常的な訓練を行っています。

このため、学会発表は、物理学会、応用物理学会、化学会、セラミックス協会をはじめとする国内学会や国際会議で行っています。

また、重要かつ普遍的な研究を行うために、常に国内外の研究者と連携し、我々のグループではカバーしきれない分野については、随時共同研究を行っています。

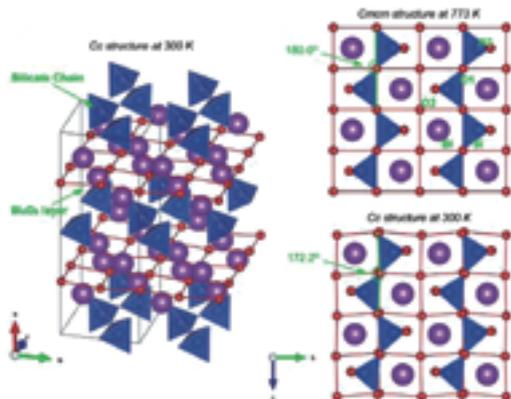


図1 新規珪酸塩強誘電体の構造。

研究テーマについて

1. 強誘電体・圧電体の新物質作製と機構解明

セラミックスの中で最も使われている部材はコンデンサー材料です。酸化物強誘電体材料は 1940 年頃に発見され、1950 年頃からは実用が始まりました。しかし、強誘電性の発現機構については未解明のまま残され現在でも議論が続いています。我々はこれらの問題を解決するための多数の新物質を合成してそれらの構造と物性を解明することで本分野の基礎科学の発展に貢献しました。また、最近ではアルミニウム、鉄、酸素等クラーク数上位の元素のみで構成された酸化物強誘電体の探索に取り組んでいます(図1)

2. エネルギー材料、発光材料

20 年前に我々のグループで発見したリチウムイオン伝導性ペロブスカイト型酸化物に対する解析とメカニズムに関する普遍的情報はその後のリチウムイオン伝導性化合物の設計に活かされています。また、複数の遷移金属を含む酸化物内での価数動に関する知見は、リチウム電池の充放電に伴う正極内での電荷移動のメカニズム解析に役立っています。我々のグループでは現在、電池内での界面、電解質、電極に着目してリチウムイオン電池の実験と解析を行っています。

また、過去 10 年間に培った、物質中の格子波(フォノン)、電子バンド構造、および電子伝導性に関する知見を活かして、各種物質が有する熱電材料に求められる特性を構造化学的観点から解析を進めるとともに、新物質の合成も行っています。さらに、固体化学の知見を活かして多層構造からなる酸化物 EL 低電圧発光デバイスの作製と測定を行っています。

3. 磁性・伝導性材料

遷移金属酸化物が示す特性のうちで最も重要な磁性と電子伝導性は固体科学のうち最も重要な分野です。我々は、磁性体のうち、結晶場に着目して興味ある磁気特性を示す物質や、スピン転移を示す物質の構造と電気伝導性に着目して新規物質を提案し、その特性を報告すると同時に、世界の代表的な機関の研究者と共同研究を行うことで議論を深めています。また、磁性を持ちながら強誘電性も持ち合わせる絶縁性物質の合成にも取り組んでいます(図2)。

自分で考えた新物質を作りその特性を評価するプロセスは物質科学の達人であることを意味します。ここでは物理、化学、結晶学、作製プロセス等、あらゆる分野の知識を必要とします。出身学部は問いません。研究室に入って、日常の議論を通して切磋琢磨し、世界をリードする研究者になることを希望する学生さんを歓迎します。

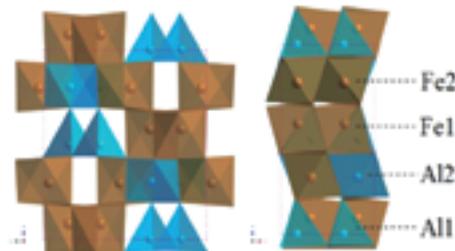


図2 アルミニウムとシリコンから形成される新規マルチフェロイック物質の構造。



助教
安井伸太郎
博士(工学)



2014年研究室旅行(台湾)



2015年研究室旅行(伊豆)

➤ スピン変換の物質科学とスピントロニクス

物質の電子・原子スピンを操作し、新しい機能性を創出しようとする研究分野—スピントロニクス—が注目を集めています。我々のグループでは、ナノスケール磁性を中心として、電子や原子のスピンの物性の解明と、それらを光学的、電気的に操作、検出するための新概念の提案を目標として、スピントロニクスの基礎研究を推進しています。スピントロニクスは、研究分野としての歴史が浅く、今後10年くらいの間にも新現象が続々と発見されることが大いに期待できる大変魅力的な分野です。また、基礎研究から応用研究までの一連のプロセスを体験できることも、この分野で研究に携わる醍醐味の一つです。

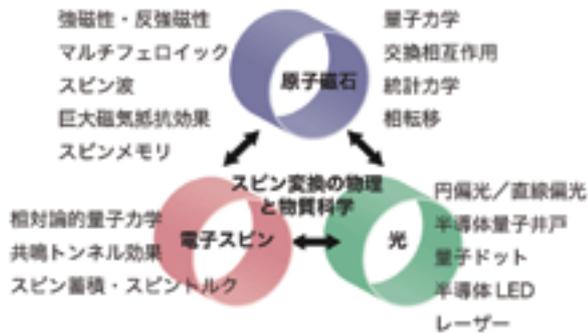


図3 ナノスケール磁性とスピントロニクス—スピン変換の物質科学—

スピントロニクス分野ではナノスケール磁性体が主役を演じるため、量子力学や統計力学で解き明かされる物理現象に興味のある学生さんはもちろん、ナノデバイス・電子工学、磁性材料工学、エピタキシャル薄膜成長などに興味のある方も、この分野で研究の楽しさを満喫し、学術を追究することができます。皆さんがこの魅力的な分野に参入し、果敢にチャレンジすることを期待しています。また、海外の大学への学生の派遣や国際会議での発表も積極的に進めていますので、早くから国際的な研究活動に関わりたい学生さんも大歓迎です。

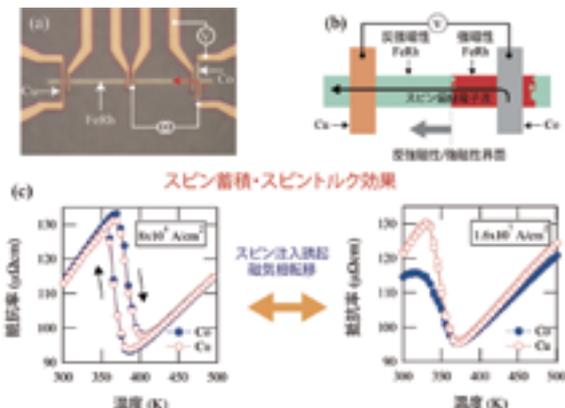


図4 電子スピン注入により誘起される磁気相転移。

研究テーマについて

最近、我々が特に注力して取り組んできた研究の一部を以下に紹介します。

1. 電子—原子スピン変換による磁気秩序制御

物質が示す多彩な磁気秩序は、原子が持つスピン角運動量(磁気モーメント)とそれらの間の多様な相互作用によって発現する統計力学的な物理現象です。我々のグループでは、磁性体を構成する原子スピンと伝導電子の持つスピン角運動量との間でスピン角運動量を変換することで磁性体の磁気秩序を制御するための原理の提案とその実証を行っています。具体的には、反強磁性-強磁性磁気相転移を示すような物質を薄膜や細線にナノスケール構造化して、スピン偏極した電子を注入することで反強磁性状態を強磁性状態に磁気状態変換する研究に取り組んでいます(図4)。

2. 原子スピン—格子変換による磁化配向、スピン偏極制御

スピンメモリ (Spin-RAM) などを構成する磁性薄膜の低消費電力・高速磁化制御は、エネルギー・環境問題の克服に向けたイノベーションへの大きな一歩となります。我々のグループでは、強磁性体と強誘電体のヘテロ構造を利用し、強磁性体に格子歪みを誘起することで磁化配向を電圧で制御するための技術開発を行っています(図5)。これは一種の格子—原子スピン変換のための界面物理現象の探求と技術開発と捉えることもできます。

3. 電子—光スピン変換による光偏光制御

電子が持つスピン角運動量を光に受け渡すことで、電子スピンの光による情報伝送が可能になります。我々のグループでは、電子-光スピン変換の原理を用いたスピン発光ダイオード(LED)の技術基盤の構築を行っています。また、フェムト秒レーザーを用い、電子スピンのピコ秒時間スケールでの動的な振舞いを実時間計測する研究にも取り組んでいます。

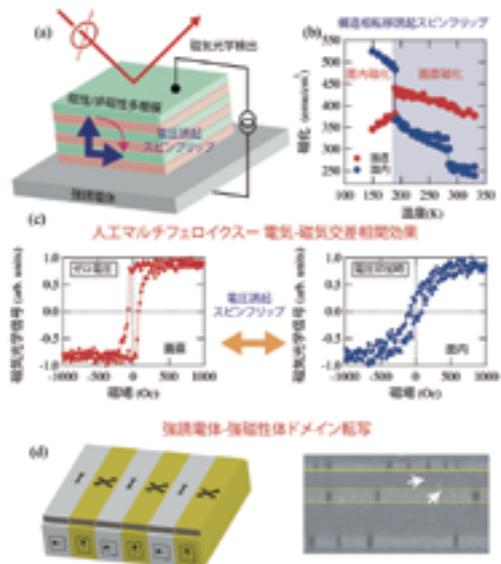


図5 電気-磁気交差相関効果と磁性制御。

大場研究室

計算科学を駆使して新材料を発見する

URL: <http://www.msl.titech.ac.jp/~oba>



教授
大場史康
博士(工学)



特任講師
熊谷 悠
博士(工学)



助教
赤松寛文
博士(工学)

はじめに

昨今の計算科学の進展とスーパーコンピュータの演算能力の向上は目覚ましく、量子力学に基づく第一原理計算から既知の材料を原子・電子レベルで深く理解するだけでなく、全く新しい材料の存在やその機能を高い信頼性で予測することも可能になってきました。当研究室では、このような「計算材料科学」を駆使して材料を探究するとともに、これまでにない高機能材料を見出すことを目指しています。

メンバー

当研究室は2015年に新設されました。2016年4月に第1期生が配属され、研究室の構成員は、教授1名、特任講師1名、助教1名、外国人研究員1名、修士課程学生2名になります。教員・研究員の層が厚く、学生の研究を強力にサポートする体制が整っています。

研究テーマ

電子デバイスや太陽電池などに使われる半導体材料やエネルギー材料を対象に、幅広く研究を展開しています。様々な結晶構造や構成元素をもつ材料に対して、機能の起源となる原子・電子レベルの構造まで掘り下げて系統的に理解できることが第一原理計算の利点です。卓越した機能だけでなく、安価で高い環境親和性を有することなど、材料に対するニーズはますます厳しくなっています。このやりがいのある課題に計算材料科学からアプローチしています。具体的な研究テーマは以下の通りです。

1. ハイスループットスクリーニングのための基盤技術の構築

膨大な計算データを蓄積し、そこから効率的かつ自動的に有望な材料を選び出すハイスループットスクリーニングの基盤技術の開発を進めています。これにより高精度な理論予測を行い、選出された材料を連携している実験グループに提案することで、新しい材料の開発を加速することが目標です。このシナリオを実現するため、計算手法の開発や計算の自動実行に取り組んでいます。

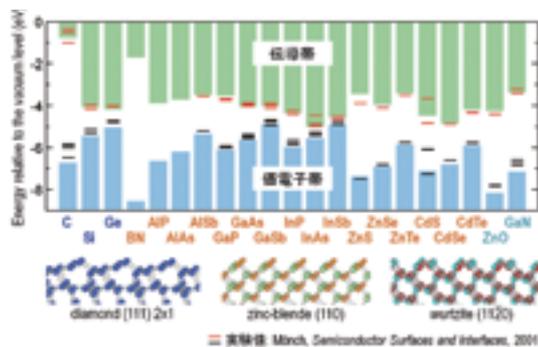


図1 半導体表面のバンドアライメント。高精度な第一原理計算によりバンド位置の実験値がよく再現されています。この計算手法を使えば、実験値が報告されていない物質についても信頼性の高い理論予測が可能になります。(Phys. Rev. Lett., 2014)

例えば図1に示す半導体のバンドアライメントは、半導体材料やデバイスを設計する上で最も基本的かつ重要な情報になります。最近になって、第一原理計算の手法・近似を突き詰めることで、バンド位置の実験値をよく再現できるようになってきました。これにより実験値が報告されていない物質についても高精度な予測が可能であり、半導体材料としての性能を評価できます。ヘテロ界面や後述のような点欠陥についても、高精度かつ系統的な予測のための計算手法の開発を進めています。また、実験グループと連携することで、計算により予測された新物質を実証するなど、具体的な材料開発に関する成果も出ています。

2. 材料機能の起源の探究

材料の機能の多くは完全な結晶ではなく、点欠陥、表面、界面等の格子欠陥に由来します。「欠陥」と聞くとネガティブな印象があるかもしれませんが、実は格子欠陥をうまく活かすことで新しい機能を付与している実用材料がたくさんあるのです。当研究室では材料機能の起源となる格子欠陥について、計算科学からの原子・電子レベルでの詳細な理解を進めています。

例えば図2に示す新しい青色蛍光材料では、窒化ホウ素に添加したセリウム原子(点欠陥)が発光の中心になっています。窒化ホウ素を構成するホウ素と窒素のサイズに対して、セリウムは非常に大きく、一見添加することは困難です。そこで第一原理計算により検討すると、セリウムの周りのホウ素が複数抜けた特殊な欠陥構造になることで、サイズのミスマッチをうまく補償できることが予測されました。この理論予測の結果は走査透過型電子顕微鏡観察により確認されています。

この例の他に酸化物半導体や太陽電池用化合物半導体の格子欠陥についても、その特徴を原子・電子レベルで明らかにしています。材料の機能の起源を正確に理解することで、新しい機能の創出につながります。

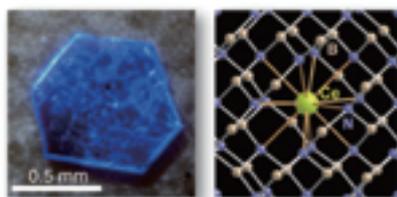


図2 セリウム添加窒化ホウ素単結晶における青色発光中心。(左)結晶のカソードルミネセンス像と(右)第一原理計算により予測されたセリウム複合点欠陥の局所構造。セリウムが複数の空孔を伴う特殊な構造をとることで、ホウ素や窒素とのサイズのミスマッチが緩和されています。(Phys. Rev. Lett., 2013)

おわりに

古くから築かれてきた計算材料科学がコンピュータの性能向上と相俟って、材料の研究・開発において真に役立てる時代になってきました。今後その役割はますます重要になるはずですが、当研究室では、この計算材料科学分野を先導することを目指して研究に励んでいます。研究内容に少しでも興味をお持ちでしたら、ぜひ一度見学にお越しください。

神谷研究室

ひらめきとコンピュータを使って
常識を覆す新しい酸化物機能材料・デバイスを創る

URL: <http://www.msl.titech.ac.jp/~tkamiya/>



教授
神谷利夫
博士(工学)



助教
井手啓介
修士(工学)

◆ 研究目的 「太陽電池、ディスプレイ、発光素子などの性能は ★新材料★ で決まります」

酸化物を中心に新しい機能材料を創り、その特長を生かしたデバイスを開発しています。

現在のコンピュータやディスプレイ、太陽電池などには、Si や GaN などの共有結合性半導体が使われています。しかし、現在の Si では、有機 EL テレビや低コスト高効率の太陽電池を作るのが難しいなど、限界があります。

当研究室では、今まで使われてきた電子材料とは全く違った材料系で、今までは作れなかった光電子デバイスを実現できる新材料・デバイスの研究をしています。

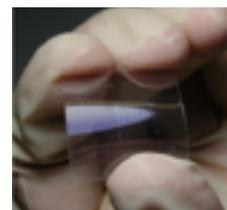


図1 IGZOを使った透明フレキシブルトランジスタ

◆ 研究テーマ

・使える新しい機能材料とデバイスの開発

例1：アモルファス酸化物半導体

2004年以前は、Si, GaN や ZnO のような結晶でないと「良い半導体」はできないと信じられていました。

それに対して私たちは、In-Ga-Zn を成分とする酸化物 IGZO が、アモルファスであるにもかかわらず高性能のトランジスタを作れることを実証し、図1のような透明でフレキシブルな高性能トランジスタを発明しました。この技術は、iPad, Surface Pro4 や 77 型有機 EL TV などに使われています。

・科学者の常識を覆す新しい機能材料

例2：共有結合を利用して、絶縁体のはずの材料を透明導電体にする

酸化ゲルマニウムは 6 eV 以上の大きなバンドギャップをもち、非常に良い絶縁体として知られています。

しかし、図2のような量子計算によって電子構造を正しく理解すると、立方晶構造の SrGeO₃ はバンドギャップが 2.7 eV へと極端に小さくなり、良い透明導電体になることが分かりました。このように、**計算機シミュレーション**を援用することにより、物質に関する新しいセンスを身に付け、画期的な新材料を開発できます。

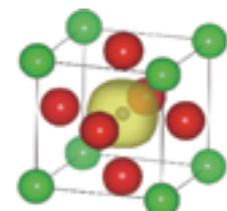


図2 量子計算で描いた SrGeO₃ の波動関数。

・今まではできないと信じられてきた材料を実現する

例3：バンドギャップが 4 eV 以上のアモルファス半導体

上でも述べたように、アモルファス半導体の特性は良くないと信じられてきました。私たちはこの迷信を AOS によって覆したわけですが、次には「バンドギャップの大きいアモルファス半導体は作れない」という迷信がありました。私たちは、アモルファス酸化物におけるドーピング機構と欠陥をきちんと理解することにより、バンドギャップ 4.15 eV のアモルファス酸化物半導体の開発に成功しました。

・コンピュータを利用した材料科学・材料設計

上述のような新材料は、行き当たりばったり材料合成をしても見つけることはできません。当研究室では、量子計算やデバイスシミュレーションなどのコンピュータ支援と、材料研究者としてのひらめきによって「使える新材料」の研究を進めています。

◆ 指導方針

- ・細野・平松・松石研究室と協力して研究をしています。当研究室だけでなく、総勢 20 名以上の学生がお互いに助け合いながら勉強・研究に取り組んでいます。
- ・当研究室の学生は、物理、電気、化学など、大きく異なる学科の卒業生ばかりです。そのため、入学後に、ゼミ、輪講などを通じて研究を進めるのに必要な知識を学んでいきます。新しい分野に挑戦するのに最適な環境です。
- ・教科書を読むだけでなく、データベース、計算ソフトなど、コンピュータ支援を積極的に使い、電子構造、物性物理、デバイス動作機構などを学んでいきます。
- ・ゼミは 10 名程度の少人数で行います。そのため、十分な時間を取って、学生が自分で考えとともに、専門的な考え方を学ぶことができます。
- ・修士学生は、卒業までに最低一回、国内学会で発表をしています。博士学生は、毎年一回以上、国際学会で発表をしています。
- ・修士学生でも、成果が出れば国際学会で発表したり、国際英文誌に英語で筆頭著者として論文を書いています。

◆ 学生が筆頭著者の英語論文数 10 報 (2015 年)

◆ 学生の受賞

- ・2015 年度 D2 Kim 君 2015 年薄膜材料デバイス研究会スチューデントアワード
- ・2014 年度 M2 石川君 2014 年薄膜材料デバイス研究会スチューデントアワード
- ・2013 年度 M2 大類君 International TFT Conference 2014 EPL Poster Award

川路研究室

物質における機能性発現機構の解明と制御機能性材料における格子振動と相転移に関する物性研究



教授
川路 均
理学博士

URL: <http://http://www.msl.titech.ac.jp/~kawaji/index.html/>

多くの物質の機能性には相転移現象が大きな影響を与えています。例えば電気抵抗がゼロになる超伝導現象はある特定の臨界温度以下でしか発現しません。このような相転移現象の機構を明らかにすることは機能性物質の探査・設計において重要です。当研究室では、誘電体、磁性体、マルチフェロイクス、超伝導体、金属ガラス、イオン伝導体、ナノ細孔物質、イオン液体などにおける相転移現象の機構解明とそれに基づいた相転移制御の可能性について研究しています。特に世界最高精度の断熱型熱量計による精密熱容量（比熱）測定を用いて物質の標準エンタルピー、エントロピー、ギブズエネルギーなどの熱力学諸関数の絶対値を決定するとともに、各種物性測定や分光学的手法を駆使して結晶中の原子、分子運動の詳細を調べるなど、総合的な研究を進めています。



断熱型熱量計



極低温熱容量測定用希釈冷凍機プローブ

誘電体結晶の相転移（強誘電体、リラクサー、インコメンシュレート相転移、巨大粒子サイズ効果）

ある種の誘電体結晶では、逐次相転移現象、相転移が凍結したリラクサー、ある種の自由度（分子の配向など）の周期が結晶の並進対称性とずれた周期をもつインコメンシュレート相の発現相転移における巨大粒子サイズ効果などの興味深い現象が現れます。その機構解明に向けた研究を行っています。



リラクサーにおけるナノ極性領域の成長と相転移の凍結

磁気相転移、超伝導相転移に関する研究（フラストレーション、マルチフェロイクス、超伝導）

2次元の三角格子や正四面体が頂点共有でつながったパイロクロア格子などで、反強磁性的な相互作用が競合し、複雑かつ特異な性質が現れます。これらの性質について、特に希釈冷凍機を用いた極低温での研究を行っています。

イオン液体の低融点の起源に関する研究

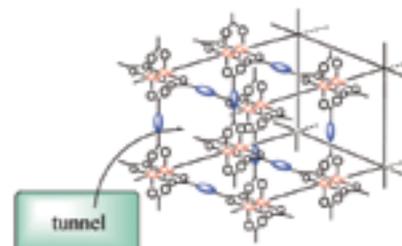
一般に無機塩の融点は高温ですが、室温で液体になるイオン性物質があります。これらは高イオン導電性、不揮発性、化学的安定性などの興味深い特性を持つことから注目を集めており、現在多くの研究が行われています。しかし、低融点の機構については解明されていない点が多く残されています。研究室ではイオン液体の熱力学的性質を調べ、特に融解現象を中心に解析を行っています。

イオン伝導体に関する研究

燃料電池を始め各種電池材料やガスセンサーなどへの応用が期待されるイオン伝導体について、構造と熱物性およびイオン伝導機構との相関を調べています。とくにイオン伝導性を支配する欠陥構造について、極低温領域での精密熱容量測定により知見を得ています。またイオンの欠陥構造や微視的運動と巨視的物性量の関係を明らかにし、イオン伝導機構を解明するために分子動力学シミュレーションを行っています。

ナノ細孔を持つ金属錯体における相転移現象の研究

ナノメートルの細孔を有する金属錯体は結晶中に大量の分子を吸蔵することができます。さらに、吸蔵された分子に起因した相転移現象も現れます。本研究室では分子吸蔵機構や相転移機構を熱力学的立場から調べています。また、分子吸蔵機構についての計算機シミュレーションによる研究も行っています。



absorb N_2 , O_2 , NO , CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , CH_3Cl , etc.
ジカルボン酸銅錯体の細孔構造

新熱測定技法の開発とその応用

熱容量の周波数依存性や超微量試料での熱容量測定技法、精密熱膨張測定をはじめ、いろいろな新しい熱測定技法の開発研究を行っています。



◆研究目的 (豊富な元素を駆使した環境調和型触媒反応プロセスを構築)

地殻に存在する割合が少ない Pt, Au, Pd などの貴金属は、レアメタルとして分類されています。これらの金属は、優れた性能を示す触媒となり、自動車の排気ガス浄化などで実用的に使用されています。しかし、希少な鉱物資源を持たない我が国では、希少元素の使用量をできるだけ減少させた新技術の開発が必須の課題となっています。我々は、地球上に豊富に存在する元素を駆使して新機能物質を生みだし、環境調和型触媒プロセスを構築するための研究を行っています。

◆研究テーマ

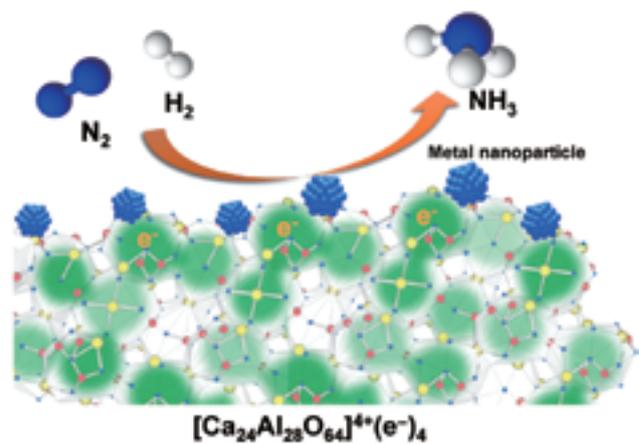
・安定な分子を解離できる電子化物触媒

$[\text{Ca}_{24}\text{Al}_{28}\text{O}_{64}]^{4+}(\text{e}^-)_4$ は、安定な無機の電子化物 (エレクトライド) として初めて見いだされたものであり、地球上に豊富に存在する元素 (Ca, Al, O) のみで構成されています。この材料は、表面に吸着した物質に対して電子を与えやすい性質を有しています。この電子化物材料に直径数 nm の Ru ナノ粒子を乗せたものを触媒として用いると、安定な窒素分子を解離することが可能となり、従来の触媒を遙かにしのぐ性能でアンモニアを合成できることを見出しました (Nature Chem. 2012, 4, 934.)。アンモニアは、容易に液化できるため、液化による貯蔵が難しい水素エネルギーの貯蔵材料として注目されており、低エネルギーでの合成プロセスが求められています。我々の成果は、アンモニアの低エネルギー合成の有望な方法として注目されています。

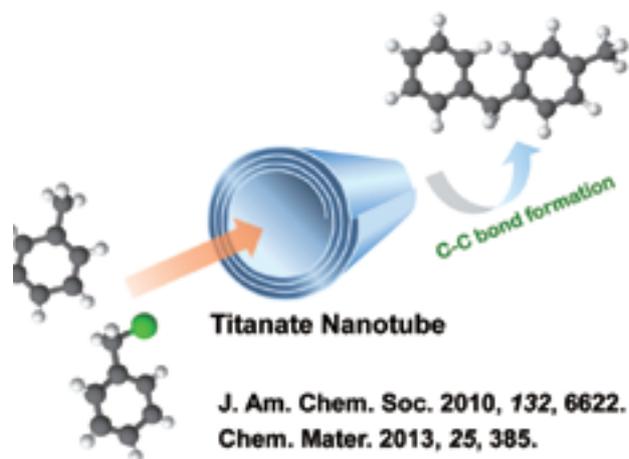
我々のグループでは、ユニークな物性を持つエレクトライドを利用した様々な有用化学反応を検討しており、また、 $[\text{Ca}_{24}\text{Al}_{28}\text{O}_{64}]^{4+}(\text{e}^-)_4$ 以外にも革新的なエレクトライド触媒を開発しています。

・室温でも機能するナノチューブ型触媒

チタンは地球上に豊富に存在する元素であり、チタン酸化物は、安定で安価な材料であることが知られています。**チタン酸ナノチューブ**は、直径約 5 nm 程度の一次元細孔構造を有した層状チタン酸化合物であり、光触媒、触媒担体、色素増感太陽電池などに応用されてきました。我々は、このチタン酸ナノチューブが炭素-炭素結合形成反応である Friedel-Crafts アルキル化反応を室温でも進行させる優れた固体酸触媒であることを初めて見出しました (J. Am. Chem. Soc. 2010, 132, 6622.)。



Nature Chem. 2012, 4, 934.
Nature Commun. 2015, 6, 6731.



J. Am. Chem. Soc. 2010, 132, 6622.
Chem. Mater. 2013, 25, 385.

◆当研究室について

当研究室は、基礎物理・材料化学・計算科学・触媒化学の協働により、新しい材料化学を構築することを目的とした元素戦略研究センター内に所属しています。同センター内にいる様々な分野のグループと合同でのゼミを行ったり、異分野間のディスカッションが自由にできる環境となっています。また、センター内にある装置は共通で使用できるため、あらゆる材料の分析、解析が可能です。研究テーマに関しても、上記の内容以外にも、新しいことにどんどんチャレンジしていくことを大切にしていますので、意欲のある方をお待ちしています。

北本研究室

ライフエンジニアリングのためのナノ材料・デバイス
－電気・磁気・光を使ってひとの健康と環境をまもる－



教授
北本仁孝
博士(工学)

URL: <http://www.chem.titech.ac.jp/kitamoto/>

研究目的と概要

ナノ粒子・微粒子は目に見えるものではありませんが、みなさんのからだや生活にとって重要な役割を担うようになってきています。たとえば、磁石は身の回りによく見かけるものですが、目に見えないほど小さな磁石がハードディスク、磁気カードなどの情報機器や、医療の現場など人間の生活や生命を支える存在として積極的に使われています。磁性体や金などでできたナノメートルサイズの粒子や構造体の磁氣的・光学的現象を理解しながら、私たちの健康や生活・環境にライフ・イノベーションもたらすナノ材料・デバイス技術を生み出そうとしています。

北本からのメッセージ

世の中で実用化されているものは、物理、化学、生物学、材料科学、電気工学などいろんな要素に基づいてできあがっています。このような融合の中で、みなさんのバックグラウンドを広げ深めることによって社会で生かすことができるように考えていきましょう。

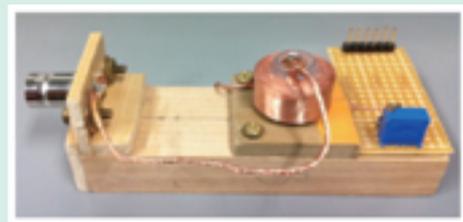
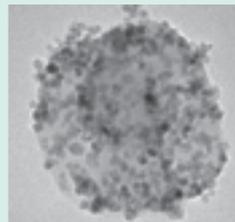
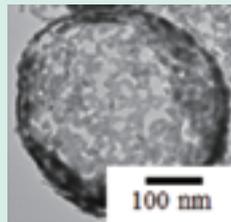
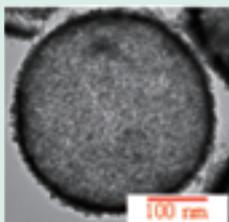
社会に出て行くにあたっては、勉強ができること、手先が器用なことなど仕事に直接関係のありそうなことも大事ですが、他の人との連携や交渉するインタラクティブなコミュニケーション能力など普通に人が生きていくのに必要な人間力も重要です。私たちの研究室では、留学生、社会人博士が在籍し、多様な考えを相互に受け入れながら互いに切磋琢磨して、教育・研究をしています。

研究テーマ

1. 3次元ナノ粒子集積によるナノポーラス構造体の創製、及び薬剤輸送システムキャリアと触媒への応用
2. 有機無機ナノ粒子複合体の磁場に対する応答を利用したセンシングとがん温熱治療
3. マイクロ流体デバイスと生体計測システム

ナノサイズの細孔をもつ極薄のシェルでできたカプセルを作製する技術を開拓し、がん治療などにおいて薬を患部に効率よく送り届けて副作用などを抑制する薬剤送達システム(DDS)や、燃料電池触媒粒子、大気汚染物質を分解する光触媒粒子として応用するための研究をしています。

ポリマーと磁性ナノ粒子の複合体を作製し、交流磁場に応答する性質を利用したナノ医療デバイスへの応用を研究しています。磁気センシング・デバイスによる生体情報計測と磁気温熱による低侵襲がん治療について応用することを目指しています。



笹川研究室



固体物質のもつ超電子機能の追究
 - 新奇超伝導体からトポロジカル絶縁体まで -

URL: <http://www.msl.titech.ac.jp/~sasagawa/>

准教授
 笹川崇男
 博士(工学)

高温超伝導体を超えるような新物質・新機能の発見と、そのメカニズムの理解を目指しています。研究を通じて、次世代のリーダーとなる資質を持つ人材が、当研究室より数多く輩出されることにも期待しています。

研究室の特色

作り(精密組成制御試料・単結晶)、測り(マクロ物性・先端量子測定)、考え・予測・設計する(第一原理計算)という物質科学研究の醍醐味を全て味わえます。国内外に張り巡らせた共同研究ネットワークとこれらの武器を組合せて、機能物質研究におけるホームランを狙います。

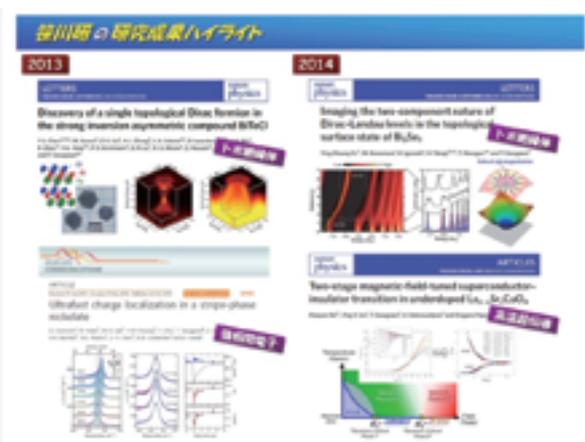


研究テーマ

- ◎ 超機能をもつ新物質・新物性の探索・設計
 「理屈っぽく」「手段を選ばない」「一発当てたい」を合言葉に、第一原理量子シミュレーション、不活性雰囲気合成、超高圧合成など、あらゆる手法を駆使。
- ◎ 機能物質の単結晶開発
 精密物性測定の出発点、薄膜デバイスの素材、電子相制御・電子機能設計の舞台として。
- ◎ 先端量子計測による超機能のメカニズム解明
 物性をミクロに支配しているエレクトロンやフォノン、マグノンの運動状態を精密測定する“量子力学の直接観察”の実践により、超機能の本質に迫る。

研究対象

- ◎ エネルギー・環境
 ゼロ抵抗(高温超伝導体・新奇超伝導体)
 廃熱発電・省資源冷却(熱電変換材料)
- ◎ 情報・デバイス
 スピン偏極(磁性体、ハーフメタル、ラシュバ物質)
 高速・高効率・低消費電力情報処理
 (トポロジカル絶縁体、トポロジカル超伝導体)
 高密度情報記録(マルチフェロイック物質)
- ◎ ナノテク
 炭素系新素材(ダイヤモンド分子、グラフェン分子)
 低次元物質(黒リン、層状遷移金属化合物)



坂井・宮内研究室

資源循環・低炭素化社会に向けて

URL: [://www.eim.ceram.titech.ac.jp/index.html](http://www.eim.ceram.titech.ac.jp/index.html)



教授
坂井悦郎
工学博士



教授
宮内雅浩
博士(学術)

●研究室概要

坂井・宮内研究室は低炭素・資源循環型社会に関連した多くの問題を材料化学から解決することを目指しています。坂井悦郎教授は微粒子工学、資源循環・セメント化学に立脚した二酸化炭素削減や廃棄物のリサイクルシステムの開発に取り組んでいます。宮内雅浩准教授は光化学やナノ粒子合成をベースとして環境浄化材料や太陽光発電素子の開発をおこなっています。いずれもナノ～マイクロスケールの材料を設計し、反応化学、微粒子工学、半導体光化学を駆使して持続可能な社会や低炭素化社会の実現を目指しています。

●研究テーマ① 資源循環・セメント化学

社会資本整備は、社会の安全・安心のために重要であり、そのためにセメント・コンクリートは必要不可欠な材料です。その際、「作っては壊す」社会から「いいものを作って、きちんと手入れをして、長く使う」社会とすることが今後必要とされ、政府のプロジェクトも推進されています。また、低炭素型の社会資本構築システムが要求されています。さらに、建設分野では大量な材料を利用することができるため産業廃棄物などを有効に利用し循環型社会システムの構築に役立つことが期待されています。この分野として本研究室では次のような研究を実施しています。

- 廃棄物を利用した低炭素型セメント・コンクリートシステムの開発
- 廃棄物を原・燃料に利用し、かつCO₂排出量を削減した低炭素型汎用セメントの開発
- ナノ粒子や特殊な構造の高分子系分散剤の利用による超高強度・高耐久セメント系材料の開発
- ひび割れ抵抗性や塩害に対する抵抗性を有するナノスケール構造制御によるセメント系補修材料や更新材料の開発
- 層状のカルシウムアルミネート系水和物（例えばCa₃Al₂O₆-CaSO₄-H₂O：AFm相）による、六価クロムや塩化物あるいはヨウ化物イオンなど有害イオンや放射性廃棄物の固定化
- 水熱反応を利用した廃棄物利用建材の開発

低炭素型社会資本整備に関連したECM（エネルギー・CO₂ ミニマム）セメント・コンクリートシステムの開発では、平成27年度地球温暖化防止活動環境大臣賞（技術開発・製品化部門）を受賞しています。また、古いセメント・コンクリート構造物に関連して映画「バケモノの子」にも協力しました。

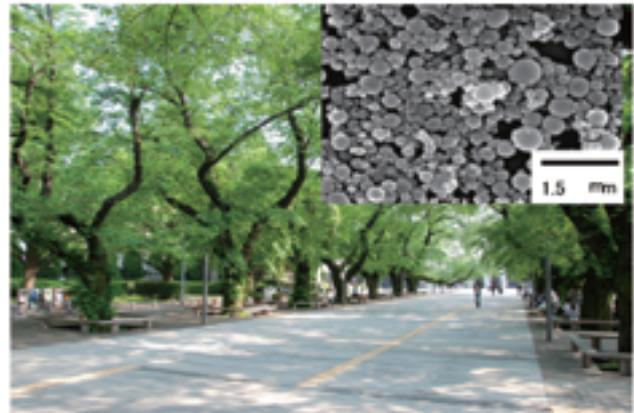


図1 ナノ粒子と特殊高分子系分散剤の利用による超高強度セメント系材料の使用例（東工大本館前のデッキ；超高層建築物や羽田空港滑走路などに実用されています）



図2 ECM（エネルギー・CO₂ ミニマム）セメント・コンクリートシステムの開発に環境大臣賞

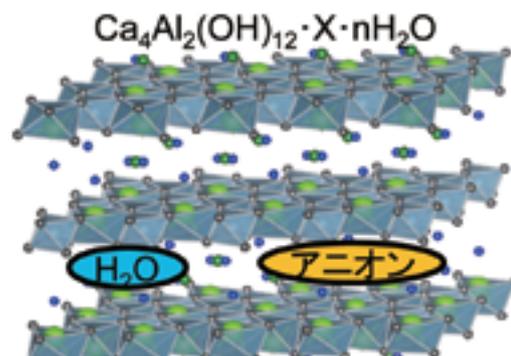


図3 層状化合物の層間にイオン交換で有害イオンを固定



助教
山口 晃
博士(工学)



●研究テーマ② 光エネルギー変換材料

坂井・宮内研究室では光触媒と太陽電池の研究もおこなっています。光触媒は光エネルギーによって様々な化学反応を起こすことができます。例えば、有害物質や病原菌を殺菌する環境浄化材料として使えますし、水や二酸化炭素を化学的に変換し、エネルギーとして有用な水素やアルコールを製造することもできます。また、当研究室では低コストで製造できる量子ドット型太陽電池の開発など、ナノ粒子を塗布するだけで簡単に製造可能な光エネルギー変換技術を開発しています。実用化を意識して特に以下のことを念頭にして研究に励んでいます。

1. 丈夫で長持ち (無機材料の特徴)
2. 安価で大面積 (溶液プロセスの特徴)
3. 安全・安心 (ユビキタス元素)

近年では、室内照明で機能する光触媒を当研究室で開発し、病院や空港など、様々な施設で使われようとしています。

●社会のつながりと卒業生の進路

研究開発の成果を社会に還元させるためには、社会ニーズの分析や研究成果の適正な評価が不可欠です。当研究室は社会ニーズへの貢献のため、企業との共同研究や NEDO や JST といった大型国家プロジェクトに積極的に参加しています。その結果、研究室に所属している学部・大学院生の中には、産業に貢献する重要な成果を出す者もあり、大きなモチベーションとなっています。また、学生たちは積極的に学会発表や論文投稿を行い、第一線の研究者との議論を深めることで次の研究への糧としています。卒業後の就職先も建設、化学、電機、機械、情報通信、自動車、エネルギー、官公庁など多岐にわたります。

●おわりに

我々人類は太陽光の恩恵を受けながら地球上の様々な物質を活用しながら生活をおくっています。化石燃料は元をたどれば太陽光エネルギーであり、この無尽蔵なエネルギーを有効活用すべきことは言うまでもありません。一方、我々は住宅や構造物無くしては健康で衛生的な生活が成り立たず、こうした構造物の長寿命化や資源リサイクルも重要課題です。坂井・宮内研究室では材料化学的な視点でこうした課題に取り組んでおり、将来の環境・エネルギー技術分野のグローバルリーダーが育つことを願っています。

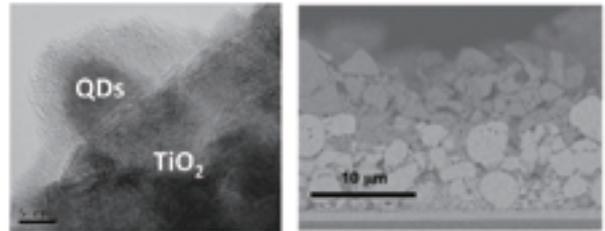


図4 ナノ粒子の精密な制御と薄膜化

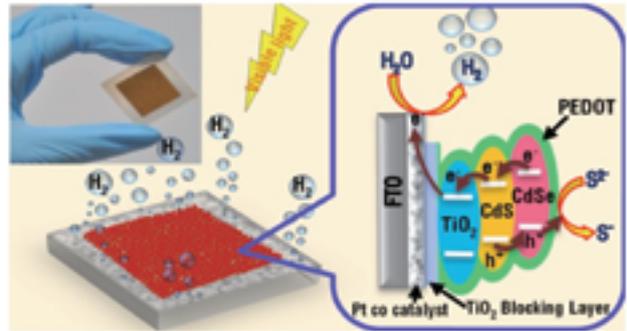


図5 人工光合成デバイス (植物の葉を半導体薄膜で実現)



図6 学生の学会発表、国際交流、受賞の様子

●代表的な研究成果

1. J.Plank, E. Sakai et al. Cement & Concrete Res. 78, 81, 2015
2. 坂井悦郎、国土強靱化に資するセメント系材料の開発、セラミックス、50, 910, 2015
3. Yin, Miyauchi et al. ACS Nano 9, 2111, 2015.
4. Miyauchi et al. J Am. Chem. Soc. 135, 10064, 2013.

佐々木研究室

身近な結晶で電子の世界を覗く

URL: <http://lipro.msl.titech.ac.jp/>



教授
佐々木 聡
博士(理学)



助教
奥部真樹
博士(理学)

固体の電子的な性質（機能や物性）と結晶構造との関係を知ることは、エレクトロニクスを始めとする多くの分野で重要です。研究室では、ミクロ領域で結晶構造や電子構造が、どのようにマクロの世界にかかわっているかを明らかにしたいと考えています。

このため、セラミックスなど機能性材料の結晶構造解析、混合原子価化合物での相転移や電荷秩序・価数揺動の研究、磁気吸収やX線共鳴磁気散乱による磁性材料の研究、機能性酸化物の電子状態の研究、計算機シミュレーション、高温高压下での構造物性研究、地球・惑星物質の局所構造解析、地球環境を考慮した高集積熱電変換や廃熱回収システムなどの研究課題を実施しています。

電子状態や電荷整列の研究

光が物質にあたると、吸収・散乱・回折現象などが起きてその電子状態が変化します。物質を構成する原子の大きさや物質内電子のエネルギーに合せた光（X線）を用いると、原子や分子の配列や結晶の電子状態を研究できます。

これらの先端的研究には、シンクロトロン放射光や中性子など量子ビームの利用が不可欠です。特に研究室では、回折散乱に分光学的手法を取り入れた放射光測定技術の開発に力を入れ、結晶内原子の電子状態を研究しています。

放射光の連続光という特徴を利用した共鳴散乱で、 Eu_3S_4 の価数が異なるEuイオンを区別し、電荷秩序を求めた実例を図1に示します。

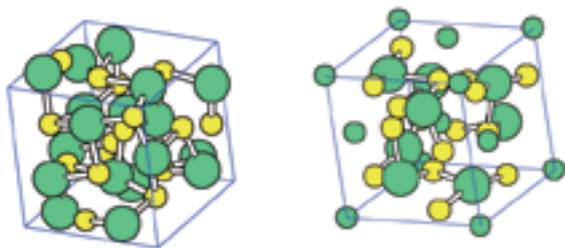


図1. Eu_3S_4 の高温相(左)。低温相(右)では4aサイト(緑小球)に Eu_3+ 、8d(緑大球)には $\text{Eu}_2+\text{Eu}_3+=1:1$ 。

共鳴磁気と電子状態密度

放射光の特徴である直線偏光を円偏光に変換することで、共鳴磁気散乱効果から、フェリ磁性を示すマグネタイト(Fe_3O_4)の対電子の状態密度(DOS)を原子が占めるサイトを区別しながら実験的に求めることができました(図2)。この結果は、1sから3d(4p)に移る電子遷移と密接に関係しており、第一原理計算によるDOSともよい一致を示しました。

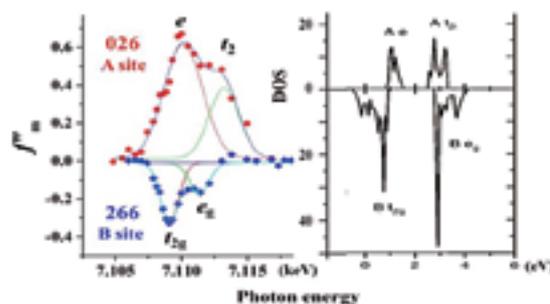


図2. Fe_3O_4 のFe共鳴磁気散乱因子(左)と理論DOS。

磁気構造の研究

軌道磁気とスピン磁気モーメントは、マクロな磁性を理解する上で基本的な量です。研究室では、磁気光学効果(X線磁気円二色性、XMCD)や磁気散乱の実験により、遷移金属・希土類元素酸化物の電子状態や磁気状態を研究しています。 NiFe_2O_4 のXMCDスペクトルとFeイオンの理論電子密度分布を示します(図3)。

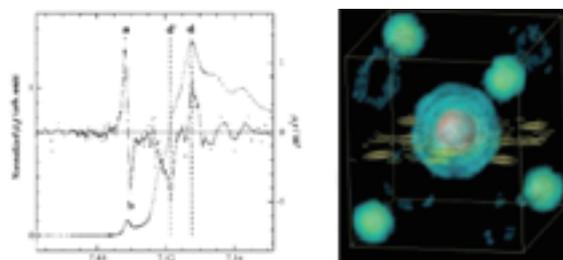


図3. NiFe_2O_4 のXMCDと Fe_3O_4 内AサイトFeの理論電子分布。

電子密度分布の研究

結晶構造解析では、電子密度分布が求められます。例えば、図2の $E = 7.109 \text{ keV}$ のX線を選んで磁気共鳴散乱を測定すれば、その電子遷移が関係するe軌道と t_{2g} 軌道の電子の空間的な広がりがフェリ磁性を示す正負ピークとして観測できます(図4)。

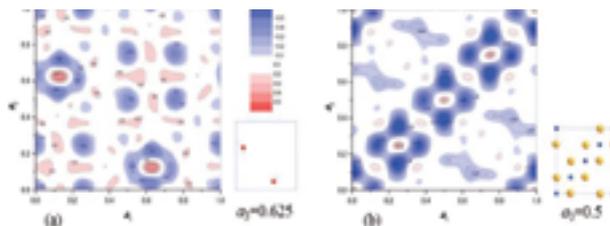


図4. Fe_3O_4 の(a)Aサイトと(b)Bサイトでの共鳴磁気散乱する磁性電子の密度分布。赤:spin up、青:spin down。

篠崎研究室

セラミック薄膜を舞台として新たなサイエンスの探求とエンジニアリングの創出に挑む

URL: <http://www.sim.ceram.titech.ac.jp>



教授
篠崎和夫
工学博士

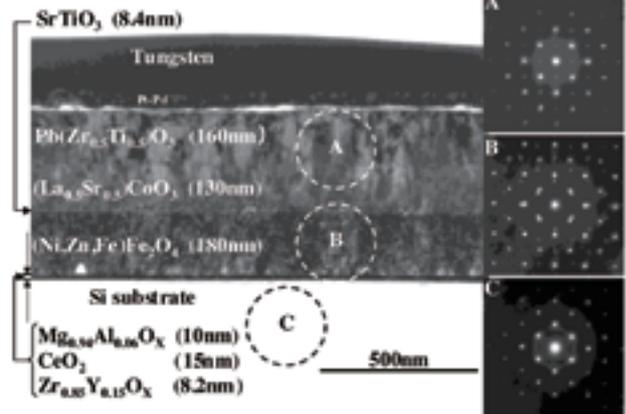


助教
塩田 忠
博士 (工学)

篠崎研の研究とは？

ナノメートルスケールの厚さしかないセラミック「薄膜」は、普段目にする「バルク」とは異なる性質を示すことがあり、時として量子効果が現れることもあります。それらの性質は、バルクと同じように作り方（プロセス）によっても大きく変化します。薄膜に特徴的な性質を得るためには、構成元素、不定比性、不純物分布、複雑な結晶構造や微細組織などを精密に制御するプロセッシング技術が必要です。

私たちは、セラミック薄膜の特性を改善したり新しい性質を生み出したりする薄膜プロセッシング技術を追求し、得られた特徴的な物性の背景にある物理や化学を解き明かし、次世代デバイスへの応用技術を確認する、ことを目指して研究しています。



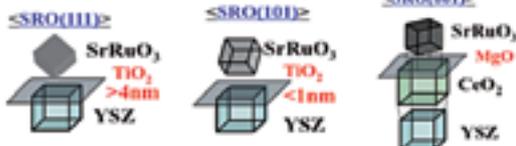
基板の上に7層の酸化物薄膜をエビタキシャル成長させた透過電子顕微鏡写真（様々な位置の積層層の厚さを結晶格子がそろった動員電体、強磁性体薄膜が成長する）

こんな研究をしています

薄膜を創る・操る

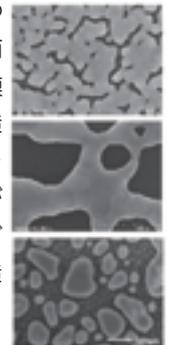
●原子層薄膜導入による結晶配向制御

YSZ あるいは CeO_2/YSZ を製膜した Si 基板上に、SrO、MgO、 TiO_2 などの原子層レベルの薄膜導入により、目的とする SrRuO_3 （酸化物電極）、 $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$ 、 BiFeO_3 （強誘電体）の配向制御に成功しています。現在は、他の材料系にも展開し、結晶成長理論に基づくバッファー層の科学とその積層プロセス技術の確立を目指した研究を進めています。



●基板表面の微構造制御による薄膜のナノ構造化

YSZ 単結晶基板表面に、柱状組織を持つ YSZ 薄膜を製膜してナノスケールの表面粗さを付与すると、その上の Pt ナノ薄膜が、加熱により自己組織的にナノ構造化することを見出しました。この研究を進め、再現性良く制御されたナノ構造が作製できるようになれば、現在のリソグラフィ技術よりも簡便な金属ナノ構造作製方法として応用が期待できます。

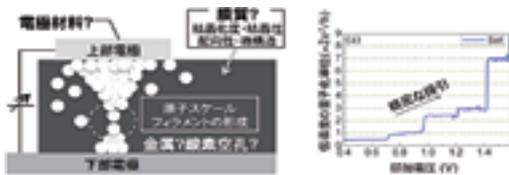


異なる表面粗さの YSZ 単結晶基板上の Pt 薄膜の dewetting

薄膜を知る・使う

●RRAM 用酸化物薄膜の量子化伝導

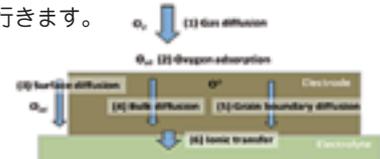
最近、抵抗変化型メモリ (RRAM) 用酸化物薄膜の抵抗スイッチング時に、量子化伝導の発現が報告されています¹⁾。私たちは、RRAM 用薄膜の構成元素、組成、微構造と量子化伝導発現の関係に注目し、量子化伝導発現機構の解明や RRAM の多値化への応用を目指した研究を行っています。



1) C.Chen et al., Appl. Phys. Lett., 100 (2012) 043505.

●電気化学デバイスの低温駆動用電極の開発

現在、エネルギー・環境問題の観点から、酸素センサや μ SOFC などの電気化学デバイスを低温で駆動することが求められています。私たちは、 $(\text{La,Sr})(\text{Co,Ni})\text{O}_3$ 薄膜電極が、YSZ 酸素センサの低温動作に有効であることを示しました。今後は、従来の電気化学的な解析手法だけでなく、表面科学的な分析手法も加えて、その電極での表面化学反応過程を明らかにし、低温でより高性能な電極の開発に役立てて行きます。



多田研究室



准教授
多田朋史
博士(理学)

電子状態計算から導く新物質・新機能・新概念へ

URL: <http://www.mces.titech.ac.jp/authors/tada/>

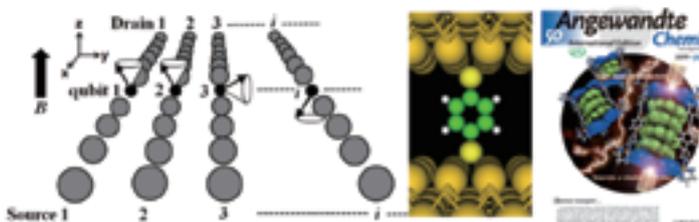
◆研究目的と概要 <新たなコンセプトを生み出せる理論研究を>

近年の計算機の飛躍的発展により、一定の信頼性を確保した上で電子状態計算による材料探索/特性予測が実行可能になってきました。中でも、第一原理計算は原理的に実験値不要の計算手法であり、新物質探索を行う上では欠かせない手法となっています。新物質の探索はもちろん、新機能へのヒント、そして複雑に見える現象を見通しよく整理するための新概念を計算結果から抽出し、世に必要とされる潮流を生み出せる理論の構築を目指しております。

◆研究テーマ <分子素子、量子情報素子、エネルギー変換、新材料探索>

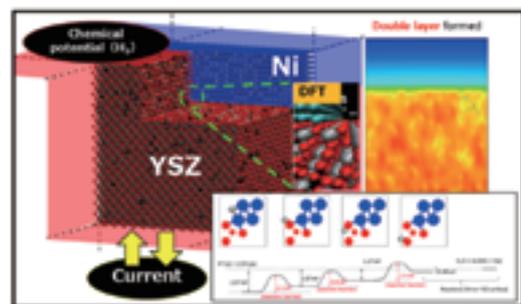
・単一分子素子と量子情報素子

単一分子素子とは、分子一個が電極に接続され、それが電子素子ユニットとして機能しうるコンセプトの微視的接合体です。素子として高い電気伝導度を得るための接続規則を分子軌道から予測できる事を見出し、この分子素子を集積して量子コンピュータを作るための動作原理と、そこで必要となる物理的条件について研究しております。



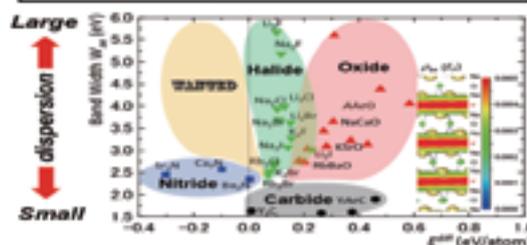
・固体酸化物形燃料電池

イオン伝導性をもつ固体電解質を用いることで、効率よく化学エネルギーを電気エネルギーに変換できるシステムが固体酸化物形燃料電池です。原子レベルの電子状態計算からマクロスケールの物理量までをつなげるマルチスケール計算技術を開発し、実計測と対応させながら材料設計を行っております。



・二次元エレクトライド材料探索

エレクトライドとは電子がアニオンのように振舞うユニークな材料です。そのアニオン電子を二次元的に内包する二次元エレクトライドを第一原理計算と化学的考察をもとに探索しております。



◆当研究室について<化学、物理、生物、材料>

・研究体制

多田は平成25年1月1日に東京大学から赴任いたしました。大学院生二名、博士研究員一名、技術員二名の六人体制の小さな研究室ではありますが、各々の専門分野は化学、物理、生物、材料と多様です。研究テーマに関する議論はもちろん、それ以外のトピックに関しても時間を選ばず話合うことのできる環境を大切にしております。

・研究道具

紙と鉛筆(最近はタブレットとタッチペンでしょうか)で夢を描き、それを具現化しうる道筋を提起するための道具として計算機を用います。当研究室は20コア計算機を10ノード、16コア計算機を34ノード、12コア計算機を5ノード、8コア計算機を2ノード有しております。もちろんTSUBAMEも使用いたします。数値計算を行う際に計算ソフトも必要になりますが、市販のソフトを用いる場合と、自作のソフトを開発して用いる場合があります。理論研究を始めるうえでコンピュータやプログラミングに関する経験があるに越したことはないですが必須のものではありません。一番大切なのは豊かな想像力でしょう。

・その他

研究活動において理論計算をどう位置づけるかはご自身次第です。実験をやりつつ、それだけでは見えない部分を理論計算で補いたいという方もいれば、ただ単に理論が好きで実験はあまり得意ではないから、という方もいるでしょう。多田は後者でした。きっかけは様々です。当研究室にご興味を持たれた方は是非一度お立ち寄りください。

柘植研究室

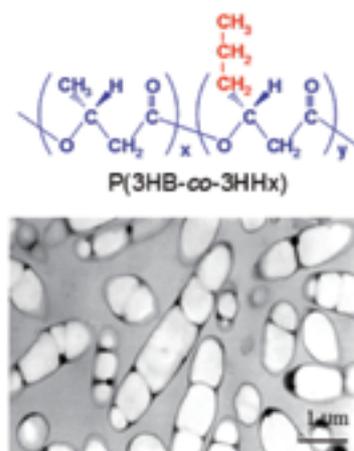


准教授
柘植 丈治
博士（農学）

バイオテクノロジーを活用した環境調和型高分子材料の創成

URL: <http://www.iem.titech.ac.jp/tsuge/>

近年、地球温暖化、酸性雨、海洋汚染、生態系の破壊など、深刻な環境問題が提起され、地球環境と調和する人間社会の形成が全世界的な課題となっています。柘植グループでは、持続可能な社会を実現するための科学技術の一つとして、再生可能な植物資源（糖、植物油）や二酸化炭素から生分解性高分子（バイオポリエステル）を微生物生産し、それらを高性能材料にするための基礎研究を進めています。とくに、バイオテクノロジーを駆使して、バイオポリエステルの生合成、関連酵素遺伝子の取得と解析、高生産微生物の分子育種、そして、生体高分子の構造解析と機能開発、生分解性高分子の材料設計という研究に関して、高分子科学と生物科学の両面から研究を進めています。



バイオポリエステルの化学構造式(上)とポリマーを81 wt%蓄積した遺伝子組換え微生物(下)

研究テーマ

1. バイオベースプラスチック微生物合成法の開発

環境に調和する生分解性のバイオポリエステルを、再生可能な炭素源から効率よく大量に微生物生産するシステムの開発が大きな目標です。多くの微生物は、エネルギー貯蔵物質として (*R*)-3-ヒドロキシアルカン酸の光学活性ポリエステルを生合成し、体内に顆粒状に蓄えています。これらバイオポリエステルは、自然環境中の微生物によって完全に分解され、最終的に無機化される生分解性プラスチックです。これまでに、高性能バイオポリエステルを生産する微生物からポリエステル生合成遺伝子を取得し、その機能の解析をするとともに、安価な植物油から共重合ポリエステルを大量に生産する遺伝子組換え微生物の分子育種を行ってきました。遺伝子工学、代謝工学、タンパク質工学、進化分子工学の各基礎技術を応用し、ポリエステル生産のための代謝経路を最適化することで、糖、植物油などの再生可能資源からバイオポリエステルを効率的に生産する研究を進めています。

2. 化学合成独立栄養細菌による二酸化炭素の資源化

化学合成独立栄養細菌は、二酸化炭素を炭素源として、無機化合物をエネルギー源として生育する微生物で、優れた二酸化炭素固定能を有しています。この微生物を利用することで、二酸化炭素から直接的にバイオポリエステルやモノマーなどの有機物を作り出す研究を行っています。とくに、太陽光や風力のような再生可能エネルギーを化学エネルギーに変換して無機化合物に蓄え、さらに酵素反応を利用して生体エネルギーとして取り出すことで、微生物を用いたもの作りに応用する方法を研究しています。

3. 生分解性高分子の材料設計と高性能化

理想的な生分解性高分子材料は、使用している間は優れた性能を発揮し、廃棄後は微生物によって完全に分解されて自然界の炭素循環サイクルに組み込まれる材料です。優れた性能をもつ生分解性高分子材料を分子設計するためには、材料の物性と生分解性を同時に制御できる方法論を構築する必要があります。高分子の分子・固体構造を制御することにより、合目的な性能や機能をもつ生分解性高分子材料を創成することを目的とした基礎研究を進めています。

以上のように、本グループでは高分子科学と生物科学の融合を目指し、理化学研究所・阿部英喜グループ（バイオプラスチック研究チーム）と連携して研究を進めています。また、北海道大学や東京大学、海外の大学などとも共同研究を行っています。バイオプラスチックや生分解性プラスチックに興味のある方、やる気のある方の参加を待っています。異分野からの参加も大歓迎です。

研究室構成： 教員 1、博士研究員 1、博士学生 4、修士学生 7

関連学会： 高分子学会、日本生物工学会、日本農芸化学会、米国微生物学会ほか

鶴見・武田研究室

ナノテクノロジーでフォノンを視る・知る・生かす

URL: <http://nanophononics.ceram.titech.ac.jp/>



教授
鶴見敬章
工学博士



准教授
武田博明
博士(理学)

原子・イオンは固体(結晶)中で規則的に振動し(フォノン)、そのフォノンは材料の特性、特に電磁気や光に関係する性質に深くかかわっています。私たちの研究室では、ナノメートルサイズで物質の構造を変化させ、フォノンに関わる材料の特性を大きく向上させるための研究と、その基礎となる学問体系を創っています。私たちの研究室では、安全で安心な社会の構築に貢献する環境・エネルギー・医療に関連した電子セラミックス材料・素子の開発を行っています(図1)。

物性の起源を知る(フォノンを観察する)

私たちの身の回りにある電子機器・機械の中には電子セラミックス素子が数多く使用されており、それは材料個々の特性である導電性、絶縁性、磁性、誘電性、強誘電性などを利用して、これらの性質の多くは格子振動(フォノン)が大きく関与していることが知られています。私たちの研究室では、独自開発した方法でテラヘルツ領域($10^{11} \sim 10^{14}$ Hz程度)の誘電特性を測定し、フォノンの振舞いを解析しています(図2)。“フォノンを観察する”ことにより物性の起源が明らかにし、その知見を新たな材料開発に応用します。

【関連する学生研究テーマ】

- ・テラヘルツエリプソメータを用いた誘電体材料のフォノン解析
- ・ペロブスカイト系酸化物の分極応答の解明
- ・高温耐圧スナバコンデンサ用誘電体セラミックの絶縁破壊機構の解明

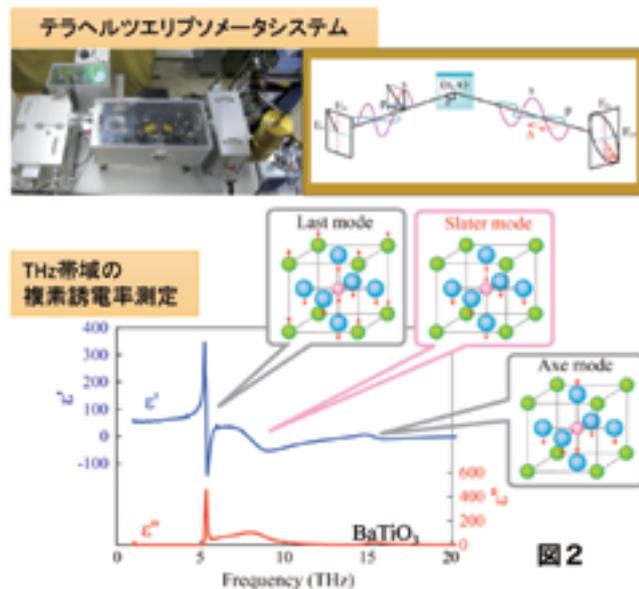


図2



図1

物性を変えるテクノロジー(フォノンを操る)

セラミックス中にある粒界(結晶粒子同士の境目)の構造をナノメートルオーダーで制御すると、セラミックスの物性を劇的に変化させることも可能です。私たちの研究室では、巨大な誘電率が期待できる界面分極を利用した粒界絶縁型(BL)キャパシタに着想を得て、今までにない高容量を持ったコンデンサの開発を目指しています(図3)。

【関連する学生研究テーマ】

- ・SrTiO₃系ナノ粒子を用いた新規界絶縁コンデンサの開発
- ・(Li, La)TiO₃-(Ba, Sr)TiO₃系高誘電率材料の開発

また、従来とは異なる材料探索手法により、よく知られている材料でもその物性を劇的に変化させることができます。これまで、強誘電体材料の研究分野の中心はペロブスカイト型酸化物で陽イオン種を変化させることで物性が制御されてきました。私たちは計算科学・理論・実験を通して陰イオン(酸化物イオン)の変化によっても誘電特性が向上する可能性を見出しました(図4)。この現象をフォノンの観点から詳細を明らかにし、応用すれば(つまり、フォノンを操れば)電子機器のさらなる特性向上が期待できます。

【関連する学生研究テーマ】

- ・ペロブスカイト型酸窒化物の合成と誘電特性評価

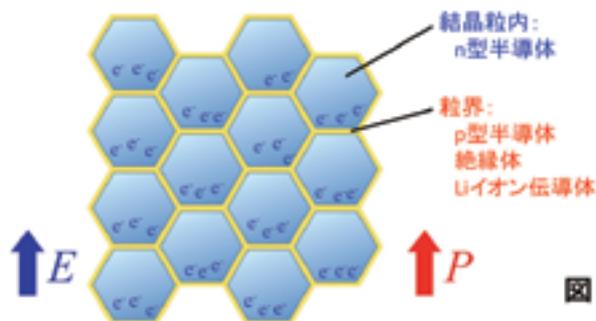


図3



助教
保科拓也
博士(工学)

環境・エネルギーに貢献するモノ作り (フォノンを活かす)

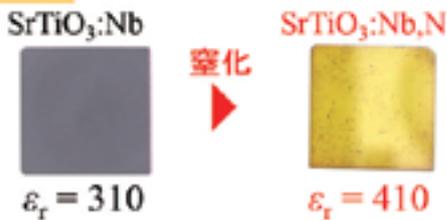
電気自動車 (EV) の走行距離を延ばすため、また太陽光発電を効率良く利用するためには、電気を貯める『蓄電池』をいかに大容量にするかがカギになります。私たちはこれまで培ったフォノンの知識を活かして、リチウム電池をはるかに凌ぐ容量をもち、短時間で充電できる次世代固体キャパシタを開発しています。このキャパシタが実現できれば 10 分間の充電で 500 キロメートル走る EV も夢ではありません。

【関連する学生研究テーマ】

- ・リチウムイオン伝導体の新しい電解コンデンサへの応用
- ・導電性セラミックスを用いたキャパシタ材料の作製と電気的特性の評価

地熱・火力発電所施設の非破壊検査による安全管理、化学プラントでのダストモニタによる環境配慮、自動車・船舶のエンジン燃焼圧モニタリングによる燃焼効率アップは今後ますます重要になってきます。これらの要素技術として圧電材料を用いたセンサが必須となり、これには高温で (1) 高い化学安定性・(2) 安定な圧電特性・(3) 高い電気抵抗率を有し、(4) 結晶化が容易な圧電結晶が必要です。しかし、これまで全ての条件を満たす結晶は見つかっておりませんでした。私たちは高い電気抵抗率には酸素欠損を生じない結晶構造が有効であるとの材料開発指針を立て、最近、新材料の探索に成功しました (図 5)。さらに、センサ構造も設計・試作・評価することで高温圧電センサへ展開できる基盤を作っております。

材料合成



第一原理計算

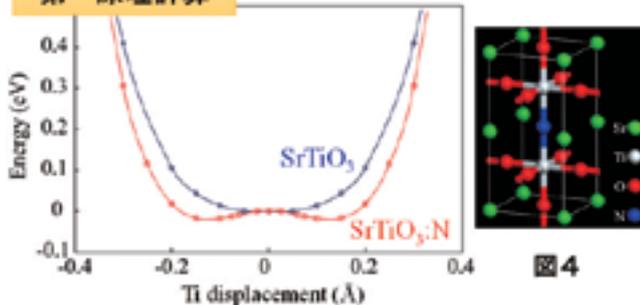


図4

【関連する学生研究テーマ】

- ・燃焼圧センサ応用へ向けた人工ゲーレン石の圧電特性評価
- ・人工ゲーレン石の圧縮強度を考慮した燃焼センサ素子の設計

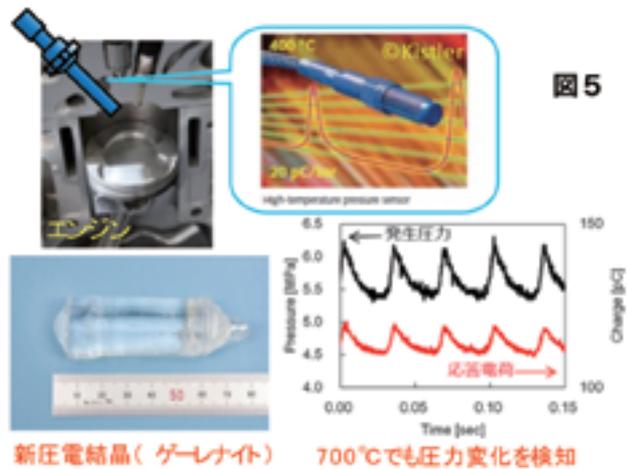


図5

新圧電結晶 (ゲーレン石) 700°Cでも圧力変化を検知

私たちの研究室に入ったら...

私たちの研究室は誘電体の研究では日本を代表する研究室です。研究室運営のモットーは“自由と自覚”です。研究目標は教員が提案しますが、これに至る経緯は学生自身が考え自由な発想で研究を進めます。ただし、これは放任とは異なります。困ったことがあれば教員全員で全力バックアップし、学生同士でもお互い助け合っております。そうすることで、高い研究レベルが保たれ、学生による自発的な学会発表や論文投稿に繋がり、さらにその後の就職に繋がっていきます。

【学生が筆頭著者である論文の掲載誌 (最近 5 年間)】

Appl. Phys. Lett. 1 報、Appl. Phys. Express 1 報、IEEE Trans. Ultra. Ferro. Freq. Contr. 2 報、J. Appl. Phys. 1 報、Jpn. J. Appl. Phys. 4 報、J. Ceram. Soc. Jpn. 9 報

【学生の学会発表による受賞 (最近 5 年間)】

応用物理学会学術講演会講演奨励賞 2 件、日本セラミックス協会秋季シンポジウム最優秀ポスター賞 4 件、同優秀ポスター賞 2 件、エレクトロセラミックス研究討論会最優秀賞 1 件、同優秀賞 4 件、同奨励賞 2 件

【過去 10 年の主な就職先 (人数)】

村田製作所 (7)、パナソニック (5)、富士ゼロックス (4)、キヤノン (3)、NTT (3)、フジクラ (3)、旭硝子 (2)、SONY (2)、特許庁 (2)、日揮 (2)、TDK (2)、住友電工 (2)、日本特殊陶業 (2)、成田国際空港 (1)、JR 東日本 (1)、スズキ (1)、オムロン (1)、本田技研 (1)、東京医科歯科大学、慶應義塾大学、岡山大学 (教員として各 1 名) 等

中島・松下（祥）研究室

表面 / 界面科学に基づく地球環境材料の創製

URL: <http://www.rmat.ceram.titech.ac.jp>



教授
中島 章
Ph.D.



准教授
松下祥子
博士(工学)

中島・松下研究室が目指すもの

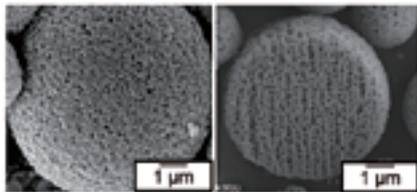
科学の究極の目的は自然の理を明らかにすることですが、工学、中でも環境に関する工学は、その目的の中心に常に『人間』の存在があり、科学を用いて、人々の豊かな未来を創造することが使命です。物質は人間のために使われて初めて「材料」となります。私たちは物質の科学を通じて、経済活動の持続的な成長を可能にし、安心・安全な社会の礎となる材料の研究を続けています。

中島・松下研究室の研究内容とアプローチ

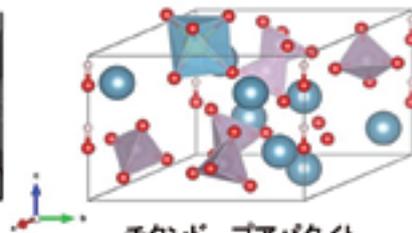
環境材料の研究は「環境に調和した材料の研究・開発」だけではありません。私たちは「様々な環境問題に材料の視点から取り組む研究」はすべて環境材料研究である、と考えています。現在当研究室では、光照射等により水や空气中に存在する有機系有害物を分解する材料、省エネルギーを目指した撥水親水材料、大気からCO₂等のガスを分離する材料、環境中の微量有害成分をセンシングする材料、エネルギー変換材料等に関する研究を行っています。

環境材料の研究は極めて裾野が広く、セラミックス、有機材料、金属といった様々な物質が対象になりますが、私たちはセラミックス材料に軸足を置き、物質の表面・界面に着目して研究を行っています。固体の表面はさまざまな化学反応の「場」であり、光・熱・電子などとの直接的な接点です。固体の表面・界面の構造や組成を制御すると、固体に本来はない性質を付与したり、固体の性質をこれまで以上に大きく引き出すことが可能になります。表面や界面の面白さは、その構造や組成の特徴が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。私たちはナノレベルでの表面・界面のエンジニアリングを通じて、材料科学の視点から地球環境問題に日夜挑戦を続けています。具体的な研究テーマの一部を以下に示します。

◎高活性環境触媒・光触媒の開発



多孔質球状固体酸触媒



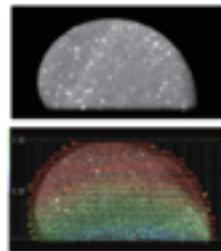
チタンドープアパタイト

通常環境触媒では紫外光が必要だったり、レアメタルを使用するなど、使用法によっては改善を要する点があります。当研究室では、可視光でも応答するための方法として、新しい空間空隙を持つ材料や、新規な触媒反応を導入することで常温常圧近傍で高価な資源を使わない触媒の開発を行っています。

◎固体表面の濡れ制御



実用化した液滴転落挙動解析システム



転落する水滴の内部流動の可視化

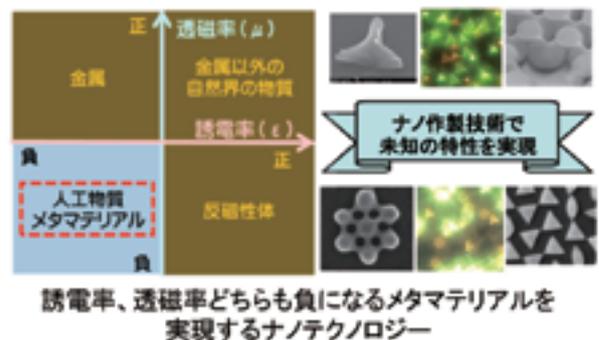
表面のぬれ制御は省エネルギーや輸送コスト削減といった観点から非常に重要な分野です。液滴の濡れ性は通常静的濡れ性のみで評価されていますが、我々は独自に開発した液滴転落挙動解析システムにより、表面の濡れ性を動的な視点から解析し、新たな表面設計のアプローチを提案しています。

◎新ナノ光学による微量物質センシング

放射性物質やウイルスなど、現在の光学では検出しにくい微量有害成分を検出するため、第3の光学領域である人工物質メタマテリアルやプラズモニクスデバイスの作製に、ナノファブリケーションの視点から挑んでいます。理論的に望まれる形を得るために、ボトムアップ手法、トップダウン手法双方のアプローチを取っています。



形状選択性を導入したプラズモニクス



中村研究室

レーザー光を用いた物質機能の解析と制御

URL: <http://www.knlab.msl.titech.ac.jp/>



准教授
中村一隆
工学博士

研究の目的と概要

21世紀は光の世紀と呼ばれています。太陽電池・光磁気ディスク・光触媒など物質の光機能を応用したデバイスを日常生活で使うことも多く、光の利用は環境負荷の小さいデバイスとしても注目されています。こうした光でデバイスのさらなる高効率化・高速化を行うためには、光と物質の相互作用の基本的な物理をきちんと解明することが必要です。我々のグループでは、**超短パルスレーザー**を用いて光と電子・格子との相互作用を直接実時間で観測することで、その基本的な物理を研究しています。また、状態の計測だけでなく、**光を使って物質の量子状態を制御**することで新しい光機能を開発する研究も行っています。さらに、非常に短時間に存在する、固体物質中の電子状態や振動状態の量子性をさぐることで、量子力学的世界と古典的世界の境界を探ることも目的のひとつとして研究を進めています。

最近の研究テーマと成果

1) コヒーレントフォノンの計測と制御：

物質の格子振動の周期よりも十分短いパルス光を照射することで、コヒーレントフォノンと呼ばれる位相のそろったフォノン集団を励起することができます。コヒーレントフォノンはフェムト秒(10^{-15} 秒)時間分解能を持った**過渡反射率計測**によって測定することができ、フォノンの振動数・寿命・位相などを調べることができます。われわれは、**半金属・半導体・超伝導物質・トポロジカル絶縁体・ダイヤモンド**など様々な物質を対象としてフォノンダイナミクスの研究を行っています。

2) 超高速キャリアダイナミクス：

電子デバイスの高速化・小型化にともない、電子・キャリアの振る舞いを実時間で調べることが必要不可欠になってきました。われわれは、光励起キャリアの振る舞いをフェムト秒レーザーパルスを用いて研究しています。対象物質は**半導体・超伝導物質・トポロジカル絶縁体**です。GaAsを用いた実験では、光励起される光学フォノンと光学フォノンと電子集団運動であるプラズモンの結合モードをパルス列励起を用いて制御しました。またその制御性から、プラズモン振動がフォノンの生成に比べて約100fs遅れて生成することを明らかにしました。

3) 量子コヒーレンスと量子古典境界：

電子や原子・分子のようなミクロな世界は量子力学で記述される世界であるのに対して、我々が日常に目にする世界は力学で記述される世界です。では、**量子力学的世界と古典力学的世界の境界**はそこにあるのでしょうか？我々のグループでは、超短パルスレーザーを用いた分光実験を用いて、こうした物理学の根本的問題に取り組んでいます。



研究室の情報とメッセージ

1) メッセージ：

物質の量子性を超高速分光測定を用いて解明することで、「**私達がいる世界をより深いレベルで理解する**」ことを目指しています。また、大きな研究テーマの中で自分の興味のある研究課題を定め、楽しんで研究をすすめています。実験のテクニックや知識を身につけるだけでなく、「**難しい問題に直面したときに、どうやって対処するのか**」・「**いかに論理的な考えかたが出来るのか**」・「**問題の本質はどこにあるのか**」・「**どうやって自分の考えをうまく他人に伝えるか**」といった社会に出て必要となる能力を、研究をとおして学んでもらいたい。

2) 関連学会：

日本応用物理学会、日本レーザー学会、日本物理学会、米国物理学会など
修士課程の学生の場合1回程度の国内学会発表、博士課程学生では海外の国際会議での発表を行っています。

3) 就職状況：

博士：MIT、東京理科大学、東京大学、分子科学研究所、三菱マテリアル、NTT、日立製作所など
修士：日立製作所、スタンレー、富士通ゼネラル、ホンダ、ゼロックス、コニカミノルタ、オムロン など

林 研究室



准教授
林 智広
Ph.D.

人工物と人体の間で何が起きているか？ バイオ分野の難問に挑む

URL: <http://lab.spm.jp/>

なぜバイオ界面が重要なのか～生体適合性・親和性とは？

私たちの身のまわりを見渡してみますと、コンタクトレンズ、化粧品、衣服などの日用品から、人工血管・臓器、人工関節、さらには再生医療における細胞の足場材料などの最先端医療機器に至るまで、数多くの細胞・生体組織と接して動作するデバイスが存在します。今後の社会ではこれらの材料・デバイスの重要性はさらに増し、より高い安全性が求められます。そのためには、材料が人体に対して異物・拒否反応を起こさず、人体組織と目的に応じて適切に相互作用すること（生体適合性）が求められます。しかし、この生体適合性の物理的・化学的起源については未知の部分が多く、生体適合性材料の開発は試行錯誤的なアプローチに頼っているのが現状であり、バイオ界面で起こるプロセスの分子・原子レベルでの根本的な理解が求められています。

林研究室では

◆**バイオ界面の構築**：真空蒸着、化学的処理、分子成膜、表面化学反応を用いた表面の構築

◆**表面・界面科学、計測制御、計算科学、情報科学を駆使した界面分析技術の開発**：バイオ界面の解析に特化したプローブ顕微鏡技術の開発、第一原理計算、分子動力学法を用いた界面分子計算・シミュレーション、ニューラルネットワーク解析を用いた材料設計

◆**生体分子、細胞・組織の材料に対する応答の解析**：タンパク質吸着・細胞接着実験、細胞の足場となるタンパク質のプロテオーム解析の一連の研究を自分達で行うことで、人工物と生体組織の間で起こる分子プロセスの詳細な解析を行っています。これによって、生体適合性発現のメカニズムの正確な理解、目的に応じた生体適合性材料の開発に挑んでいます。



主な実験設備：

独自に開発した原子間力顕微鏡、表面・探針増強ラマン・蛍光分光装置、真空蒸着装置、化学実験室、細胞培養設備など

研究室メンバーは？

林研究室は物理・化学・生物・電子工学・情報・機械など、様々な分野出身のメンバーで構成されています。また、フィリピン、タイ、インドネシア、モンゴル、エジプトなどからの留学生の割合が高いことも研究室の特徴です。違う分野・文化背景の異なるメンバーでチームを組み、研究を進めます。自分の得意分野を生かしつつ、他分野の学問・技術を学び、融合分野の学問を創成しよう! という冒険心のある学生を歓迎します。

日々の研究生活

常に他大学、企業（化学メーカー、測定機器メーカーなど10社程度）、研究機関と連携しつつ、研究をすすめています。林研究室のメンバーは大学内のみで研究を行うことは少なく、在学中に他大学・他研究室、国立研究所、企業など様々な環境で研究を行います。この経験は将来の進路を決める上で、役に立つと信じています。

研究室連絡先：(林 智広) hayashi.t.al@m.titech.ac.jp <http://lab.spm.jp/> TEL: 045-924-5400

原・鎌田研究室

不可能を可能にする触媒をつくる



URL: <http://www.msl.titech.ac.jp/~hara/>

教授
原 亨和
博士(理学)

准教授
鎌田慶吾
博士(工学)

化石資源に頼らないエネルギーと化学資源の生産，人々を飢えさせない肥料生産，省エネで環境に優しいプロセス。これらは我々人類が未永く地球と共生するために解決しなければならない課題です。しかし，多くの「不可能」がこれらの実現に立ちはだかっています。

今日の不可能を可能にする触媒を生み出し，人類社会に貢献する。これが原・鎌田研究室のミッションです。これまで私たちは新たな科学技術を武器に前人未到の野を切り開き，革新触媒材料を創生してきました。現在3つの大型プロジェクトが進行中。今日の数多くの不可能を可能に変えて行く。これが私たちの挑戦です。

ソリッドアシッドプロジェクト

化石資源を使わない，CO₂を出さない。

現代社会は石油，石炭，天然ガスといった化石資源によって支えられています。その結果，排出されたCO₂は地球上の生命全てを脅かしています。それなのに，なぜ私たちは化石資源から脱却できないのか？それはエネルギーだけでなく，電子・通信機器，輸送，衣料，住空間に使われるプラスチックやポリマー，さらには農業，医薬が化石資源を原料としているためです。現代文明は木材，石，金属だけで成り立ちません。さらに追い打ちをかけるように化石資源の枯渇が目前に迫っています。今や，CO₂による地球規模の環境・生態系の破壊が先か，化石資源枯渇による現代文明の崩壊が先かの競争になっています。

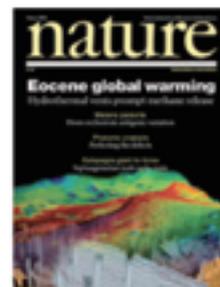
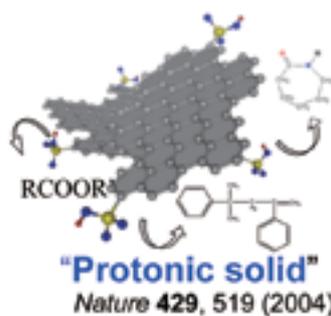
再生する植物バイオマスからエネルギーと化学資源を生産すること，そしてエネルギー消費を極限まで減らして化学資源を生産することは環境破壊なしに現代社会が存続するための必須条件です。しかし，これまでの科学技術でこの条件を満たすことはできません。このような背景の中，私たちは新しいコンセプト，科学，技術を昇華させ，これらの問題を解決する革新触媒「ソリッドアシッド」達を生み出すことに成功しました。ナノグラフェンから生み出される「Protonic Solid」，「Sugar Catalyst」，水中でもルイス酸として働く無機酸化物触媒「P-ETO」。これらのソリッドアシッドはこれまで不可能だった化学資源生産や植物の化学資源化を実現する触媒として既に実用化されています。

しかし，まだまだ不可能なことはあまりにも多い。私たちの挑戦に終わりはありません。

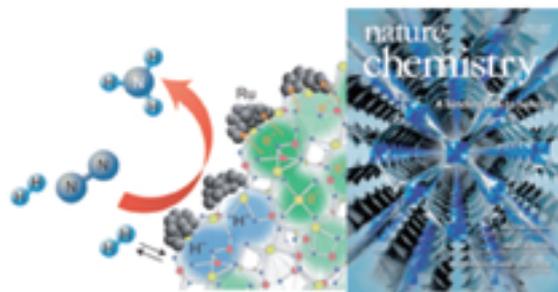
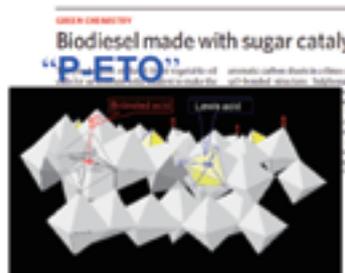
アンモニアプロジェクト

100年の沈黙を破る。

19世紀初頭，西欧文明は崩壊の危機に瀕していました—産業革命で急増した人口に十分な食糧を供給できない—。この危機を救ったのが，人口アンモニア合成「ハーバー・ボッシュ法」による化学肥料の生産です。現在では，世界人口80%の生命をハーバー・ボッシュ法が支えています。しかし，100年以上私達を支えてきたハーバー・ボッシュ法ですら近年激増している人口をまかなえないことがわかってきました。19世紀初頭の危機が，今度は世界レベルで襲来します。



"Sugar catalyst"
Nature 438, 178 (2005)



"Electride catalyst"
Nature Chemistry, 4, 934(2012).



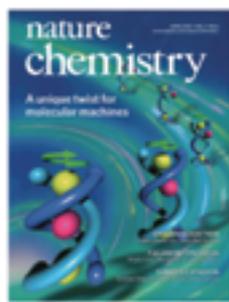
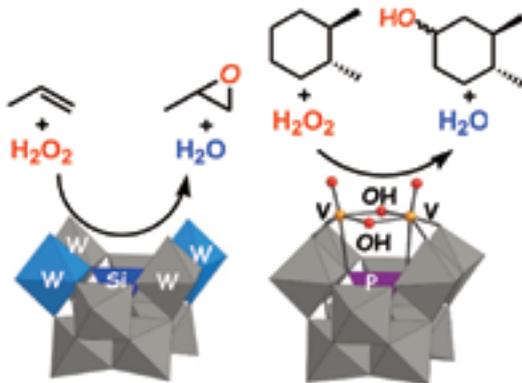
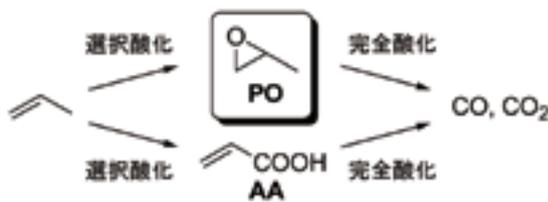
助教
喜多祐介
博士(工学)

研究室旅行制覇地点(詳細はホームページで)



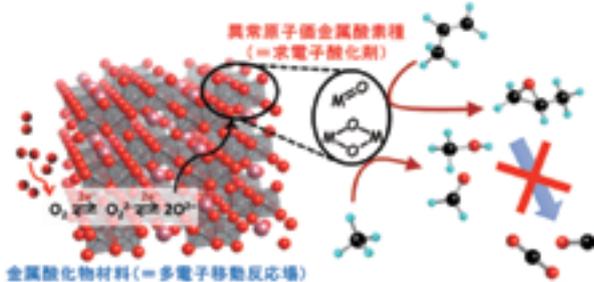
ハーバー・ボッシュ法で使われている触媒は鉄をベースにした材料ですが、この触媒を出し抜く触媒はハーバー・ボッシュ法の生誕以来 100 年以上現れていません。しかし、細野研究室と原研究室の夢のコラボによって生み出されたアルミナセメント由来の「*Electride Catalyst*」はアンモニア製造 100 年の沈黙を破る超触媒として世界を震撼させました。

材料科学、固体物理、化学の申し子であるこの革新触媒は、低いエネルギー消費で桁違いの性能を発揮する触媒として、他の追随を許さない触媒として、実用化が急ピッチで進んでいます。さらに、細野-北野-原連合はこの触媒を遥かに上回る触媒の開発に成功。我々の敵は我々です。



"Highly active oxidation catalysts"

Science, 300, 964 (2003).
Nature Chemistry, 2, 478 (2010).



選択酸化触媒プロジェクト

欲しいモノだけ作る、触媒を制するものは化学反応を制す。

酸化反応は、化学プロセスの 3 割を占める最も基本的かつ重要な反応の一つですが、反応制御の観点からは今なお多くの課題を抱えています。例えばプロピレン酸化でウレタン原料として重要な PO のみ合成したい場合、他の化合物 (AA, CO, CO₂ など) の生成をいかに抑えるかがキーになります。そこで触媒という材料が重要な役割を果たします。

我々はこれまでに、水のみが副生成物である理想的な酸化剤である過酸化水素 (H₂O₂) を用い、新規材料である金属酸化物クラスター触媒による H₂O₂ 有効利用率ほぼ 100% となるプロピレンのエポキシ化反応を実現しました。さらに量子化学的アプローチを用いた触媒の高機能化により、高難度選択酸化反応であるアルカンの水酸化を可能とする触媒の合成にも成功しています。

プロセスを工業化する際、反応後の触媒・生成物の分離、触媒の再使用が容易な不均一系触媒 (固体触媒) の開発は極めて重要です。これまでに得た水中や有機溶媒中での溶存種制御のノウハウを活かし、厳密な活性サイトをもつ革新的固体触媒に挑戦しています。「メタンハイドレートのエネルギーキャリア化としても注目されるメタンからメタノールへの直接酸化」や「モノマーやグリコール中間体として需要が急増しているプロピレンオキシドの直接酸化合成」といった「夢の触媒反応」を実現する革新触媒の創成を目指しています。

学生の受賞

触媒学会 優秀ポスター発表賞, 日本化学会 学生講演賞, など
博士学生の外部資金獲得
日本学術振興会特別研究員 H22 (1 名), H23 (1 名), H25 (2 名)
就職先
東芝, JX 日鉱日石エネルギー, トヨタ自動車, 三菱樹脂, 信越化学, 本田技研工業, 凸版印刷, 日立製作所, 日立化成, BASF, 日本触媒, など

研究代表者大型プロジェクト

JST ALCA 実用化, JST さきがけ, JSPS 基盤 B

研究分担者大型プロジェクト

JST ACCEL, JST NOVACAM, JST CREST, NEDO 非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発

細野・平松研究室

世界の潮流となる新材料を創り出す

URL: <http://www.msl.titech.ac.jp/~hosono/>



教授
細野秀雄
博士(工学)



准教授
平松秀典
博士(工学)

1. 研究室の目指すもの

膨大な数の「物質」の中で、人間の社会に直接役立つものが「材料」です。私たちの研究室は、独自に打ち立てた材料設計指針をもとに、以下のような新しい材料を開発しています(図1)。

(1) 物質固有の結晶構造を利用して材料としての新機能を探る
・層状構造を持つ混合アニオン化合物の研究から、新しい高温超伝導体「鉄系超伝導体」を2008年に実現しました。1986年の銅酸化物超伝導体に匹敵する大きな発見と見なされ、世界中で熱い研究が行われています。

・小さな「かご」構造からできているセメントの構成成分の1つ、 $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ (C12A7) 結晶を使って、高輝度電子放出源、有機ELテレビ用高性能電極、アンモニア合成触媒、透明金属、超伝導などの機能を開拓しました。

(2) 材料研究の新しい潮流「ユビキタス元素戦略」

今までは希少金属を使ってしか実現できていなかった機能を、豊富で無害な元素を使って実現しようとする「ユビキタス元素戦略」を私たちは提唱しています。これは政策の大きな柱の一つとなり、2008年から新しい国家プロジェクトが開始され、2012年には「元素戦略研究センター」が設置され、2015年3月には地上5F、地下1Fの専用の建物が完成しました(右上写真)。全国の大学に先駆けて実現したもので、我が国の政策「元素戦略」の研究拠点となります。

(3) シリコンを凌ぐ半導体デバイスが実現できる新材料を創り出す

私たちは「透明酸化半導体」という新しい研究領域を開拓してきたバイオニアです。酸化物は、古くから陶磁器やガラスとして人類の発展を支えてきた材料です。それにもかかわらず、酸化物中で電子が主役を演ずる機能は殆ど見いだされていませんでした。これはその物質の本質によるものではありません。私たちは物質に内在する特徴的なナノ構造に着目し、その電子状態や欠陥構造を制御することで、新しい光・電子・磁気および化学機能をもつ材料を創り出すことを目指しています。その成果の一つが、当研究室が2004年にNature誌に発表したアモルファス酸化半導体IGZOの薄膜トランジスタ(TFT)です。高解像・低消費電力スマートフォンの実現につながりました。今年から有機EL-TV用の新材料を本格的に狙います。

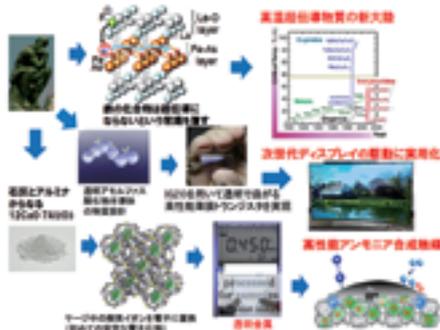


図1. 当研究室から生まれた成果の例と発展

材料探索研究は、既にある材料の改良に終始してしまいがちですが、これまでに創り出された画期的な新材料、例えばナイロン、カーボンファイバー、高温超伝導体などは、そのような改良研究からは決して生まれません。ただ試料を作るだけではなく、計算と実験の両面から電子状態を調べ、物質のイメージを作り、他人とは違った発想とアプローチにより、世界で「初めての」、「最高の」、あるいは「唯一の」結果が出せるよう、研究を進めています。

私たちが目的としているのは、このような独自のアプローチにより新しい物質と機能を創り出し、それらを人の役に立つ「材料」へと進化させることです。

Nature 誌や Science 誌などの世界トップの学術誌に掲載される研究成果を挙げ、企業と連携し産業化するとともに、その実践研究の過程で「真の材料研究」のセンスをもつ学生を育てることを理想としています。



2015年3月に完成した
元素戦略研究センター棟
(S8棟、通称:元素キューブ)

2. 研究室の構成

スタッフ: 細野 [新電子機能材料(半導体、超伝導、触媒、光)、材料設計]
平松(材料探索、薄膜デバイス、光電子物性)
飯村(新超伝導体、高圧合成、固体化学)

学生: 博士課程6名、修士課程9名

プロジェクト: 現在、次の2つのプロジェクトを通して研究を進めています。

(1) 文部科学省 元素戦略プロジェクト<研究拠点形成型>電子材料領域(期間: 2012.8 ~ 2021.3)

(2) JST ACCEL「エレクトロイドの物質科学と応用展開」(期間: 2013.10 ~ 2018.3)

これらのプロジェクトでは、特任教授4名、特任准教授2名、特任講師2名、特任助教8名、博士研究員4名、研究員4名が活躍しています。これらのプロジェクトメンバーだけでなく、同じ材料コースの神谷利夫 教授、松石 聡 准教授のグループとも緊密な連携をして研究を遂行しています。

3. 方針

領域にとらわれずに世界で活躍できる一流の研究者を育てるため、実施研究を中心とした方針を採っています。最先端の設備を自由に使える環境の中で、個々の学生が高い独立性を持って研究をしています。優れた成果が得られれば、学生自身が国際学会へ参加したり、一流国際学術誌に論文を書いたりしています(これまで博士課程学生が Science 誌や Nature Commun. 誌に論文を発表してきました)。

また、学生の研究成果が評価され、以下のような表彰を受けています。(過去11年間)。

- ・国内学会: 論文賞3名、講演賞(応用物理学会、化学会等)11名
- ・国際学会: 講演賞[米国材料学会等]3名、ポスター賞2名
- ・井上研究奨励賞(自然科学全分野で50件/年の博士論文に授与)3件
- ・先端技術大賞材料分野 3件

4. 研究テーマ

(1) 独自の攻め方で新材料を探る: 新しい高温超伝導体の探索と薄膜・デバイス化

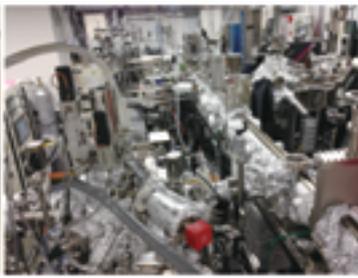
物質の結晶構造を覗き、電子構造に思いを馳せ、物性との関係について考えると、どのようなアプローチで新しい特性を持つ材料を作ったらよいか、アイデアがでてきます。

超伝導は数ある固体物性の中でも最も劇的でかつ明快な現象です。また、超伝導臨界温度(T_c)の高い新物質が見つければ、その社会的インパクトの大きさは比類ないほど大きなものです。私たちの研究室では、2006年にまずこれまで磁性原子である鉄の化合物は超伝導にならないという常識を覆し、そして2008年には $T_c = 26\text{ K}$ の LaFeAsO を報告し、その後世界的ブームを巻き起こしました。現在、最高の T_c は 55 K に達し、銅系材料以外では一番高くなっています。どこまで T_c が上がるか世界中で競争になっています(図2)。

本家である当研究室も秘策を持って新規物質探索を頑張っており、最近では、新しいタイプの超伝導体 CeNi_3Bi_2 や、鉄と同様磁



助教
飯村 壯史



薄膜成長チャンバー 3 台(PLD, MBE, スパッタ)と角度分解光電子分光 (ARPES) をすべて超高真空一貫でフロア一面に接続。試料を大気暴露することなく測定できる (S8 棟 3F)

性元素であるコバルトを有するにもかかわらず超伝導を示す新物質 LaCo_2B_2 を発見しました。

鉄系超伝導体の物性研究だけでなく、高磁場発生超伝導マグネット・超電送電線などへの応用面で特に重要となる薄膜作製・デバイス化にも注力しています。図 3 は、私たちが鉄系超伝導体薄膜分野ですべて世界に先駆けて実現してきた、エビタキシャル薄膜と超伝導量子干渉素子 (SQUID) の例です。最近、高品質化した薄膜を利用して、銅酸化物超伝導体よりも優れた粒界特性を明らかにして (Nature Commun. 誌)、高磁場発生マグネット応用に期待できる高性能線材を開発しました (図 4)。

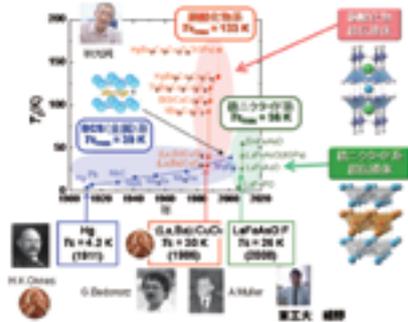


図 2. 超伝導の歴史。当研究室が発見した鉄系の超伝導臨界温度がどこまで上がるか、世界中が注目しています。

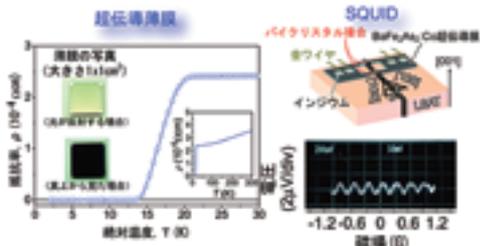


図 3. 世界初の鉄系超伝導薄膜 Co 添加 SrFe_2As_2 の超伝導特性と試料の写真 (左)。それをさらに高品質化した BaFe_2As_2 薄膜を利用して作製した超伝導量子干渉素子 (SQUID, 右)。

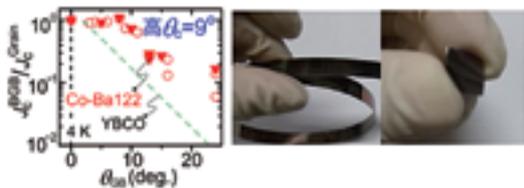


図 4. 高品質 $\text{BaFe}_2\text{As}_2:\text{Co}$ 薄膜により明らかになった鉄系超伝導体の銅酸化物よりも優れた粒界特性 (左) と、開発した超伝導薄膜線材の写真 (右)。

(2) ユビキタス (ありふれた) 元素戦略: 新コンセプト物質 エレクトライド

電子が陰イオンとして振舞う物質を「エレクトライド」と称します。 $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ (C12A7) は、酸化カルシウムと酸化アルミニウムというありふれた酸化物から構成されている、何の変哲もない物質と考えられてきました。ところが、原子レベルで結晶構造を見直してみると、陰イオン (通常は O^{2-} イオン) を包接できるナノかご構造を持っています。私たちは、合成法を工夫することで、ナノかご構造中に、電子を包接させることで、世界初の室温で安定なエレクトライド C12A7:e⁻ を実現しました (Science 誌)。この物質は絶縁体ではなく、透明で金属のようによく電気が流れ、低温にすると超伝

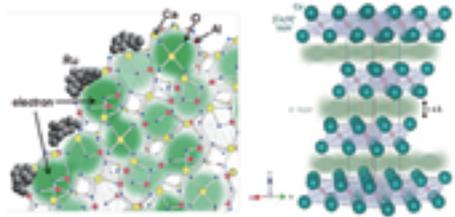


図 5. (左) 空気中の窒素からアンモニアを合成する際に優れた触媒作用を示す Ru 担持エレクトライド C12A7:e⁻。これまでの触媒の 10 倍の活性を示す。(右) 金属の銀に匹敵する伝導度を示す 2 次元エレクトライド物質 Ca_2N 。電子は $[\text{Ca}_2\text{N}]$ 層の間に存在。

導を示します。また、この物質にルテニウム (Ru) を担持すると、優れたアンモニア合成触媒になることを見だし (Nature Chem. 誌, 図 5 左)、最近大きな感心を集めています。さらに、アモルファス C12A7 エレクトライドは、IGZO-TFT で駆動する有機 EL の電子注入材料として重要度が増しています。

2011 年には、1600℃で融解した C12A7:e⁻ の中でも電子が安定に存在し、液体金属として振舞うことを明らかにしました (Science 誌)。これによって「電子の高温溶液」という新しい分野が生まれました。2013 年には、 Ca_2N では層間に電子が存在し、金属の銀に匹敵する高い伝導度を示すことを見だしました (Nature 誌, 図 5 右)。これによって 2 次元エレクトライドという

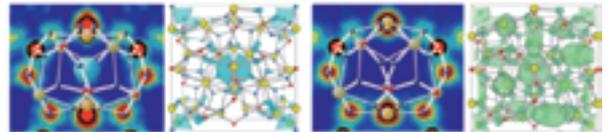


図 6. MEM/Rietveld 解析で観測した電子密度と第一原理計算で求めた「かご」構造の電子密度。

新領域が誕生しました。学問的にも応用の面でもこれからの飛躍が期待できるフェーズになりつつあります。

(3) 新材料・機能を創るために: 理論と実験による電子状態の解析
やみくもに実験をしても、新しい材料を見つけることはほとんど不可能です。私たちは、光電子分光法、パルス電子スピン共鳴法や X 線回折法などを用いて、物質や欠陥の電子状態を直接的に実験で観察しています。さらに第一原理計算を併用することで物質のイメージを作り、物質探索や材料設計の指針をたてて開拓研究を進めています。図 6 は、C12A7 の中でのかご構造のひずみを X 線構造解析と第一原理計算で調べた結果です。C12A7 中の電子数が増えるにしたがってかごの形がきれいになり、電子の通り道である波動関数が広がっていく様子が見えます。

(4) 高性能透明トランジスタ

1997 年に、世界で初めて P 型透明酸化物半導体の設計法と具休例を Nature 誌に報告し、透明酸化物エレクトロニクスという新分野を私たちは開拓しました。2004 年にはアモルファス酸化物半導体 (IGZO) の特長を活かして、高性能 TFT を実現しました。2012 年から新型 iPad やスマートフォンへの搭載が始まり、自分たちの創った新材料で世界を席巻する例になりつつあります (図 7)。



図 7. アモルファス酸化物半導体 IGZO を用いた薄膜トランジスタ (TFT) は、これからのディスプレイを駆動する本命と目されている (左: TFT の構造, 中央: プラスチック基板上に作製した TFT の写真)。右の写真は、これを使うことで実現した 4 K 大型有機 EL テレビ。

舟窪研究室

新しい環境適応型高機能、高効率な薄膜材料の創成
— ナノプロセスで環境適用材料実用化を目指す !! —



教授
舟窪 浩
博士(工学)

URL: <http://f-lab.iem.titech.ac.jp/>

(1) 研究目標とそのアプローチ

電子およびエネルギーデバイスでは“新材料の時代”がやってきています。我々は“単に高機能だけでなく、環境低負荷であることが不可欠”との信念から、新しい環境適応型の“グリーン材料”の創成を目指しています。



(2) 研究テーマ：[キーワード：グリーン材料、元素戦略、電子材料、エネルギー]

①環境適応型圧電体、強誘電体の研究

我々のグループは、特性発現に不可欠と考えられてきた環境汚染元素を含まない“グリーン圧電体”を世界に先駆けて発見しました。(図1) 現在、アクチュエータや超音波健康診断装置等、幅広い用途で用いられる圧電体は、有害な元素を多く含んでいるため、その代替材料の開発が迫られています。十分な特性を有する代替材料の開発に成功すれば、体内のセンサ等といった医療エレクトロニクス用途に展開することが可能であり、様々な分野へ貢献できる可能性を秘めています。現在も、様々なアプローチからこの“グリーン圧電体”の開発に取り組んでいます。

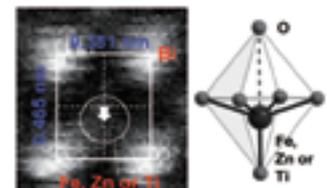


図1. Bi系強誘電体とそのモデル図
(2012年新聞発表)

②“夢のメモリー” — 極薄膜強誘電体の研究

強誘電体メモリーはUSBメモリーのように電源を切ってもデータが保存でき、USBメモリーより高速で動作できることから“夢のメモリー”としてICカードなどで実用化されています。しかし多くの情報を入力して管理することを可能にする大容量のメモリーは現在までできていません。これを実現させるためには、非常に薄い強誘電体膜が必要不可欠になるのですが、薄くすると特性が著しく低下するサイズ効果の影響により、この問題は過去50年以上にわたって解決されていません。我々のグループは、薄膜化するほど強誘電性が向上する“逆サイズ効果”をもつ物質を利用し、15 nmまで薄くても特性が劣化しない強誘電体単結晶膜の作製に世界で初めて成功しました。(図2) これからも、この“夢のメモリー”の実現を目指し、研究に取り組んでいきます。

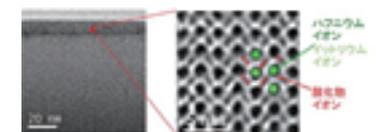


図2. 作製に成功した単結晶 HfO₂ 基強誘電体の高分解能像とそのイオンの配列
(2015年新聞発表)

③ 振動発電材料の研究

環境のどこにもある“振動”を発電に使い、トンネル内で発電とセンシングを同時に行う“バッテリーレススマートセンサー”の研究に取り組んでいます。

④ グリーン熱電材料の研究

身の回りの廃熱を利用して発電するための“熱電材料”の開発を行なっています。Mg や Si など毒性が無く地球上に豊富に存在する“ユビキタス元素”を用いて高い発電効率を実現することを目指しています。

(3) 研究室について

本研究室では、作る、測る、考えるという一連の研究のプロセスを一貫して行うことができ、そのための十分な設備が整っています。SPring-8等(図3)外部の研究機関や海外研究者と連携し、研究を行うことができ、実際にその経験を積むことが出来ます。また、他大学との勉強会(図4)や学会発表(図5)も行っており、また旅行などのアクティビティ(図6)も積極的にを行っています。見学はいつでも可能です。是非一度お越しください。



図3. SPring-8の内観



図4. 他大学との勉強会



図5. 学会発表



図6. 旅行:日光、鬼怒川温泉

真島研究室

次世代ナノ材料を用いた分子デバイス・
単電子デバイスの創製

URL: <http://www.msl.titech.ac.jp/~majima>

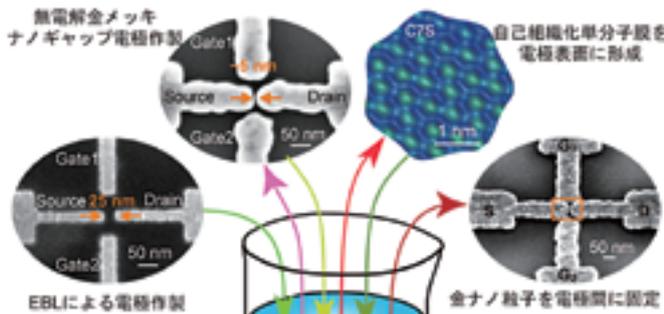


教授
真島 豊
博士 (工学)



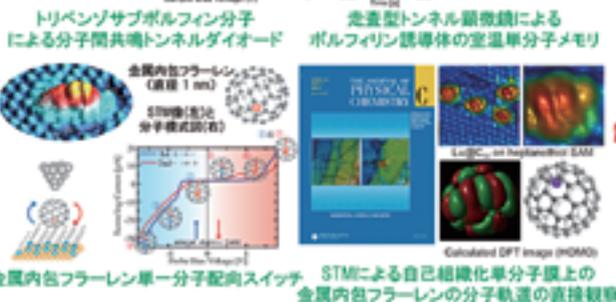
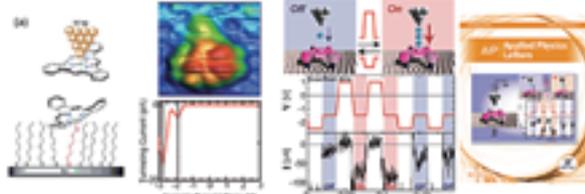
助教
東 康男
博士 (工学)

トップダウンとボトムアップの融合

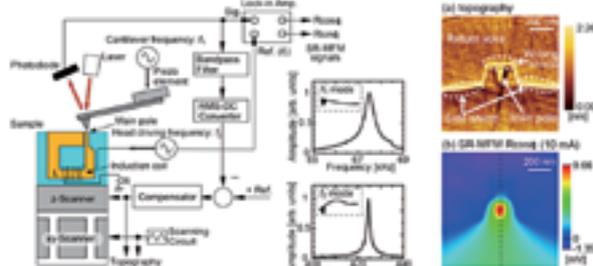


滞在型共同研究による「オープンラボ」
無電解メッキと自己組織化でデバイスをつくる
走査型プローブ顕微鏡と走査型電子顕微鏡で「みる」
電流-電圧特性から材料の物性と新機能を「開拓する」

走査型プローブ顕微鏡を用いた機能性分子の機能開拓



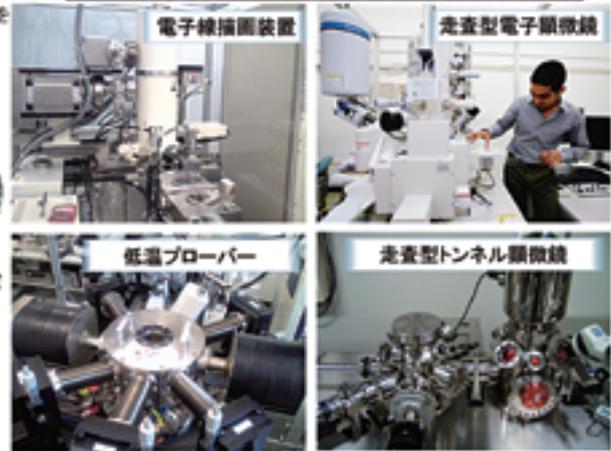
2次共振磁力顕微鏡



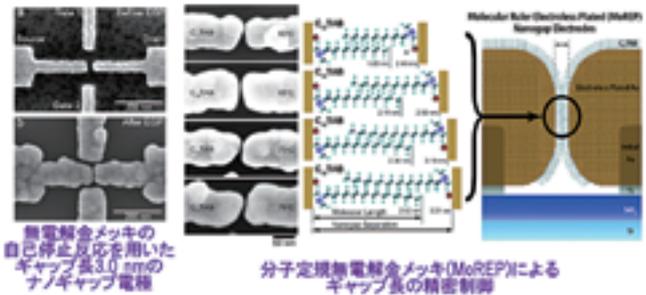
国内外の大学との共同研究: 博士課程の学生は英国ケンブリッジ大学へ研究留学

研究室所有装置

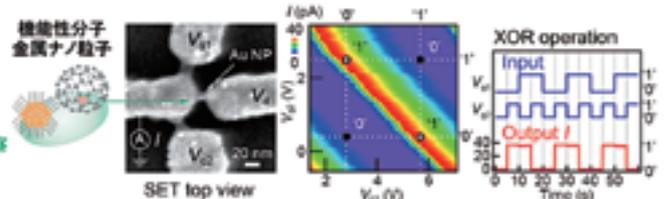
素子作製から特性評価までの一貫作業が可能



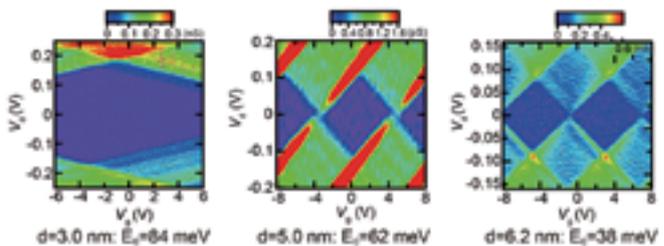
無電解金メッキによる金ナノギャップ電極の作製



無電解メッキナノギャップ電極を用いた固体基板上単電子デバイス



化学的に組み立てたダブルゲート単電子トランジスタによる2入力論理回路



金ナノ粒子の粒径に起因した帯電エネルギーの制御

松石研究室

アニオンの化学による新物質・新電子機能探索



准教授
松石 聡
博士(工学)

URL: <http://www.mces.titech.ac.jp/authors/matsuishi>

はじめに

近年、測定や解析方法の発展により、機能性材料の電子構造が明らかになると同時に、量子化学計算によって、材料を構成する物質の電子構造と物性を高精度に予測することが可能になってきました。将来的には、欲しい機能から出発して、それを実現しうる電子構造をデザインし、さらに、それを内包する結晶構造を探るといった形で新しい機能性物質が見つけれられるようになるともいわれています。しかしながら、将来の持続可能社会の実現のための材料には、その機能性だけでなく、環境負荷が小さく豊富な元素から構成されているなどの様々な要求があり、それらを満たすには既成の概念にとらわれず、結晶構造と元素の組み合わせる新しいマテリアルデザインが必要です。

変わり種のアニオンを操る

金属酸化物などのイオン性固体をターゲットとして機能性物質を探索する場合、その構成元素のうち、陽イオン(カチオン)になりやすい金属元素の働きが重視されます。例えば多くの超伝導体や磁性体であれば遷移金属のd軌道が、透明電子伝導体であればインジウムとスズなどが重金属のs軌道が重要な役割を果たしています。一方、陰イオン(アニオン)となる酸素などの典型元素は陽イオンに配位しているだけで、何もしていないように見えます。しかし、カチオンに配位するアニオンの種類を変えたり、多種にすると、多彩な結合状態や結晶構造をつくるのが可能になり、元素の隠された性質を引き出すことができます。

そこで、私たちの研究グループでは水素などの通常ではカチオンになりやすい元素がアニオンとなっている物質、空隙に捕捉された電子がアニオンとして振る舞う物質(エレクトライド)および混合アニオン系物質に注目し、超伝導体や新奇の電子伝導体・磁性体など固体中の電子の動きを利用した、新機能の探索を行っています。

研究テーマについて

現代的な材料研究では、化学的知見に基づいてうち立てた設計指針に、量子化学計算を用いて肉付けしていくことが重要です。ドーピングの効果など、設計の妥当性を調べた上で、実際の合成を行います。所望の組成に調整した原料を反応させることで、多結晶体および単結晶試料を合成しますが、通常の条件では狙った物質が合成できるとは限りません。そこで、原料を試料セル内に閉じ込めたうえで、合成に有利な高温・高圧状態にする高圧合成法を利用します。合成した試料に対して構造解析や基礎物性の評価を行うと同時に、酸素や水素といった軽元素も含めた組成分析も行います。さらに各種分光学的手法を駆使することで合成した試料の電子状態を明らかにすることを目的に研究を行っています。

研究体制

本研究室は平成24年10月に発足した元素戦略研究センターに設置された研究室です。文部科学省 元素戦略プロジェクト<研究拠点形成型>(期間:2012~2021)のもと、応用セラミックス研究所の細野・平松研究室と連携して研究を行なっています。



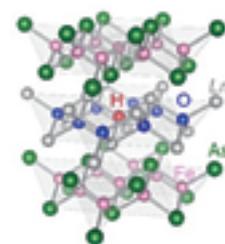
ベルト型高圧合成装置



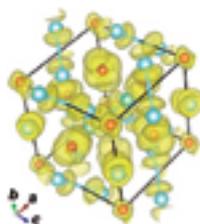
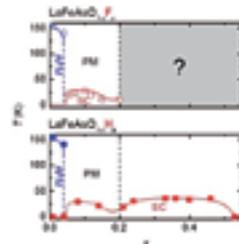
単結晶合成用FZ炉



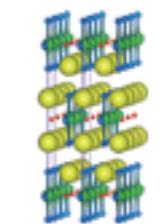
ガス循環精製グローブボックス



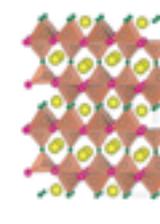
鉄系超伝導体 $\text{LaFeAsO}_{1-x}\text{H}_x$
 O^{2-} を水素アニオン H^+ 置換することで高濃度電子ドーピングを実現
(Nat. Commun. 3, 943)



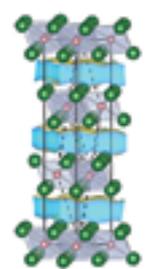
超伝導体 IrSe_2
 Se_2 陰イオンが寄与
(PRL 109, 217002)



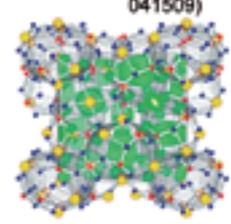
酸水素化合物反強磁性体
 $\text{Sr}_2\text{VO}_3\text{H}_4$
(JACS 136, 7221)



混合アニオン反強磁性金属
 LaFe_2AsN
(APL Mater. 3, 041509)



2次元エレクトライド Ca_2N
(Ca_2N)層間の電子が2次元電子ガスとして振舞う (Nature 494, 336)



エレクトライド C12A7 :e⁻
ケージ内の電子により、CaとAlという典型金属の酸化物にもかかわらず、高い電子伝導性を示す (Science 301, 626)

安田研究室

材料の破壊と変形，そして，それに関する組織形成を力学的，確率論的な観点から研究しています

URL: <http://www.cmc.ceram.titech.ac.jp/index.html/>
E-mail: kyasuda@ceram.titech.ac.jp



准教授
安田公一
博士(工学)

材料の破壊や変形を科学してみませんか？

角砂糖を圧縮すると，圧縮しているのにも関わらず，縦に割れて，いくつかの破片に分かれてしまいます。どうして，こういうことが起きるのでしょうか？ 考えてみると不思議です。実は，それにもちゃんと理由があるのです。よくよく見渡してみると，世界は不思議なことに溢れています。

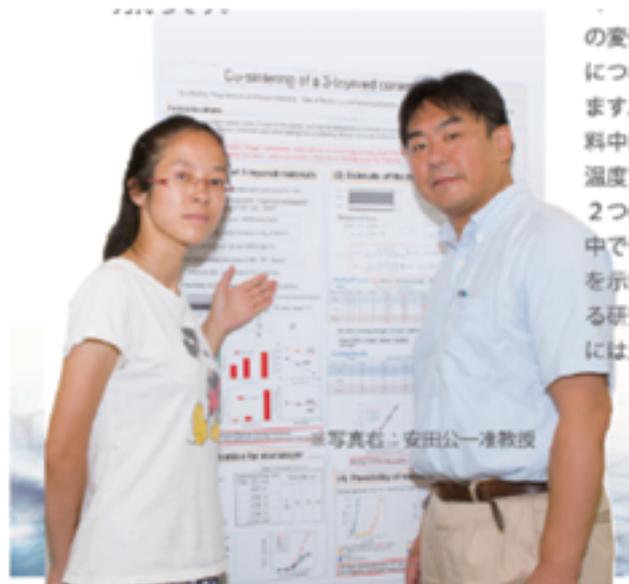


研究キーワード

エンジニアリングセラミックス，複合材料，破壊と変形，材料力学，統計力学，信頼性，成形と焼結，航空宇宙，エネルギー変換

小粒ながら，ぴりりと辛い，独自の世界観を持った，将来，有望な研究者になってみようとは思いませんか？

教員一人の小さな研究室ですが，その分，装置は使い放題，研究指導もマンツーマンで十分受けられます。そのメリットがわかるあなたは，将来，有望な研究者です。



国際会議で学生が表彰された研究ポスター

矢野(哲)・松下(伸)研究室

先進機能性ガラスを中心としたセラミックス材料・プロセスのフロントランナーです

URL: <http://www.garaken.com/>



教授
矢野哲司
博士(工学)



准教授
松下伸広
博士(工学)

変幻自在!! プロセスで引き出すガラスとセラミックスの魅力

ガラスや有機無機ハイブリッド材料、無機化合物ナノ構造体の作製を通して、光-光・エネルギー変換、ケミカルセンシングなどの高い機能を持つ材料・素子の創成を目指した研究を行っています。ガラス・非晶質材料の製造・合成に関する基礎科学・技術の構築、液相合成技術を用いたナノメートルレベルの構造制御法の確立を通して、性能を高め、材料特性を最大限に引き出すことを研究の柱としています。

基礎研究として、ガラスの構造解析、ガラス中のイオンの存在状態、高温ガラス融体の物性などを対象として、高温ラマン散乱や高温X線CTなどを用いた解析手法の開発を進めています。また、放射性廃棄物固化体に向けた新規ガラス組成探索を行っています。応用研究としては、ガラスのナノイオン交換法、インクジェットパターンニング、スピンスプレー法や水熱電気化学法などの新規溶液プロセス、レーザー局所加熱によるガラス微小球成形法といった独自技術を開発し、ナノメートルからマイクロメートルサイズの形状・形態制御により、特異な光学・電気・磁気特性を発現する機能性素子を作製しています。

高温ガラス融体の構造・化学反応の解明

高温で熔融し急冷して作られるガラスは、身の回りのあらゆるところに使われていますが、まだまだ未解明のことが多くあります。

矢野・松下研では、世界唯一の、または世界に数台しかない装置群を駆使して、ガラスの物理・化学を探索しています。その知見を活かして、省エネルギーガラス熔融技術や放射性廃棄物用ガラス固化技術の開発、といった世界のために役立つ材料や技術の研究を進めています。



図1 研究室の日常。

ガラス中のイオンを自在に動かすイオン交換

ガラス中のイオンは移動させたり、外部のイオンと入れ替えたりすることができます。スマートフォンのタッチパネルに使われているガラスには、このイオン交換によって実現された割れにくいガラスが用いられています。

当研究室では、電界を使ってガラス中のイオンを自在に動かし、もっと割れにくいガラスや、特異な光物性を持つガラスの実現を目指しています。下の図は、微小な針を使ってガラス中のAgを引き出し、微小なサイズの構造を作ったものです。このような構造体は、特異な光の屈折や散乱を起こす新しい光学材料として応用することができます。



図3 ナノイオン交換リソグラフィ(左)によりガラスから引き出したAgの細線(右)

新しいプロセスによる新規非晶質材料の開発

ゾルゲル法やナフテン酸化合物を用いた溶液プロセス、キャピラリー電気泳動法といった手法で、これまでになかった非晶質材料を開発しています。新しい蛍光体など光機能性材料としての応用を目指しています。



図4 キャピラリー電気泳動法

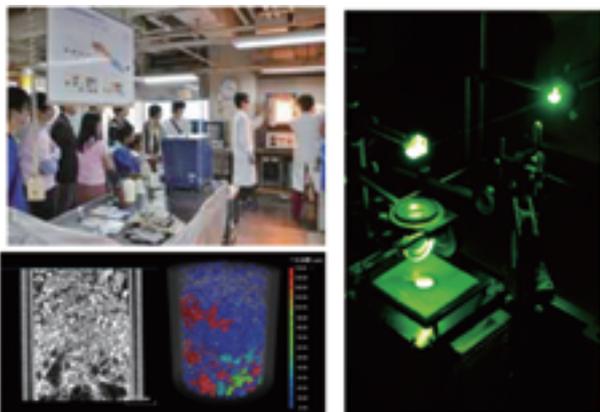


図2 (左上) 工大祭で一般公開しているガラスの熔融実験。(左下) 高温X線CTによる廃棄物固化ガラスの3次元画像解析。(右) 高温ラマン散乱分光装置。



助教
岸 哲生
博士(工学)



留学生を囲んで



ゼミ旅行にて

低環境負荷溶液プロセスの開拓と応用

—インクジェット・スプレー・水熱合成・高周波誘導加熱—

①前駆体溶液の作製、②化学反応や③光触媒反応の活用による機能性材料用のプロセス開拓を行っています。これらのプロセスにより、蛍光パターンニング(図5(a))、中空ナノ粒子、ナノワイヤーアレイ光電極(図5(b))、透明導電膜(図5(c))、モバイルツール内のノイズを抑制する強磁性材料(図5(d))などの作製に成功しています。

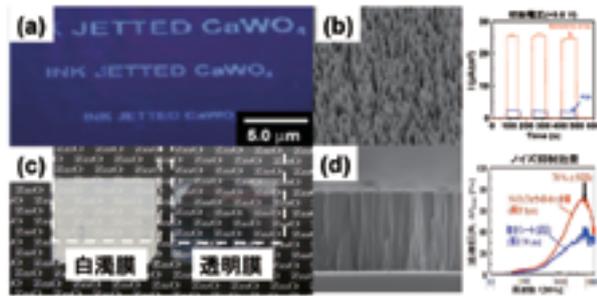


図5 (a) 蛍光 CaWO_4 の文字、(b) ナノロッドアレイ型光電極、(c) 透明導電性 ZnO 膜、(d) 電磁ノイズ抑制フェライト膜

ナノ構造制御とバイオ/エネルギー応用

機能性材料はナノ粒子化によって触媒活性の向上や超常磁性化など、ユニークな性質が得られます。それはバルクと異なる量子的性質が現れるからです。

これまで高結晶性・高分散性のナノ粒子やナノ構造を形成可能な低環境負荷溶液プロセスを開発してきました。

現在はコーシェルナノ粒子、ナノロッドアレイ、自己組織化、磁性ナノシート、について研究を進めており、固体酸化物型燃料電池(SOFC)、バイオセンサ、ドラッグ・デリバリーシステム(DDS)等への応用を目指しています。

レーザー局所加熱によるガラスの成形・加工

高出力レーザーでガラスを加熱・熔融し、ガラスを成形したり、ガラスの内部を加工したりすることで、得られる形状や組成・構造変化を利用した光機能性素子の開発を行っています。

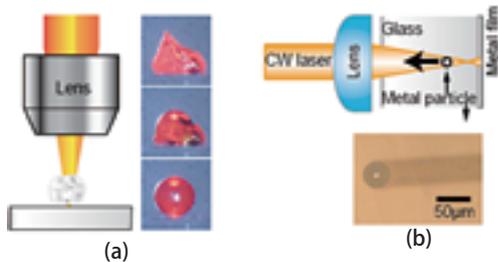


図8 (a) レーザー局所加熱によるガラス球の作製 (b) CW レーザー背面照射法によるガラス内部への金属球の導入と移動

ナノ表面構造の形成とインプラント応用

金属ガラスや Ti-Nb-Ta-Zr 合金は高靱性、高比強度、高耐食性に優れ、次世代インプラント材料として期待されています。しかし、生体活性が不十分で、骨の主成分であるアパタイトを誘導し難いという問題点がありました。

水熱電気化学法により表面ナノ構造を制御することで、骨や歯肉等に適した表面状態創製を目指しています。

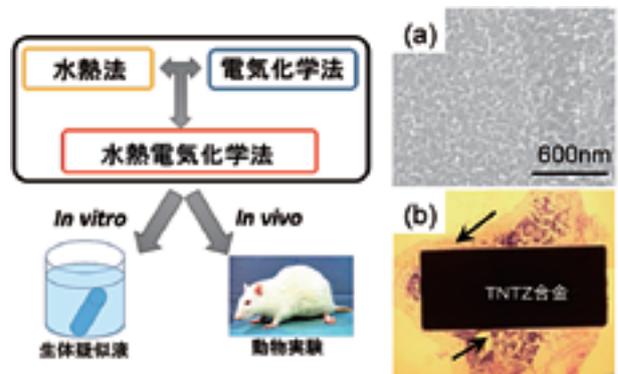


図6 (a) 水熱電気化学処理後の表面ナノ構造 (b) ラットの脛骨埋入後の組織観察

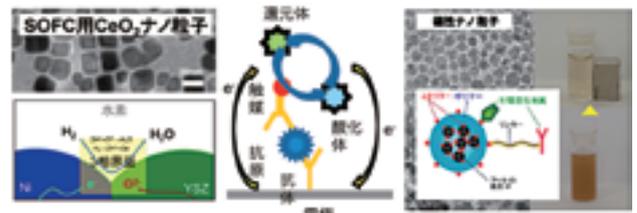


図7 磁性ナノ粒子を用いた DDS ビーズ、バイオセンサ、SOFC 用ナノ粒子

超低閾値で動作するガラス微小球レーザー

真球状に成形したガラスは、とても小さなレーザー光源になります。さらに、ガラス微小球に光の入出力口として気泡やナノ構造を付与することで、太陽光のような自然光を有効に利用できる構造となります。とても低いパワーで動作する光機能性素子を実現できます。

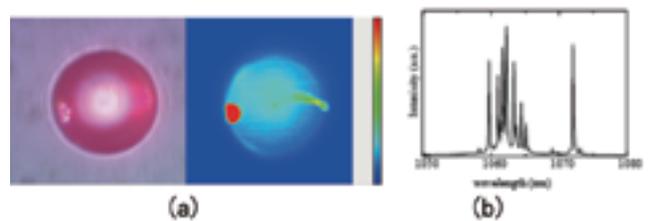


図9 (a) 気泡含有ガラス微小球の発光強度マッピング (b) レーザー発振スペクトル

矢野（豊）・吉田研究室

マテリアルは安心を支える大黒柱
～苛酷環境に耐える高性能セラミック材料を創製する～

URL: <http://www.nr.titech.ac.jp/~tyano/>



教授
矢野豊彦
工学博士



准教授
吉田克己
博士(工学)

矢野 豊彦 教授

研究の特徴

高温ガス炉や高速増殖炉・核融合炉などで使用される材料は、高エネルギー中性子をはじめとする多量の粒子線に照射され、なおかつ高温や高熱勾配、腐食性雰囲気という苛酷な環境で使用される。本研究室では、これらのエネルギーシステムが安全に機能するために必要となる、複合した苛酷環境におかれたときの材料の振舞いを明らかにし、さらにそれらに耐える材料の開発を行っている。

研究の概要

1. 原子炉・核融合炉用セラミックスの中性子照射損傷の研究

セラミックスは発電用原子炉や高速増殖炉では核燃料をはじめ制御材などに、また開発中の高温ガス炉では、燃料や燃料被覆材に使用されている。さらに夢のエネルギー源として 21 世紀中旬以降の実現を目指して研究開発途上の核融合炉においては、第一壁材料、トリチウム増殖材、各種電気絶縁材などにセラミックスが必要不可欠となる。また、セラミックスは金属材料に比べ長寿命の放射性物質の生成が極めて少なく、この意味でも原子力分野へのセラミックスの適用が求められている。セラミックスに限らないが、材料が高速中性子の照射を受けると、原子のはじき出しなどが起こり、微細構造が変化して種々の物性に大きな影響を与えるので、この変化をあらかじめ予測し制御する必要がある。この研究では、炭化ケイ素や炭化ホウ素、窒化アルミニウム、スピネル、アルミナ、ダイヤモンドなどの物質を実際に中性子照射して、原子配列を直接見ることでできる高分解能電子顕微鏡をはじめ、X線回折法などにより微構造の変化を明らかにし、さらに熱伝導率、電気抵抗、機械的強度などの物性変化との関連を調べている。固体物性論や材料科学の知識が主な研究基盤となる。

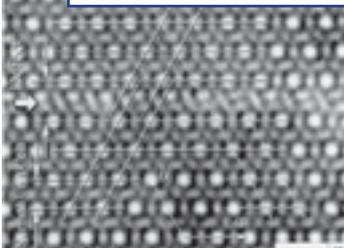
2. 耐苛酷環境材料の開発

放射線照射下をはじめ、超高温、高熱勾配下あるいは腐食性環境で使用可能な新規材料の作製を目標に、長繊維 SiC 強化セラミックス複合材、全酸化物繊維強化複合材などのいくつかの候補物質を取り上げ、合成とその物性評価を行っている。この研究には、放射線照射によってその物性をより良くすること、あるいは、新規な機能性をもたせる試みも含まれている。

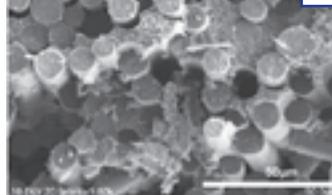
キーワード

原子炉・核融合炉材料、苛酷環境下の材料物性、セラミックスの中性子照射損傷、低放射化材料、欠陥と固体物性、材料科学

中性子を重照射した窒化ケイ素 (Si₃N₄) の高分解能電子顕微鏡写真



炭化ケイ素繊維強化炭化ケイ素基 (SiCf/SiC) 複合材料の微構造 SEM 写真



その場粒成長炭化ケイ素 (SiC) 多孔体の微構造 SEM 写真



材料のナノ構造解析に威力を発揮する高分解能電子顕微鏡 (研究室保有)





吉田 克己 准教授

研究の特徴

セラミック材料は、耐熱性、耐食性、耐摩耗性等の優れた特性を有するため、金属材料の適用が困難とされる苛酷環境下での適用が期待できる魅力的な材料である。セラミック材料を部材として適用するためには、部材としての信頼性の向上に加えて、それぞれの用途に応じた特性・機能付与をを図る必要がある。ナノ、ミクロあるいはマクロレベルでの微構造制御に基づく信頼性の向上や特性・機能付与に注目し、原子力・核融合分野、エネルギー・環境分野、宇宙航空分野等の苛酷な環境下での適用を目指した先進セラミック材料の開発を行っている。

研究の概要

1. 先進セラミックス基複合材料に関する研究

セラミックスを部材としての適用を考えた場合、脆性という材料としての信頼性の低さに問題がある。そのため、セラミック繊維を複合化し、信頼性の向上を目指した繊維強化セラミックス基複合材料が注目されている。例えば、セラミック繊維を強化材とした先進セラミックス基複合材料は、原子力・核融合炉、高温ガスタービンや宇宙航空産業等の苛酷環境下での適用が期待されている。本研究では、界面・微構造制御に基づいた繊維強化セラミックス基複合材料の創製とその特性評価や様々な機能・特性の付与を目指した特異な構造を有する先進セラミックス基複合材料の研究を行っている。

2. 高機能セラミック多孔材に関する研究

環境負荷低減や省資源・エネルギー化を図る上で、セラミック多孔材の活用が有効であると考えられる。本研究では、高機能セラミック多孔材の創製に関する研究を行っている。現在、独自に提案した「その場結晶成長・粒子配向」等を利用した機能付与や、用途に応じたナノ～マクロレベルでの気孔径制御を軸とした基礎研究を行っている。また、放射能汚染水の浄化及び固定化が可能な多孔質セラミック材料の開発も行っている。

3. 耐苛酷環境性セラミックスに関する研究

セラミックスは、高温、高熱勾配、腐食性雰囲気、放射線・粒子線照射等の苛酷環境下での使用が期待されている。本研究では、苛酷環境下に曝された材料の特性・微構造変化を明らかにし、得られた結果をもとに、苛酷環境に耐えるセラミック材料の開発を目指している。原子力・核融合炉分野での適用を目指した材料開発として、微構造制御及び高次構造制御による事故耐性燃料への適用を目指した新規セラミック材料の開発、高速炉用革新的セラミック制御材の開発や長寿命放射性核種核変換用セラミックマトリックスの開発を行っている。

キーワード

セラミックス基複合材料、耐苛酷環境性材料、高機能セラミック多孔体、原子力・核融合炉用材料、微構造制御、セラミックプロセス

◆矢野・吉田研在籍学生 (H27年12月現在)

D3: 1名 (留学生), D2: 1名 (留学生)

M2: 5名 (留学生1名), M1: 2名 (留学生1名) 研究生: 1名 (留学生)

◆研究室OB就職状況: 京都大学, 九州大学, 産業技術総合研究所, 電力会社各社, 日立, 東芝, 三菱重工, IHIなどの総合電気, プラント関連会社, 日本原子力開発機構, 原子力規制庁などが多いが, 三菱総研, 野村総研, ソフトウエア関連もいる。無機材料修士が就職しているところにプラスして原子力関連の会社があると考えればよい。

◆共同研究: 日本原子力研究開発機構 (JAEA), 宇宙航空研究開発機構 (JAXA), 物質・材料研究機構 (NIMS) 企業と共同研究をしている。また, 海外の大学とも共同研究を行っている。

◆学生に望むこと

■自主性 (規制は少なく自由である。やりたいことができる。受け身の姿勢から自ら行う姿勢に変わる時)

■協調性 (研究室は1つの社会, 家族のようなもの。そこから学ぶこと, 生まれることが多い)

◇研究室希望者へ本研究室の研究環境は恵まれています (ニュークリアセラミックス実験室が使える) ので, やる気次第でどんどん進んでいけます。外国で開催される国際会議で発表することも夢ではありません。21世紀を支える材料研究を一緒にやりましょう!

吉本・松田研究室

ナノ・原子スケール現象から拓く電子・エネルギー材料
ガラス・ポリマーと結晶の融合から新しいエレクトロニクスと
代替エネルギー源へ

URL: <http://www.yoshimoto.iem.titech.ac.jp/>



教授
吉本 護
工学博士

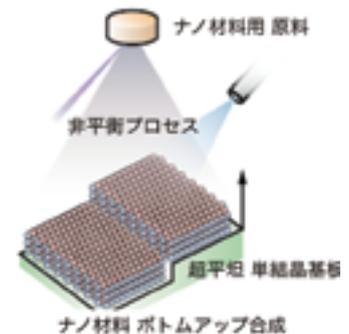


講師
松田晃史
博士(工学)

研究目標

これからの我々の暮らしには、**エレクトロニクスの活用**と、**安全なエネルギー**がますます重要になり、多彩な電子・エネルギー材料がつくるウェアラブル・代替エネルギー・バイオ医療デバイスが支えています。そのなかで、ナノサイズの材料はとて大きな役割を果たしており、ユニークな現象がどのように生じるのか、私たちも大きな興味を抱いています。

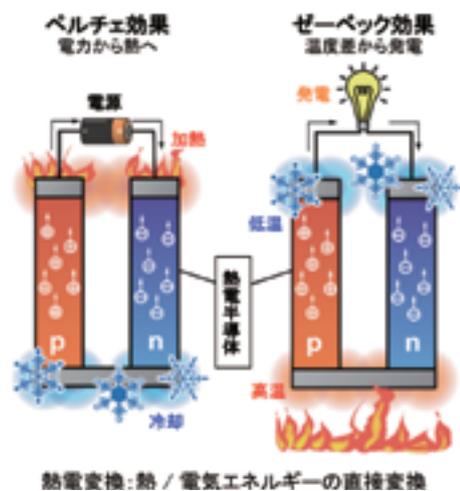
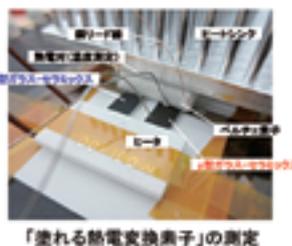
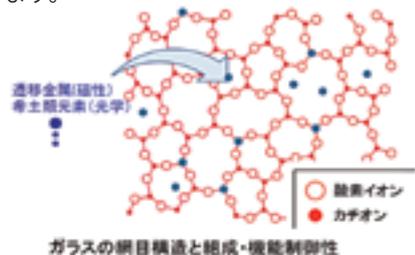
ナノ・原子スケールの材料や物性を「創り、観察・解析し、メカニズムを考える」ことに注目して、新しい未来の電子・エネルギー材料とプロセスを創り出そうとしています。私たちは、**定石に囚われない材料・プロセス創製研究**を通じて社会に貢献することを目指しています。



ガラスを使った新しいエネルギー・エレクトロニクス材料

車や工場はもちろん、人などあらゆる場所から熱が排出されています。ペルチェ・ゼーベック効果を利用した熱電変換技術は、熱と電気エネルギーを直接変換するデバイスへの応用発展が期待されています。

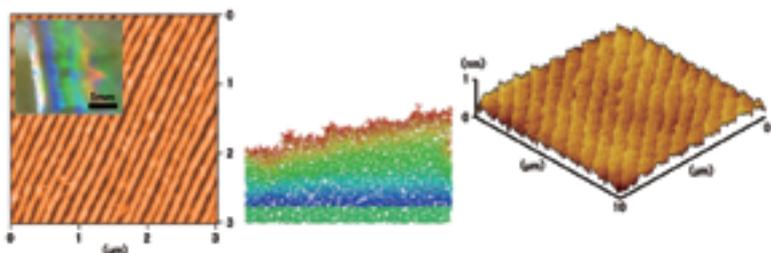
我々の研究グループでは、熱伝導率が低く、様々な元素を溶かし込むことで機能を制御できるガラスに着目しています。ガラスの組成やプロセスを工夫して、含有元素の価数制御や、ナノ結晶との複合化を行い、ゼーベック係数や導電率をコントロールして、エネルギー・電子材料を創製しています。



自己組織化ナノ周期構造と超機能ポリマー表面を創る原子レベル 3D パターン転写トロンクス材料

原子からナノ周期構造を自発的に構築する自己組織化現象により作られたナノ構造を鋳型にした3Dパターン転写技術(ナノインプリント加工)を発展・応用し、光回折格子ガラスやフォトニック結晶等を作製しています。

また、ガラス表面の原子レベル挙動に関する分子動力学解析(共同研究)や、世界初0.3nmの原子ステップポリマー基板開発に成功しました。



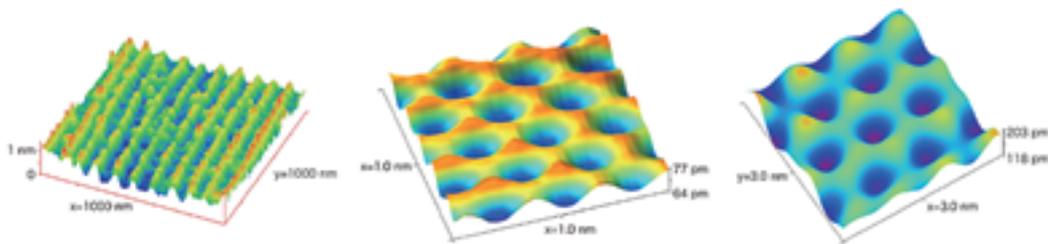
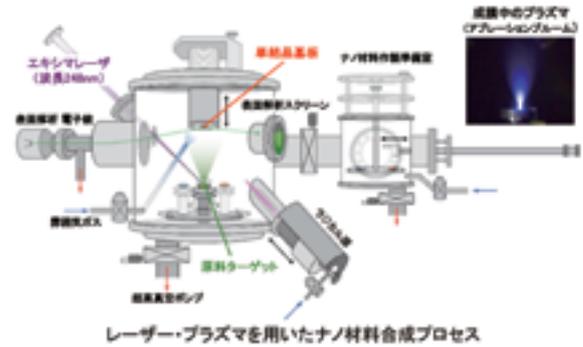
左: 光回折格子となるガラスナノ網構造 (AFM像: 3×3 μm)
中: ガラスに階段状の鋳型をプレスした時の分子動力学シミュレーション構造
右: 0.3nm高さの階段を持つ原子ステップアクリル樹脂基板 (AFM像: 10×10 μm)

非平衡プロセスによる材料のナノ・原子スケール合成と制御

エレクトロニクス・エネルギーの発展を支える材料は世界中で盛んに研究開発が進められています。なかには、通常の方法では得られないような形態・構造をもつ**非平衡・準安定なナノ・原子スケール材料**や、特性も未知のものが、まだまだ隠れています。そうした材料を創り、解き明かすことで、持続的な社会の発展に役立ることができます。

単結晶やセラミックス、ポリマーなど様々な物質で創るナノ材料のアスペクト比や結晶配向性による物性制御や量子効果による電子構造・光学特性の変化などの、**ユニークな現象の起源に迫る研究**を進めています。

レーザーやプラズマなどの非平衡なプロセスも含めて工夫し、結晶の核形成や成長をコントロールすることで、**極薄膜やナノワイヤ・ナノドット**など微細スケールの材料を創り、その特性やナノ・原子スケールの挙動の解明にチャレンジしています。



研究活動

研究・指導方針 吉本・松田グループは材料科学と応用をつなぐ境界領域で、材料・化学・物理～電気・電子と幅広いバックグラウンドを持つ研究者や学生が入り交じって切磋琢磨する環境をつくり、多くのグループと協力して研究を推進しています。材料科学をベースに電気・電子、バイオメディカルなど多彩な分野、世界の様々な場面で活躍する意欲的で、思考力・行動力・語学を含めた理系コミュニケーション能力を備えた人材の育成を目指しています。我々の研究室では目標に向かい**研究のPDCAサイクル**を上手に回して、レクリエーションとのバランスを大事にしています。

実践・研究のアイデア・計画
教科書や論文などで知識
学会・ニュースでアンテナ高く
・なぜ面白い？
・なぜ研究価値がある？



自分が立てた計画・内容を実施
丁寧に・着実に
先輩から後輩へトレーニング
・なぜこの手法か？
・なぜこの条件か？

自分の言葉でまとめる・伝える
学内発表会・合同ゼミ
学会などで論文発表

研究室・チームで議論
計画・予測に対してどうだろう？
まず自分で考えて、仲間と共有
すぐに答えは出ない

研究のPDCAサイクル



サマーハイキング

学生の受賞など 日本学術振興会 (JSPS) 特別研究員採用 (2015年, 2013年, 2012年)、日本セラミックス協会シンポ賞:2015年, 2013年/優秀ポスター賞:2012年)、東工大博士進学エンカレッジ奨学金:2012年/土肥賞:2011年, 2009年)

学会活動 研究に関する理解を深め、成果を社会に還元するために毎年、材料・応用・エネルギー関連の国内学会や国際会議で積極的に発表し、学術論文にまとめています。**頑張った研究成果を日本語・英語でプレゼンテーションして伝える経験は社会に出てからもきっと大きな力と自信になります。** ※ 関連学会: 日本セラミックス協会、応用物理学会、電気学会、日本熱電学会、米国材料学会 (MRS)...



教授
若井史博
博士(工学)

URL: <http://www.msl.titech.ac.jp/~dfc/>

地球を構成する主要元素であるケイ素、アルミニウムなどの酸化物、窒化物、炭化物であるセラミックスは、硬い、化学的に安定、高温で使用できる、という特長があります。地球温暖化ガスによる温室効果の削減のための高効率発電システム部材、耐摩耗・高温構造部材、マイクロマシンデバイスなど、エネルギー、輸送、製造システムの要素部品として、多様な未来産業の基盤となる材料です。反面、本質的に脆く、巨視的強度はミ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て、エンジニアリングセラミックスの脆性の克服と部材の信頼性の確保は挑戦すべき重要な課題です。

脆いセラミックスに室温で延性を付与することは未だ夢ですが、私たちはセラミックスが高温でチューインガムのように巨大に伸びる**超塑性**という現象を世界で最初に発見しました(図1)。結晶粒の大きさがナノメートルスケールになったナノ材料は通常多結晶材料の常識を超えた不思議な性質を示します。ナノ材料の背後にはまだまだ未知の物性がたくさん隠されているようです。私たちは、ナノ・ミクロ構造デザインによって、超高硬度・高靱性から超塑性まで幅広く物性を制御し、画期的な特性をもつセラミックスの創製を目指します。

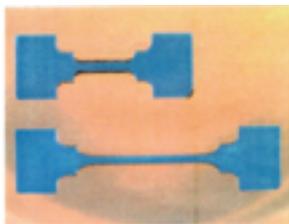


図1 窒化ケイ素/炭化ケイ素複合材料の超塑性 (Nature 1990)

セラミックスの脆性の克服と新しい靱性強化機構の探求

砂や岩石の主成分である二酸化ケイ素(SiO_2)は、ありふれた物質であり、水晶やガラスとして利用されていますが、脆く、割れやすいという欠点があります。 SiO_2 の高圧相であるスティショバイトは酸化物の中で最も硬さが高いのですが、一般に硬いものは割れやすいという問題がありました(図2)。しかし、ナノ多結晶スティショバイトがセラミックスとして最高の破壊靱性(割れにくさの指標)をもつことが最近発見されました。

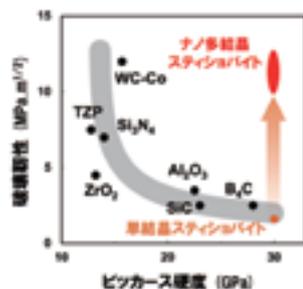


図2 硬さと破壊靱性の関係

私たちはドイツ電子シンクロトロンと共同で、この高靱性の起源が「破壊誘起アモルファス化」にあることを明らかにしました。さらに、集束イオンビーム(FIB)で加工した微小試験片を用いて、き裂が $1\mu\text{m}$ 以下のわずかな距離をすすむだけで破壊抵抗が急激に増加することを見出しました(図3)。これまでに知られていたセラミックスの靱性強化の仕組みはミクロスケールで働くものでしたが、ナノメートル領域で働く新しいタイプの機構が存在することがわかりました。この技術を応用すれば、他のさまざまなセラミックスにおいても新しい靱性強化機構を見つけることができるようになります。高強度と高靱性を両立したセラミックスの実現に大きく近づくと考えています。



図3 微小試験片によるき裂進展抵抗測定 (Sci.Rep. 2015)

焼結の科学と技術の新展開

セラミックス分野は部材産業であり、焼結技術を軸として発展してきました。焼結は成形した粉体を加熱して複雑形状部品を製造する技術です。セラミックス部材の付加価値の源泉は精密な形状と内部構造設計の中に組み込まれた機能にあり、それを効率よく製造する焼結技術には長い時間をかけて蓄積された技術思想が集約されています。

焼結の古典論が完成したのは20世紀半ばですが、近年は連続体力学モデルの導入、コンピューターシミュレーション技術の発達、放射光X線マイクロトモグラフィーによる複雑な3次元気孔構造の観察など、焼結の科学は現在も進歩し続けています。複雑な焼結現象の背後には、ち密化の熱力学的駆動力である「焼結応力」が存在し、その起源は粒子間に作用する力であることがわかってきました。もし力を知り、自在に操ることができるのなら、思いのままに微視的な構造を制御する道が開けるでしょう。このような可能性の探求は始まったばかりで、複雑な焼結現象の理解と制御にはまだ不明な点が多いのです。原理・原則に基づいた新しい発想には大きな未来があります。

May the force be with you!

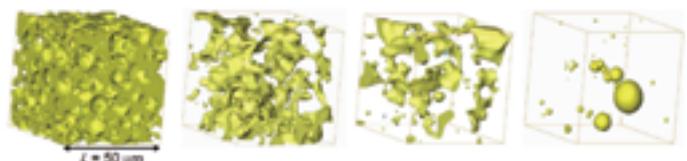


図4 放射光X線トモグラフィーによる焼結中の気孔構造観察 (Acta Mat. 2015)

坂田研究室

シンクロtron放射光を使って環境材料の創成につなげる

URL: <http://www.nims.go.jp/webram/index.html>

e-mail SAKATA.Osami@nims.go.jp



連携教授
坂田修身
博士(工学)

[研究目的] アトミックスケールの構造解析による構造情報のフィードバックと電子構造の解明による材料情報の蓄積とを通じ、新材料の創成、機能向上や材料の産業への技術移転に貢献することを目指します。

[研究活動の舞台] 兵庫県の大型放射光施設 SPring-8 にある物質材料研究機構(NIMS) 高輝度放射光ステーションです。さらに、共用ビームラインも活用しています。最先端の回折・散乱や分光を駆使し非破壊で新材料を調べています。

[研究テーマ例] 高分子薄膜の機能向上、ナノ合金中の原子配列構造や電子状態と触媒機能の相関、金属有機構造体超薄膜材料の構造解析、薄膜の結晶性評価法の提案、強誘電体の電場印加 in-situ 構造解析、2次電池電極の特性向上のためのオペランド構造評価。

[学生さんへ] 世界最先端の量子ビーム施設のひとつである SPring-8 の高輝度放射光を使って、新材料を解析しましょう。 社会人博士課程学生さんへ、企業の研究開発にも高輝度 X 線は利用されており。専攻の他の研究室と共同研究を進めています。

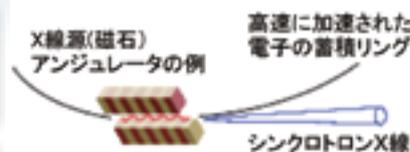


図1 高速に運動している電子を磁石により蛇行させるとその接線方向に発生する高輝度 X 線(シンクロtron X 線) が材料科学などに活用されています。

学生さんが筆頭の論文である高分子薄膜に関する研究

酸素透過性の向上に関する研究: Polymer 55, 5843 (2014).

ナノファイバーを用いた結晶構造の制御に関する研究: Polymer 55, 4401 (2014).

触媒材料のナノ合金粒子の電子構造解析

実験室の光電子分光法では、物質のごく表面しか調べることができません。しかしシンクロtron X 線の硬 X 線光電子分光を用いると、約 20 ナノメートルまでの埋もれた部分にあるナノ粒子や触媒の価数などの化学結合状態や電子構造を解析できます。水素吸蔵特性をもつ $Ag_{0.5}Rh_{0.5}$ 合金ナノ粒子の高輝度放射光光電子分光スペクトルを初めて測定(図2)しました。

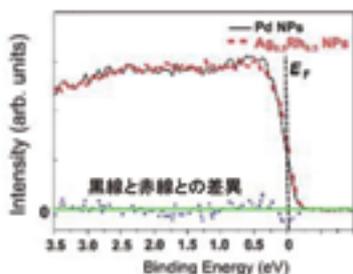


図2 $Ag_{0.5}Rh_{0.5}$ 合金ナノ粒子と Pd ナノ粒子の高輝度放射光光電子分光スペクトルの比較。占有準位である価電子帯の形状の類似性が初めて明らかにされ、占有準位の形状も水素吸蔵に寄与していると推定。Appl. Phys. Lett. 105, 153109 (2014).

研究紹介

エネルギー変換薄膜材料の構造評価

ガス吸着性やガス分子の分離や貯蔵機能を有するナノメートルスケールの空間を内部に有する金属有機構造体が注目されています。これまで粉末結晶でしたが、基板上にその超薄結晶を作製し、燃料電池などのエネルギー関連素子の開発が活発になっています。2次元構造が積み重なった薄層(図3) や 2次元レーヤを柱状配位子でつなげた 3次元型ナノ超薄膜(図4)の原子配列構造をシンクロtron X 線回折で評価しました。



図3 コバルトポルフィリンが銅イオンで架橋された2次元構造が積み重なった薄層。Nature Materials 9, 565 (2010).

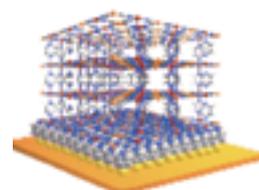


図4 基板に「杭」を打ち、配位子の柱で2次元レーヤを積み重ねたナノアーキテクチャー。J. Am. Chem. Soc. 134, 9605 (2012).

薄膜の結晶性評価法の提案

NiO 薄膜と Li を高ドーピングした $Li_{0.5}Ni_{0.5}O$ 薄膜をシンクロtron回折で調べました。固有の物理定数であるデバイ温度を求めました。デバイ・ワラー因子に注目し、結晶性を定量的に示す新しいパラメータを提案しました。

吉本研との共同研究の成果。J. Appl. Cryst. 48, 1896 (2015).

強誘電体の電場印加 in-situ 構造解析

強誘電体薄膜に電場を印加し、逆ピエゾ効果で変形した格子歪をシンクロtron X 線回折により求めるとともに、電気分極を同時に求める測定をしています。この結果、電歪係数も決定できました。舟窪研との共同研究の成果。

AIP conf. proc. 1234, 151 (2019).

瀬川研究室

機能性ガラス・アモルファスの研究をつくばでやっています！！

URL: http://samurai.nims.go.jp/SEGAWA_Hiroyo-j.html



連携教授
瀬川浩代
博士(工学)

ガラスやアモルファス材料の研究を国立研究開発法人物質・材料研究機構（NIMS）でやっています。NIMSは国の政策に基づいて幅広く材料研究を行っている研究所です。材料評価のための設備や、専門家がそろっている環境で研究をすることが出来ます。研究所では唯一のガラスの研究室です。研究室では、ガラスの作製や加工、評価はもちろんのこと、陽極酸化を用いた非晶質アルミナ膜の作製もできるようになっています。他の大学院からの学生も一緒に研究を進めています。最近のテーマとしては、SiAlON 蛍光体分散ガラスの作製、プロトン伝導ガラスの作製、Ti³⁺ 発光ガラスの作製、交流陽極酸化による積層アルミナ膜の作製をやっています。

SiAlON 蛍光体分散ガラスの作製

高い耐熱性を有する酸窒化物蛍光体が NIMS で開発されました。ガラス中に分散することによって、ハイパワーの LED への応用が期待されます。特に、黄色蛍光体である Ca: α -SiAlON:Eu²⁺ は、青色 LED で照射することによって疑似白色光を得ることが出来ます。このような黄色蛍光体を中心として、ガラス中への分散方法の開発を行っています。



図 ソル-ゲル法によって作製した蛍光体分散シリカガラス。右は青色 LED を露光したもの。厚さや濃度を変えることで白色を得ることに成功。

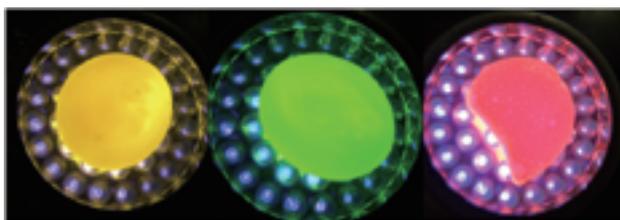


図 溶融法により低融点ガラス中へ各色の蛍光体を分散したものの。蛍光体が失活することなくガラス中に分散している。青色 LED を露光することで、各蛍光体の発光がはっきりと観察出来る。



NIMS の最寄り駅はつくば駅。3つの研究地区があります。研究室は並木地区にあります。

プロトン伝導性ガラスの作製

ガラス中へ水素イオンを導入することによってプロトン伝導体となることが古くから知られています。しかしながら溶融法で作製したガラスでは、プロトンがあまり導入できませんでした。しかし、ガラスを高圧高温の水蒸気下で処理することにより、ガラス中にナノ結晶が析出し、高い電気伝導を示すことを明らかにすることが出来ました。

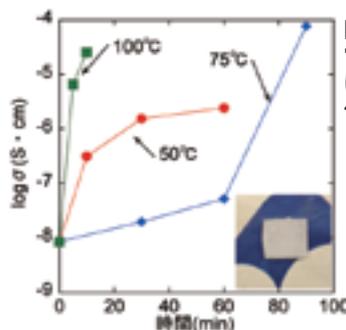
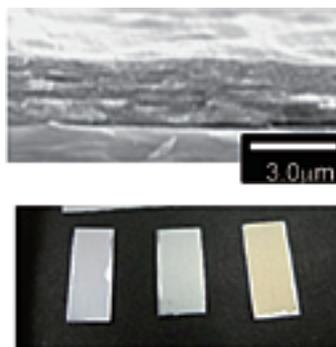


図 ガラスの水熱処理時間と電気伝導度の関係。挿入写真は 100°C、10分処理した結晶化ガラス。

交流陽極酸化アルミナ膜の作製

交流で陽極酸化を行うと、図のような積層構造が形成されることを見いだしました。これらの構造は貝殻の真珠層の構造と類似しています。膜厚などを調整することによって構造に由来する色のついた膜を作製することが出来ました。条件によっては真珠のような光沢を持った膜を作ることも可能です。



上：硫酸浴中で作製したアルミナ膜の断面 SEM 像
下：シュウ酸浴中で作製したアルミナ膜の外観。電圧を変えて作製すると色が変化する。“右側ほど高電圧”を印加。

<p>牧之瀬佑旗さん (D3) Best Poster Award, 5th International Solvothermal and Hydrothermal Association (ISHA) conference "Crystal facet control of ceria nanoparticles synthesized by an oleate-modified hydrothermal method"</p>
<p>塩尻大士さん (D3) 日本セラミックス協会秋季シンポジウム・セッション賞 「紫外エキシマレーザー照射によるワイドギャップ Ga₂O₃ 薄膜の室温固相配向成長」</p>
<p>Suko Bagus Trisnanto さん (D2) Poster Award, International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies "Optimizing Coil System for Magnetic Susceptometer with Widely-Adjustable Field-Strength and Frequency"</p>
<p>金正煥さん (D2) 薄膜材料デバイス研究会 スチューデントアワード 「超ワイドギャップアモルファス半導体 a-Ga₂O₃」</p>
<p>山本孟さん (D1) Poster Award, The 9th International Conference on the Science and Technology for Advanced Ceramics (STAC-9) "Spin structure change and magnetoelectric effect in multiferroic BiFe_{1-x}Co_xO₃"</p>
<p>松澤一輝さん (D1) 第 69 回セメント技術大会・優秀講演者賞 「セメント系分散剤を添加したセメントペーストとフッ化カリウムの相互作用」</p>
<p>清水啓佑さん (D1) 科研費新学術領域「ナノ構造情報」若手の会・ポスター賞銀賞(増本賞) "Crystal structures and piezoelectric properties in BiFe_{1-x}Co_xO₃ thin films with a giant c/a ratio"</p>
<p>大石晟子さん (M2) Award for Best Poster Presentation, International Symposium on Materials Science and Surface Technology 2015 "Gelatin Composite Particles Encapsulating Magnetic Iron-oxide Nanoparticles for a Drug Carrier with Capability of Thermally-induced Drug Release"</p>
<p>山本桃子さん (M2) Poster Award, The 9th International Conference on the Science and Technology for Advanced Ceramics (STAC-9) "Real-time Electrochemical Detection of Biotin binding to Avidin immobilized on Fluorine-doped Tin Oxide Electrodes"</p>
<p>宇津木貴太さん (M2) 粉体粉末冶金協会秋季大会・優秀講演発表賞 「窒素酸化物還元用光触媒ナノカプセルの作製」</p>
<p>半沢幸太さん (M2) 新学術領域研究 第三回若手の会・銅賞(ポスター発表賞) 「分子線エピタキシー法による鉄系超伝導体 FeSe のヘテロエピタキシャル成長」</p>
<p>久保田雄太さん (M2) 日本セラミックス協会 第 31 回関東支部研究発表会・優秀賞 「気液共沈法による数μm 長 SDC ナノロッドの形成」</p>
<p>久保田雄太さん (M2) 日本セラミックス協会 第 28 回秋季シンポジウム・最優秀賞 「気液共沈法による酸化セリウムの形態制御」</p>

Haoyang Jiang さん (M1)

Young Poster Award, First International Symposium on Recent Progress of Energy
 “Photoconversion of CO₂ Over Hydrotalcite-like Nanocomposite”

橋本莉奈さん (M1)

Best Poster Award, The 16th International Conference of the Union of Materials Research Societies in Asia (IUMRS-ICA 2015)
 “Pretreatment optimization for immobilizing biomolecules on fluorine-doped tin oxide (FTO) electrodes”

米元謙太郎さん (M1)

Best Poster Award, The 16th International Conference of the Union of Materials Research Societies in Asia (IUMRS-ICA 2015)
 “Influence of the UV irradiation on ZnO films deposited by Spin-spray method”

米元謙太郎さん (M1)

Student Poster Award, The 25th Annual Meeting of MRS-J
 “Transparent Conductive ZnO Films Fabricated at Low Temperature with Low Environmental Load”

鶴岡あゆみさん (M1)

第 12 回日本熱電学会学術講演会・講演奨励賞
 「β-FeSi₂ 粉体および Si 基板での界面形成並びにその熱電特性」

鶴岡あゆみさん (M1)

日本セラミックス協会 第 28 回秋季シンポジウム・優秀賞
 「酸化チタンとチタンアパタイトの紫外線照射下での表面摩擦力変化」

太田 亨さん (M1)

第 69 回セメント技術大会・優秀講演者賞
 「Ca₄Al₂Fe₂O₁₀-CaSO₄·2H₂O-CaCl₂ 系の水和生成物」



すすかけ台キャンパスマップ

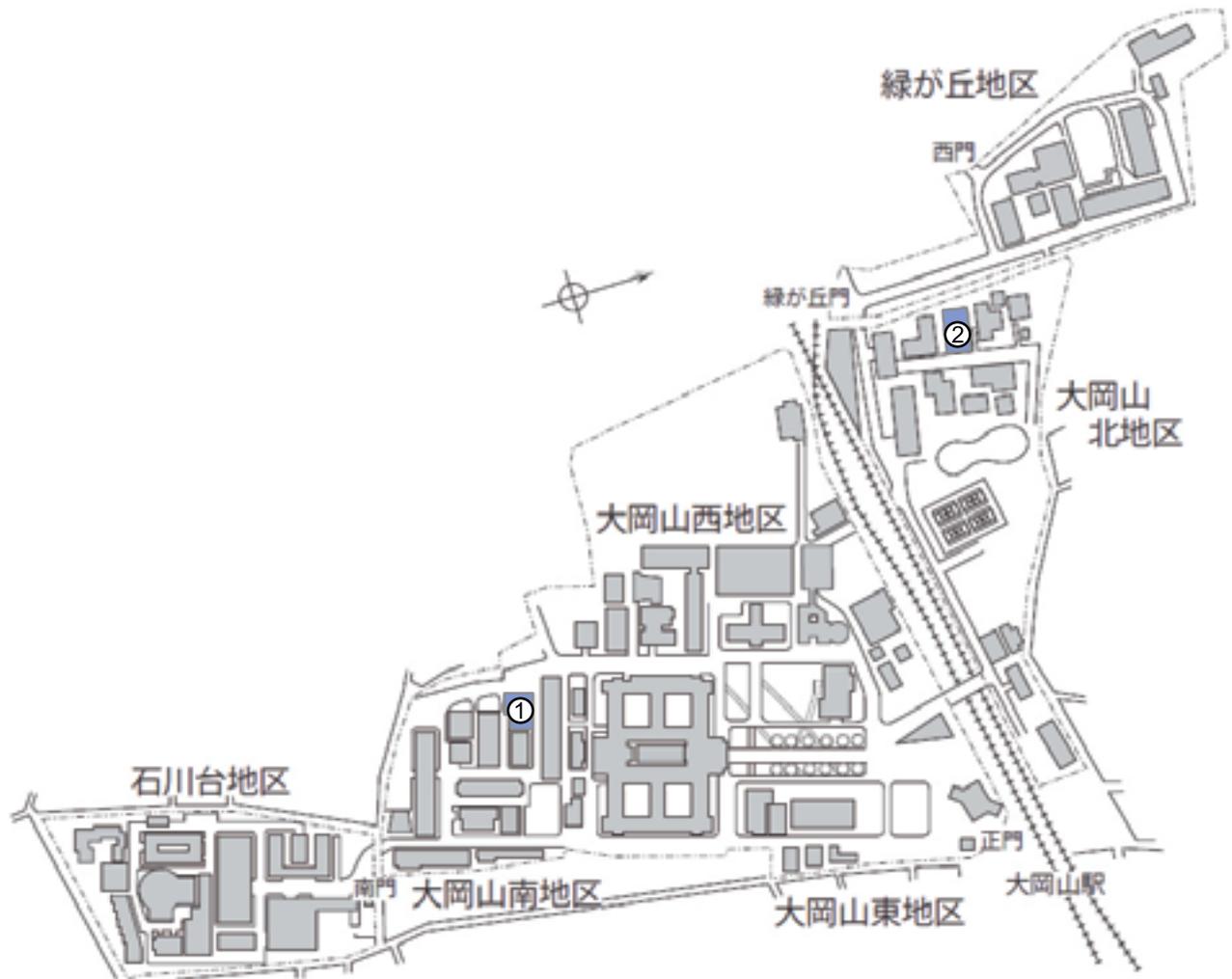


- ① 合同棟 J2 棟
伊藤、北本、舟窪、柘植
- ② 合同棟 J3 棟
吉本、谷山、松田
- ③ G1 棟 林
- ④ 合同棟 J1 棟
若井、川路、佐々木、東、神谷、中村、笹川
- ⑤ 応用セラミックス研究所 R3 棟
原、真島、大場、鎌田
- ⑥ 創造研究実験棟 COE 棟
平松
- ⑦ 元素戦略研究センター S8 棟
細野、松石、多田、北野



〒226-8503 横浜市緑区長津田町 4259

大岡山キャンパスマップ



- ①大岡山南7号館
 - 8F 生駒、坂井、宮内
 - 7F 中島、松下（祥）、矢野（哲）、松下（伸）
 - 6F 篠崎、安田
 - 5F 鶴見、武田
- ②大岡山北2号館
 - 矢野、吉田



〒152-8550 東京都目黒区大岡山 2-12-1



大岡山キャンパス 東京急行大井町線・目黒線（大岡山駅下車徒歩1分）
 すずかけ台キャンパス 東京急行田園都市線（すずかけ台駅下車徒歩5分）



<http://conf.msl.titech.ac.jp/cgi-bin/amc.pl>

東京工業大学 物質理工学院 材料系
 先進材料クラスター