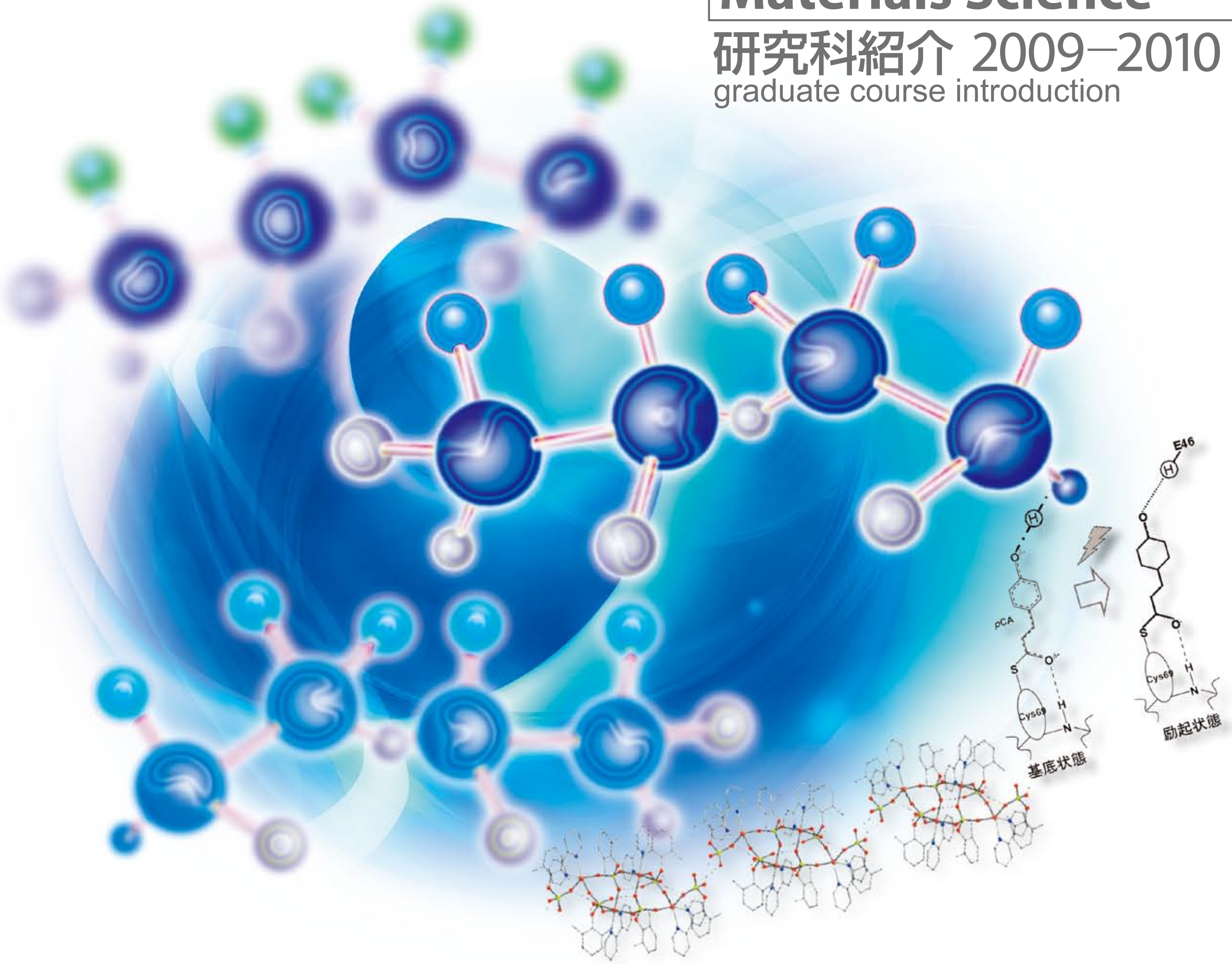
Nara Institute of Science and Technology
奈良先端科学技術大学院大学

物質創成科学研究科

Materials Science

研究科紹介 2009–2010
graduate course introduction



Nara Institute of Science and Technology
奈良先端科学技術大学院大学

http://www.naist.jp/ NAIST®

目　　次

研究科の概要　1
講座と教育研究分野　3
カリキュラムの特徴　5
講座での教育・研究の概要
《基幹講座》
量子物性科学　13
凝縮系物性学　14
複雑系解析学　15
高分子創成科学　16
光機能素子科学　17
情報機能素子科学　18
微細素子科学　19
反応制御科学　20
バイオミメティック科学　21
エネルギー変換科学　22
超分子集合体科学　23
生体適合性物質科学　24
光情報分子科学　25
超高速フォトニクス　26
ナノ構造磁気科学　27
《連携講座》
機能物性解析科学　28
メゾスコピック物質科学　29
知能物質科学　30
機能高分子科学　31
環境適応物質学　32
感覚機能素子科学　33
《寄附講座》
濱野準一レーザーバイオナノ科学　34
設備機器　35
事項索引　39
研究設備・機器索引　41
教員索引　43

物質創成科学研究科の概要

人類の未来に役立てる新しい素材、機能材料を開発するために、物質の仕組みを電子、原子、分子レベルに立って深く理解し、それに基づいて全く新しい物質や構造を創り出し、また、新規な機能を創造することを目指しています。“基礎なくして応用なし”という信念から、基礎科学指向の研究を重視するとともに、“応用なくして基礎はない”という事実から、応用指向の研究を奨励しています。本研究科では、物質科学分野で世界的に評価される研究成果を挙げるとともに、次世代を担う創造性豊かな人材を養成することを目的としています。

具体的には、光と物質の相互作用を基礎として物質科学を捉え直した「光ナノサイエンス」を推進しています。「光で観る」、「光で創る」、「光で伝える」という観点から研究を推進することで、物理、化学、生物という既存の学問領域を越えた融合領域の展開を目指します。その研究成果は、新理論の構築、新現象の発見、新機能材料の創成、新技術の提供、革新的な装置の発明などとして結実し、私たちの未来を豊かにします。併せて、体系だった教育を通して養成した人材を、これからの産業界、学界を担う優れた技術者・研究者として社会に送り出します。

「人工視覚」

卓越した研究業績とそれを支える優れた研究環境

国際的に活躍している教授陣、各分野で嘱望されている若手教員を擁し、卓越した業績をあげています。科学研究費補助金をはじめ競争的外部資金の導入は、国内でトップクラスです。学生に対する教員数の比率が高いため、きめ細かなマンツーマン教育が実現しています。最新の研究設備が完備し、建物も新しく広々したスペースで、心行くまで研究や勉強に打ち込める環境が整っています。また、研究科の共同施設である物質科学教育研究センターおよび９名の技術職員が、研究科の研究教育を全面的にサポートしています。

産学間の双方向的協力関係

物質科学技術の基礎的研究ならびに教育を行う１５の基幹講座と１つの寄附講座、新材料の応用開発や新規デバイスへの展開を推進する６つの連携講座から成り立っています。連携講座は、企業の研究所など大学以外の研究機関が担当しています。したがって、本研究科の学生は、本学の施設や設備を使った教育・研究ばかりでなく、企業等の研究施設を利用した教育や研究指導を受けることもできるシステムになっています。従来の産から学への一方通行的な産学共同に対し、学も産に入り込んで双方向的な交流による成果を狙っているのが新しい点です。

幅広い学生支援システム

博士前期課程の約６５％、博士後期課程の全員がキャンパス内の宿舎に入居できます。また、希望者のほとんどが、日本学生支援機構の奨学金を受給しています。成績が優秀な学生は、TAやRAに採用され、給与を受けることができます。外国で行われる国際会議に参加するための旅費を援助するばかりでなく、学術交流協定校が全世界に広がり、留学機会にも恵まれています。

NAISTにおける物質創成科学研究科

日本政府が掲げる21世紀科学技術の重点４分野は、IT、バイオ、ナノテク、環境です。NAISTは、このうちの３分野の研究を担う３研究科（情報科学研究科（IT）、バイオサイエンス研究科(バイオ)、物質創成科学研究科（ナノテク））から構成されています。物質創成科学研究科では、情報社会やバイオ技術を支える有益な機能材料を研究しています。このように本学では情報科学研究科、バイオサイエンス研究科、物質創成科学研究科の３つががっちり組んで先端科学技術の推進を図っています。

NAIST のハイテクトライアングル

物質創成科学専攻

	講座及び教員	教育研究分野
基幹講座	■ 量子物性科学 教授 柳 久雄 准教授 山本 愛士 助教 石墨 淳 助教 冨田 知志	分子性結晶、ナノ粒子、超薄膜などのナノメートル構造物質の光学的・量子的性質をレーザー分光や顕微分光、プローブ顕微鏡などの手法を用いて測定・解明することにより、新しい光機能材料の創成に関する研究・教育を行う。 ● 量子効果、分子性結晶、超薄膜、ナノ粒子、ナノ薄膜、有機レーザー、有機光増幅、有機トランジスタ、量子ドット、半導体ナノ粒子、メタ物質、左手系媒質、発光材料、環境調和型材料、フィールドエミッション材料、ラマン散乱、レーザー分光、顕微分光、プローブ顕微鏡、単一粒子分光
基幹講座	■ 凝縮系物性学 教授 大門 寛 准教授 服部 賢 助教 武田 さくら 助教 松井 文彦	表面に原子・分子を吸着して形成する表面ナノ物質の物性（電気伝導・磁性・光・触媒）を、その基礎となる原子構造や電子状態から解明する多様な装置を用いた研究・教育を行う。 ● 立体原子写真、固体表面、表面超構造、表面新物質、表面電気伝導、表面磁性、表面発光、吸着脱離、原子配列構造、電子エネルギーバンド、フェルミ面、二次元光電子分光、走査トンネル顕微鏡、角度分解光電子分光、電子回折、光電子回折、放射光、円偏光、超高真空
基幹講座	■ 複雑系解析学 教授 相原 正樹 准教授 高橋 聡 助教 稲垣 剛 助教 重城 貴信	光で強く励起された物質の性質の理論的研究。強相関電子系における超高速光学応答、非線形光学応答、光誘起相転移、励起子ボーズ凝縮などを数式処理システムや並列計算システムを用いて解析する。 ● 強相関電子系、励起子、半導体、電子相関、光誘起相転移、光物性、超伝導、ジョセフソン効果、非線形光学、4光波混合、ボーズ凝縮、低次元物質、数式処理、並列計算、緩和現象、非マルコフ効果、ポラリトン
基幹講座	■ 高分子創成科学 教授 藤木 道也 准教授 野村 琴広 助教 内藤 昌信	機能高分子の精密分子設計・重合・物性精密制御と構造解析を行う。 ● 精密重合、遷移金属触媒、グリーンケミストリー、らせん、光ナノ材料、高分子半導体、発光材料、光学活性、ポリオレフィン、ポリシラン、π共役高分子、フタロシアニン
基幹講座	■ 光機能素子科学 教授 太田 淳 准教授 徳田 崇 助教 笹川 清隆 特任助教 野田 俊彦	高度情報化の中心的役割を担う新しいフォトニックデバイス，即ち光・画像情報を超高速かつ柔軟に処理する新機能の創出を目指して、オプト・ナノ技術の実験と理論の両面から研究・教育を行う。 ● フォトニックデバイス、人工視覚デバイス、フォトニックバイオLSI、バイオメディカルデバイス、CMOS集積回路、生体適合性材料、高効率細胞刺激、微細加工プロセス
基幹講座	■ 情報機能素子科学 教授 浦岡 行治 准教授 内山 潔 助教 西田 貴司 助教 堀田 昌宏 特任助教 上沼 睦典	ディスプレイ、メモリ、LSIなど、次世代の情報機能をもつ半導体素子、電子デバイスの研究を行う。シリコンや化合物半導体を中心とした半導体薄膜や酸化物薄膜に、生体超分子や環境対応材料など新しい材料を導入し、表示機能、演算機能、記憶機能、通信機能、発光機能など様々な機能の高性能化をめざす。 ● 薄膜トランジスタ、ディスプレイ、フレキシブルデバイス、システムオンパネル、メモリ、LSI、バイオナノ材料、微細加工プロセス、発光素子、EL素子、ナノ粒子、High-K、誘電体、高周波通信デバイス、燃料電池
基幹講座	■ 微細素子科学 教授 冬木 隆 助教 畑山 智亮 助教 矢野 裕司	半導体を基盤として原子レベルで制御された極微構造を有する電子材料の創成とデバイス応用に係わる教育研究を行う。量子物性の発現を目指すと同時に機能集積素子への展開をはかる。 ● 原子層レベル制御、結晶成長、太陽電池、バイオナノプロセス、微細電子デバイス、ワイドギャップ半導体、エネルギーエレクトロニクスデバイス
基幹講座	■ 反応制御科学 教授 垣内 喜代三 准教授 森本 積 助教 堤 健 助教 加川 夏子	有機合成反応の新しい制御法の開発とその応用による多環式有機化合物の立体選択的合成、高機能性有機金属錯体の合成と高効率触媒的分子変換反応の開発に関する研究・教育を行う。 ● 有機合成化学、有機金属化学、錯体化学、多環式有機化合物、タキソール、生理活性天然物、炭素骨格変換、不斉光付加環化反応、光解離性保護基、有機金属錯体、均一系触媒反応、不均一系触媒反応、マイクロリアクター
基幹講座	■ バイオミメティック科学 教授 菊池 純一 准教授 池田 篤志 助教 安原 主馬	生体系に学び、生体系を超える人工ナノ組織体としての分子デバイスを開発し、物質科学、情報科学、生命科学などを融合した次世代ナノサイエンスの創成を目指して研究・教育を行う。 ● 人工多細胞組織体、分子デバイス、分子間コミュニケーションネットワーク、時空間分子認識、人工細胞膜マトリックス、人工シグナル伝達系、光電変換素子、情報変換素子、DNA光切断素子、分子センサ、ナノバイオリアクター、バイオインスパイアードシステム
基幹講座	■ エネルギー変換科学 教授 片岡 幹雄 准教授 上久保 裕生 助教 山崎 洋一 助教 山口 真理子	生体における光エネルギー・光情報変換機構の解明、タンパク質構造形成及び機能発現の分子機構の解明など、生物物理学及びタンパク質設計工学に関する研究・教育を行う。 ● 構造生物学、生物物理学、光生物学、蛋白質設計工学、X線溶液散乱、中性子非弾性散乱、低温分光法、振動分光法、テラヘルツ分光、組換DNA技術、光受容蛋白質、光エネルギー変換、光情報伝達機構、機能性タンパク質、蛋白質構造形成、蛋白質動力学、人工蛋白質

	講座及び教員	教　育　研　究　分　野
基幹講座	■ 超分子集合体科学 教　授　廣　田　　俊 助　教　佐　竹　彰　治 助　教　長　尾　　聡	**生体超分子の構造・機能メカニズムを解明するとともに、生物が発揮している素晴しい機能を化学的に発現し、それを利用する新技術の開発を行う。** ● 超分子科学、生体分子科学、ナノバイオテクノロジー、生物無機化学、タンパク質科学、生物物理化学、光化学、生体機能関連化学、有機合成化学、錯体化学、触媒反応、光スイッチング技術、生体分子、構造形成制御、機能制御、酵素反応、金属タンパク質、DNA、分光法、機能性材料、人工光合成
基幹講座	■ 生体適合性物質科学 教　授　谷　原　正　夫 准教授　安　藤　　剛 助　教　廣　原　志　保 助　教　寺　田　佳　世	**生体と材料の相互作用の分子レベルでの解析から、新しい生体適合性材料、組織工学・再生医療用基材、医薬、新治療方法等の創成につながる基盤的研究・教育を行う。** ● ポストゲノムサイエンス、インテリジェントマテリアル、ペプチド、人工コラーゲン分子、遺伝子治療、再生医療、組織工学、医薬、DDS、人工酵素、人工細胞外マトリクス、人工幹細胞ニッチ、精密設計高分子、光癌治療、X線癌治療
基幹講座	■ 光情報分子科学 教　授　河　合　　壯 准教授　長谷川　靖　哉 助　教　中　嶋　琢　也 助　教　湯　浅　順　平	**光に応答し光を制御する分子・高分子材料および有機分子と強く相互作用するナノ結晶材料の合成・開発と解析評価方法について研究を進め、未来の情報技術を担う分子システムの構築を目指します。** ● 単一分子、フォトクロミズム、分子フォトニクス、光化学、分子キラリティー、導電性高分子、希土類蛍光体、イオン性液体、ナノ結晶、二光子光反応、電気化学、センサー分子
基幹講座	■ 超高速フォトニクス 教　授　河　口　仁　司 准教授　黄　　　晋　二 助　教　片　山　健　夫 助　教　池　田　和　浩	**光メモリ機能など新しい機能をもつ半導体光デバイス、およびそのフォトニックネットワーク（将来の光通信網）への応用、極短光パルスの発生・制御、電子のスピン等量子状態を制御した新しい光機能デバイスに関し、実験を主に研究・教育を行う。** ● 光双安定素子、面発光半導体レーザ（VCSEL）、光バッファメモリ、光RAM、光信号処理、光パケット通信、フォトニックネットワーク、極短光パルス、マイクロ共振器レーザ、スピン注入、スピン緩和、スピンレーザ、量子状態制御
基幹講座	■ ナノ構造磁気科学 准教授　細　糸　信　好	**特異な物性を示すナノ構造膜・多層膜を作成し、原子、電子レベルでの物性と構造の相関の解明、新規材料開発につながる機能性発現機構の解明などの基礎的研究・教育を行う。** ● ナノ構造磁性、表面・界面磁性、間接交換結合、巨大磁気抵抗効果、スピンエレクトロニクス、磁気構造解析、共鳴X線磁気分光・散乱、放射光
連携講座	■ 機能物性解析科学 教　授　柴　田　賢　一 教　授　田　中　　誠 准教授　野　村　康　彦	**有機電子材料、薄膜半導体、マイクロオプティクス材料などの材料分野について、微視的な観点から解析を行うとともに、これらの材料系を用いた新規な機能デバイス開発を目指す。** ● 有機電子材料、エレクトロルミネッセンス、有機薄膜トランジスタ、薄膜半導体、ヘテロ接合、太陽電池、マイクロオプティクス材料、量子井戸構造、半導体レーザ、物性評価 （ 連携機関名：　三洋電機（株）　研究開発本部　）
連携講座	■ メゾスコピック物質科学 教　授　山　下　一　郎 教　授　足　立　秀　明 准教授　吉　井　重　雄	**ナノとバイオの融合を目指し、生体超分子と半導体技術を融合したバイオナノプロセスの基礎・応用研究と、ナノ構造電子材料の薄膜形成・評価、デバイス応用を研究しています。** ● ナノテクノロジー、バイオテクノロジー、融合研究、ナノエレクトロニクス、スピンエレクトロニクス、強相関電子材料、バイオミネラリゼーション、電子回路、エネルギーデバイス、球殻状タンパク質、フェリチン （ 連携機関名：　パナソニック（株）　先端技術研究所　）
連携講座	■ 知能物質科学 教　授　高　橋　　明 教　授　向　殿　充　浩 准教授　和　泉　　真	**高度ネットワーク社会、クリーンエネルギー・環境適応社会のニーズに適合し、新規デバイスを創出する材料（磁性材料・表示材料・半導体材料）の創成と応用。** ● 磁性体薄膜、液晶、有機発光デバイス、窒化物半導体 （ 連携機関名：　シャープ（株）　研究開発本部　）
連携講座	■ 機能高分子科学 教　授　伴　　正　和 教　授　青　野　浩　之 准教授　本　田　崇　宏	**創薬ターゲットとしてキナーゼに着目し、コンピュータを用いたドラッグデザインやコンビナートリアルケミストリーなどの手法も用いながら医薬品の種となる新たな化合物の探索を行う。** ● 創薬科学、有機合成化学、医薬品化学、コンピューターケミストリー、コンビナートリアルケミストリー、キナーゼ、分子生物学、薬理学 （ 連携機関名：　参天製薬（株））
連携講座	■ 環境適応物質学 教　授　藤　岡　祐　一 教　授　余　語　克　則 准教授　風　間　伸　吾	**CO_2分離回収・固定化技術の開発、および水素やバイオマスなどの新エネルギー技術の開発の2つの方向から、地球温暖化問題の解決に関する基盤技術（材料開発、ナノ構造制御技術）と応用・実用化研究（プロセス開発、システム設計）に関する研究・教育を行う。** ● 地球温暖化、CO_2分離回収・固定、膜分離、吸着分離、新エネルギー（バイオマス、水素）、ナノ構造制御 （ 連携機関名：（財）地球環境産業技術研究機構　）
連携講座	■ 感覚機能素子科学 教　授　中　西　博　昭 教　授　小　関　英　一 准教授　西　本　尚　弘	**マイクロマシニング技術、分子イメージングなどセンサ・デバイス関連の基盤技術研究、高機能デバイスの研究、それらの技術を統合・集積化した超小型化学分析システムなどの高機能システム開発に関する研究・教育を行う。** ● センサ技術、マイクロマシニング、μTAS(Micro Total Analysis Systems)、MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)、超小型化学分析システム、分子イメージング、電気泳動チップ、マイクロリアクター （ 連携機関名：（株）島津製作所基盤技術研究所　）
寄附講座	■ 濱野準一レーザーバイオナノ科学 特任教授　増　原　　宏 特任准教授　細　川　陽一郎 特任准教授　杉　山　輝　樹	**レーザーにより蛋白質、ナノ粒子、細胞を単一レベルで、操作、配列、分光し、それらとレーザー光との相互作用を理解する研究を展開するとともに、レーザー結晶化、細胞チップ作製などの新手法の開発を図る。** ● フェムト秒レーザー、顕微鏡、レーザー誘起津波、光圧、細胞チップ、蛋白質、アミノ酸、神経細胞、有機結晶、ナノ粒子

物質創成科学研究科カリキュラムの特徴

I. 博士前期課程

博士前期課程では、物質科学に関する高度な専門知識を基盤に、研究・開発を主体的に担う人材の育成を目指した教育を行っています。

具体的な人材像は下記の通りです。

（1）博士後期課程への進学を通じて将来の科学技術の発展を担う創造性豊かな研究者を目指す人材

（2）主に産業界における開発研究業務に主体的に携わる人材

物質創成科学研究科では多様な知識と経歴をもつ学生を受入れ、物質科学分野における先端研究者・技術者へと育成することを目的としております。本研究科のカリキュラムはこのような条件を考慮して編成され、学生の希望する分野、進路に合わせた柔軟な講義の履修を可能にしています。さらに、博士後期課程への進学希望者は、前後期課程一貫の教育を受けるαコース、あるいは、ダブルメジャーを目指した複数専門分野に取り組むπコースを選択することができます。

（1）αコース

前後期課程で一貫した博士研究指導を行うことで専門領域に関する深い学識と豊かな創造力を有する人材を育成します。修士論文と博士論文の重複を避けるため、平成20年度入学生から修士論文に代えて特別課題研究報告書により修士を認定することとし、あわせて積極的な短期修了を目指します。

（2）πコース

融合領域の開拓を担う、複数の専門を有する柔軟で視野の広い研究者を目指し複数専門分野における研究指導を行います。その特徴として、博士研究の開始において学生がオリジナルな研究テーマを提案して修士研究とは異なる主指導教員を自ら選び研究指導を受けます。また、幅広い知識の涵養に対応したカリキュラムを用意しています。

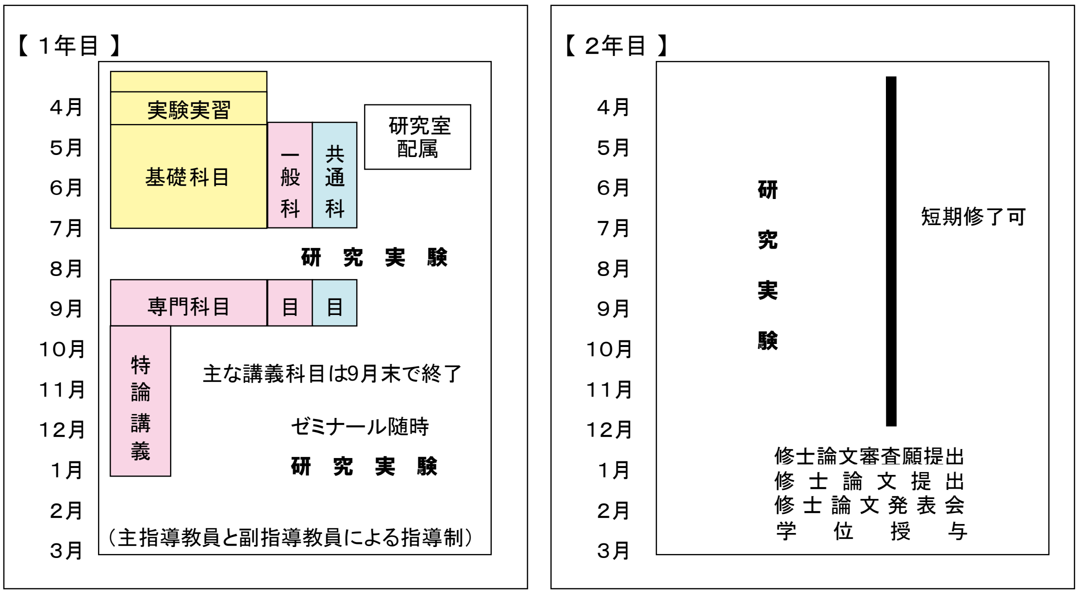
（3）σコース

広汎な物質科学の専門知識と方法論を身につけた高度専門職業人を養成します。σコースでは、平成20年度入学生から修士論文に代えて先端課題に取り組む課題研究を選択することも可能になりました。

1. 集中的な授業日程

授業科目は、4月から9月の春学期に集中して開講されます。教育研究の概略を下図に示します。秋学期は、物質科学の融合分野をカバーする集中講義形式の物質科学特論I-IVと英語スキル向上のための英語上級クラス、およびサイエンスリテラシーが行われています。また、特別課題研究や修士論文研究などが、10月から本格的に取り組める日程を組んでいます。

博士前期課程（2年間）の教育研究概略



2. 幅広い分野をカバーする基礎科目

物質科学の広範な分野を網羅し、かつ多様な分野からの入学者に対応するために、物性・デバイス系科目から化学・生物系科目までの幅広い分野で基礎が学べる「基礎科目」を設置しています。具体的には、まず4月入学直後に必修科目の「光ナノサイエンス概論」で物質創成科学研究科の全研究室で行われている研究の基礎と概要が、各研究室の教授、准教授により講義され、続いて、物質科学における光ナノサイエンスの基盤となる学術的なプラットホームの形成のための「光ナノサイエンスコア」が全員必修で講義されます。また、光と物質の相互作用を理解するための基本科目「光と電子特講」や有機材料・生体材料の創成に必要不可欠な基本科目「光と分子特講」、および光ナノサイエンスの先端融合領域開拓に必要な知識を講義する「先端融合物質科学」を開講し、これらの科目では習熟度に応じてエレメンタリークラスとアドバンストクラスのクラス別の講義を行います。さらに、物性科学のための「現代量子力学特論」「現代物理光学特論」、デバイスの基本的な原理を理解するための「先端半導体工学」「先端光電子工学」「先端電子材料」、有機材料・生体材料創成のための「現代有機化学特論」「先端高分子化学特論」「現代無機化学特論」「先端分子評価」や「先端生化学」が開講され、すべての科目が聴講できるカリキュラムを取っています。

3. 基礎科目を基礎とする専門科目と融合領域をカバーする物質科学特論

9月に開講される専門科目は、7月上旬まで開講された基礎科目の知識を基礎としており、物性・デバイス系と化学・生物系に分かれて先端分野の学習ができます。さらに、物性・デバイス・化学・生物の融合分野をカバーする「物質科学特論」4講義が、外部の最先端研究者からなる非常勤講師により集中講義形式で秋学期に開講されます。

4. 国際コミュニケーション能力の向上

先端科学技術を学ぶ学生にとっては国際的なコミュニケーション能力は必要不可欠であり、外国人講師による必修科目の「物質科学英語初級」および希望者による「物質科学英語上級」を開講しています。「物質科学英語初級」は5月から11月まで15名程度の小クラス制で行われています。入学直後と11月に行われる TOEIC-IP テストの受験が「物質科学英語初級」の一環として義務付けられており、この能力試験などにより、英語能力の向上度をチェックします。また、より英語のスキル向上を望む学生のために、「物質科学英語上級」が「物質科学英語初級」の終了後に開講されます。

5. 社会との関わりを深めるための充実した一般科目

物質科学の研究は、社会との結びつき無くしてはありえません。この観点から、技術者に求められている倫理を学ぶ「物質科学と倫理」、知的財産制度や特許およびわが国の科学技術政策の実施体制と求められる人材について知る「科学技術政策と知的財産」が必修科目として開講されています。また、春学期には「技術ベンチャー論」が開講され、実際に起業を行うにあたってビジネスモデルの作成法などを学びます。

6. 講座配属と修士論文研究、連携講座、短期修了、副指導教員制およびコース制

講座配属は、「光ナノサイエンス概論」での各研究室の研究の基礎と概要を聴講し、希望講座での「物質科学実験・実習」のあと、5月下旬に行われます。数回の希望調査を行い、最終的に配属希望者が多数の場合は、光ナノサイエンスコア講義の成績等をもとに配属を決定します。

特別課題研究や修士論文研究などは、配属決定後スタートしますが、専門科目の終了する10月から本格的に行います。連携講座に配属された場合には連携機関先で修士論文研究などを行うこともあり、この場合でも研究科内に設けられた各連携講座の居室を利用できます。また、主指導教員と副指導教員からなる複数指導制により、きめ細やかで多面的な指導を行うとともに、各学生が高度で多方面な教育・研究指導を受けることができます。さらに、所定の単位を修得し、優秀な研究成果を修めた場合には、2年未満の在学期間で修士の学位を取得することができます。

博士後期課程への進学希望者は、αコースあるいはπコースを選択することができます。αコースでは、前期課程の当初から博士論文の完成を目指して集中的な研究指導を行い、専門領域に関する深い学識と豊かな創造力を有する人材育成を目指します。また、積極的に短期修了を推進しています。πコースでは、融合領域研究を開拓する融合研究展開能力の強化を目指し複数専門分野における研究指導を行います。このため、πコースでは博士前期課程から博士後期課程への進学時に指導教員を変更します。αコースあるいはπコースを選択した場合には、主指導教員と副指導教員にさらに2名以上の教員を加えたスーパーバイザーボードを組織して、きめ細かい指導体制のもとで円滑な学位取得を目指します。また、これらの博士後期課程進学希望者については、講座配属を優先する制度を設けています。

博士前期課程の学生で広汎な物質科学の専門知識と方法論を身につけた高度専門職業人を目指す者はσコースを選択します。σコースでは、主指導教員と副指導教員のきめ細かい指導体制のもとで円滑な学位取得を目指します。

7. 研究グループシラバス

研究指導の透明性を高め、学位取得を客観的、厳格にかつ円滑に行うために、各研究グループは研究指導に対するシラバスを作成しています。研究グループシラバスには、教育体制、研究やゼミの進めかたなどのほかに、グループごとの到達目標などが明示されます。このグループシラバスは、研究科全体で議論しながら改善を進めています。

別表：平成21年度に予定されている授業科目の内容

区分	授業科目名	担当教員	内容	備考
共通科目	情報科学概論	湊・宮崎・佐藤・中島		
	バイオサイエンス概論 I	真木・川市・伊東		
	物質創成科学概論	柳・大門・廣田・太田 藤木・河合・谷原・浦岡	情報科学や生命科学を支えている物質科学の基礎を物性、デバイス、化学、バイオの観点から学ぶ。	
	科学技術論・科学技術者論	真木	産官学の様々な立場からの、科学技術に対する考察や今後の方向、科学技術に携わることの意味や意義	
一般科目	物質科学解析	石墨・冨田・武田 笹川・西田・畑山 佐竹・長尾	物質科学の講義理解と研究活動に必要な基礎的数学と実験データの取り扱いに関する講義・演習	
	物質科学英語初級	Steven Nishida	物質科学の英語論文の作成と読み方、高度な英語によるコミュニケーション	
	物質科学英語上級	Steven Nishida	国際会議での研究発表のための発表原稿の作成法、発表方法、質疑応答の方法、有用な表現	
	物質科学と倫理	（中村収・中村務）	技術者に必要な倫理、日本の技術者社会に相応しい取りくみ方、日米の事例研究やグループ討議	
	科学技術政策と知的財産	久保・（大竹・松尾）	（科学技術政策）科学技術政策の変遷と科学技術政策担当者からの政策策定過程の紹介 （知的財産）知的財産制度、特許戦略と特許要件、特許取得の手続、特許の活用、職務発明と報奨金	
	サイエンスリテラシー	片岡・冬木	光ナノサイエンス研究に必要とされる研究発表能力や論文執筆能力の向上、科学情報プロセスを習得	
	技術ベンチャー論	久保	事業計画書(ビジネスプラン)作成を通じて、先端科学技術の事業化、ベンチャー起業に必要な事業(経営)戦略、財務戦略、マーケティング等の基本的知識を習得	
基礎科目	光ナノサイエンス概論 I	各講座教授・准教授	各基幹講座および物質科学教育研究センターの各領域で行われている研究の基礎と概要を講義する。	
	光ナノサイエンス概論 II	各講座教授・准教授	各基幹講座および物質科学教育研究センターの各領域で行われている研究の基礎と概要を講義する。	
	光ナノサイエンスコア I	相原・服部・石墨・松井 稲垣・重城・畑山・片山	物質の成り立ちを、電子、原子レベルで理解するために必要な基本概念を解説する。	
	光ナノサイエンスコア II	服部・柳・細糸 内藤・西田 中嶋・湯浅	電子、原子レベルでの分子や結晶の成り立ち、光学遷移、分子軌道法、結晶と逆格子について解説する。	
	光ナノサイエンスコア III	河合・柳・堤 加川・山崎・廣原	光ナノサイエンスの基盤となる分子の構造と性質に関し、量子化学を中心に基礎知識を習得する。	
	光ナノサイエンスコア IV	冬木・太田・山本・谷原 柳・片岡・大門	光ナノサイエンスの基盤となる光学の基礎と光と計測、デバイス、生物との係わりについて基礎知識を修得する。	
	光と電子特講 I	内山・黄 細糸・服部・大門	結晶回折、格子振動、フェルミ分布、電子エネルギーバンド、バンドギャップなどの固体物性の基礎を解説する。	
	光と電子特講 II	浦岡・黄 大門・山本	金属や半導体のバンドや電気伝導、半導体の光吸収発光などの固体物性の基礎を解説する。	
	光と分子特講 I	谷原・森本・安藤 藤木・廣田・長谷川	分子材料における光ナノサイエンスの重要事項となる有機分子の構造と反応性に関する知識を習得する。	
	光と分子特講 II	廣田・片岡 池田篤 ・ 上久保	光ナノサイエンスの基盤となる熱力学と生化学に関する基礎知識を講義する。	
	先端融合物質科学 I	服部・内山・黄 細糸・大門	結晶の周期性、フォノン、フェルミ分布、電子の波数とエネルギー、エネルギーバンド、などの固体物性の基礎を解説する。	
	先端融合物質科学 II	長谷川・谷原・森本 安藤・藤木・廣田	先端融合領域における物質科学の重要事項となる分子性物質の構造および性質に関する知識を習得する。	

区分	授業科目名	担当教員	内容	備考
基礎科目	先端融合物質科学 III	浦岡・黄 大門・山本	固体材料における電子状態の基本概念を理解するために、電気伝導・光学特性・磁性などの多様な物性について解説する。講義では、金属や半導体の電気伝導を、電子の運動やエネルギーバンドを用いて説明する。	
	先端融合物質科学 IV	池田篤・廣田 片岡・上久保	光と物質の相互作用が最も洗練された形で表現される生物による光エネルギー、光情報変換について物質科学の側面から解説する。熱力学について基礎的な概念を理解し、化学現象を物理化学の観点からどのように説明できるかを知る。	
	現代量子力学特論	高橋聡	古典力学の破綻、波動関数と演算子、シュレディンガー方程式、井戸型ポテンシャル、調和振動子、不確定性原理	
	現代物理光学特論	河口	電磁気学の基礎、マクスウェルの方程式、波動方程式と平面波、平面波の反射、透過、屈折、干渉と回折、光導波路	
	先端半導体工学	冬木・畑山・矢野	基礎的半導体物性をバンド構造を用いて説明し、トランジスタの動作機構を概説する。	
	先端光電子工学	太田・徳田	光電子デバイスの光機能を発現している光と物質の相互作用に基づく光電子工学の基礎を体系的に解説する。	
	先端電子材料	浦岡・内山	電子デバイスに用いられる機能性材料について、その物理的性質、電気的性質、応用素子の動作原理について解説する。	
	現代有機化学特論	森本・安藤	芳香族化合物、カルボニル化合物の反応を中心とした必須有機化学反応について重点的に講義する。	
	先端高分子化学特論	藤木・野村琴	高分子の合成や構造・物性解析に必要な重要事項を中心に講述する。	
	現代無機化学特論	野村琴・長谷川	無機化学の重要事項、特に配位化学（錯体化学）や無機固体の構造と性質に関する事項に焦点を絞って、概説する。	
	先端分子評価	菊池・池田篤	化学反応を物理化学の観点からどのように説明できるかを知る。また、スペクトルを用いた分子の評価について講義する。	
	先端生化学	谷原・上久保	免疫、発生、視覚、光合成など生命現象を分子レベルで理解し、創薬や治療法開発の基礎となる知識、考え方を講義する。	
専門科目	光物性	柳・山本	物質の電子エネルギー準位構造と光学的性質、特に分子の光化学過程および半導体の光物性について解説する。	
	表面構造解析	大門	反射高速電子回折（RHEED）、光電子回折など、光と電子を利用した表面ナノ構造の原子配列解析法について解説する。	
	固体電子構造	服部	原子の電子状態を基礎にして、分子や結晶などの物質構造の成立の仕組み・電子状態を解説する。	本年度 不開講
	物性理論	相原・高橋聡	生成消滅演算子、第二量子化、平均場近似、電子気体と誘電関数、超伝導、強相関電子系	
	フォトニクス	徳田・太田	光半導体工学を基本として、イメージセンサ技術の基礎からその応用までを講義する。	
	情報素子工学	浦岡・内山	記憶素子や演算素子など様々な電子材料によって作製された情報素子の動作原理、特徴、課題について解説する。	
	量子構造物質	冬木・畑山・矢野	極微構造を有する半導体において発現する量子物性について詳述する。	
	高分子機能材料	野村琴・藤木	有機高機能材料の精密合成手法に関する基礎的かつ応用に関する内容を講述する。	
	有機合成反応論	森本・垣内	標的とする有機分子の合理的・効率的な合成に必要な合成戦略（逆合成解析）の必須原理を概説する。	
	分子デバイス	菊池・池田篤	分子の自己組織化にもとづく分子デバイスの作製について、基本原理から具体的な応用例までを系統的に概説する。	
	タンパク質工学	片岡・上久保	タンパク質の解析法、設計原理を理解するための知識、考え方を講義し、人工タンパク質の設計・創成について考察する。	
	超分子科学	廣田	超分子科学の基礎、振動分光法の基礎と生体分子への応用、生体超分子の反応機構について講義する。	
	生物機能材料	谷原・安藤	ゲノム情報に基づく新規機能性分子の創成と生体組織と異物との反応に基づく生物適合性材料の設計について解説する	
	分子フォトニクス工学	河合・長谷川	分子フォトニクス材料の基盤となる分子と光の相互作用や光励起状態について講義し、最先端研究に関する理解を深める。	

区分	授業科目名	担当教員	内容	備考
専門科目	磁気物性	細糸	物質の磁性を理解するのに必要な磁性物理の基礎概念と磁気工学の基本を解説する。	
	超高速光技術	河口・黄	半導体レーザ、フォトダイオード等の半導体光デバイスに関して、材料、作製技術、動作原理・特性等を体系的に解説する。	
	先端物質科学技術特論	（連携講座教員）	物質科学の産業分野応用における最先端の話題について各連携講座教員により講義を行う。	
	レーザーバイオナノ科学特論	（増原・細川・杉山）	レーザーの基礎、光と分子系の相互作用を理解し、レーザーにより開かれたバイオ/ナノ科学分野の最新課題について学ぶ。	
	物質科学特論 I	（角田）	本講義では、ハードディスクを初めとする先端電子デバイスに必要不可欠な磁性材料、特に薄膜磁性材料について、その物性・機能がどのようにして発現しているのかを理解し、先端磁性薄膜デバイスの研究・開発の現状や新たな物性開拓の試みについて学ぶ。	
	物質科学特論 II	（馬場）	近年の研究により数多く実現されるようになった光学波長程度の大きさをもつ微小発光デバイスや微小光制御デバイスの物理と動作を理解することを目的とする。そのため発光過程の基礎となるフェルミの黄金則、フォトニック結晶の基礎となるフォトニックバンドなどの理論を学習する。実際の様々な微小デバイスがどのような構造をもち、どのような動作を示すのか、現代の研究開発の潮流も含めて把握する。	
	物質科学特論 III	（築部・棚瀬）	生体系に見られる超分子系を範として、ボトムアップ型超分子物質の合成、特性、機能を学ぶ。特に、分子認識化学、錯体化学、キラリティー化学、機能化学などを基盤とする超分子物質科学の重要性を解説する。また、新たな機能性分子材料として注目を集めている多核有機金属錯体（有機金属クラスター化合物）の構造と電子状態に関する基礎的考え方を中心に解説し、直鎖状金属クラスターを用いた単分子素子の開発を念頭においた最近の研究についても紹介する。	
	物質科学特論 IV	（上岡）	近年は超分子化学の発展に伴い、“生命分子を設計する”時代から、“生体機能を設計する”時代へと変化してきている現状を踏まえ、本講義では「生体にやさしい安価な化学材料からより簡便な方法でより高機能の有機材料を設計・合成する」ための基本的な考え方と応用例を学ぶ。	
物質科学実験・実習		各講座教員	平成20年度は、安全教育と、表面解析システムなど、超先端デバイス加工など、機能物質合成など、細胞培養と遺伝子取扱などから、2研究室を選択して行う。	
ゼミナール A		配属講座教員	講演聴講や関連研究紹介により、自らの研究論文の背景や関連研究分野を理解する。さらに、ゼミ形式による発表を行うことにより、問題を発掘し、解決する能力を高める。	
ゼミナール B		配属講座教員	講演聴講や関連研究紹介により、自らの研究論文の背景や関連研究分野を理解する。とくにゼミ形式により関連分野の研究を深く理解するとともに自らの研究成果について発表を行うことにより、問題を深く理解し、解決する能力を高める。	
融合ゼミナール A		各講座教員	自らの研究論文の背景や課題および成果の位置づけを深く理解する目的で、ゼミ形式の発表を行う。また、異分野の教員との討論を通じて、融合領域におけるディスカッション能力の強化に重点をおく。	
融合ゼミナール B		各講座教員	自らの研究論文の背景や課題および成果の位置づけを深く理解する目的で、ゼミ形式の発表を行う。また、異分野の教員との討論を通じて、融合領域におけるディスカッション能力の強化に重点をおく。	
研究論文		配属講座教員	主指導教員をはじめとした複数の教員による指導・助言を受けながら、未知の研究課題について研究を行い、得られた結果に基づき論文を作成する。	
特別課題研究		配属講座教員	先端的な特別課題研究に取り組み、これを解決するとともに発展的な課題に取り組み、学位論文研究への展開を目指す。異分野の教員を含む複数教員からの綿密な指導を受け、研究成果をまとめる。	
課題研究		配属講座教員	与えられた研究課題について、学術的および技術的な背景を明らかにし、合理的な課題解決方法を提示する。得られた成果をもとに課題レポートを作成し、プレゼンテーションを行う。	

別表：平成21年度に予定されている授業科目の内容（博士後期課程）

区分	授業科目名	担当教員	内容	備考
国際化科目	物質科学英語上級	Steven Nishida	国際会議での研究発表のための発表原稿の作成法、発表方法、質疑応答の方法、有用な表現	
	サイエンスリテラシー上級 I	配属講座教員	物質科学の先端融合領域を担う研究者にとって必要な学会等における高度な研究発表・ディスカッション能力の習得	
	サイエンスリテラシー上級 II	配属講座教員	国際的に活躍できる研究者を目指して国際学会等における研究発表・ディスカッション能力の習得	
	国際インターンシップ	廣田	国際的に通用する研究者を目指した中期間の海外研究機関における光ナノサイエンスに関する研究遂行	
	融合インターンシップ	配属講座教員	海外研究機関における短期実習，あるいは国内研究開発機関におけるインターンシップ	
	光ナノサイエンス特講	片岡	光ナノサイエンス領域で活躍する第一線研究者による最先端研究分野に関する講義	
融合専門科目	物質科学融合特講 I	Adarsh Sandhu	Review and discuss recent topics in the fields of materials science related to photonics and nanotechnology.	
	物質科学融合特講 II	Olaf Karthaus	An introduction to organic photonics and electronics will be given. Special emphasis is laid on patterning techniques explaining their advantages and shortcomings.	
提案型演習科目	リサーチマネージメント演習 A	片岡・河合	模擬研究提案の作成やプレゼンテーションなどの演習を通じて、自立した研究者に求められる研究経営能力を強化する。	
	リサーチマネージメント演習 B	谷原・太田	実際に即した研究提案の作成やプレゼンテーションさらには成果報告などの演習を通じて、自立した研究者に求められる研究経営能力を強化する。	
	リサーチマネージメント演習 C	配属講座教員	主に産業界で求められ課題に関する調査や研究提案と討論などの演習を行い、おもに産業界で活躍する先端研究者に求められる研究経営能力の強化を目指す。	
	先端物質科学演習	配属講座教員	先端研究分野における課題や最新の研究開発技術に関する主体的な調査や将来のわたる研究動向の把握を通じて、先端領域における課題発見能力やディスカッション能力の涵養を目指す。	
融合ゼミナール	特別融合科学ゼミナール A	片岡	中間報告審査会を中心に、異分野の教員とのディスカッションやプレゼンテーションを行うことで、融合領域での研究に対応した研究能力を強化する。	
	特別融合科学ゼミナール B	片岡	中間報告審査会を中心に、異分野の教員とのディスカッションやプレゼンテーションを通じて、融合領域での研究に対応した研究能力を涵養する。また英語での発表やセミナーの進行など幅広い経験を積む。	
	特別融合科学ゼミナール C	片岡	博士論文に向けた展望や最新の研究成果に関して、他分野を含む複数の教員とのディスカッションや中間報告会での討論を行う。融合領域での研究に対応した研究能力の強化を計る。	
特別物質科学講究		配属講座教員	実際の研究に即した深い知識と幅広い技術を習得し、さらに成果発表や討論を行うことで、課題発見から成果公開および評価にいたる一連の研究プロセスを経験する。	

講座での教育・研究の概要

量子物性科学講座

URL : http://mswebs.naist.jp/LABs/optics/index-j.html

教授:柳　久雄
yanagi@ms.naist.jp

准教授:山本　愛士
aishi@ms.naist.jp

助教:石墨　淳
ishizumi@ms.naist.jp

助教:冨田　知志
tomita@ms.naist.jp

■ 講座概要

電子をナノメートル(10 億分の 1 メートル:10^{-9} m)サイズの空間に閉じこめると、その波としての性質が著しく現れます。例えば、有機分子は原子が結合したナノメートル空間に電子を閉じ込めたまさに量子状態と言えます。また、半導体のナノ粒子は、バンドギャップエネルギーが大きくなり、バルク固体とは異なった色を示します。これらの個々のナノ物質の性質は、分子構造や粒径によって制御することができます。さらに、量子物質を規則正しく配列し相互作用し合う状態をつくると、さまざまな新しい光学的・電磁気学的現象が生まれます。

本講座では、有機・無機を問わず量子効果の現れる分子、結晶、ナノ粒子、超薄膜を研究対象とし、光を用いた様々な実験的手法によって、物質の性質を量子力学的立場から明らかにするとともに、将来の光情報通信デバイスへ利用される新物質の創成を目指しています。

■ 主な研究分野

(1) 分子エレクトロニクス&フォトニクス

有機分子がもつ量子的性質を最大限に生かすため、その配列や集合・分散状態を制御することにより発現する単分子機能や協同的現象を利用して有機レーザー等の新しい光デバイスへ応用する(図 1、2)。

(2) ナノ構造物質の光物性

環境に対応したナノ粒子、不純物をドープしたナノ粒子などナノ構造物質の光機能性を吸収、発光、顕微分光(単一粒子分光)、時間分解分光、ラマン分光測定により明らかにする(図 3)。

(3) メタ物質フォトニクス

ナノ粒子、超薄膜など、電磁波の波長よりも十分小さな構成要素を組み合わせて、自然界にはない性質をもつ人工物質(メタ物質)を実現する(図 4)。

■ 研究設備

・波長可変パルスレーザーシステム
・ピコ秒時間分解分光装置
・近接場光学顕微鏡
・顕微ラマン分光装置
・走査型トンネル顕微鏡
・集束イオンビーム

■ 共同研究・社会活動など

京都工芸繊維大学、産業技術総合研究所、神戸大学、日信工業(株)、テクネックス工房(株)、理化学研究所、他

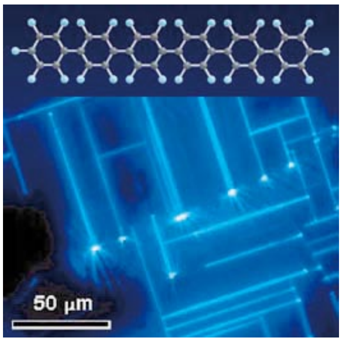


図 1　分子結晶を用いた有機レーザー

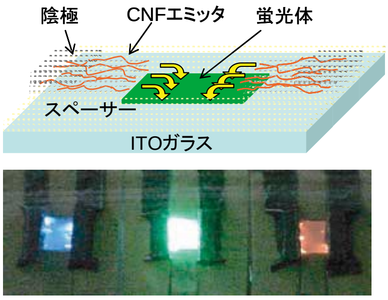


図 2　カーボンナノファイバーを用いたフィールドエミッションデバイス

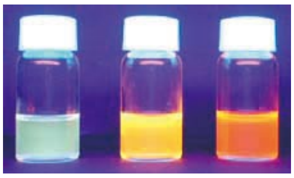


図 3　不純物ドープ半導体ナノ粒子 DA ペア発光

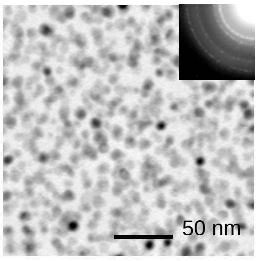


図 4　Ni ナノ粒子膜

凝縮系物性学講座

URL : http:// mswebs.naist.jp/LABs/daimon/index-j.html

教授：大門　寛
daimon@ms.naist.jp

准教授：服部　賢
khattori@ms.naist.jp

助教：武田　さくら
sakura@ms.naist.jp

助教：松井　文彦
matui@ms.naist.jp

■ 講座概要

ナノメートル以下のサイズになると、鉄も非磁性になり金も反応性が高くなるなど、全ての物質は通常とは異なる性質を示すようになる。それらは省資源・元素戦略・ナノテクノロジーに必須な微小新材料であり、固体表面においては原子・電子レベルで製作・測定が行える。当講座ではそのような表面ナノ新物質を作成し、二次元光電子分光など独自の手法により原子構造や電子構造を詳しく研究している。半導体表面上の超格子構造や磁性薄膜、超伝導表面、また、触媒、分子エレクトロニクスなどに重要な有機・バイオ分子吸着表面などを研究対象としている。

■ 主な研究分野

- 表面ナノ物質の原子構造解析、立体視

SPring-8 で作られた円偏光軟 X 線と、独自の分析器 DIANA を組み合わせて、原子配列の立体写真を撮影し、特定の原子の周りの原子配列を立体測定している(図 1)。その他、走査トンネル顕微鏡(STM)(図 2)、反射高速電子回折(RHEED)、光電子回折(図 3)などを駆使している。

- 電子エネルギーバンドの詳細測定

直線偏光放射光と DIANA を組み合わせて、エネルギーバンドやフェルミ面を3次元マッピングし、その電子軌道を解析している(図 4,5)。また、超高分解能分析器 SES2002 を用いてホールサブバンド(図 6)を発見し、詳しく解析している。

- 表面上の分子反応・原子挙動の解析

修飾した表面上に、NO などの低分子や、チロシンなどの有機分子、発光分子などを吸着させ、STM、AES、LEED、TPD で反応初期過程を調べている(図7)。

- 新装置の開発

広角対物レンズ立体視光電子顕微鏡などの新装置を開発している。

■ 研究設備

- 二次元表示型光電子分光装置(DIANA)世界唯一(図1)

試料から放出された、あるエネルギーの粒子の角度分布を二次元的に歪み無く表示できる。SPring-8 と立命館大学、NAIST の実験室にて、高エネルギー分解能タイプのものを計 3 台使用している。

- 試料作成複合評価システム　世界最大(図8)

3台の「新物質作製装置」で作成した表面新物質を5台の評価・解析装置に超高真空搬送路で搬送する世界最大の複合評価システム。

■ 共同研究・社会活動など

国内外の研究者との共同研究の他、SPring-8、立命館大学 SR センター、米国放射光施設などを利用している。

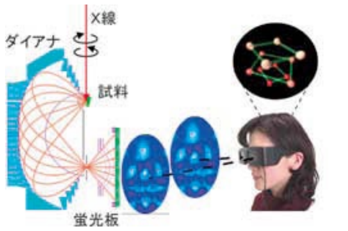


図1　二次元光電子分析器(DIANA)を立体原子顕微鏡として用いた原子配列の立体視

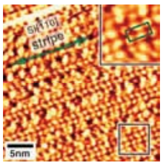


図2　β-$FeSi_2$ 表面の STM 像

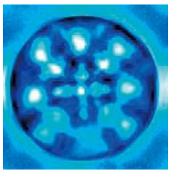


図3　光電子回折パターン

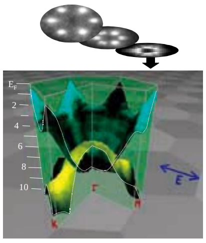


図4　グラファイトの3次元バンド構造

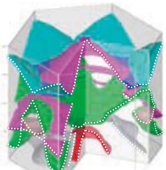


図5　MoS_2 の3次元バンド

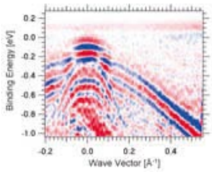


図6　ホールサブバンド

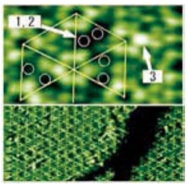


図7　STM による吸着分子の観測

図8　試料作成複合評価システム

複雑系解析学講座

URL：http://mswebs.naist.jp/LABs/aihara/aihara.html

教授：相原　正樹
aihara@ms.naist.jp

准教授：高橋　聡
taka@ms.naist.jp

助教：稲垣　剛
inagaki@ms.naist.jp

助教：重城　貴信
jujo@ms.naist.jp

■ 講座概要

本講座では、光誘起相転移など、強いレーザ光励起により創成された新物質相の理論的研究を行っています。従来の「物質の性質を探る手段としての光」という発想に留まらず、強い光励起により基底状態とは全く異なった新たな状態を作り出し、「物質の性質を変え制御する手段」として光を捉え直します。このような光によって生成された励起状態における新しい物質相を研究することによって、より一般的な視点から物質の本質に迫ることができます。そして、電子相関効果などの物理の基礎的問題の解明に新たな切り口をつけ、また基底状態では隠れていた新物性を見出すことが可能となります。独自に開発した量子統計力学用の数式処理ソフトのライブラリーと、並列計算機による大規模数値計算を武器として、これらの問題に取り組んでいます。

■ 主な研究分野

<u>強相関電子系における光物性の研究</u>

銅酸化物などの低次元強相関電子系においては、スピンと電荷の自由度が異なる振る舞いをするために、高温超伝導現象などの興味深い現象が生ずることが知られています。 最近は、強相関電子系における巨大かつ超高速な非線形光学応答や光誘起相転移などの特異な光学現象が注目されています。本講座では、低次元強相関物質における電荷とスピンの分離した光励起状態のダイナミックス(図1参照)や過渡的4光波混合、光誘起超伝導、光誘起絶縁体金属転移などの強相関電子系の光物性を研究しています。それにより、低次元強相関物質のエキゾチックで多彩な物性の解明に、新しい視点から迫りつつあります。

<u>高密度励起子系の研究</u>

半導体中の励起子は電子と正孔がクーロン引力で束縛された状態で、低密度ではボーズ粒子として振る舞います。一方、密度が高くなるとボーズ粒子描像は破綻し電子と正孔によって構成されるフェルミ粒子系としての様相を示します。このようなボーズ粒子系からフェルミ粒子系へのクロスオーバーは、高温超伝導の機構にも関係する現象ですが、強い量子ゆらぎと電子相関のために未だに多くの謎に包まれています。本講座では、励起子ボーズ凝縮相と電子正孔BCS相とのクロスオーバーや励起子超流動系の非線型光学応答に関する研究を行っています。更に、間接型半導体量子井戸中で超流動状態にある高密度励起子系が示す特異なリング構造の解析も行っています。

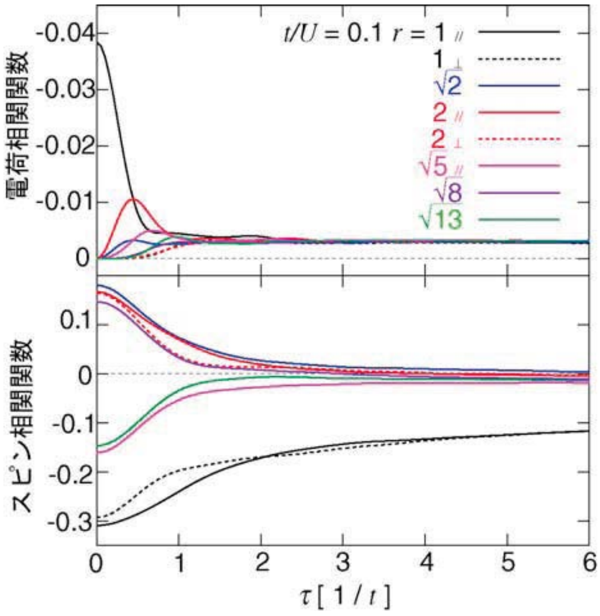


図1　パルス光励起後の電荷/スピン相関関数の時間依存性。U：同一サイトクーロンエネルギー、t：最近接サイトへの移動エネルギー、r：サイト間距離。

■ 研究設備

PC クラスター（244 CPU、580GB メモリー）；最新最高速のネットワーク InfiniBand によりノード間を高速接続することにより、大規模高速並列計算を可能にしています。また、並列計算用のジョブ管理ソフトウェア、デバッグツールなどの利用環境が整備されています。また、数式処理ソフトウェアは全機種にインストールされていて、各自のパソコンをフロントエンドとし、64 ビット高性能サーバー機をカーネルとする利用形態が可能となっています。

■ 共同研究・社会活動など

KIAS、山梨大学、筑波大学、日本原子力研究所、東京大学、コロンビア大学、他

高分子創成科学講座

URL: http://mswebs.naist.jp/LABs/fujiki/

教授：藤木　道也
fujikim@ms.naist.jp

准教授：野村　琴広
nomurak@ms.naist.jp

助教：内藤　昌信
mnaito@ms.naist.jp

■ 講座概要

先端機能高分子の設計・創成、精密合成のための高性能分子触媒の設計、精密計測、新物性・新機能の発現、新概念の創出。

■ 主な研究分野

1.高性能遷移金属錯体触媒の創成・精密重合

重合を精密制御する高性能遷移金属錯体触媒の設計と合成、触媒の特長を生かした高機能材料の精密合成と特性解析、触媒活性種（有機金属錯体）の単離・反応性や反応機構に関する基礎研究。

2.共役高分子の設計・創成・構造・物性・機能

種々の触媒反応を活用し、機能部位を有する次代π共役高分子・σ共役高分子、超分子ポリマー、平面色素集積体の設計と創成。分子構造・光物性・光機能相関解明。紫外・可視・近赤外発光物質の設計と創成、分子・イオン認識機能、精密光計測。

3. 共役高分子の高次構造の発生と制御

新概念に基づく光学活性分子・光学活性高分子の設計・創成。光学活性の発生・増幅・転写・反転・固定機能の発現と制御。

4. 時空間キラリティーの精密光物性

生命の起源や光学活性・キラリティーに関してパスツール、キッピング、フントらが発した疑問に対する物質と旋光性に関する純粋基礎研究。

5. 高分子・超分子の界面・表面挙動の解明とその機能化

共役高分子・超分子の界面・表面におけるコンホメーション・トポロジー・配向挙動に関する基礎研究

■ 研究設備

居室・実験室が分離された快適空間と1人1台のMacOS/Windows環境。UV-Vis-NIR 吸収(x2)、UV-Vis-NIR 蛍光・燐光(x5)、CD(x3)、温度可変FT-IR、Vis-NIR 蛍光分光顕微鏡、偏光 UV/Vis/IR 分光、GPC(x4)、HPLC、GC(x2)、グローブボックス(x5)、QCM (x4)、クライオスタット(x4)、LB 膜装置，差圧粘度計，旋光計，偏光顕微鏡，蛍光顕微鏡，高分解能温度可変 AFM、計算機実験ソフト(QuantumCache、Spartan、Material Studio/Discovery Studio、ChemOffice)、ヒュームフード(x4)。

■ 共同研究・社会活動など

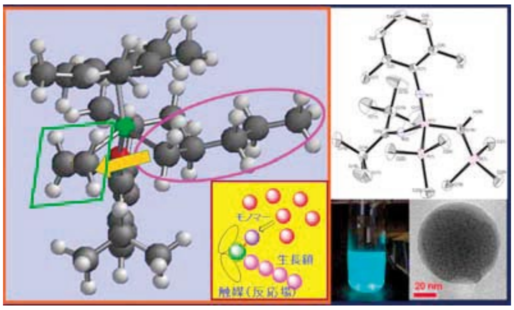
研究費

科学研究費補助金、企業との共同研究、奨学寄付金など。

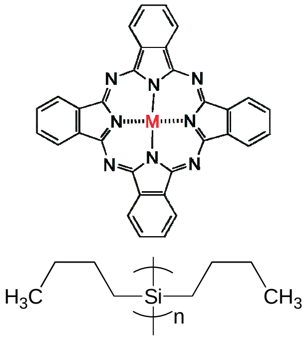
就職状況（博士課程学生を含む 2009 年 3 月修了生）

三菱化学（博士）、アイカ工業、花王、カネカ、東ソー、日本電気硝子、四日市合成、他大学進学

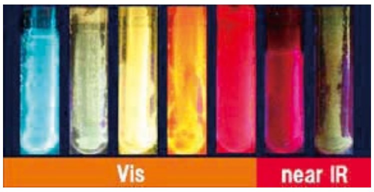
1. 精密重合を可能とする反応場設計



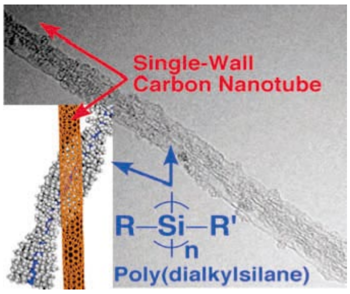
2. 13 族/14 族/15 族典型元素を含むパイ共役・シグマ共役高分子・超分子



3. 紫外・可視・近赤外発光機能物質材料



4. σ 共役高分子ポリシランの単層カーボンナノチューブ上におけるラッピング挙動



光機能素子科学講座

URL : http://mswebs.naist.jp/LABs/pdslab/ index-j.html

教授 : 太田　淳
ohta@ms.naist.jp

准教授 : 徳田　崇
tokuda@ms.naist.jp

助教 : 笹川　清隆
sasagawa@ms.naist.jp

特任助教 : 野田　俊彦
t-noda@ms.naist.jp

■ 講座概要

本講座では、高度情報化社会・超高齢化社会で中心的役割を担う画像情報を高速かつ柔軟に処理するための新しい光機能性の物質科学と素子機能創成の研究開発を目指します。

■ 主な研究分野

現行の進んだ半導体集積回路技術とフォトニクスを融合したフォトニック LSI デバイスを基本に、光機能材料・デバイス構造・フォトニクス技術の課題を理論と実験の両面から解明し、新しい機能を創出していきます。研究項目の具体例は以下の通りです。

① バイオメディカルフォトニック材料・デバイスの研究開発
- Si-LSI 技術を基にしたフォトニックバイオ LSI。具体的には視覚再生を目指した人工視覚デバイス(図 2)や記憶メカニズム解明や機能性脳疾患治療に向けた脳内埋込型デバイスの研究開発(図 3)。

② マイクロケミカルフォトニックデバイスの研究開発
- フォトニック LSI 技術とマイクロケミストリを融合したデバイス。具体的には CMOS 人工シナプスやフラッシュケミストリ応用に向けた Si-LSI 上マイクロ流路デバイス(図 4)。

③ 高機能イメージセンサ及びその応用システムの研究開発
- デカナノメータ LSI 世代の System On Chip 技術に基づく高機能な CMOS イメージセンサ及びその応用システム。具体的には、偏光や電界など様々な物理量を検出するビジョンチップの研究開発。

■ 研究設備

①**フォトニックデバイス作製設備** : DRIE、RIE 等方性ドライエッチャー、抵抗加熱蒸着装置、スパッタ装置、パリレンコーター、アニール炉、アッシャー、ワイヤーボンダー(ウェッジ, ボール)、フリップチップボンダー、ダイボンダー、エキシマレーザー、レーザーリペア。

②**ナノ構造関連研究科共通施設・設備** : XPS/AES、SEM、TEM、SIMS、AFM 等の評価設備、FIB、クリーンルームとスパッタ、蒸着装置、マスクアライナー(密着、縮小投影)などの微細素子作製プロセス装置。

③**フォトニック LSI 設計・評価設備** : ワークステーション、LSI 設計 CAD、デバイスシミュレータ(Medici、SPECTRA)、半導体パラメータアナライザ、高速オシロスコープ(3GHz)、データジェネレータ、ロジックアナライザ、ネットワークアナライザ、マニュアルプローバ、電気生理実験設備等。

■ 共同研究・社会活動など

- 日本学術振興会第 174、179 委員会
- JST-CREST「バイオメディカルフォトニック LSI の創成」(バイオサイエンス研究科細胞構造学講座、近畿大学医学部脳神経外科)、JST 脳科学研究戦略推進プログラム「高分解能人工網膜デバイスの開発」(大阪大学医学部眼科、(株)ニデック)、STARC「CMOS 人工シナプスチップの開発」
- 映像情報メディア学会編集委員・情報センシング研究グループ幹事、日本光学会(応用物理学会)情報フォトニクス研究グループ幹事

図 1 : 講座研究内容

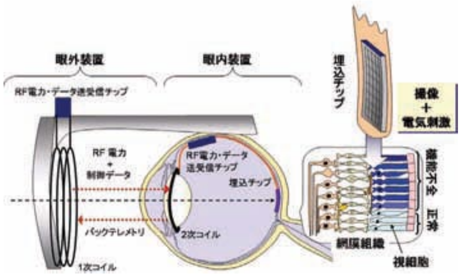


図 2 : 人工視覚システム

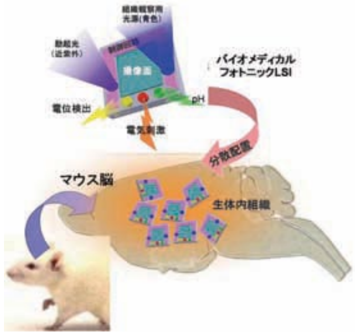


図 3 : 脳内埋込デバイス

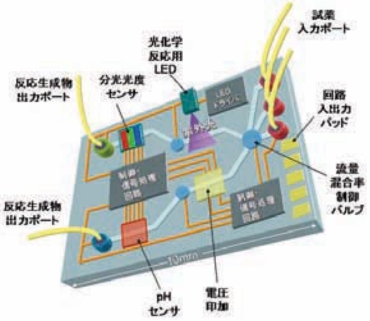


図 4 : Chemo-LSI システム

情報機能素子科学講座

URL : http:/ /mswebs.naist.jp/LABs/uraoka/index-j.html

教授：浦岡　行治 uraoka@ms.naist.jp

准教授：内山　潔 uchiyama@ms.naist.jp

助教：西田　貴司 tnishida@ms.naist.jp

助教：堀田　昌宏 horita@ms.naist.jp

特任助教：上沼　睦典 uenuma@ms.naist.jp

■ 講座概要

本講座では、半導体材料を基盤として、次世代情報化社会を支える情報機能素子を研究します。“ものづくり”を基本として、新しい材料、新しいプロセスを積極的に導入し、新機能、高性能な半導体デバイスやディスプレイを世界に向けて発信します。

（1）シリコン、化合物、酸化物半導体をベースにディスプレイ、メモリ、LSI、燃料電池など幅広い応用分野をカバー

（2）生体超分子、環境対応材料など新しい材料を導入し、物質科学に基づいた新機能を実現

（3）素子の設計から作製、評価、理論解析、プレゼンテーションまで、実社会で即戦力となる一貫した研究能力の養成

を 3 つの柱として、基礎から応用にわたる教育・研究を行います。

■ 主な研究分野

[1] ナノ構造薄膜による不揮発性メモリ、超高集積回路

高品質薄膜堆積技術、微細加工技術、量子効果を利用した次世代情報端末を実現します。

[2] グリーンレーザを用いたシリコン薄膜の低温結晶化技術

高性能なスイッチング素子をガラス基板上に形成し、ウェアラブルコンピュータの実現をめざします。

[3] 蛍光体微粒子、酸化物半導体を用いたフレキシブルディスプレイ

ナノスケールの ZnS 微粒子を発光源に、ZnO などの酸化物半導体を駆動回路に用いたフレキシブルディスプレイを実現します。

[4] タンパクなど自己組織化材料をもちいた新機能素子の実現

均一性、配置制御性を有したタンパクを使って、メモリ、バイオセンサー、MEMS などへの応用を展開します。（JST,CREST）

[5] 高効率、高容量化を目指した燃料電池

固体電解質・電極材料の探索、物性解明と形成法の開発によって高性能な燃料電池を実現します。

■ 研究設備

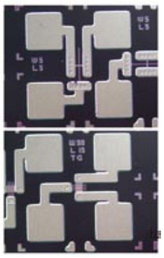
・クリーンルーム、レーザ結晶化システム、電子ビーム描画装置

・光学特性、マイクロ波デバイス測定装置、電子回路設計設備

■ 共同研究・社会活動など

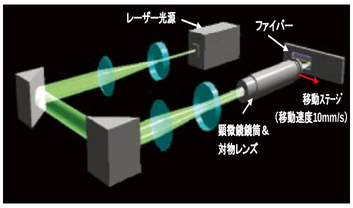
・Panasonic、ソニー、出光、三井造船、イメージテック、STARC など

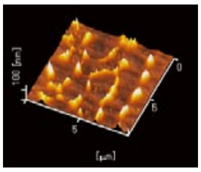
・IEEE UFFC, SSDM, AMFPD, IMFEDK 国際会議



薄膜トランジスタ

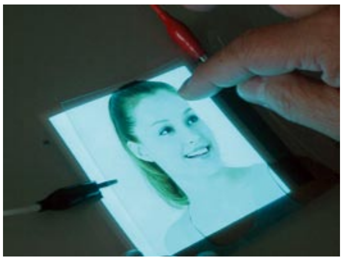
次世代機能集積素子システムオンパネル

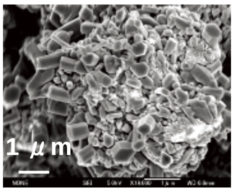




シリコン薄膜

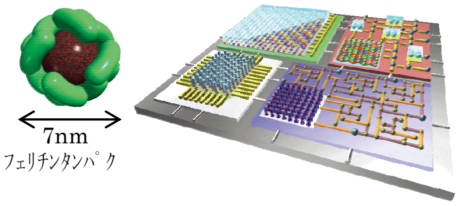
シリコン薄膜のレーザ結晶化システム



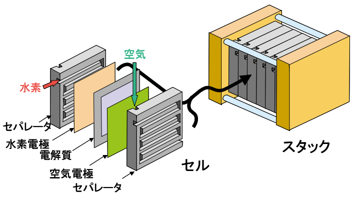


ZnS 微粒子

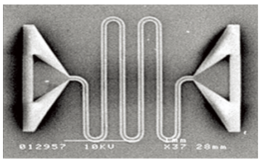
無機 EL を用いたフレキシブルディスプレイ

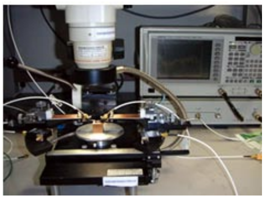


バイオの技術を用いた未来の半導体デバイス



高品質 CVD 薄膜堆積装置とその燃料電池





高誘電体膜によるマイクロ波導波路集積素子

微細素子科学講座

URL : http:/ /mswebs.aist-nara.ac.jp/LABs/fuyuki/index-j.html

教授 : 冬木　隆
fuyuki@ms.naist.jp

助教 : 畑山　智亮
hatayama@ms.naist.jp

助教 : 矢野　裕司
h-yano@ms.naist.jp

■ 講座概要

高度情報処理、クリーンエネルギー創成、地球環境保全など持続的発展社会を支えるシステムを構築するためのブレイクスルーとして、従来にはない新物性を基盤とした機能集積デバイスの開発が不可欠である。

本講座では、シリコン半導体やワイドギャップ半導体(シリコンカーバイド)を取り上げ、

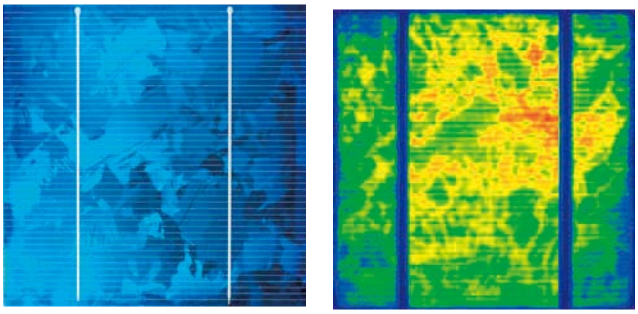
（1）原子レベルで制御された極微構造を有する新しい複合電子材料の創成
（2）量子効果物性の発現とその制御
（3）機能集積微細素子の創製

を 3 つの柱として、基礎から応用にわたる教育・研究を行う。

クリーンエネルギーのホープ太陽光発電システム

■ 主な研究分野

[1] 半導体極微構造の作製と量子物性の発現・機能化
[2] 高効率シリコン太陽電池の実現に向けた光電変換機能の3 次元解析と新規作製プロセス開発
[3] ワイドギャップ半導体シリコンカーバイドの結晶成長とエネルギーエレクトロニクスデバイスへの展開
[4] 新規手法によるナノ構造形成と、次世代機能集積素子（単電子トランジスタ、ニューラルデバイスなど）の開発



太陽電池素子光電変換機能の one-shot　２次元画像解析

■ 研究設備

クリーンルーム、極微デバイス加工装置、半導体結晶成長装置、スペクトル分解光電変換機能解析装置、

■ 共同研究など

新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)、三洋（株）、パナソニック（株）、など

SiC による大電力制御素子の領域展開

反応制御科学講座

URL : http://mswebs.naist.jp/LABs/kakiuchi/index-j.html

教授：垣内　喜代三
kakiuchi@ms.naist.jp

准教授：森本　積
morimoto@ms.naist.jp

助教：堤　健
tsutsumi@ms.naist.jp

助教：加川　夏子
knatsuko@ms.naist.jp

■ 講座概要

本講座では、“物質を創成する”ことを目的とした、有機合成反応の新しい制御法の開発と、その応用による、複雑な多環式有機化合物の合成と機能発現に関する研究、高機能性錯体の合成と新しい触媒反応の開発を行います。

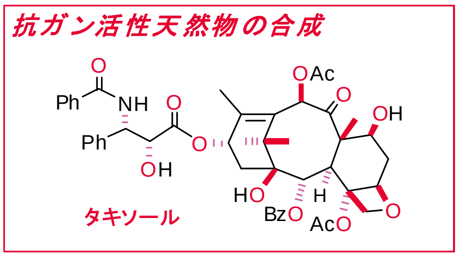
■ 主な研究分野

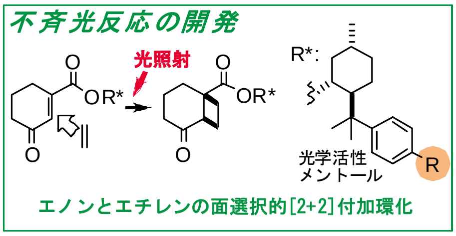
(1) 生理活性化合物や機能性有機材料など、多様な機能的多環式有機化合物を合成する新しい方法論の開発を目指します。
- 炭素骨格変換反応の新しい制御法の開発
- 生理活性天然物の立体選択的化学合成研究
- 不斉光反応による光学活性多環式化合物の合成研究

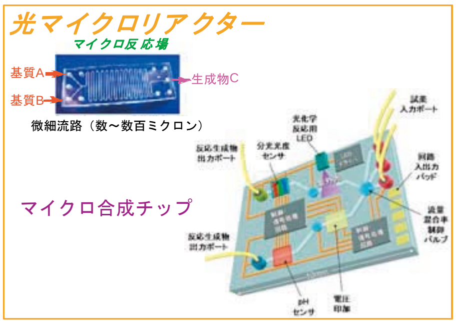
(2) 有機合成技術を駆使した有機マイクロデバイスの開発を行います。
- 有機光反応用流通式マイクロリアクターの開発
  本研究科光機能素子科学講座　共同研究

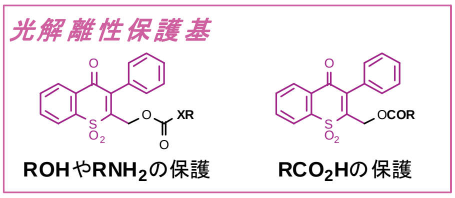
(3) 人に・環境に優しいグリーン有機合成プロセスの開発を目指します。
- 外部試薬を必要としない脱保護反応：光解離性保護基
- 危険な一酸化炭素をアルデヒドで代替する反応：非一酸化炭素型カルボニル化法
- 廃棄物の削減を目指した触媒反応：One-Pot 合成法

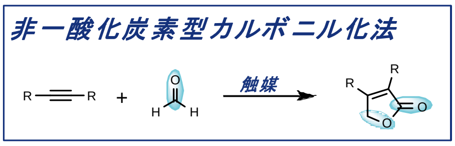
(4) π共役系新分子の合成を目指します。
- ナノサイズデンドリマー型環状ゲルマニウム化合物の合成
- π共役系長鎖炭化水素－パラジウム、白金錯体の合成

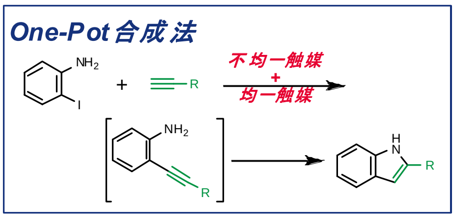












■ 研究設備

- 各種分析機器（500MHz NMR、GC-MS、FT-IR、TOF-MS、UV-Vis、蛍光、GLC、HPLC、旋光計 など）
- 精密合成用機器（自動合成装置、分取用 HPLC など）

■ 共同研究・社会活動など

- 大阪大学、大阪府立大学、大阪市立大学、同志社女子大学、シカゴ大学
- 日本化学会、アメリカ化学会、有機合成化学協会、光化学協会
  日本薬学会、近畿化学協会、触媒学会

バイオミメティック科学講座

URL : http://mswebs.naist.jp/LABs/kikuchi/index-j.html

教授：菊池　純一
jkikuchi@ms.naist.jp

准教授：池田　篤志
aikeda@ms.naist.jp

助教：安原　主馬
yasuhara@ms.naist.jp

■ 講座概要

当講座では、生体系に学び、生体系を超える新しい分子材料、分子システムの開発を通じて、バイオ・ナノサイエンス、インフォメーションテクノロジーを先導するためのシーズを開拓しています。

■ 主な研究分野

・新規バイオ・ナノマテリアルとしてのセラソームの開発

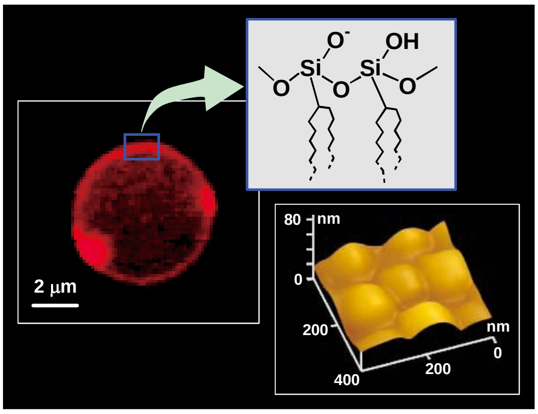
人工細胞膜の表面を原子１層分だけセラミックコーティングした新規のナノカプセル「セラソーム」を開発し、そのバイオ・ナノマテリアルとしての可能性を探索しています。例えば、セラソームの有する高い構造安定性を利用して、人工多細胞システムの構築、人工細胞の磁気マニピュレーション、高効率遺伝子導入法の開発などの研究を行っています。

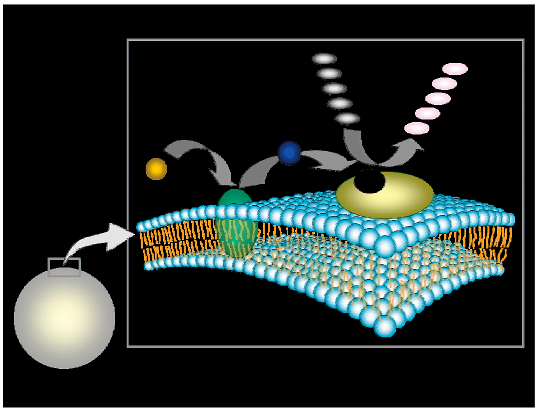
・分子を用いる次世代型情報通信システムの開拓

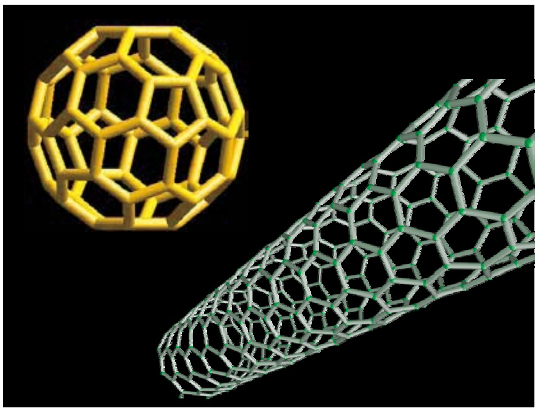
生体には無配線かつナノスケールで情報処理を行うシステムがあります。この生体系に学ぶことで酵素や受容体などを組み込んだ人工細胞を作製し、光、熱、イオンなどの情報を処理できるナノデバイスを開発しています。さらに、これらナノデバイスの有機的な組織化・連係によって、分子を用いる未来の情報通信システム「分子通信」を開拓しています。

・フラーレン、カーボンナノチューブによる分子デバイス作製

人工細胞膜に可溶化したフラーレン（C_{60} など）や、高分子や超分子化合物を複合化したカーボンナノチューブを作製し、その光特性を利用した細胞活性、光電変換素子、センサーなど、様々な分子デバイスへの応用について研究しています。







■ 研究設備

分光分析装置（UV, CD, FT-IR, DLS, 蛍光, 瞬間マルチ測光システム, 表面・界面分光分析装置など）、合成機器一式（リサイクル分取HPLCなど）、LB膜作製装置、示差走査熱量分析計、ゼータ電位計、走査プローブ顕微鏡、蛍光顕微鏡、電気化学測定装置、生体分子間相互作用測定装置など

■ 共同研究・社会活動など

・カリフォルニア大学アーバイン校（米国）、ミシガン大学（米国）、大連民族学院（中国）、遼寧大学（中国）、東京医科歯科大学、九州大学、企業各社、学内および研究科内の他講座など

・日本化学会（生体機能関連化学部会、コロイドおよび界面化学部会、バイオテクノロジー部会）、アメリカ化学会、高分子学会、有機合成化学協会、日本ゾルーゲル学会、生物物理学会、光化学協会など

エネルギー変換科学講座

URL: http://mswebs.naist.jp/LABs/kataoka/mainpage.htm

教授：片岡　幹雄
kataoka@ms.naist.jp

准教授：上久保　裕生
kamikubo@ms.naist.jp

助教：山崎　洋一
yamazaki@ms.naist.jp

助教：山口　真理子
myamaguchi@ms.naist.jp

■ 講座概要

全ての蛋白質は遺伝情報に従って合成されます。遺伝情報にはアミノ酸の配列情報しか含まれていませんが、蛋白質が本来の機能を発揮するためには、正しく“折り畳まれる”ことが不可欠です。配列・立体構造・機能の関係、すなわち蛋白質の設計原理を明らかにすることで、新しい機能を持った蛋白質の創成が可能となります。最近では折り畳みの異常がアルツハイマー病などの病気を引き起こすことも明らかになり、タンパク質の設計原理の理解は、タンパク質化学だけでなく、細胞生物学や病理学、創薬とも重要な課題になってきています（図 1）。私たちは、光受容蛋白質他の機能性タンパク質を用いて、蛋白質の設計原理を明らかにすることで、新しい機能を持つ蛋白質を作り出す“蛋白質設計工学の実現”が、究極の研究目標です。

■主な研究分野

(a)構造生物学　蛋白質の設計原理を明らかにするためには、アミノ酸配列にコードされた、立体構造形成や機能発現に関する情報を読み解く必要があります。我々は、アミノ酸配列の単純化や網羅的アラニン挿入変異解析という手法を編み出し、アミノ酸配列上に記述された、これらの情報を抽出することに成功してきました（図 2）。今後は、これらの情報を活用し、人工蛋白質の設計に役立てようとしています。さらに、蛋白質の機能発現にとって本質的な蛋白質動力学を、実験的・理論的に明らかにすることも重要な課題と考え研究を進めています。

(b)光生物物理学　光受容蛋白質は光によってスイッチがオンになります。最近私たちは高分解能中性子構造解析により、発色団と蛋白質の間に低障壁水素結合という特殊な水素結合が形成されていることを世界で初めて見出しました（図 3）。光により通常の水素結合に緩和することで情報が伝わる新しい仕組みを提唱しています。

(c)感覚生理学　光受容蛋白質と密接な関係がある情報伝達蛋白質の構造と機能を明らかにし、光情報伝達機構の解明を目指します。この研究は神経系のモデル系と考えられ、脳や神経伝達の理解とも密接に関係しています。

(d)計測　上述の諸課題を実行するために、シンクロトロン放射光や中性子など最先端の技術を応用します。そのための新しい測定装置や解析法の開発にも積極的に取り組みます。

■研究設備

FTIR・ストップトフロー装置・円二色性分散計・閃光分解測定装置・蛍光光度計・紫外可視分光器・表面プラズモン共鳴バイオセンサ・蛋白質精製システム・シーケンサ・プラスミド調製機・蛋白質X線結晶構造解析システム・X線溶液散乱測定システム。

■共同研究

国際共同研究（仏、独、米）。高エネルギー加速器研究機構や SPring-8 におけるシンクロトロン放射光及び中性子を用いた研究他、国内外での共同研究多数。

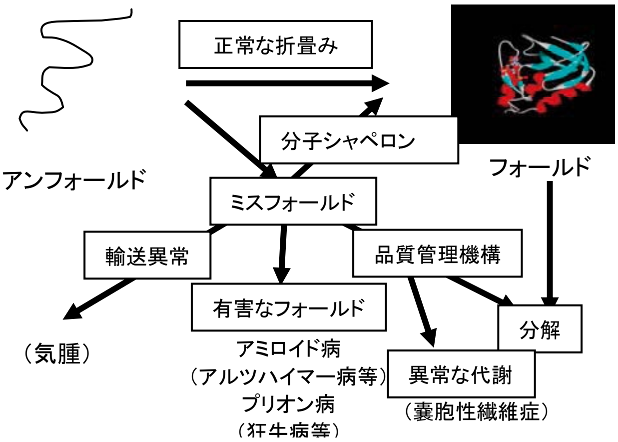
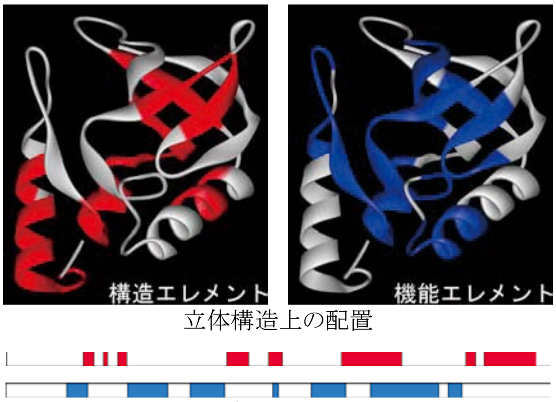


図1　細胞内でのタンパク質の動態



アミノ酸配列上の配置

図2　構造・機能に重要な領域

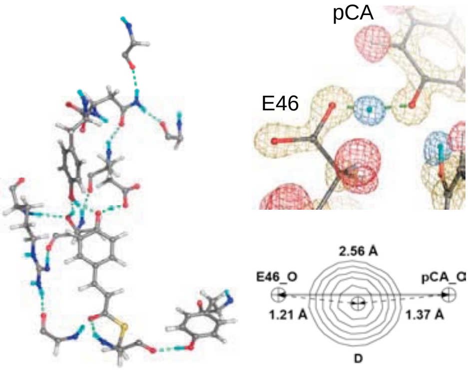


図3　PYP 発色団近傍の水素結合ネットワーク（左）と発色団とグルタミン酸 46 の間の低障壁水素結合（右）。高分解能中性子結晶構造解析による水素原子の観測が可能になった。

超分子集合体科学講座

URL: http://mswebs.naist.jp/LABs/hirota

教授:廣田 俊
hirota@ms.naist.jp

助教:佐竹 彰治
satake@ms.naist.jp

助教:長尾 聡
s-nagao@ms.naist.jp

■ 講座概要 超分子集合体科学講座では、分野横断的研究を行っており、生体機能関連化学、ナノバイオテクノロジー、タンパク質科学、有機合成化学、錯体化学、生物無機化学、光物理化学、振動分光法、遺伝子工学などを用いて、生体分子で依然未知である機能メカニズムを解明するとともに、生物が発揮している素晴しい機能を化学的に発現し、それを利用する新技術の開発を行っている。

■ 主な研究分野 **●ナノバイオテクノロジー技術の開発**:タンパク質やDNAなどの生体分子の立体構造や超分子構造を制御する新しい方法論の構築を行っている。例えば、タンパク質の構造形成を光制御し、その構造形成過程を追跡することに成功した(図1)。また、生体分子を用いた光スイッチング技術の開発を新しい視点で行っている。

●生体内酵素の反応メカニズムの解明:生体分子は人間が実験室レベルで物質を制御するよりもはるかに効率よく機能している。種々の測定法を工夫することにより、例えば、銅含有タンパク質に酸素が結合する様子を分光学的に観測することに成功し、新しい知見を得た(図2)。

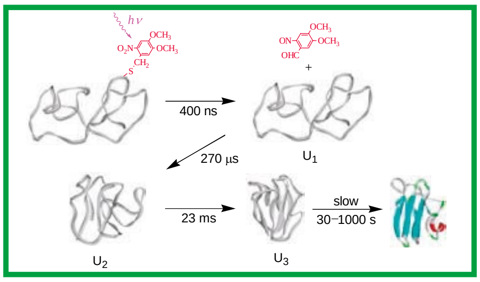


図1 タンパク質の構造形成の光制御
(*J. Am. Chem. Soc.*, 2006)

●光応答性金属錯体の創成 :金属錯体は、遺伝子操作、生体構造プローブのデザイン、新しいがん療法の開発などに応用できる可能性が期待され、バイオテクノロジー、薬学などの分野で興味がもたれている。本講座では、光異性化するアゾベンゼンで2つの錯体を連結し、光により可逆的にDNA切断活性をon−off制御することに初めて成功した(図3)。

●タンパク質の変性過程の解明:アルツハイマー病ではアミロイドβペプチドが沈着し、クロイツフェルト・ヤコブ病や狂牛病ではプリオンタンパク質が凝集する。これらの病気は総称してタンパク質構造異常病と呼ばれ、近年、非常に注目されているが、これらの構造異常化のメカニズムは依然不明のままである。本講座では、この変性過程の解明を目指している。

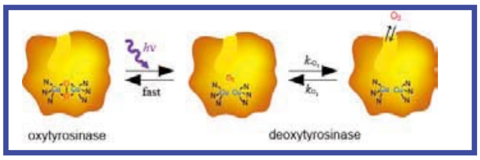


図2 酵素への酸素結合挙動の模式図
(*J. Am. Chem. Soc.*, 2005; *J. Biol. Chem.*, 2008)

●超分子ナノリング、超分子錯体触媒:仕掛けを施した機能性分子を有機化学的に合成し、これを自己組織化させることによって単独では発現しない機能を発現させることを目指している。超分子ポルフィリンナノリング(図4)の自己組織化を用いた高次構造体の構築や超分子錯体触媒の研究開発を行っている。また、有機合成化学と超分子化学を組み合わせた超分子合成化学の方法論の開発も行っている。

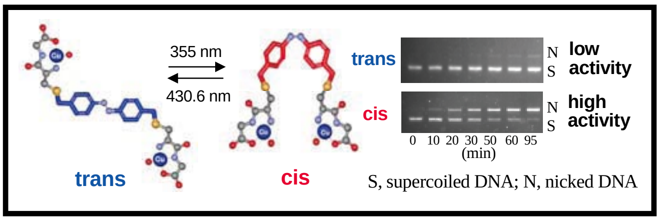


図3 光応答性錯体とDNA切断制御 (*Inorg. Chem.*, 2008)

■研究設備 共鳴ラマン装置、ステップスキャンFT-IR(時間分解測定可能)装置、ナノ秒過渡吸収測定装置、ストップドフロー装置、倒立蛍光顕微鏡、グローブボックス内分光光度計、蛍光分光光度計、MALDI-TOFマス測定装置、電気化学測定装置、リサイクル GPC、PCR、各種分子生物学実験機器、各種タンパク質精製機器など本講座所有研究機器の他、NMR(600MHz 他)、ESR、X線結晶解析装置などの共通機器を利用している。

■共同研究・社会活動など 京都大学、大阪大学、金沢大学、筑波大学、名古屋工業大学、兵庫県立大学、大阪市立大学、同志社大学、京都薬科大学、アメリカ、イタリア、ドイツ、オランダ、ギリシャなど。日本化学会など。

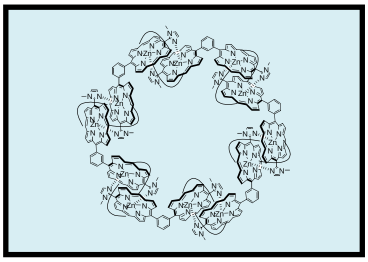


図4 安定化された超分子ポルフィリンマクロリング (*J. Am. Chem. Soc.*, 2005)

生体適合性物質科学講座

URL : http: //mswebs.naist.jp/LABs/tanihara/index-j.html

教授 : 谷原　正夫
mtanihar@ms.naist.jp

准教授 : 安藤　剛
tando@ms.naist.jp

助教 : 廣原　志保
hirohara@ms.naist.jp

助教 : 寺田　佳世
kterada@ms.naist.jp

■ 講座概要

生体と材料の相互作用を分子レベルで解析して、生体適合性機構を解明し、これを基に、神経、血管、骨、皮膚等の再生医療を実現するための材料、新しい治療方法、新しい医薬やDDS等への応用につながる研究を行います。そのため、有機化学、無機化学、高分子科学、分子生物学、医学、薬学等の幅広い学問分野の知識・技術を生かして、新規な材料の分子設計と評価を行います。これらの研究教育を通して、機能性材料の研究をリードできる研究者の育成を目指しています。

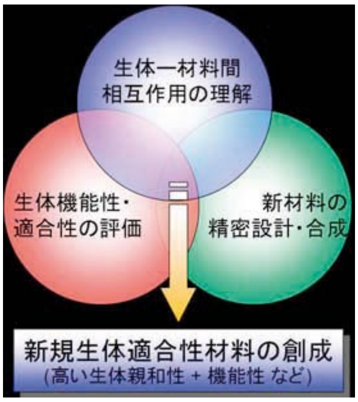


図1. 新規生体適合性材料の創成

■ 主な研究分野

(1) 生体適合性機構の解明

生体(遺伝子、タンパク質、細胞、組織、個体)と材料の相互作用を分子レベルで解析して、生体適合性機構の解明と新材料設計に必要な基礎的知見を得ます(図1)。例えば、従来不可能であった小口径人工血管を可能にする画期的な抗血栓性材料の創成を目指しています。

(2) 組織工学や再生医療を支える材料の設計と創成

有機ポリマーやタンパク質、多糖類、ペプチドを用いて、生体親和性が良いだけでなく、生体組織に積極的に働きかける機能性材料の創成を目指しています。材料の創成においては、ポリマーの構造を精密に設計できる精密重合法を用いることにより、通常の合成法では得られない新機能性材料の創成を目指します。例えば、星形ポリマー分子から成る遺伝子キャリアー(図2)、骨形成を促進するペプチド、三重らせん構造を再現した人工コラーゲン分子、神経分化促進ペプチドなど、世界的に注目される研究成果を産み出しています。

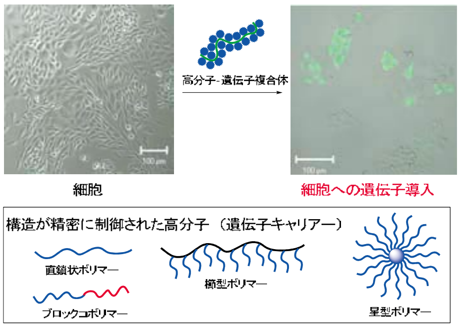


図2. 遺伝子キャリアーの創成

(3) 光を用いた新しいがん治療法の開発

副作用の少ないがんの新しい治療法を目指し、腫瘍集積性を持つポルフィリンやポリマーを可視光あるいは X 線と組み合わせることで、がん細胞を死滅させる光増感剤を開発しています(図3)。

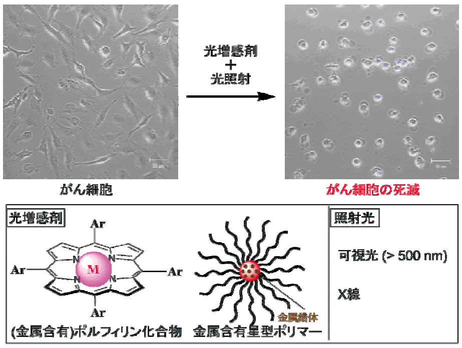


図3. 光化学がん治療法

■ 研究設備

高速液体クロマトグラフ(HPLC,GPC)、蛍光・吸光・発光プレートリーダー、ペプチド全自動合成装置、FE-SEM-EDX、DNA シークエンサー、PCR 装置、紫外・可視・赤外分光解析システム、デジタル万能材料試験機、共焦点レーザー顕微鏡、セルソーター、円二色性分散計、TEM、走査型プローブ顕微鏡、真空ライン重合装置、凍結ミクロトーム等

■ 共同研究・社会活動など

- 所属学会 : 高分子学会、日本化学会、日本薬学会、バイオマテリアル学会、再生医療学会、アメリカ化学会等
- 共同研究 : 京都大学、名古屋大学、東海大学、奈良女子大学、(財)医学研究所北野病院、大阪大学等
- 大学発ベンチャー : (株)PHG

光情報分子科学講座

URL : http:// mswebs.naist.jp/center/LABs/kawai/

教授:河合　壯
tkawai@ms.naist.jp

准教授:長谷川　靖哉
hasegawa@ms.naist.jp

助教:中嶋　琢也
ntaku@ms.naist.jp

助教:湯浅　順平
yuasaj@ms.naist.jp

■ 講座概要

将来の通信、記録、センシング、バイオイメージングなど幅広い情報技術の飛躍に向けてナノメートルレベルの分子デバイスや超微粒子材料に期待が寄せられています。本講座では単一分子、単一粒子レベルの光と物質の相互作用を基盤に光情報材料の開拓を目指します。特に光応答性および光制御性を有する分子・高分子さらにはナノ粒子材料の開発を行います。

■ 主な研究分野

<u>(1)フォトクロミック分子、刺激応答性分子、高分子の開発</u>

フォトクロミック反応に伴ってπ共役系の拡がりが大きく変化するターアレーレン系分子を提案し、さらにイオン間相互作用や蛍光、電気化学特性など多様な分子物性を可逆に光制御できる多様なフォトクロミック分子の開発に取り組んでいます。(*J.Am.Chem.Soc.*2008 & *Chem.Mater.*2007)電荷間の相互作用により平面構造とねじれ構造を切り替える新しいπ共役ユニットなどの分子合成を進めています。(*Org.Lett.*2007)

<u>(2)希土類材料の開発</u>

光情報機能物質を創成するため、強発光特性を有する希土類錯体、および光磁気特性を有する希土類ナノ結晶の開発に関する研究に取り組んでいます。(*J.Am.Chem.Soc.*2008 & *J.Phys.Chem.A* 2008) 特に分子センサーや分子メモリを目指して、刺激応答特性を有する希土類錯体や近赤外強発光錯体の開発を進めています。

<u>(3)ナノ結晶材料の開発</u>

ナノメートルスケールの半導体超微粒子はバルク材料にないユニークな性質を示します。当研究グループでは光情報機能材料の開拓をめざして、ナノ結晶材料の開発に取り組んでいます。例えば半導体ナノ結晶の媒体としてイオン液体という特殊な溶媒を用いることにより、発光特性や安定性の飛躍的な向上や、ポリマー複合材料の作製に成功しました。
(*J.Phys.Chem.C* 2008, *J.Phys.Chem.C* 2007 & *Macromol.*2007)

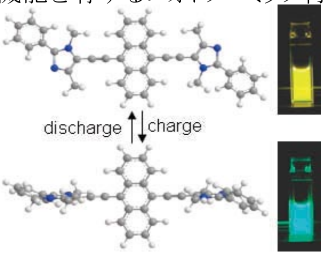
<u>(4)キラル発光材料の開発</u>

光学活性な発光材料は、将来のディスプレイや光通信用光源材料として期待が寄せられています。希土類錯体やポリマーなどさまざまなキラル発光材料やその評価計測方法の開発に取り組んでいます。
(*ChemPhysChem.*2007)

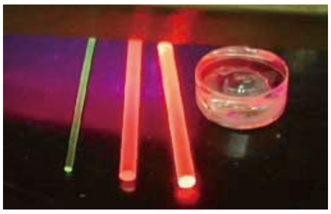
■ 研究設備

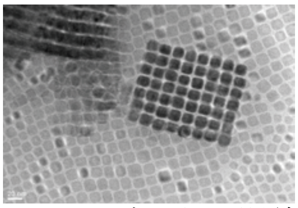
円偏光蛍光顕微計測装置、可視近赤外分光計測装置、グローブボックス
HPLC、GPC、量子化学計算用PC、単一分子共焦点顕微鏡　他

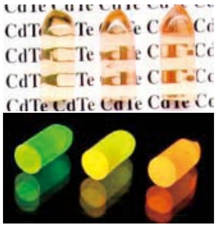
調光機能を有するフォトクロミック材料



主鎖のねじれ構造により共役構造を変化させるπ共役分子


希土類錯体を含む強発光ポリマー


EuS ナノキューブの電子顕微鏡像


半導体超微粒子-ポリマー複合材料

超高速フォトニクス講座

http://mswebs.naist.jp/LABs/kawaguchi/index-j.html

教授:河口　仁司
khitoshi@ms.naist.jp

准教授:黄　　晋二
koh@ms.naist.jp

助教:片山　健夫
tkatayam@ms.naist.jp

助教:池田　和浩
kazikeda@ms.naist.jp

■ 講座概要

本講座では、半導体光デバイスの研究とそのフォトニックネットワーク（将来の光通信網）への応用を“超高速”をキーワードとして実験を中心に行っています。また、量子コンピュータや量子情報通信などの新技術に役立つ、新しい光デバイスの研究も行います。

■ 主な研究分野

1.面発光半導体レーザ(VCSEL)の作製と光信号処理への応用

VCSEL は偏光双安定特性をもつため、機能素子としての応用が期待されます。ナノ技術を用いて VCSEL を製作し、レーザ発振偏光と偏光が直交する光パルスを入力することにより双安定性が得られます（図 1）。この偏光双安定 VCSEL を用いた全光型 3R (reamplification, reshaping, and retiming) 信号再生を研究しています。又、VCSEL の２次元アレイ（図 2）を作製し、個々の VCSEL を 1 ビットのメモリとして動作させ、光パケット通信用バッファメモリを創製します（図 3）。

2.極短光パルス生成とこれを用いた光計測技術の開発

光通信波長帯（1.55μm 帯）で、数 10～100fs の光源を開発しています。オプティカルパラメトリックオシレータ(OPO)を光源とし、正常分散光ファイバでスーパーコンティニウム(SC)光を発生し、さらに異常分散光ファイバで圧縮し、極短パルスを発生します。半導体光素子のサブピコ秒の応答特性測定に利用します。

3.量子状態を制御した新しい半導体光素子の研究

円偏光パルス光によりスピン偏極した電子を半導体中に生成する手法を用いて、量子井戸中での電子スピンダイナミクスについて研究を進めています。特に、電子スピン緩和時間が極めて長い GaAs(110)基板上の量子井戸に注目しており、これを活性層とした円偏光でレーザ発振するスピン VCSEL の作製を行っています。また、強磁性体電極から半導体光デバイスへのスピン偏極電子の注入についても研究を行います(図 4)。

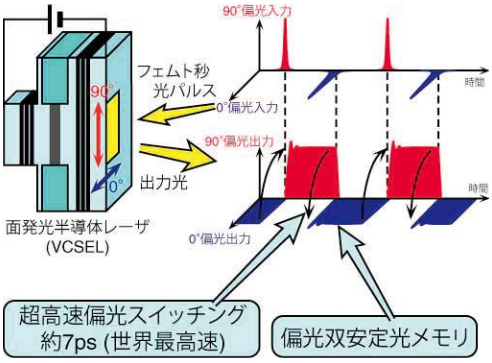


図 1　偏光双安定面発光半導体レーザ

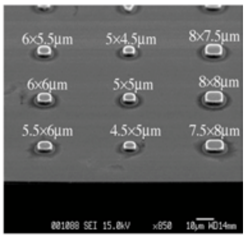


図 2　面発光半導体レーザ 2 次元アレイの電子顕微鏡写真

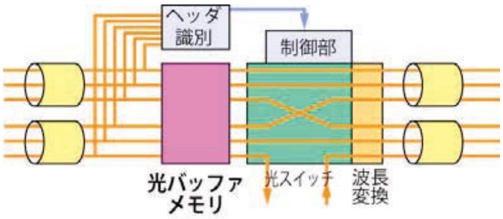


図 3　光バッファメモリを用いた光パケットスイッチノード

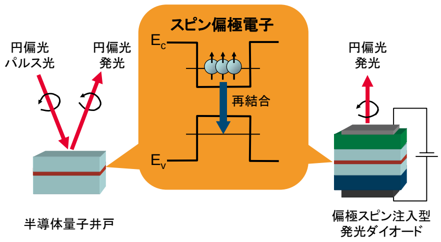


図 4　光励起及びスピン注入を用いたスピン偏極電子の生成と円偏光発光

■ 研究設備

1.**半導体光素子製造装置**:分子線結晶成長装置(MBE), 反応性イオンエッチング装置(ICP-RIE、ECR-RIE)

2.**半導体結晶・物性評価装置**：4 結晶 X 線回折装置, 10T 超伝導マグネット, 100fs Ti; Sapphire 波長可変レーザ, 時間分解 PL 測定用ストリークカメラ

3.**超高速光信号処理システム**：200fs・1.55μm 光パラメトリック発振器, 12.5Gbps ビット誤り率測定システム, 13GHz リアルタイムオシロスコープ, 0.01nm 光スペクトラムアナライザ

■ 共同研究・社会活動など

・総務省戦略的情報通信研究開発推進制度（SCOPE）:「長波長偏光双安定面発光半導体レーザを用いた全光パケットスイッチノードに関する研究開発」研究代表者　河口仁司

ナノ構造磁気科学講座

URL : http://mswebs.naist.jp/LABs/hosoito/index.html

准教授：細糸　信好
hosoito@ms.naist.jp

■ 講座概要

本講座では真空蒸着法、スパッタ法などで金属磁性薄膜・多層膜を作製し、ナノ薄膜に特有な磁気現象、薄膜の構造と磁性の関連などについての基礎的な研究を行なっている。放射光X線を用いたナノ構造磁性の研究が本講座の大きな特徴である。ナノ領域では、磁性層に接した非磁性層にも磁性が生じる。元素選択的な磁気構造解析が可能なX線分光法、共鳴X線磁気散乱法の開発、測定技術の改良、高感度化、解析法の精密化などを行い、スピンエレクトロニクスにとって重要な「非磁性層の磁性」や「伝導電子の磁性」の研究を進めている。また、「元素選択的な磁化測定」を活用して磁気記録材料と密接な関係がある磁性複合膜の研究を行なっている。

図1. 共鳴 X 線磁気散乱測定装置

■ 主な研究分野

大きさが制限された系の構造、磁気構造、磁気物性の関連に着目して以下のような研究を行っている。

- 磁性／磁性多層膜の元素ごとの磁気状態
- 磁性／非磁性多層膜の磁気結合と輸送現象（巨大磁気抵抗効果、間接交換結合、量子井戸状態、スピンエレクトロニクス）
- エピタキシャル磁性／非磁性多層膜の非磁性層精密磁気構造解析
- 間接交換結合系の非磁性層磁気分極構造とその磁場変化
- 磁気数層膜の磁気結合、磁気異方性、交換バイアス効果、磁化過程
- 界面磁性、ナノ磁性
- シンクロトロン放射光を利用した磁性測定技術（新しい実験技術・装置の開発、解析法の開発）

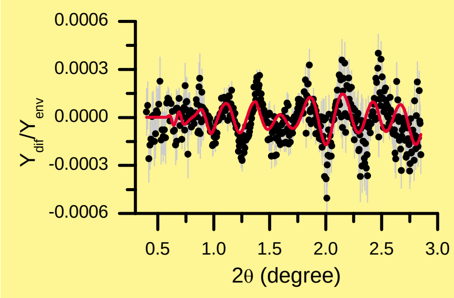


図 2. 交換バイアス膜の反強磁性 MnIr 層に誘起された非補償磁化による磁気散乱プロファイル（Ir L_3 吸収端）

■ 研究設備

電子ビーム加熱超高真空蒸着装置、マルチターゲット・スパッタリング装置、温度可変振動試料型磁気測定装置、磁気抵抗測定装置、原子間力顕微鏡／磁気力顕微鏡、X線反射率測定装置、粉末X線回折装置、放射光X線散乱実験用電磁石（二台）、CCD 二次元X線検出器

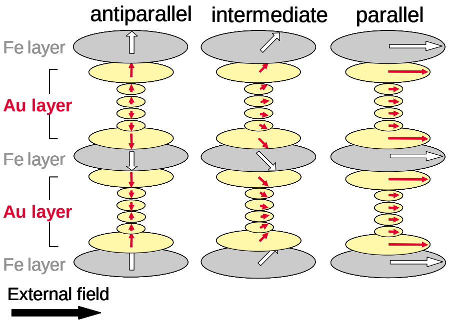


図 3. Fe/Au 多層膜中の Au 層に誘起された磁気構造の磁場変化

■ 共同研究・社会活動など

共同研究：アルゴンヌ国立研究所（合衆国）、高輝度光科学研究センター（SPring-8）、東北大学工学研究科、京都大学化学研究所など
所属学会：日本物理学会、日本磁気学会

〈連携講座〉機能物性解析科学講座(三洋電機㈱ 研究開発本部)

URL : http://mswebs.naist.jp/LABs/sanyo/index-j.html

教授：柴田　賢一
kenichi.shibata@sanyo.com

教授：田中　誠
makoto.tanaka@sanyo.com

准教授：野村　康彦
yasuhiko.nomura@sanyo.com

■ 講座概要

21 世紀の私達の生活を考えると、地球環境を守るクリーンエネルギー技術と、豊かな人生を創造するマルチメディア技術が重要になります。本講座では、

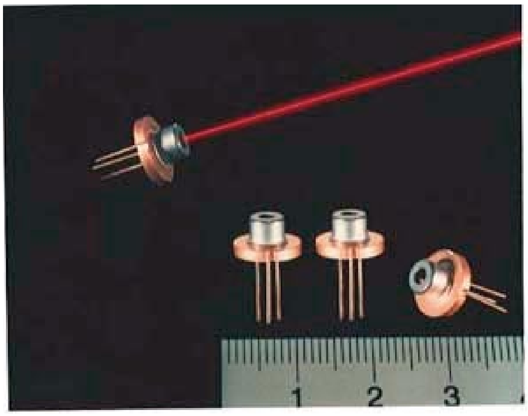
1. マルチメディア機器のキーデバイスを実現する機能材料(有機電子材料、機能性セラミックス)
2. 次世代の太陽電池やディスプレイの中心となる薄膜半導体材料
3. 高機能な半導体レーザを実現するマイクロオプティクス材料

の3つの材料分野について、微視的な観点から解析を行うとともに、これらの材料系を用いた新規な機能デバイス開発を目指します。

携帯電話機に用いられる圧電デバイス

■ 主な研究分野

1. 機能材料(有機電子材料、機能性セラミックス)
   - (1) 有機電子材料、機能性セラミックスの解析・評価
   - (2) 有機電子材料を用いた発光素子、薄膜トランジスタの解析、評価
   - (3) 誘電・圧電・焦電特性の評価とデバイスへの応用
2. 薄膜半導体材料
   - (1) 光電物性の解析
   - (2) アモルファス Si と結晶 Si のヘテロ接合界面の解析
   - (3) 上記ヘテロ接合を用いた新型太陽電池の研究開発
3. マイクロオプティックス材料
   - (1) 化合物半導体結晶の解析、評価
   - (2) 量子井戸構造の物性と発光デバイスへの応用



半導体レーザ

■ 研究設備

三洋電機(株)研究開発本部　アドバンストエナジー研究所、アドバンストデバイス研究所の各種製膜装置、分析評価装置及び本学基幹講座の設備を活用します。

■ 共同研究・社会活動など

1. 連携講座の特長を活かした、積極的な産学共同研究を進めます。
2. 応用物理学会、電子通信情報学会、日本化学会などを中心として活動します。

＜連携講座＞メゾスコピック物質科学講座（パナソニック㈱先端技術研究所）

URL：http://mswebs.naist.jp/LABs/matsushita/index-j.html

教授：山下　一郎
ichiro@ms.naist.jp

教授：足立　秀明
adachi.hide@jp.panasonic.com

准教授：吉井　重雄
yoshii.shigeo@jp.panasonic.com

■ 講座概要

当講座では、バイオナノプロセス研究、スピン・強相関エレクトロニクス材料研究と、確率共鳴情報処理研究を行っています。バイオナノプロセス研究では、バイオ分子を用いたナノエレクトロニクスデバイスの作製を目指し新規な研究領域を世界に先駆けて切り開いています。層状薄膜作成、スピンエレクトロニクス材料、強相関電子系材料等のメゾスコピックな物質の合成と新規機能創出の研究も行っています。

■ 主な研究分野

バイオナノプロセス研究

現在ナノメートルオーダーの加工が可能な新規微細加工技術が望まれています。そこでバイオ分子、特にタンパク質の性質、①同じサイズであること、②内部空間でのバイオミネライゼーション、③自己組織化ができること、に注目して図1に示すようなナノエレクトロニクスデバイスの作製をめざした研究＝バイオナノプロセス研究を行っています。

また、各種タンパク質の配置／配向制御技術と遺伝子改変技術をベースとして、電子デバイスだけでなく、バイオセンサーやエネルギーデバイスへの応用を目指した研究を行っています。

スピン・強相関エレクトロニクス材料研究

メゾスコピックレベルで発現するスピン・強相関系材料の機能解析を基に、従来の電子デバイスにはなかった電子とスピンの相互作用に着目した新しいデバイスの創出を目指した研究を行っています。

■ 研究設備

タンパク質遺伝子操作設備、タンパク質発現精製設備、AFM、STM、DSC、DLS、TSC、電界放射型走査電子顕微鏡、電界放射型 200kV 生物透過電子顕微鏡、拡散炉、熱処理炉、RTA　処理炉、エッチング装置、デバイス電気特性測定装置など

■ 共同研究・社会活動など

当講座では、科学技術振興機構・戦略的創造研究推進事業プロジェクト「バイオのナノテクノロジーを用いたナノ集積プロセス」を行っています。また、微細素子科学講座と共同してフローティングゲートメモリを作製しバイオナノプロセスの実証研究を行っています。その他、東北大学、東京工業大学、大阪大学、神戸高専、鹿児島大学と共同研究を推進中です。

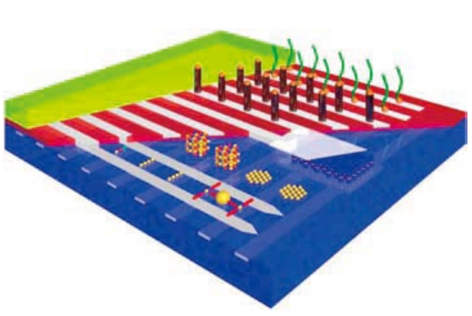


図1．バイオナノプロセスによるナノエレクトロニクスデバイス作製

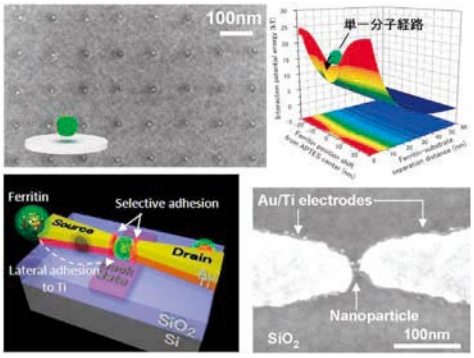


図2．タンパク質配置によるナノデバイス

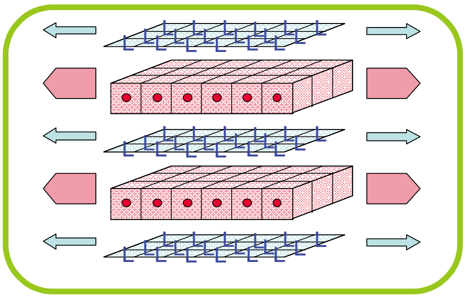


図3．自己組織化層状物質合成プロセス

<連携講座>知能物質科学講座(シャープ㈱研究開発本部)

http://mswebs.naist.jp/LABs/sharp/index-j.html

教授:高橋　明
takahashi-akira@sharp.co.jp

教授:向殿　充浩
koden.mitsuhiro@sharp.co.jp

准教授:和泉　真
makoto.izumi@sharp.co.jp

■ 講座概要

本講座では、3人の教員がそれぞれの専門分野で新しいデバイスと材料研究を行っています。

磁性材料と光学材料研究を中心にしたメモリデバイスの研究、液晶や有機ELのような表示装置に使われる材料や応用技術、および、新しい特性を持つデバイスの研究です。

シャープ(株)研究開発本部
奈良県天理市櫟本町2613-1

■ 主な研究分野

1. 記録用材料

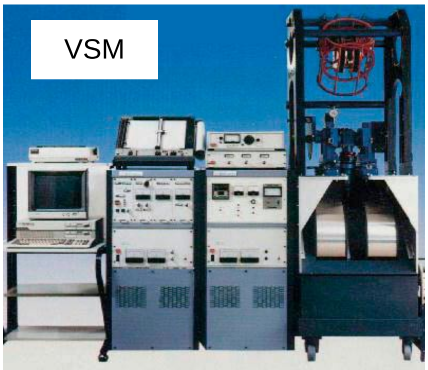
光ディスクや磁気ディスクなどのディスク型メモリは、材料開発とデバイス開発により記録密度が大幅に向上している分野で、常に技術革新が起こっている分野です。本講座では、記録媒体になる材料と、記録再生ヘッドに使われる新しい複合材料を研究しています。

2. 表示用材料

薄型テレビや携帯電話の表示装置など、薄型表示装置は幅広く使われており、高精細、高速応答、低消費電力など高性能化が求められています。そこで、パッシブデバイス用から自発光素子用材料まで幅広い研究開発を行っています。

3. 外場応答材料

原子サイズから数ナノメーターまでの微小な領域で結晶の構造制御を行うことで、特異な電子物性を実現できます。電子準位や相転移の制御を通して、光、電場、磁場等の外場に対し、敏感に巨視的応答する機能性材料を研究しています。



■ 研究設備

1. 製膜装置	・スパッタ装置　(3元、5元マグネトロン)
	・有機膜製膜装置
2. 測定装置	・VSM(振動試料磁力計)
	・分光器、カー効果、エリプソメータ
3. 解析装置	・蛍光X線、X 線回折
	・AFM

＜連携講座＞機能高分子科学講座（参天製薬㈱）

URL：http:// mswebs.naist.jp/LABs/santen/index.html

教授：伴　正和
banm@santen.co.jp

教授：青野　浩之
aonoh@santen.co.jp

准教授：本田　崇宏
hondat@ms.naist.jp

■ 講座概要

低分子医薬品の開発初期では有機化学の力が大変必要となります（図1）。本講座では創薬ターゲットとして、病態の発症や増悪に深く関わっているキナーゼに着目し、時にはコンピュータによる薬物設計を行い、実際に新規な化合物を有機化学によって合成して活性を評価し、新たな医薬品リード、医薬品候補化合物の創生を目指します。
実際の合成においてはコンビナトリアルケミストリー等の技術を用い、医薬品創生に必要な合成技術の開発もしていきたいと考えます。

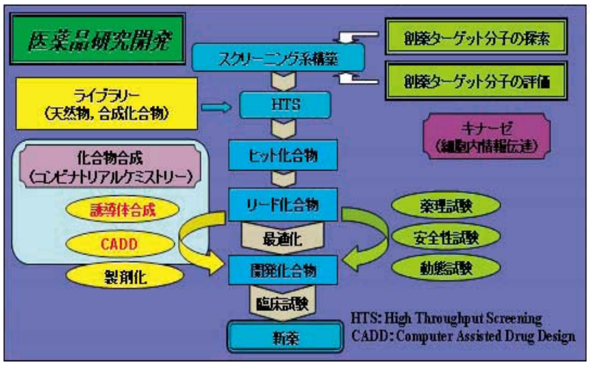


図１医薬品の開発の流れ

■ 主な研究分野

抗癌剤のターゲットとして注目されている VEGF（血管内皮細胞増殖因子）レセプターチロシンキナーゼに作用するものとして 1,4–ベンゾオキサジン-3–オン誘導体（図 2）、ジアゾール誘導体やインドール誘導体（図 3）の合成と活性評価を行っています。

1,4–ベンゾオキサジン-3–オン誘導体はコンビナトリアルケミストリーにより、ジアゾール誘導体やインドール誘導体などは既存の化合物の分子構造特性を参考に見出しました。これらの化合物は分子内で水素結合とは異なる非結合性相互作用によって活性発現に適した安定な３次元構造をとっています（図 3）。我々はこのような非結合性相互作用を基盤としたドラッグデザインで、ユニークな構造と活性を持つ有機化合物を創出し、ガン以外にも慢性の炎症性疾患や免疫抑制剤のターゲットとして考えられているキナーゼの阻害剤を見出したいと考えています。

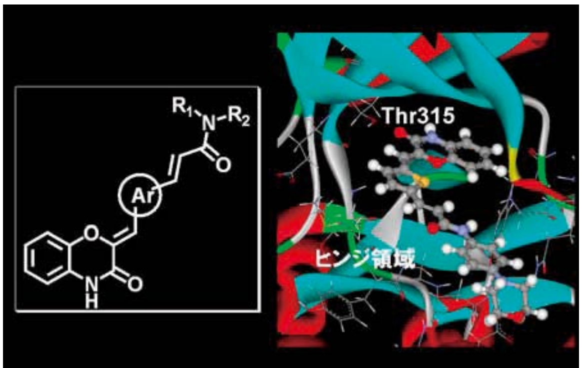


図2　1,4-ベンゾオキサジン-3-オン誘導体のドッキングスタディー

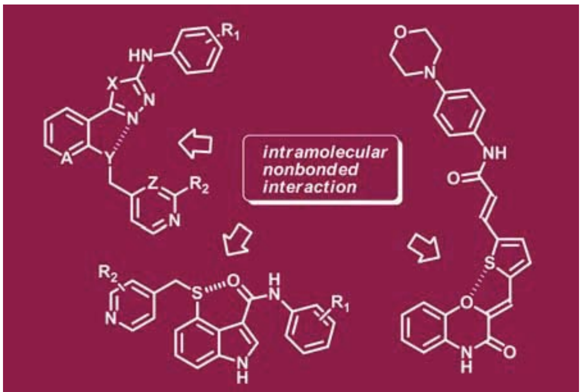


図 3　分子内非結合性相互作用によるドラッグデザイン

■ 研究設備

液相・固相対応パラレル合成装置
フラクションコレクター連動クロマトグラフィー装置
FT-IR赤外分光光度計
液相対応 12 連パラレル合成装置
【共通設備】
FT-NMR（270, 300、600MHz）
有機低分子X線構造解析装置
二重収束型質量分析計　　　以上　物質創成科学研究科所有
FT-NMR（400、500MHz）、LC-MS、HTS装置
液相・固相対応パラレル合成装置　以上参天奈良研究開発センター所有

■ 共同研究・社会活動など

他企業等

＜連携講座＞環境適応物質学講座（(財)地球環境産業技術研究機構）

URL : http://mswebs.naist.jp/LABs/rite/index-j.html

教授：藤岡　祐一
fujioka@rite.or.jp

教授：余語　克則
yogo@rite.or.jp

准教授：風間　伸吾
kazama@rite.or.jp

■ 講座概要

当講座はRITE化学研究グループのスタッフが担当し、地球温暖化問題の解決に向けて、2つの方向から研究開発を行っている。ひとつは排出された二酸化炭素（CO_2）を固定するため、火力発電所、製鉄所等の大規模固定発生源からの排気ガス中の CO_2 の分離回収固定する研究である。他はCO_2排出量を削減あるいはCO_2シンク拡大であり、具体的にはバイオマスなど再生可能エネルギーの開発を進めている。

■ 主な研究分野

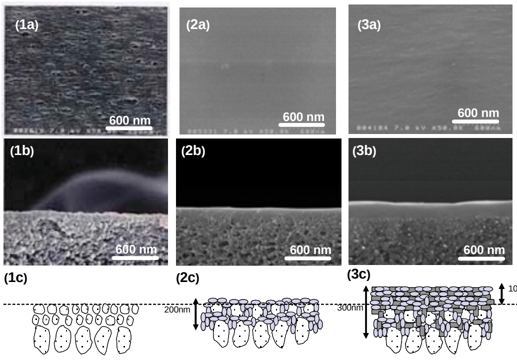
1. 新エネルギー技術
   (1) バイオマスの新規な利用技術
   (2) 高効率水素分離技術
2. CO_2 分離回収・固定化技術
   (1) 膜分離技術（高分子膜、無機膜）
   　高分子膜：デンドリマー膜、カーボン膜
   　無機多孔質膜：ゼオライト膜、メソポーラスシリカ膜
   (2) ナノ・メソ多孔体利用吸着分離技術
   　有機－無機ハイブリッド型 CO_2 吸着剤
   (3) CO_2 の炭酸塩固定化技術
   　スラグ、廃コンクリート利用 CO_2 固定

研究室のコアテクノロジー

■ 研究設備

RITE（http://www.rite.or.jp/　京都府相楽郡木津町木津川台 9－2）内の各分析機器および本学の共通設備を活用

X線光電子分光装置(XPS)、走査型トンネル顕微鏡(STM)、走査型電子顕微鏡(FE-SEM)、透過型電子顕微鏡（TEM）、FT-IR、UV-VIS、HPLC、TG-DTA、XRD、共焦点レーザー顕微鏡、2成分ガス吸着測定装置等



PSF（ポリスルフォン）へのデンドリマー（CO_2分離機能材料）の付与工程を示すSEM像

■ 共同研究・社会活動など

日本化学会、化学工学会、石油学会、触媒学会、ゼオライト学会、資源エネルギー学会、電気化学会、高分子学会など。ノルウェーのNTNU（技術工科大学）、米国NETL（国立エネルギー技術開発研究所）と共同研究実施を締結。スタンフォード大学の主催するGCEP（Global Climate & Energy Program）に参画。

Research Institute of Innovative Technology for the Earth

＜連携講座＞感覚機能素子科学講座（㈱島津製作所　基盤技術研究所）

URL : http://mswebs.naist.jp/LABs/shimadzu/index-j.html

教授：中西　博昭
nakanisi@shimadzu.co.jp

教授：小関　英一
zeki@shimadzu.co.jp

准教授：西本　尚弘
nisimoto@shimadzu.co.jp

■ 講座概要

マイクロマシニング技術などセンサ・デバイス関連の基盤技術研究を実施するとともに、それを用いて作製した電気泳動チップ、細胞培養チップ（図 1 参照）やマイクロリアクター、電気浸透流ポンプ（図 2 参照）、気液分離チップ（図 3 参照）などのいろいろなデバイス研究を行なっています。また、医療・診断分野への展開として、分子イメージング技術についても研究を行なっています。さらに、それらの技術を統合・集積化することで、高機能な超小型化学分析システム（μTAS : Micro Total Analysis Systems）の実現に取り組んでいます。

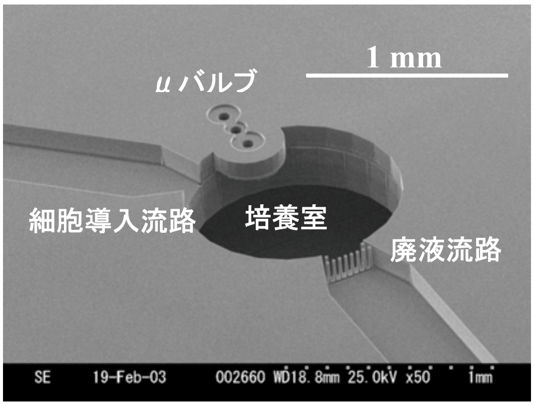


図1　細胞機能解析システム用細胞培養チップ

■ 主な研究分野

半導体製造プロセス技術を応用して、シリコン基板やガラス基板にサブ μm オーダの微細加工（マイクロマシニング）を施すことで、化学分析や化学操作（反応や抽出など）を行なう μm サイズの三次元構造を持つ機能デバイスを開発しています。また、それらの機能デバイスを基板上に集積化して、DNA 分析システム、リアルタイム細胞機能解析システム、オンサイト環境分析システム、可搬型分析システムなどの、複雑な機能を有する μTAS の実現を目指して、基盤技術研究に取り組んでいます。また、ガンの超早期発見など医療・診断分野への応用を目指して、分子プローブの分子設計やマイクロリアクターを用いた合成装置など、分子イメージング関連技術についても取り組んでいます。

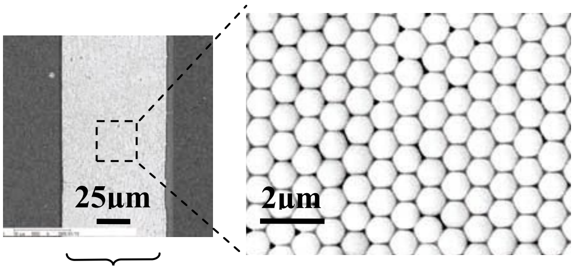
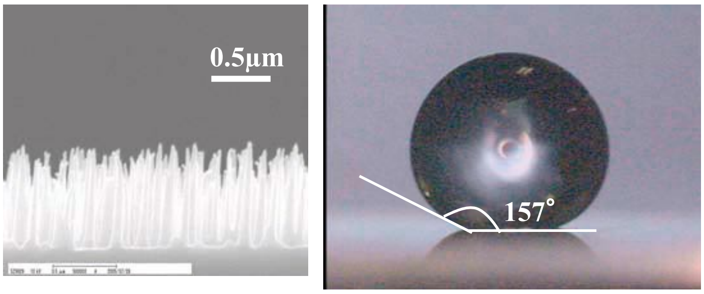


図2　シリカナノ粒子を充填したプラスチック流路

■ 研究項目の具体例

- マイクロマシニング技術
- 超小型化学分析システム
- マイクロリアクター、マイクロポンプ
- オンサイト環境分析システム
- 気液分離チップ、細胞培養チップ
- 分子イメージング技術



ブラックシリコン断面　　**水滴の接触角測定**

図3　気液分離に用いるブラックシリコンの撥水性

■ 研究設備

- 各種成膜（スパッタ、蒸着）装置
- 露光装置（アライナ、EB 露光）
- ドライエッチング装置

＜寄附講座＞濱野準一レーザーバイオナノ科学講座

URL：http://mswebs.naist.jp/LABs/masuhara/index.html

特任教授：増原　宏
masuhara@ms.naist.jp

特任准教授：細川　陽一郎
hosokawa@ms.naist.jp

特任准教授：杉山　輝樹
sugiyama@ms.naist.jp

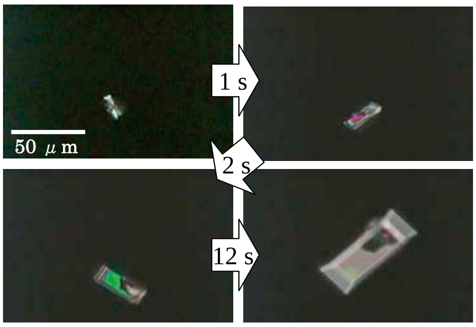
■ 講座概要

当講座では、レーザーのすばらしさを活かし、細胞や蛋白質などを単一分子、単一ナノ粒子レベルで理解し、操作しようとする研究を展開し、新しいバイオナノサイエンス、バイオテクノロジーを切り拓こうとしています。

■ 主な研究分野

・レーザー結晶化

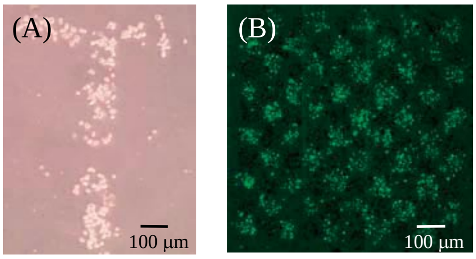
高強度のレーザーを顕微鏡で集光すると、そこに細胞や分子が引き寄せられる現象がみられます。私たちはレーザーを用いて有機分子を集め、結晶化させることに成功し、その研究を進めています。従来、結晶を作製するためには自然に結晶核が生成するのを待っていましたが、この方法により結晶発生を自在に制御でき、分子の結晶化メカニズムの解明に役立ち、さらには新しい結晶を創成する可能性も秘めています。



レーザーにより発生したグリシンの結晶

・レーザーマイクロ津波と細胞の相互作用

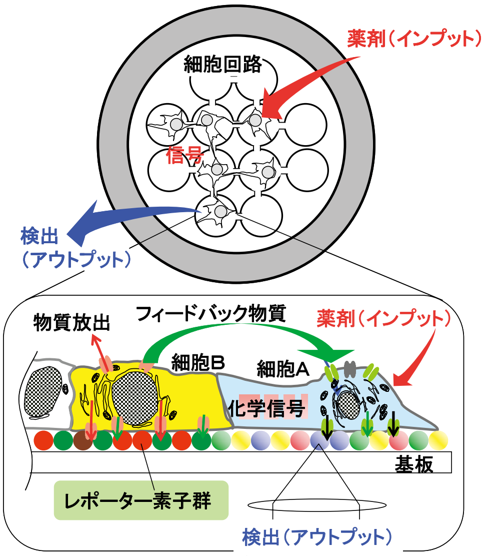
光を100兆分の1秒の時間に濃縮したフェムト秒レーザーを、細胞や蛋白質の溶液に集光すると、集光点で小さな爆発現象がおきます。私たちはこの爆発により発生した“マイクロ津波”を利用して、細胞を一つずつ操作することに成功し、バイオに向けた細胞の新しい操作方法を確立しようとしています。これまで生きた細胞を一つずつ自在に扱える技術はなく、この操作方法は一細胞レベルで理解が進んでいるバイオサイエンスのための新しいツールとして期待を集めています。



レーザーマイクロ津波により配列された細胞(A)と蛋白質微結晶(B)

・レーザーによるセルチップ作製

これまでのバイオ研究では、生体機能の特性や薬の影響を調べるために、多くの動物実験をおこなう必要がありました。生体組織の最小限の機能を持つ細胞群を、自在に並べて組織を模したセルチップを作ることができれば、動物実験を減らすことができます。私たちは、“レーザーマイクロ津波”による一細胞の操作方法を駆使し、より生体に近いセルチップを実現しようとしています。



セルチップの概念図

■ 研究設備

フェムト秒レーザー細胞操作システム（高出力フェムト秒レーザー、顕微鏡、高速カメラ）、レーザー分子トラッピングシステム（Nd:YVO_4 レーザー、顕微鏡、分光器）、共焦点顕微分光システム、原子間力顕微鏡、細胞培養施設

■ 共同研究・社会活動など

・国立交通大学（台湾）、陽明大学（台湾）、中国科学院理化学技術研究所（中）、パリ大学（仏）、カシャン高等師範学校（仏）、ルーバンカトリック大（ベルギー）、阪大、北大、徳島大、神大、東大、阪府大、企業各社

物質創成科学研究科・物質科学教育研究センター共通設備機器

【物質評価解析・質量分析装置群】

物質や材料の構造、組成や多様な性質を評価・解析するための施設群です。

透過型電子顕微鏡

《透過型電子顕微鏡》

300kV に加速した電子線を試料に照射し、透過した電子線から画像や試料の物性情報を取得する装置です。ナノメートルスケールの構造解析に威力を発揮します。

《二次イオン質量分析装置（SIMS)》

集束したセシウムイオンあるいは酸素イオンを試料に照射し、そのときに生じる二次イオンを用いて質量分析する装置です。半導体やセラミックスなどに含まれる微量元素の検出や深さ方向の分布を解析することが出来ます。

二次イオン質量分析装置

《X 線回折構造解析装置群》

X 線の回折現象から多様な材料の結晶構造を解析する装置です。セラミックスなどの微小領域の解析が出来る粉末 X 線回折装置、有機低分子などの単結晶試料に適した有機低分子 X 線構造解析装置、さらにタンパクなどの巨大分子や分子集合体の解析に威力を発揮する X 線小角散乱装置を備えた超分子 X 線構造解析装置などが設置されています。

600MHｚ超伝導 NMR 装置

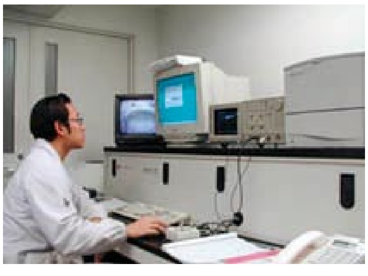
《超伝導 NMR 測定装置群》

核磁気共鳴現象を利用して分子や高分子材料の構造を解析する装置です。自己拡散係数測定装置を備えた６００MHｚ超伝導 NMR 測定装置をはじめ、多核種や二次元分析に対応した５００MHz、４００MHｚおよび３００MH などの各超伝導 NMR 測定装置が設置されています。

《質量分析装置群》

分子や元素の質量を測定して、材料の元素組成を解析する装置群です。生体分子や高分子などにも対応した MALDI-専用飛行時間型質量分析計（TOF-MS）や高精度の質量分析に適し FAB をはじめ多様なイオン化法に対応可能な二重収束型質量分析装置が設置されています。また溶液中の微量元素の多元素同時定量に威力を発揮する超短波誘導プラズマ元素分析装置（MIP-MS）も設置されています。

MALDI-専用飛行時間型質量分析計



《全自動元素分析装置》

有機分子材料などに含まれる CHN などの元素分析をおこなう装置です。熟練した専門技官による依頼測定により運用されています。

《蛍光Ｘ線元素分析装置》

固体や液体などの試料から蛍光として放射される Ｘ 線を分析することで非破壊かつ高精度の元素分析が可能です。

複合型表面組成分析装（XPS/AES）

【表面観測装置群】

物質や材料の表面を観測するための装置群です。ナノメートルスケールの解像度や多様な分析技術により、材料の表面を多角的に解析することが出来ます。

《複合型表面組成分析装置（XPS/AES）》

Ｘ 線(XPS の場合)もしくは電子線(AES の場合)を使って試料中の元素や電子状態を解析することが出来ます。XPS と AES の併用により多角的な元素分析が可能です。

電界放射型走査電子顕微鏡

《電界放射型走査電子顕微鏡》

数 nm に収束した電子線で試料表面を走査し、発生した二次電子を拡大画像化することが可能な高性能の電子顕微鏡です。EDS による微小領域の元素分析にも対応します。

走査プローブ顕微鏡（SPM）

《走査プローブ顕微鏡（SPM)》

原子間力（AFM）やトンネル電流（STM）を利用して、試料の表面形態をナノレベルの解像度でイメージングする装置です。液中での測定、電流電圧計測さらに表面電位のマッピングなどにも対応しています。

【分光分析装置群】

物質の組成や構造の解析に加えて、光と物質の相互作用を解明する目的で多様な分光分析機器が設置されています。

顕微レーザーラマン分光光度計

《顕微レーザーラマン分光光度計》

マイクロメータースケールの微小領域のラマン分光により、材料の構造、組成および電子状態を解析することが可能です。多波長レーザー光源や３次元ステージを装備しています。

《円二色性分散計》
生体関連などの光学活性分子の円二色性を評価する装置です。

フェムト秒 Ti-S＆蛍光寿命測定装置

《フェムト秒 Ti-Sapphire＆蛍光寿命測定装置》
パルス幅 100fsec の波長可変超短パルスレーザーと 5psec の時間分解能を有するストリークスコープからなる蛍光寿命測定装置です。分子や半導体材料における電子励起状態や超高速の緩和現象を解析することが出来ます。１０K までの低温測定や波長可変レーザーも備えています。

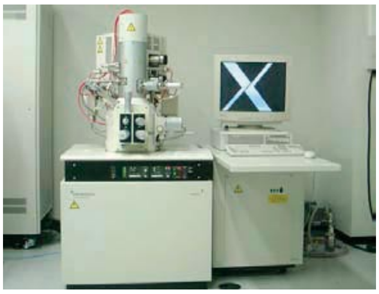
《分光エリプソメーター》
入射光と反射光の偏光状態の変化から薄膜試料の膜厚、屈折率、減衰係数などを高精度で評価する装置です。

複合酸化物薄膜形成装置

【精製・成膜・加工装置群】
半導体をはじめとする多様な材料の薄膜化、加工および精製ための設備が配備されています。多くはクリーンルーム内に収容されています。

《複合酸化物薄膜形成装置》
複数の酸化物ターゲットにアルゴン等のイオンを照射し、弾き出されたターゲット材料を対向する基板上に堆積させることで様々な組成の機能性薄膜材料を作製する装置です。

集束イオンビーム加工装置装置



《集束イオンビーム加工装置装置（FIB)》
集束したガリウムイオンを照射することにより、試料の微細加工をする装置です。照射時に生じる二次電子を画像として得る事も可能です。

《高純度金属スパッタ装置》
白金、銅、金およびチタンなどの多様な金属薄膜をスパッタ法により成膜することが出来ます。

《TFE 電子ビーム描画装置》
極細電子ビームにより、10 ナノメートルオーダーの超微細描画ができます。描画パターンの評価に SEM としても充分活用できる観察機能も併せ持っています。

TFE 電子ビーム描画装置

縮小投影露光装置

《縮小投影露光装置》

マスクパターンの精密転写による微細パターン形成が可能な露光装置です。非接触で露光でき、段差があったり、われやすい、半導体素子、光素子などの作製に威力を発揮します。

クリーンルーム

【クリーンルーム】

大気中に存在するゴミ・ホコリを超高性能フィルタで取りのぞいて清浄雰囲気下で物質の創成ができます。クリーン度は CLASS 1000 です。レジスト塗布、マスクの位置合せ、露光、現像など微細デバイス作製に対応可能なイエロールームは CLASS 100 レベルの清浄度です。特殊高圧ガスを使用するマスク製作、酸化・拡散工程に対応した高圧実験室も設置されています。

【個人用コンピューター】

大学院学生およびスタッフに全学の高速ネットワークに接続された PC が配布され研究データ解析や論文執筆、情報収集に活用されています。また、各 PC から最新のジャーナルや化合物・文献検索システムにアクセスすることができます。

【物質解析システム】

金属や半導体中の自由電子は電気伝導などに寄与し、また局在電子も磁性や光学的性質などに寄与します。それらの互いに相互作用をする電子集団の振舞を解析し、物質の性質を明らかにするための高性能なコンピュータシステムです。高速ネットワークで連結された多数のプロセッサーを制御用コンピューターが集中管理する PC クラスターシステムにより高速並列演算が可能です。

【分子設計支援システム】

医農薬品開発、生体分子、有機材料、無機材料等の設計、開発の分野で幅広く利用されている″Insight II″と″Cerius2″からなる分子計算用 PC システムです。全てのモジュールはグラフィカルインターフェースにより操作することができます。

索　　　　　引

事 項 索 引

事 項 名	記 載 頁
3R	26
CZ	18
DDS	24
DNA	23
FeRAM	18
FIB	18
MEMS	18
MOCVD	18
PTC	18
Sol-gel法	18
VCSEL	26
X線磁気散乱	27
X線溶液散乱	22
μTAS	33
圧電アクチュエータ	18
圧電効果	18,27
圧電センサ	18
アモルファス半導体	28
アンテナ錯体	23
遺伝子	24
遺伝子工学	23
遺伝子導入	21
医薬	24
ウェアラブルコンピュータ	18
液晶	30
オレフィン重合	16
音響光学効果	18
カーボンナノチューブ	21
界面磁性	27
化学工学	32
核酸	23
角度分解光電子分光	14
化合物半導体	13,28
環境科学	32
間接交換結合	27
吸着脱離	14
強相関電子系	15
共鳴X線磁気散乱	27
共役パイ電子系合成ブロック	20
強誘電体	18
強誘電体薄膜メモリー	18
極短光パルス	26
巨大磁気抵抗効果	18
均一系触媒反応	20
有機金属化合物	18
組換DNA技術	22
蛍光体微粒子	18
原子層レベル制御結晶成長	19
原子配列構造	14
原子平坦基板	18
顕微レーザー分光	34
交換バイアス効果	27
紅色光合成細菌	22
高性能高分子	16
酵素反応	23
光電子分光	14
光電変換素子	21
高分子科学	32

事 項 名	記 載 頁
高分子機能材料-設計･合成･評価	16
高密度励起子系	15
固体表面	14
再生医療	24
細胞接着力測定	34
酸化物電子材料	18
視覚情報処理	17
磁気構造	27
磁気物性	27
指向性X線増感剤	24
指向性光増感剤	24
自己組織化	18
自己組織化超分子	29
システムオンパネル	18
磁性体	29
磁性多層膜	30
磁性ナノ粒子、ナノワイヤ	29
磁性薄膜･多層膜	27
次世代型情報通信システム	21
集束イオンビーム加工装置	17
焦電効果	18
触媒化学	32
シリコン薄膜	18
新機能材料の開発	16
神経分化促進ペプチド	24
人エコラーゲン分子	24
信号再生	26
人工細胞膜	21
人工視覚	17
人工多細胞システム	21
人工蛋白質	22
人エタンパク質	23
振動分光法	22
数式処理ソフト	15
スーパーコンティニウム(SC)光	26
スパッタ成膜	18
スピンエレクトロニクス	27
スピンバルブ	27
スピン偏極電子	26
生体機能関連化学	23
生体光センサー	22
生理活性天然物	20
精密重合法	24
セラソーム	21
セルチップ作製	34
遷移金属錯体触媒	16
全合成研究	20
センサ技術	33
走査トンネル顕微鏡	14
大規模記憶デバイス	18
太陽電池	19
多環式有機化合物の合成	20
タキソール	20
単一細胞操作	34
単一粒子分光	13
弾性表面波素子	18
炭素骨格変換法	20
タンパク質	23

事 項 名	記 載 頁
タンパク質化学修飾	29
タンパク質結晶X線構造解析	29
蛋白質構造形成	22
タンパク質構造形成	23
蛋白質設計工学	22
タンパク質超分子	23,29
蛋白質動力学	22
窒化物半導体	30
中性子非弾性散乱	22
超高周波デバイス	18
超伝導	14
超薄膜	13
超分子科学	23
超分子錯体触媒	23
チョクラルスキー法	18
低温分光法	22
低環境負荷材料	18
電気工学効果	18
電気光学薄膜材料	17
電子エネルギーバンド	14
電子セラミックス	18
電子相関	15
電子ビーム加工	18
ナノ構造磁性	27
ナノ構造物質	13,18,19
ﾅﾉｻｲｽﾞﾃﾞﾝﾄﾞﾘﾏｰ型環状ｹﾞﾙﾏﾆｳﾑ化合物	20
ナノテクノロジー	23
ナノデバイス	21
ナノバイオテクノロジー	23
ナノ薄膜	27
二次元光電子分光	14
二次元表示型光電子分光装置	14
燃料電池	18
バイオ･ナノマテリアル	21
バイオ情報処理	29
バイオセンサー	18
バイオナノエレクトロニクス材料	29
バイオナノテクノロジー	29
バイオナノプロセス	18,19,29
バイオ分子によるナノ粒子合成	29
バイオミネラリゼーション	29
薄膜材料	29
薄膜トランジスタ	18
発光	14
バッファメモリ	26
半導体	13
光エネルギー変換	22
光応答性生体分子	23
光解離性保護基	20
光機能素子	17
光集積回路	18
光受容蛋白質	22
光情報伝達機構	22
光信号処理	26
光ネットワークデバイス	18
光パケット通信	26
光物性	13
光無線LAN	17
光誘起相転移	15
光誘起超伝導	15
微細加工	18
微細電子デバイス	18,19
ビジョンチップ	17
非線形光学効果	18
非平衡状態	15
表面磁性	14
表面新物質	14
表面電気伝導度	14
フェムト秒レーザー加工	34
フェルミ面	14
フォトニクスバイオLSI	17
フォトリフラクティブ効果	18
不均一系触媒反応	20
不斉光付加反応	20
物理化学	32
フラーレン	21
プラズマ科学	32
フレキシブルディスプレイ	18
分光法	23
分子イメージング	33
分子エレクトロニクス	13
分子性結晶	13,15,17,34
分子通信	21
分子配線	23
分子フォトニクス素子	23
並列計算	15
ペプチド	23,24
偏光双安定特性	26
放射光	14,27
ホールサブバンド	14
ポストゲノム科学	24
ポルフィリン組織体	23
マイクロ波デバイス	18
マイクロ波誘電体	18
マイクロマシニング	33
マイクロリアクター	20
無機材料科学	32
メタ物質	13
面発光半導体レーザ	26
薬学	23
有機金属錯体	20
有機電子材料	28
有機ナノ粒子	34
有機発光デバイス	30
有機半導体レーザー	13
誘電体薄膜	29
輸送現象	27
立体原子写真	14
量子井戸状態	27
量子効果	13
量子ドット	17
量子ビットの制御	15
レーザーアブレーション	34
レーザー結晶化	18
レーザートラッピング	34
レーザー分光	13
レーザー誘起応力波	34
レーザ光	15

研究設備・機器索引

研究設備・機器名	記 載 頁
0.01nm光スペクトラムアナライザ	26
100fs Ti; Sapphire波長可変レーザ	26
10T超伝導マグネット	26
12.5Gbpsビット誤り率測定システム	26
13GHzリアルタイムオシロスコープ	26
200fs・1.55μm光パラメトリック発振器	26
4結晶X線回折装置	26
AFM	24
CCD二次元X線検出器	27
DNAシーケンサー	22,24
CD	16
ESR	23
FE-SEM-EDX	24
FT-IR	16,20
GC	16
GC-MS	20
GLC	20
GPC	16
HPLC	20,23
LB膜作製装置	21
MALDI-TOF質量分析装置	23
NMR	20,23
PCR	23
PCR装置	24
RTA処理炉	29
Ti-Sapphire波長可変ﾚｰｻﾞｰ	17
TOF-MS	20
UV	20
VLSI設計設備	17
XRD逆格子マッピング装置	17,18
X線回折装置	17
X線反射率測定装置	27
X線光電子分光	32
X線溶液散乱測定システム	22
アルゴノートテクノロジー社製パラレル合成(Quest210,205)	31
エッチング装置	29
エミッション顕微鏡	18,19
円二色性分散計	22,24
化学気相堆積装置(MOCVD)	18
化学的気相成長装置	18,19
拡散炉	29
各種分光分析装置	21
共焦点顕微分光システム	34
共焦点レーザー顕微鏡	24
共鳴Raman分光装置	23
極低温電子物性解析装置	18
近接場光学顕微鏡	13,17
クリーンルーム	18,19
グローブボックス内分光光度計	23
蛍光	20
蛍光X線組成分析装置	18
蛍光・吸光発光プレートリーダー	24
蛍光光度計	22
蛍光分光光度計	16,23
結晶切断・研磨装置	18
原子間力顕微鏡/磁気力顕微鏡	27
原子間力顕微鏡(AFM)	17,29
原子層制御薄膜堆積装置	18,19
顕微ラマン分光装置	13
工学特性評価装置	18
合成機器一式	21
高速液体ｸﾛﾏﾄｸﾞﾗﾌ	24
高分解能角度分解光電子分光装置	14
高分解能二次元表示型光電子分光装置	14
極低温電子物性解析装置	19
IRORI社製固相合成Tagシステム	31
細胞培養施設	34
紫外可視分光器	22
紫外可視分光解析システム	24
時間分解FTIR	22
時間分解PL測定用ストリークカメラ	26
時間分解分光装置	13
磁気抵抗測定装置	27
示差走査熱量計DSC	29
示差走査熱量分析計	21
自動合成装置	20
集束イオンビーム加工装置	13
蒸着装置	18
真空ライン重合装置	24
振動試料型磁気測定装置	27
ステップスキャンFT-IR	23
ストップドフロー分光光度計	23
ストップドフローCD	22
ストリークカメラ	17
スパッタリング複合薄膜堆積装置	18
生体分子間相互作用測定装置	21
成膜装置	33
ゼータ電位計	21
セルソーター	24
旋光計	20
走査型電子顕微鏡	32
走査型トンネル顕微鏡	13,14,29,32
走査プローブ顕微鏡(SPM)	21
単結晶育成装置	18
タンパク質・遺伝子操作設備	29
蛋白質X線結晶構造解析ｼｽﾃﾑ	22
タンパク質発現精製設備	29
超高真空試料搬送システム	14
超高真空走査電子顕微鏡	14
低温光照射FTIR	22
デジタル万能材料試験機	24
電界放射型200kV生物透過電子顕微鏡	29
電界放射型走査電子顕微鏡	29
電気・温度測定装置	18
電気化学測定装置	21,23
電子ビーム加熱超高真空蒸着装置	27
電子ビーム描画装置	18
透過型電子顕微鏡	24,32
凍結ミクロトーム	24
同軸型直衝突ｲｵﾝ散乱分光装置	17
動的光散乱測定装置DLS	29

研究設備・機器名	記 載 頁
特性評価装置	29
ドライエッチング装置	33
ナノ秒過渡吸収測定装置	23
日本電子社製270MHz、500MHz超伝導 NMR(JNM-AL300,JNM-ECP500)	31
日本分光社製HPLC	31
熱処理炉	29
ネットワークアナライザ	18
薄膜形成装置	29
発光分光システム	14
半自動クロマトグラフィー装置(CombiFlash)	31
半自動パラレルクロマトグラフィー装置 (MORITEX Purif)	31
反射高速電子線回折装置	17
半導体パラメータアナライザ	17,18,19
反応性イオンエッチング装置(ICP-RIE)	26
反応性イオンエッチング装置(ECR-RIE)	26
表面改質装置	19
表面磁気光学カー効果測定装置	14
表面弾性波評価装置	18
表面低温電気伝導度測定装置	14
表面プラズモン共鳴分光装置	22
フーリエ変換赤外分光装置	24
フェムト秒レーザー誘起応力波計測システム	34
フェムト秒レーザー細胞操作システム	34
フォトルミ装置	17
プラスミド自動調製装置	22
分光エリプソメータ	17,19
分子線結晶成長装置(MBE)	26
分取用HPLC	20
粉末X線回折装置	27
ペプチド全自動合成装置	24
放射光X線散乱実験用電磁石	27
放射光二次元光電子分光装置	14
ホール効果測定装置	17
マルチターゲット・スパッタリング装置	27
有機分子蒸着装置	14
誘電体評価システム	18
リサイクルGPC	23
レーザーアブレーション装置	14
レーザー分光トラッピングシステム	34
レーザビーム誘起電流検出装置	19
露光装置	33
ロジックアナライザ	17
倒立蛍光顕微鏡	23

教員索引

教員名	記載頁
相原正樹	15
青野浩之	31
足立秀明	29
安藤剛	24
池田篤志	21
池田和浩	26
石墨淳	13
和泉真	30
稲垣剛	15
内山潔	18
浦岡行治	18
太田淳	17
加川夏子	20
垣内喜代三	20
風間伸吾	32
片岡幹雄	22
片山健夫	26
上久保裕生	22
上沼睦典	18
河合壯	25
河口仁司	26
菊池純一	21
黄晋二	26
向殿充浩	30
小関英一	33
笹川清隆	17
佐竹彰治	23
重城貴信	15
柴田賢一	28
杉山輝樹	34
大門寛	14
高橋明	30
高橋聡	15
武田さくら	14
田中誠	28
谷原正夫	24
堤健	20
寺田佳世	24

教員名	記載頁
徳田崇	17
冨田知志	13
内藤昌信	16
長尾聡	23
中嶋琢也	25
中西博昭	33
西田貴司	18
西本尚弘	33
野田俊彦	17
野村琴広	16
野村康彦	28
長谷川靖哉	25
畑山智亮	19
服部賢	14
伴正和	31
廣田俊	23
廣原志保	24
藤岡祐一	32
藤木道也	16
冬木隆	19
細糸信好	27
細川陽一郎	34
堀田昌宏	18
本田崇宏	31
増原宏	34
松井文彦	14
森本積	20
安原主馬	21
柳久雄	13
矢野裕司	19
山口真理子	22
山﨑洋一	22
山下一郎	29
山本愛士	13
湯浅順平	25
余語克則	32
吉井重雄	29