

日本大学学術研究戦略プロジェクト  
日本大学 N. 研究プロジェクト

# ナノ物質を基盤とする光・量子技術の極限追求

平成 21 年度－平成 25 年度

平成 24 年度報告書

研究代表者：大月穰（日本大学理工学部教授）



Nihon University Strategic Projects for Academic Research

Nanotechnology Excellence, Nihon University

— Nanomaterial-based Photonic, Quantum and Bio Technologies —

2009 — 2013

Progress Report 2012

Principal Investigator: OTSUKI, Joe  
Professor of College of Science and Technology, Nihon University

日本大学 N. 研究プロジェクト発行物第 12 号

[http://www.nihon-u.ac.jp/research/n\\_research\\_project/project01/Nproject21.html](http://www.nihon-u.ac.jp/research/n_research_project/project01/Nproject21.html)

## 目次 / Contents

健やか未来へ向けて	1
メンバー	2
研究課題要旨	3
研究体制	3
研究目標	4
2012年度の主な成果	6
成果発信	9
活動記録 2012年2月以降	10
班の報告	11
研究者の報告	21
Toward a Healthy Future	53
Researchers	56
Overview of the Project	57
Research Groups	57
Objectives of the Project	58
Publications Records	60
Progress Reports of Groups	61
Progress Reports of Individual Researchers	72
業績 / Publications and Achievements since 2012	104
外部評価委員による評価 / Reviews by the Advisors	125
参考資料 / Supplementary Materials since 2012	129

## 健やか未来へ向けて

平成 21 年度に開始された「日本大学 N.研究プロジェクト」に採択された私達の課題研究「ナノ物質を基盤とする光・量子技術の極限追求」を始めてから 4 年が経とうとしています。健やか未来を実現するために解決しなければいけない大きな 3 つの問題——日本人の死因の 1 / 3 を占める癌，化石資源の枯渇と大気中の二酸化炭素濃度の急速な増加，および情報の記録，通信の大容量化の課題——の解決に貢献することが，私達のプロジェクトの目的です。一見多岐にわたる問題ですが，問題を技術的な視点からたどると，どれも共通の「ナノ物質」の科学や技術に根源があることが見えてきます。「光」とナノ領域の物質との「量子力学」的な相互作用の科学とそれに基づく技術の最先端に焦点を当て，日本大学の理・工系と医療系の 5 学部の研究者が共同してこの学際的な研究を進めています。

初年度の平成 21 年には，情報分野で超高速記録に関連した研究がアメリカ物理学会の *Physics* に紹介され，医療分野の遺伝子ネットワークの解析が *Nature* に掲載されるなどの成果がありました。平成 22 年は，情報分野で量子情報に関連した研究が，*Nature Photonics* に掲載され，外部資金として総務省の戦略的情報通信研究開発推進制度（SCOPE）の採択につながりました。平成 23 年度にも，情報分野の研究がさらに大きく進展し，量子通信実験でいくつか新記録が達成され，また，超高速記録に関する論文が *Nature* に掲載されました。4 年目の平成 24 年度は，熱のみで磁化反転がおこるプロセスが発見され *Nature Communication* に掲載されるなど，情報分野の研究では大きな成果があがっています。理論分野でも，量子力学の基本的な謎をひとつ解明した論文が，英国物理学会の IOP セレクトに選出され，欧州物理学会の *Europhysics News* に取り上げられました。

プロジェクト研究開始当初に設定した目標もいくつか達成され始めています。量子情報では，単一光子検出器や量子もつれ光源の性能では，当初の数値目標が既に達成されました。燃料電池では，各材料の最適化の目処がたち，燃料電池試作が開始されました。創薬化をめざす PI ポリアミドも，分子，細胞，マウスレベルの実験を経て，哺乳動物マーモセットを用いた動物実験が，実験動物中央研究所との共同研究として開始されました。また，日本大学付属病院薬剤部との共同で軟膏化が開始され，試験が開始されています。

当初の計画の想定を超えた，学部を超えた共同研究もさらに進展しています。文理学部の材料合成手法が理工学部の材料作製に応用され，質の高い材料が作られるようになったり，プラズマを医療に応用することを目指す，理工学部と医学部の共同研究も開始されました。

このプロジェクトでは，最先端研究を通じた若手および次世代研究者の養成にも重点をおいています。本年度は研究員など 10 名（PD 3，研究員 7），RA 3 名がプロジェクトの経済的支援を受けて研究を推進しています。また，2012 年には学生たちの学会等の発表賞を含めて 8 件の受賞がありました（2009 年 4 件，2010 年 6 件，2011 年 6 件）。

本年度は，学内の交流をさらに広げるために，文理学部で進められている私立大学戦略的研究基盤形成支援事業「構造制御および電子状態制御に基づく新物質の開発」（小林昭子代表）と共同でシンポジウムを開催しました。

いよいよ来年度は，最終年度になります。当初目標の達成に加えて，私達のプロジェクトが契機となって，日本大学発のテーマの産官学連携，国際連携の拠点に発展することができるよう，プロジェクトの成果を仕上げていきたいと考えています。私達のテーマ「ナノ科学技術による低炭素健康社会をつくる」ことによって，「健やか未来」へ貢献できればと思います。

2013 年 1 月 21 日 研究代表者 大月穰

## メンバー

### 研究代表者

大月 穰 理工学部 超分子・自己組織, エネルギー

### 研究者

浅井 朋彦 理工学部 ナノ物質・ナノデバイス  
 浅田 泰男 理工学部 エネルギー  
 阿部 修 医学部 医療 2012 年 4 月-  
 伊掛 浩輝 理工学部 超分子・自己組織【班長】  
 石田 浩 文理学部 量子理論・計算  
 伊藤 彰義 理工学部 超分子・自己組織, 情報(記憶)  
 井上 修一郎 理工学部, 量子科学研究所 情報(量子情報)【班長】  
 岩田 展幸 理工学部 ナノ物質・ナノデバイス  
 大貫 進一郎 理工学部 量子理論・計算  
 加野 浩一郎 生物資源科学部 医療  
 桑本 剛 理工学部, 量子科学研究所 情報(量子情報)  
 越永 従道 医学部 医療 2009 年 9 月-  
 佐甲 徳栄 理工学部 量子理論・計算【班長】  
 十代 健 文理学部 ナノ物質・ナノデバイス 2011 年 4 月-  
 鈴木 薫 理工学部 ナノ物質・ナノデバイス【班長】  
 相馬 正義 医学部 医療 2011 年 4 月-  
 高野 良紀 理工学部 ナノ物質・ナノデバイス  
 高橋 悟 医学部 医療  
 茶圓 茂 文理学部 ナノ物質・ナノデバイス  
 塚本 新 理工学部 超分子・自己組織, 情報(記憶)  
 中川 活二 理工学部 情報(記憶)【班長】  
 永瀬 浩喜 千葉県がんセンター 医療  
 西宮 伸幸 理工学部 エネルギー  
 羽柴 秀臣 理工学部, 量子科学研究所 ナノ物質・ナノデバイス, 情報(量子情報)  
 橋本 拓也 文理学部 ナノ物質・ナノデバイス, エネルギー【班長】  
 福田 昇 医学部, 総合科学研究科 医療【班長】  
 藤原 恭子 医学部 医療 2010 年 9 月-  
 舩廣 善和 生物資源科学部 医療 2011 年 4 月-  
 松下 祥子 東京工業大学 超分子・自己組織, エネルギー  
 松本 宜明 薬学部 医療  
 山崎 恒樹 理工学部 量子理論・計算

### アドバイザー

齋藤 烈 日本大学工学部次世代工学技術研究センター (NEWCAT) 全般, 医療  
 有賀 克彦 物質・材料研究機構, 超分子グループ, ディレクター ナノ物質  
 末宗 幾夫 北海道大学電子科学研究所附属ナノテクノロジー研究センター 情報  
 三宅 淳 大阪大学大学院基礎工学研究科機能創成専攻 エネルギー  
 Allan Balmain University of California, San Francisco 医療  
 木村 政司 日本大学藝術学部デザイン学科 広報  
**事務**  
 利根 真美 2009 年 9 月-

## 研究課題要旨

本研究は、社会から最も深刻な技術的要請がある、情報、エネルギー、医療分野について、国内トップクラスの実績がある我々のナノ物質を用いた光・量子技術を、学部連携に基づいてさらに発展させることにより、

- 重点課題 1－情報：超高速・超高密度記録および量子情報処理技術の極限、
- 重点課題 2－エネルギー：ナノ構造による太陽光エネルギー利用技術の極限、
- 重点課題 3－医療：医療応用のためのナノバイオ技術の極限

を追求し、新規高度化技術として応用をはかる。

これらの重点課題追求のために必要な共通の科学技術基盤を確立するために、

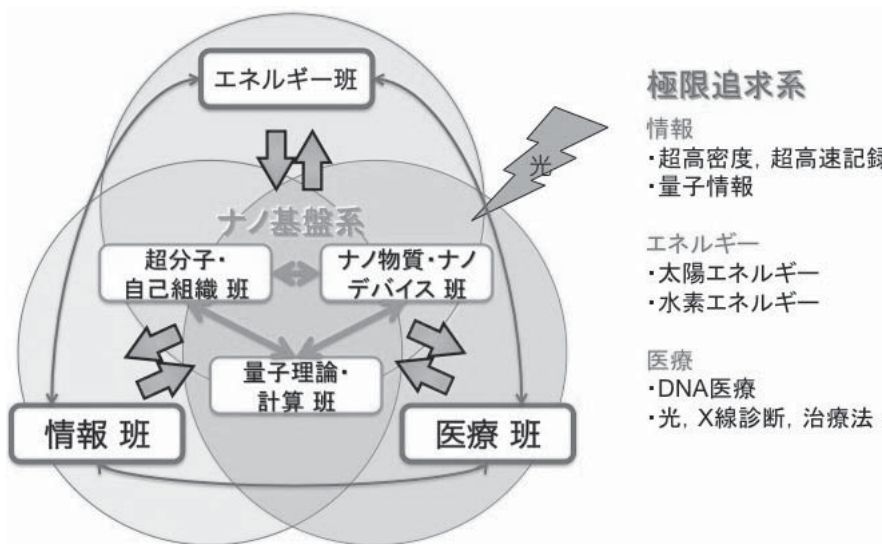
- 基盤課題：ナノ物質系と光・量子融合領域の未踏科学開拓と新規技術創出

を併せて推進する。すなわち、超分子、自己組織、ナノ物質、ナノデバイス、そして量子理論と計算を融合した学際研究によって、ナノ物質系と光の相互作用を科学的に解明し、情報、エネルギー、医療のためのナノ材料、技術を開発し、さらに革新的な技術シーズを創成する。

これらの成果を、学際領域の新しい科学、新しい技術として社会に提供し、その過程で社会に活力を与える人材を輩出し、高度情報化・持続可能次世代社会へ貢献する。

## 研究体制

課題ごとに班を編成するが、各班はナノ基盤系課題を共通項として緊密に連携し、一体となって研究を推進する。



## 研究目標

### ●重点課題 1—情報：「超高速・超高密度記録および量子情報処理技術の極限」

本グループが発見した円偏光のフェムト秒パルスによって磁化が直接反転するという新しい物理現象「光誘起超高速磁化反転現象」を始めとして、近接場光記録、自己組織化を利用して作製する磁気材料開発を総合的に進め、従来の記録速度、記録密度の限界を打破する**超高速・超高密度記録の極限**を追求する。

従来の限界を超えた大容量通信、スーパーコンピューターを遥かに凌ぐ極限高速計算、原理的に盗聴・解読不可能な極限暗号通信の実現を目指して、**量子情報処理技術の極限**を追求する。具体的には、量子情報処理に必要な、①単一光子源の開発、②低雑音単一光子検出器の開発、光子数識別器の開発、③量子メモリーの開発、④量子ビットデバイスの開発を行う。あわせて、光とナノ構造体の相互作用で重要となる光-プラズモン変換の物理過程の解明を行い、プラズモニックデバイス創生の可能性を探る。

### ●重点課題 2—エネルギー：「ナノ構造による太陽光エネルギー利用技術の極限」。

ナノ構造やナノプロセスを開発、利用することによる**太陽光エネルギー利用技術の極限**を追求する。具体的には：①ナノ分子組織体（超分子）の構築、分子組織体中の光励起、励起エネルギー移動、電子移動反応とそれによって引き起こされる触媒反応を理解、制御することによる人工光合成、②独自の新概念の光アシスト水素貯蔵、③水素を電力に変換する高強度燃料電池、④ナノ構造の光閉じ込め効果を利用した安価で高効率な色素増感型太陽電池、さらに、⑤光合成細菌を利用した太陽光エネルギーによるバイオ反応、をそれぞれ開発し、太陽光エネルギーの高度利用サイクルを構築する。

### ●重点課題 3—医療：「医療応用のためのナノバイオ技術の極限」。

本グループでは、ナノバイオロジー、ケミカルバイオロジーを利用した診断・治療の試みを既に行っており、これに理工学部、文理学部のグループで開発するナノ物質を用いた技術を、新しい**医療応用のためのナノバイオ技術の極限**として追求する。具体的には：①癌早期診断バイオマーカー等に対し、これを標的とする探索プローブ化合物を合成する。②このプローブに発光性化合物を結合させた癌診断用探索プローブを開発する。③同探索プローブによる血液等の検体を用いた *ex vivo* 診断検査系を確立する。④さらに *in vivo* 画像診断検査系への応用を検討する。⑤プローブの癌特異性を検討後、殺細胞性物質をプローブと結合させた合成化合物や遺伝子発現調節をゲノム領域特異的に制御することで癌治療への応用を試みる。さらに、同様の取り組みの生活習慣病や難治性疾患に対する診断治療への応用を試みる。

### ●基盤課題：「ナノ物質系と光・量子融合領域の未踏科学開拓と新規技術創出」

本プロジェクトの重点課題の目標達成のためには、ナノ物質、ナノ構造の科学と技術が基盤となる。基盤グループでは、そのためのナノ物質、ナノ構造と光の相互作用を中心とした基礎科学の開拓、基盤技術の開発を進める。自己組織化をはじめとするボトムアップ、電子線リソグラフィをはじめとするトップダウン、そしてナノレベルでの反応制御を駆使することによって、ナノ構造、ナノ物質を作製し、構造解析、物性計測を行う。これらの実験研究とあわせて、量子力学理論によるモデル構築、数値計算とが一体となって、ナノ領域の光・量子物性を解明し、情報、エネルギー、医療に利用するための基盤材料、基盤技術を提供する。本グループは、研究者の相互交流の場ともなり、異分野横断型の本プロジェクトを一体として進めるための基盤となる。

表 1. 研究開始時に設定した達成目標

項目	現状	本研究の特色	目標
<b>重点課題 1—情報：超高速・超高密度記録および量子情報処理技術</b>			
書き込み速度	0.25 Gbits s <sup>-1</sup>	光直接磁化反転	25000 Gbits s <sup>-1</sup> (10 万倍)
媒体記録密度	0.2 Tbits inch <sup>-2</sup>	自己組織転写ナノ磁性体	2 Tbits inch <sup>-2</sup> (10 倍)
書き込み密度	0.6 μm <sup>2</sup> /bit	熱近接場書き込み	0.003 μm <sup>2</sup> /bit (200 倍)
単一光子源	発生効率<10%	量子ドットによる単一光子発生	30%
低雑音単一光子検出器	量子効率 1% 暗計数~10 <sup>-8</sup>	超電導細線による単一光子検出	50%, 10 <sup>-8</sup>
光子数識別器	分解能 0.2 eV 繰返 100 kHz	超電導転移端センサでの光子数識別	0.2 eV, 1 MHz
量子メモリー	1 ms, 極低温	原子集団・ボース凝縮体利用	10 ms
量子ビットデバイス	量子効率~1% 動作温度<0.3 K	THz 帯光プラズマ励起量子ビット	>5%, 室温—1.8K
<b>重点課題 2—エネルギー：ナノ構造による太陽光エネルギー利用技術</b>			
超分子水の完全光分解	存在しない	光吸収, 酸化, 還元触媒を超分子化	初めて実現
光アシスト水素吸蔵	概念から新しい	独自に発見した光脱離現象	量子収率>0.1 >6 質量%
高強度燃料電池	破壊強度 60 MPa 作動温度 900 °C	マイクロ・ナノ粒子からの新合成プロセス	強度 2 ~ 5 倍, 600°C
安価な色素の色素増感太陽電池	エネルギー変換効率 3%	ナノ構造による光閉込め効果を利用	5%
光合成細菌利用光反応	速度 34 nmol/h/mg	遺伝子導入光合成細菌	1 桁上昇させる
<b>重点課題 3—医療：医療応用のためのナノバイオ技術</b>			
癌探索プローブの開発	候補検討中	癌特異的生体物質認識化合物の同定	初めて実現
生体蛍光・発光物質の開発	安全性, 感度に問題	独自に高感度の低波長蛍光物質を合成, さらに安全性の高いものを開発	癌特異的生体物質の化合物による検出
ex vivo 診断検査系の確立	診断率が低い	高感度で高特異性癌診断検査法を開発	診断率 80%以上 擬陽性率 10%以下
in vivo 画像診断検査系への応用	癌早期診断は困難	癌早期画像診断技術の向上と安価な検査機器の開発への道を開く	生体に使用可能な化合物候補を合成
癌治療他の難治性疾患への応用	非癌部へ影響, 対象疾患検討	癌特異的な殺細胞物質の誘導, 生活習慣病・難治性疾患の診断治療	臨床前試験の開始

2012 年度の主な成果

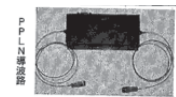
●極限追求系 1—情報：超高密度超高速記録および量子情報処理技術の極限

デジタル情報の記録量が急速に増大しているため、情報を書き込んだり読み込む速度もそれに見合うように超高速化する必要があります。情報記録の主要な役割を担うハードディスクでは、材料中の電子のスピンの向きが上向きか下向きかで情報が記録されていて、超高速で書き込むためには、超高速でスピンを反転させなければなりません。数年前に塚本らが発見した「光誘起超高速磁化反転」と名付けた光でスピンを反転させる全く新しい現象は、光で超高速に情報を書き込む未来技術につながる現象として大変期待されます。この新しい物理学の研究は大きく進展しています。ところが本年度、塚本らは、方向性を持たない熱で磁化が反転するという現象を発見しました（塚本、伊藤ら、*Nature Commun.* 2012, 3, 666）。磁場や光を使わないで超高速の加熱のみによって引き起こされる磁化反転は、いままでの常識になかったプロセスです。この現象は室温で起こるので、応用の面からも期待が持たれます。



超高速加熱で磁化が反転！ *Nat. Commun.* 2012, 3, 666.

デジタル情報の通信でも大容量化が進み、大量の情報を安全に伝送する通信技術が求められています。安全性はデジタルデータを伝送中に「盗聴」されても解読できないように暗号化されることによって担保されますが、暗号解読の技術も進歩しているため、現在の暗号化技術では近いうちに行き詰まるのが予想されています。そのために、光を構成する単位である光子の量子力学的性質を利用して、盗聴が原理的に不可能な量子暗号に期待がかけられています。量子暗号通信には2通りのアプローチがあり、一つは単一光子を使うもの、もう一つは、「量子もつれ」を利用するものです。量子もつれを利用する方式の方が有望視されていますが、そのためには、量子もつれした光源の開発が必要です。本年度、井上らは、もつれた光の質を表す2光子干渉明瞭度が 86%という光通信波長帯の光で世界記録を達成しました。



量子技術で世界的な成果  
OKIと日本大学

OKIは、独自技術  
で世界最高レベルの  
高純度量子もつれ光  
源を開発した。量子  
もつれ光は、量子  
暗号通信や量子  
計算の基礎となる。  
量子もつれ光は、  
量子暗号通信や  
量子計算の基礎  
となる。量子も  
つれ光は、量子  
暗号通信や量子  
計算の基礎とな  
る。量子もつれ  
光は、量子暗号  
通信や量子計算  
の基礎となる。

OKIと大  
世界最高純度量子もつれ光源  
実用的な次世代量子暗号技術の開発  
OKIは、独自技術を用いて世界最高レベルの高純度量子もつれ光源を開発した。量子もつれ光は、量子暗号通信や量子計算の基礎となる。量子もつれ光は、量子暗号通信や量子計算の基礎となる。量子もつれ光は、量子暗号通信や量子計算の基礎となる。

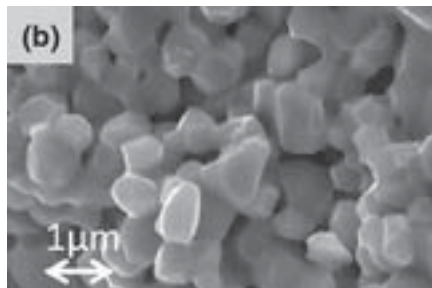
電波タイムズ

●極限追求系 2—エネルギー：ナノ構造による太陽光エネルギー利用技術

化石資源に頼らず、二酸化炭素を排出しないエネルギーシステムを構築することが、人類の将来にとって極めて大切です。理想的なシステムは、太陽エネルギーを利用して、水から水素を取り出し、またその水素を電気など他のエネルギー形態に変換するシステムであると思われます。プロジェクトでは、太陽エネルギーで電気を作る次世代太陽電池の一つである色素増感太陽電池、人工化合物や細菌を用いて、太陽エネルギーで水素を生産する方法、水素を貯蔵する材料、水素を利用して電気を作



る燃料電池という、太陽エネルギー利用サイクルの各要素技術を開発しています。固体酸化物燃料電池は、燃料極/電解質/空気極という三層構造になっています。これまでに橋本らは、これら全ての層に用いるための高性能な新規材料——高温・還元下で安定な燃料極材料、水素イオン導電率が高く焼結特性に優れた電解質材料、表面積が大きく気孔率も適度な優れた空気極材料——を開発することに成功しました。これらの開発した材料を組み合わせ、通常 800–1000 °C で作動する固体酸化物燃料電池としては低温の 600 °C 程度で作動する高強度燃料電池の実現を目指し、いよいよ燃料電池試作、評価を実施中です。



最適化した空気極材料, *J. Amer. Ceram. Soc.* 2012, 95, 3802.

### ●極限追求系 3—医療：医療応用のためのナノバイオ技術

細胞内の反応を行うタンパク質の設計図は、二重らせん構造をした遺伝子分子中の 4 種類の「塩基」の配列の順番にコードされています。塩基配列を認識する合成化合物群である「PI ポリアミド」は、二重らせんの隙間に入り込んで塩基配列を識別できるため、特定の遺伝子の働きを制御できることが期待されます。このプロジェクトではこの PI ポリアミドに関して、合成から細胞実験、動物実験に至るまで総合的に研究開発を進めています。本年度は、ヒト骨肉芽細胞株、慢性骨髄性白血病細胞株に対する増殖抑制、腎芽腫細胞株で遺伝子発現の抑制などの効果を新たに認めています。

本年度の大きな進展としては、実験動物中央研究所との共同で、前臨床試験を開始したことです。哺乳動物であるマーモセットを使った動物実験で、PI ポリアミドに癒痕形成を抑制する効果があることを見いだしました。一方、PI ポリアミドを用いる方法によって iPS 細胞を誘導できるとの仮説の検証を進めており、マウスにおいて iPS 細胞の誘導に成功しました。また、加野らによる独自の脂肪細胞に由来する多能性前駆細胞 DFAT の研究も進展しています。

学部間共同プロジェクトの環境の中で誕生した理工学部と医学部の新しい共同研究として、プラズマを利用した皮膚悪性黒色腫の治療法の研究が開始されました。

### ●ナノ基盤系：ナノ物質と光・量子融合領域の未踏科学開拓と新規技術創出

上記重点 3 課題達成のための共通基盤として、ナノ物質、ナノ構造、ナノ材料の 実験的開発と、ナノ領域の光と物質の相互作用の理論的解明を進めています。

ナノ物質系に関しては、合成分子、高分子、超伝導体、カーボンナノチューブ、ナノ薄膜、二次元ナノ構造、水素吸像合金、細胞膜受容体タンパク質等、生物、化学、物理の科学全般にかかわるナノサイズの物質合成、構造構築、構造制御を行ない、基礎的な物性の解明から上記重点課題—情報、エネルギー、医療技術—のための材料提供を目的とした共同研究を行っています。

本年度は、量子力学の理論で大きな成果がありました。量子力学の入門的な教科書にも出てくるフントの規則と呼ばれる規則があります。2つの電子があるときに、これらの電子の「スピン」が揃った方が逆向きよりも安定であるという規則です。極めて基本的な問題にも関わらず、なぜそうなるかがはっきりしていなかったのですが、佐甲らは、理論的にその起原を明らかにしました。その成果は、英国物理学会の IOP セレクトに選出され、さらに欧州物理学会の *Europhysics News* に掲載予定です。

### Origin of the first Hund rule and the structure of Fermi holes in two-dimensional He-like atoms and two-electron quantum dots

**IOPSELECT**

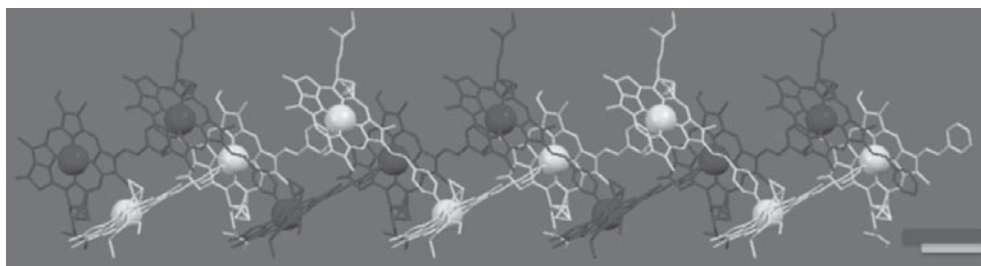
Tokuei Sako<sup>1</sup>, Josef Paldus<sup>2</sup>, Atsushi Ichimura<sup>3</sup> and Geerd H F Diercksen<sup>4</sup>

Hide affiliations

sako@phys.ge.cst.nihon-u.ac.jp paldus@uwaterloo.ca ichimura@isas.jaxa.jp ghd@mpa-garching.mpg.de

<sup>1</sup> Laboratory of Physics, College of Science and Technology, Nihon University, 7-24-1 Narashinodai, Funabashi, 274-8501 Chiba, Japan

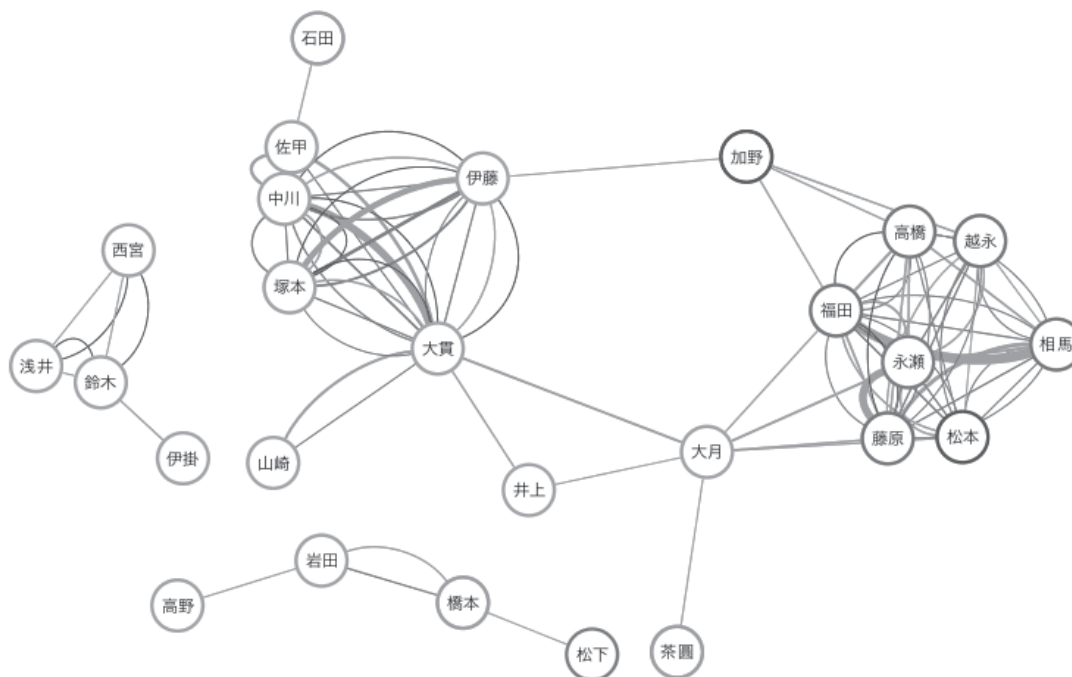
分子の自己集合に関して、大月らは、光合成をつかさどる分子であるクロロフィルを人工的に改造した分子が二重らせんを形成することを発見しました。クロロフィル分子が互いに連結して、ねじれあった2本鎖が巻きあって、まるで遺伝子 DNA のような構造になります。分子レベルで分子の配列を制御する技術開発は次世代の高機能材料やデバイスの開発につながる重要なテーマです。



クロロフィル分子が形成する二重らせん。

●学部横断共同研究

以下に、平成 24 年度の共同研究ネットワークを示します。



平成 24 年度の共同研究ネットワーク。共同の論文，特許出願，外部資金，学会発表。

●若手人材育成と教育効果

本年度は、本プロジェクトに関わる多くの研究員，PD，博士後期・前期課程学生，学部学生のうち、研究員など 10 名（PD 3，研究員 7），RA（博士後期課程学生）4 名に経済的援助をしました。上記の学部横断共同研究，N. プロジェクト研究報告会への参加，理工学部/N.プロジェクト共同若手フォーラムへの参加，N.プロジェクトシンポジウムへの参加を

通じて、若手研究者や学生の学部を横断した交流が行われており、本プロジェクトは、最先端研究を通じた視野を広げる教育の一環ともなっています。

	2009	2010	2011	2012
PD 等研究員	3	7	9	10
RA (博士課程学生)	5	5	3	4

## 成果発信

以下に研究成果の外部への発信状況をまとめました。かっこ内の数値 (A, B) は、A が複数のメンバーの共著研究、B が学部間メンバーの共著研究です。

	2009	2010	2011	2012
論文	117(20,6)	108(15,4)	121(20,3)	112(22,5)
特許出願等	9(2,0)	6(4,1)	6(2,0)	4(3,0)
招待講演等	80	45	66	29(5,2)
学会発表	323	327(51,10)	281(57,6)	277(126,16)
著書	17	11	19	5
受賞	5	8	6	10
外部資金	30(11,0)	33(13,2)	27(10,2)	27(7,1)

活動記録 2012 年 2 月以降

- 2 月 27 日 (月) 電経新聞掲載, 井上修一郎「量子技術で世界的な成果 OKI と日本大学 高純度量子もつれ光源を開発」
- 3 月 5 日 (月) 電波タイムズ掲載, 井上修一郎「OKI と日大 世界最高純度量子もつれ光源を開発 実用的な次世代量子暗号技術の確立に成功」
- 3 月 15 日 (木) 日本大学広報掲載, 「ナノレベルの研究成果を報告第 3 回 N.プロジェクト」
- 5 月 26 日 (土) 第 1 回全体会議, 駿河台 1 号館 122 会議室
- 6 月 PhotonicsSpectra 掲載, 井上修一郎「OKI Develops Light Source」
- 6 月 26 日 (火) インフォーマルセミナー, 駿河台 2 号館 4 階会議室, Dr. M. Sahabul Alam; University of Dhaka, Bangladesh; Visiting Researcher of Nihon University, "Supramolecular Nanoarchitectures – Novel Functional Materials for Molecular Electronics"
- 7 月 23 日 (月) インフォーマルセミナー, 駿河台 2 号館 4 階会議室, Dr. M. Sahabul Alam; University of Dhaka, Bangladesh; Visiting Researcher of Nihon University, "Structural and Transport Properties of One-Dimensional Coordination Polymers and Spin Cross-Over Complexes"
- 9 月 15 日 (土) 第 4 回シンポジウム, 「オール日大の研究力向上を目指して—N.研究プロジェクトと私学戦略」, 日本大学文理学部 3 号館 2 階 3205 教室
- 10 月 1 日 (月) 招へい研究員セミナー, 船橋校舎先端材料科学センター2 階セミナー室, Yu-Xiang Zheng 教授; Key Laboratory of Micro and Nano Photonic Structures, Ministry of Education, Department of Optical Science and Engineering, Fudan University, Shanghai, China, "Development of ellipsometry and its applications in nanoscale materials"
- 10 月 5 日 (金) 招へい研究員セミナー, 船橋校舎先端材料科学センター2 階セミナー室, Yu-Xiang Zheng 教授; Key Laboratory of Micro and Nano Photonic Structures, Ministry of Education, Department of Optical Science and Engineering, Fudan University, Shanghai, China, "Folded spectrometer and its application in optical monitoring for thin film deposition"
- 10 月 17 日 (水) 招へい研究員セミナー, 船橋校舎先端材料科学センター2 階セミナー室, Andrei Kirilyuk 教授; Radboud University Nijmegen, The Netherland, "Laser-induced magnetization dynamics and reversal: the role of angular momentums"
- 10 月 26 日 (月) 招へい研究員セミナー, 船橋校舎先端材料科学センター2 階セミナー室, Andrei Kirilyuk 教授; Radboud University Nijmegen, The Netherland
- 11 月 12 日 (月) インフォーマルセミナー, 駿河台 8 号館 831 教室, Dr. Gary Richards; College of Science and Technology, Nihon University, "Pyrazinacenes: Synthesis and Self-Assembling Properties of Nitrogen-Rich Acene Analogues"
- 11 月 28 日 (水) 平成 24 年度日本大学理工学部学術講演会, 日本大学 N.研究プロジェクト特別セッション(S4), 駿河台 1 号館 2 階 121 会議室, 大月穰, 佐甲徳栄, 菱川明栄, 塚本新, 大貫進一郎, 竹内嵩, 芦澤好人, 中川活二
- 2013 年
- 1 月 12 日 (土) 平成 24 年度報告会, ビジネスミーティング, 駿河台校舎 1 号館 2 階 122 会議室
- 1 月 9 日 (水) 日本大学広報掲載, 加野浩一郎「本学発 DFAT 再生医療の主役へ」
- 2 月 9 日 (土) 先端材料科学センターおよび N.研究プロジェクト「ナノ物質を基盤とする光・量子技術の極限追求」共催第 22 回材料科学に関する若手フォーラム (合同若手フォーラム) 船橋校舎

## 班の報告

- 情報（記憶）班
- 情報（量子情報）班
- エネルギー班
- 医療班
- 超分子・自己組織班
- ナノ物質・ナノデバイス班
- 量子理論・計算班

## 情報（記憶）班

中川活二\*, 伊藤彰義, 塚本新

### 1. 平成 24 年度の計画の概略

- 1) 前年度に準備を進めた, 針状アンテナを配置した磁性記録膜への短パルス記録実験について,
  - ・電磁界・熱伝導シミュレーション解析
  - ・構造設計, 電子ビーム露光による試作
  - ・フェムト秒レーザによる記録実験を継続し, 近接場光を用いた世界初のフェムト秒レーザによる熱アシスト磁気記録実証実験の成功を目指す.
- 2) 新規な領域である短時間 (フェムト秒オーダー) での物性応答 (特に, 光学, 熱, 磁性) について, 上記 1) の実験検討と連携して, 物理検討とこの分野に適した材料探索を行う.
- 3) 熱アシスト磁気記録用表面プラズモンアンテナや, 円偏光生成表面プラズモンアンテナへのエネルギー伝搬手法について, 誘電体導波路と表面プラズモンエネルギー伝搬との組み合わせについてシミュレーション検討を行い, 新分野の光エネルギー伝搬手法の検討を行う.
- 4) 既検討課題である自己組織/集積形成ナノテンプレート基板および高磁気異方性 FeCuPt 規則合金微粒子形成手法の相補的利用により, ナノ構造化超高密度記録用磁性膜の形成, 構造/物性解明および記録磁区安定性をマイクロマグネティック・シミュレーションと実験により明らかにする.

### 2. 平成 24 年度の進捗と成果

- 1) 電磁界と熱伝導シミュレーション解析, アンテナ構造設計と電子ビーム露光による試作, およびフェムト秒レーザによる記録の一連の実験を行い, 近接場光を用いた世界初のフェムト秒レーザによる熱アシスト磁気記録実証実験に成功した. この実験より  $166 \text{ nm} \times 120 \text{ nm}$  の記録マークを実現した. これは, 5 年間のプロジェクト最終目標である  $77 \text{ nm} \times 77 \text{ nm}$  のマークサイズに到達できていないが, 最終年度での目標達成に大きく進展できた.
- 2) フェリ磁性 GdFeCo へ超短パルス光を照射した際の超短時間磁化応答につき詳細検討を進めた結果として, 磁化反転に磁場は必要なく極短時間の熱エネルギー供給のみで達成できる新規なスピンドYNAMIXSを見出した. 技術的応用上重要な点として, このような反転現象が室温環境下で生じ得ることを実証した事である.
- 3) 誘電体導波路と表面プラズモンエネルギー伝搬との組み合わせた新規な光伝搬手法に取り組み, エネルギー利用効率を増加する光学系の構成があることを見いだした. 更に, 表面プラズモンポラリトンを使った光学系構成で, 円偏光生成を実現できることも新たに見いだした.
- 4) 本提案急速昇温結晶化処理による高磁気異方性 FeCuPt 規則合金微粒子形成手法につき, 詳細微細構造観察により明らかとなった課題である単結晶化を中心に検討を行った. 主な成果として, 急速昇温結晶化処理によりナノ磁性粒子化を行った後, 適切な追加熱処理を行う事で単結晶 FeCuPt 規則合金微粒子が形成可能である事を見出した.

### 3. 平成 24 年度の班としての活動

6 月開催の韓国での国際会議 (ICM2012, July 8-12, Pusan) にて高磁気異方性材料の成果を 1 件報告し, 10 月の国際会議 (ICAUMS2012, Oct. 1-5, 2012, Nara) においては, 世界初のフェムト秒熱アシスト近接場光記録の成果を含め, 高速磁化反転ダイナミクス, 記録媒体, 局所円偏光生成に関して 6 件の発表を行い, 理論・計算 Gr.の大貫准教授との連名の発表も行った. 班会議は, 毎月 1 回程度の頻度で理論・計算 Gr.の大貫准教授と合同で行い, 本 N ドットプロジェクトによる成果はますます広がりを得ている.

## 情報（量子情報）班

井上修一郎\*, 桑本剛, 羽柴秀臣

## 1. 平成 24 年度計画

- ① 量子もつれ交換により生成した量子もつれ状態の評価
- ② CdSe コロイダル量子ドットアレイによる単一光子発生デバイスの製作と評価
- ③ 直交偏光光子対の電磁誘起透明化現象の確認および  $^{87}\text{Rb}$  原子中への保存
- ④ シリコン細線導波路の作製とシングルモード導波特性の評価

## 2. 平成 24 年度の進捗と成果

- ① 長距離量子暗号通信を可能にする量子中継に不可欠な光通信波長帯における量子もつれ交換技術の開発に成功した。量子もつれ交換では 2 つの独立した光子対源から識別不可能な光子を発生させることが最重要課題となる。この識別不可能性に関しては 82 % 以上、量子もつれ交換後の 2 光子干渉明瞭度に関しては 86 % 以上を達成した。これらの結果は、光通信波長帯における世界記録である。（これまでの世界記録は 60 % 程度）また、これまでに開発した高速単一光子検出器を使用することにより、量子もつれ配送レートに関しても世界記録を達成した。
- ② 単一光子発生デバイスに用いる CdSe コロイダル量子ドットは、直径 5 nm の CdSe コアとそれを囲む直径 30 nm のシリカ層からなり、金属導波路を伝搬する表面プラズモンポラリトンとのカップリングを想定した一次元配列を行う必要がある。Si を基盤として ZEP レジストを用いて、幅 55 nm で長さ 1.5  $\mu\text{m}$  のトレンチを作製し、これをテンプレートとしてコロイダル量子ドットを準一次元配列することに成功した。今後、Au ナノストライプ導波路上にコロイダル量子ドットを 1 次元配列し、表面プラズモンポラリトンによる量子ドットの励起および単一光子発生の確認を行う。
- ③ 直交偏光光子対生成のための光源である波長 397.5 nm のレーザー光の発生において、ポンプ光（波長 795 nm）の横モードや周波数安定度の改善を行い、発生効率を 2 倍に改善した。また、蝶ネクタイ型共振器の安定度を改善し、長時間安定発生を可能とした。一方、生成した直交偏光光子対の光学素子による減少（光損失）を最小にするために、光学素子の数や配置の見直しおよび温度安定化を実施した。以上の改良を行ったあと、直交偏光光子対のルビジウム (Rb) 原子への吸収を確認した。Rb 原子を封入しているガラスセルの温度が 95  $^{\circ}\text{C}$  のとき、吸収率は約 97 % であった。ただし、古典光（レーザー光）を使った光保存実験で見いだしている Rb セルの最適温度は約 70  $^{\circ}\text{C}$  であり、この温度での吸収率は約 90 % であった。つまり、10 % 程度の直交偏光光子対は原子と相互作用せず Rb セルを透過していることになる。今後は吸収率 100 % を達成するためのシステムを構築することが課題である。
- ④ SOI 基板上に、波長 630 nm の入射光に対してシングルモードとなる条件を満たした断面 320 nm 角、長さ 1 mm 以上のシリコン細線導波路を作成することに成功した。サイドウォールラフネスは 10 nm 程度と見積もられる。今後はこの導波路における波長 630 nm の光の伝播特性の評価を行う。

## 3. 平成 24 年度の班としての活動

量子中継技術を実現するための新規ナノデバイスとして、表面プラズモンポラリトンを利用した多チャンネル単一光子発生デバイスを提案した。単一光子源として用いるコロイダル量子ドットの作製は物質応用化学科の大月研に依頼した。また、デバイス設計に関しては電気工学科の大貫研にシミュレーションを依頼した。平成 24 年度は 3 回の班会議を行い、進捗状況の報告と研究の進め方について議論した。また、必要に応じてメールベースで研究計画を遂行するための情報交換を行った。

## エネルギー班

橋本拓也\*, 西宮伸幸, 浅田泰男, 松下祥子, 大月穰

### 1. 平成 24 年度の計画の概略

燃料電池については 600°C で作動する材料の発見および開発を第一に行うとともに、小型燃料電池および評価装置を組み上げて作動温度低温化の実証を実施する。

色素増感型太陽電池に関しては、フォトニック結晶を組み込んだものおよび新たな色素を使用したものを検討し、各種電気化学・光学測定からその特性を明らかにする。新たな色素を使用したものについては、有機色素で 5%、新規貴金属色素で 10% 程度の変換効率を目標とする。

光アシスト水素吸蔵を中心とする光エネルギーの化学変換プロセスの開発においては、微生物が産生する水素を回収する水素吸蔵合金の高機能化、水素回収量 1 L の大規模化をねらった菌種特定および光刺激水素吸蔵現象の実証と非レアメタル系への適用を進める。

光触媒に関しては、新たに非貴金属超分子色素を合成し、性能を評価する。

### 2. 平成 24 年度の進捗と成果

固体酸化物形燃料電池カソード材料に関しては Sr フリーであり固体電解質との化学的な相互作用の少ない  $\text{LaNi}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_{3-\delta}$  の合成方法の最適化および電極作製時の焼結温度最適化まで終了した。また固体電解質としてはプロトン導電体  $\text{BaCe}_{1-x}\text{M}_x\text{O}_{3-\delta}$  の合成方法最適化および 3 価イオン M の最適化に終了、M としてはイオン半径が Ce と合っている Y が最適であり、Nd を用いると B サイトイオン半径に合わせて価数が 4+ となって収縮するとともに酸素欠損濃度が低減し、イオン導電体としては不適となることを示した。SOFC 評価装置は立ち上げを行い、現在従来型の燃料電池の作動まで確認している。

フォトニック結晶を組み込んだ色素増感型太陽電池に関しては、まず自己集積型フォトニック結晶において周期に依存した 1 色素・1 光子あたりの光電変換効率向上を確認し、かつその向上は電氣的抵抗だけでは説明できないことを示した。また、リソグラフィ型フォトニック結晶においては太陽電池の基材となる酸化チタンのリソグラフィ技術を確立した。また構造を変化させた有機色素を使用した太陽電池では、昨年度までに光電変換効率 3.1% まで到達したが、今年度はこれ以上の効率を持つ太陽電池は得られなかった。太陽電池に用いる貴金属色素については、電池に適用する前段階として、モデル錯体を合成しその構造と特性を明らかにした。

光アシスト水素吸蔵を中心とする光エネルギーの化学変換プロセスの開発においては、微生物が産生する水素をマグネシウム合金で分離・回収することに成功したほか、横浜国立大学谷生研究室の保有する水素発酵菌混合物からの DNA 抽出、増幅、変性剤濃度勾配ゲル電気泳動分離および塩基配列解析により、水素発酵菌種候補を特定した。また、ホウ素、炭素および/または窒素からなる一群の層状化合物のうち、グラフェン由来の炭素ナノボールによる水素貯蔵の可能性や、窒化炭素系材料による光アシスト水素吸蔵反応の促進を確認した。

光触媒に関しては、新たに非貴金属超分子色素を合成中である。なお計画外ではあるが特筆すべき成果としては太陽電池および光触媒開発研究途上で人工光捕集系の基礎となるクロロフィル誘導体の二重らせん構造の発見、および太陽電池基板に用いる還元酸化グラフェン薄膜の低温合成法の開発に成功が挙げられる。

### 3. 平成 24 年度の班としての活動

水素発酵菌からの水素発生および貯蔵に関する研究は浅田、西宮の共同研究である。また橋本が実施している液相合成法（ペッチーニ法）については研究報告会で西宮のサジェッションを受け、パテント化を検討している。



## 医療班

### 医療班構成メンバー

総合科学研究科生命科学：福田昇（班長）、医学部難治疾患治療開発グループ：齋藤孝輔、五十嵐潤、藤原恭子、相馬正義、医学部放射線科：阿部修、石橋直也、医学部泌尿器科：高橋悟、医学部小児外科：越永従道、生物資源科学部応用生物化学科：舩廣善和、生物資源科学部動物資源科学科：加野浩一郎、薬学部臨床薬物動態学：松本宜明、青山隆彦、千葉県癌研究センター：永瀬浩喜、渡部隆義。

### 1. 平成 24 年度の医療班研究の進捗と成果

- 1) MYC 結合 E-box に対する PI ポリアミドの開発（難治疾患 G 藤原、千葉癌永瀬）：E-box 配列 CACGTG を完全にまたは部分的に認識する PI ポリアミドはヒト骨肉腫細胞株、慢性骨髄性白血病細胞株に対し増殖抑制効果を示す事を確認した。骨肉腫細胞株においては、増殖能、コロニー形成能、細胞移動能を低下させた。マウス皮下に MG63 を移植して作成した Xenograft の成長も Myc-6 の尾静脈投与により有意に抑制された。
- 2) X 線を用いた光線力学療法のための化合物合成（放射線科阿部、石橋、難治疾患 G 藤原、千葉癌永瀬）：光線力学療法（PDT）や放射線増患効果を利用した Photon Activation Therapy (PAT)による新たながん治療法の開発を試み、この化合物にある特殊な条件の放射線を照射することで、腫瘍細胞死を誘導できることを確認した。
- 3) 小児癌に対する新規抗癌 PI ポリアミド開発（小児外科越永）：LIT1 遺伝子プロモーター領域に CAAT box に結合するよう作成した PI ポリアミドが腎芽腫細胞株で、LIT1 遺伝子発現抑制と抗腫瘍効果を認めた。
- 4) TGF- $\beta$ 1 に対する PI ポリアミドの前臨床試験（総合科学福田、癌遺伝五十嵐）：実験動物中央研究所においてマーモセット皮膚肥厚性瘢痕に対し、ヒト TGF- $\beta$ 1 に対する PI ポリアミド GB1101 の瘢痕形成抑制を認めた。
- 5) Sutablon と PI ポリアミドによる iPS 細胞誘導（総合科学福田、癌遺伝齋藤、生物資源舩廣）：レトロウイルスベクターを用いたヒト iPS 細胞誘導時に初期化因子とともに、もしくはフィーダー細胞にリシードした時に TGF- $\beta$ 1 阻害剤、TGF- $\beta$ 1 に対する PI ポリアミド、Apigenin をそれぞれを用いた時の iPS 細胞の誘導効率を検討した。
- 6) 多能性前駆細胞 DFAT 移植による乳癌発症モデルマウスの作製（生物資源加野）：乳腺上皮細胞へ転換する DFAT-GFP に癌原遺伝子を導入し、その発現をコンディショナルに調節することによって、より自然な乳癌の発生および進行を誘導可能な新規の乳癌発症モデルマウスの開発を行った。
- 7) PI ポリアミドとヒストン脱アセチル化酵素阻害剤による癌抑制剤の開発（千葉癌永瀬、渡部）：PI ポリアミドとヒストン脱アセチル化酵素阻害剤 SAHA との複合化合物を合成し、ある特異性を持ってゲノム上の特定の部位のヒストンアセチル化を誘導することに成功した。さらに環状 PI ポリアミドを通常のアミノ酸であるグルタミン酸を用いることで固相合成法により簡便に合成する方法を見出した。
- 8) 光線力学治療化合物の薬物体内動態/薬効解析（薬学部松本、青山、理工大月）：腫瘍親和性および放射線増感作用を期待し大月班により合成された新規化合物 CT101019a の HPLC による血漿中濃度測定系を確立し、ラットにおける体内動態を検討した。
- 9) プラズマによる皮膚悪性黒色腫の治療法開発（総合科学福田、難治疾患 G 齋藤、藤原、理工浅井）：皮膚悪性黒色腫に存在するメラノーマ幹細胞をターゲットに、メラノーマ幹細胞の活性酸素種耐性 CD44 を抑制する全トランスレチノイン酸(ATRA)を投与し、プラズマからの活性酸素種による、悪性黒色腫の治療法開発研究を開始した。

### 2. 平成 24 年度の医療班としての活動

- 1) 毎週 1 回 N. 研究プロジェクトミーティングにて実験進捗と計画の確認
- 2) TGF- $\beta$ 1 に対する PI ポリアミドの前臨床試験では共同研究先実験動物中央研究所マーモセットチームと年 4 回打ち合わせ
- 3) 6 月：PI ポリアミドの軟膏化の為、医学部附属板橋病院薬剤部製剤室、薬学部臨床薬物動態学との共同研究話し合い
- 4) 10 月：TGF- $\beta$ 1 に対する PI ポリアミドの薬物動態の共同研究を薬学部で打ち合わせ
- 5) 11 月：理工学部との共同研究プラズマによる皮膚悪性黒色腫の治療法開発の打ち合わせ
- 6) 12 月：TGF- $\beta$ 1 に対する PI ポリアミドの創薬開発について薬学部で講演

## 超分子・自己組織班

伊掛浩輝\*, 伊藤彰義, 大月穰, 塚本新, 松下祥子

### 1. 平成 24 年度 研究計画

N.研究プロジェクトにおいて、基盤的な位置づけにある超分子・自己組織班では、**ナノ物質系と光・量子融合領域の未踏科学開拓と新規技術創出**をテーマに、社会が持続的に発展をする上で欠かせない重要なテーマについて検討し、さらには本プロジェクトのアウトプットである**情報、エネルギー、医療班**と連携を密に、新規マテリアルの創製をめざしている。以下に各グループの活動内容を列記する。

### 2. 各グループの研究活動報告

#### ・伊藤・塚本グループ

本研究では、ナノスケール配列構造を有する磁性媒体を得る手法として、自己組織/集積化現象を利用し、形成した超高密度なナノ構造を表面に有するテンプレート基板の作製とその利用を提案し検討する。本年度は、高磁気異方性単結晶 **FeCuPt** 規則合金微粒子の形成手法について検討した。ナノ磁性粒子を形成した後、適切な追加熱処理を行うことで、膜面に対し c 軸配向している単結晶 **FeCuPt** 規則合金微粒子の形成が可能であることを見出した。

#### ・大月グループ

適切に設計された分子の自己集合は、ナノ構造を構築するための有力なボトムアップ的手法である。本グループでは、新しい分子の自己集合系を開発し、分子レベルでの自己集合構造、そのダイナミックな挙動を明らかにするとともに、N.研究プロジェクトの研究者との連携によって、エネルギー、医療、情報への応用を検討している。

##### 1. 分子の自己集合構造と動的挙動の分子レベルでの解明

##### 2. 新規ペリレン誘導体による色素増感太陽電池

##### 3. X 線を用いた光線力学療法のための化合物合成

#### ・松下グループ

本年度は、自己集積・自己組織化現象による光・量子融合領域の未踏科学開拓と新規技術創出を目的とし、2つのテーマを行った。

##### 1. フォトニック結晶による色素増感型太陽電池効率向上の解明

反応性イオンエッチングにより酸化チタン単結晶の微細加工を試み、酸化チタン単結晶のリソグラフィ技術の確立と作製した微細構造の光学特性について検討した。

##### 2. 微粒子自己集積体による光学デバイス作製

本研究では、誘電体微粒子の 2 次元自己集積技術を用い、微小突起が平面的・対照的に配列した誘電体—金属ナノ構造体の作製を行う。本年度は **Ni-Au** を用い、誘電体上に均一に金属ナノ薄膜をコートすることに成功した。

#### ・伊掛グループ

PLLA 分子鎖の結晶化や配向化など、分子構造(モルフォロジー)を制御することを目的に、熱処理プロセスに電場印可や磁場照射を併用し、モルフォロジー制御と得られた PLLA 結晶の精密構造解析を行った。その中でも以下の PLLA のモルフォロジーを制御する上で、電場の強さによる影響と磁場照射における等温結晶化プロセスでの温度の影響について検討した。

##### 1. 電場誘起によるポリ-L-乳酸分子鎖の配向制御

##### 2. 強磁場中におけるポリ-L-乳酸フィルムの結晶配向制御

## ナノ物質・ナノデバイス班

鈴木薫\*, 高野良紀, 浅井朋彦, 岩田展幸, 羽柴秀臣, 十代健, 茶園茂

### 1. 平成 24 年度の計画の概略

ナノ物質・ナノデバイス班は 1) 層状構造を持つ鉄砒素系超伝導体のバルク  $\text{Sr}_{1-x}\text{R}_x\text{FeAsF}$  (R=rare earth) の単相試料の作製を高野が試み、 $\text{Sr}_{1-x}\text{Nd}_x\text{FeAsF}$  薄膜を鈴木が堆積させ、羽柴が量子ドット創成を目指す。岩田は電界による磁化制御型素子の創世を目指す。2) 金属内包カーボンナノチューブを加工し鈴木が走査型プローブ顕微鏡用の磁気センサ開発を、単層カーボンナノチューブのカイラリティを制御し岩田がナノスケール電界効果型トランジスタの作製を試みる。3) 光触媒作用により水素と酸素を発生するナノ薄膜を鈴木が成膜し、水素吸蔵合金を浅井が磁化同軸プラズマガンで溶出形成する。4) 光学ナノ素子と生体物質の結合を十代が担当し、細胞膜受容体タンパク質に蛍光タンパク質などを結合させた高速イメージングを茶園が確立する。

鈴木は 1) 強磁性や常磁性・反磁性金属内包カーボンナノチューブを高アスペクト比で高密度に生成し、集束イオンビーム加工することにより、走査型プローブ顕微鏡用の磁気センサ開発を行う。2) レーザ誘起前方転写法により高分子基板上に光触媒作用による水分解反応で水素と酸素を発生する広バンドギャップ半導体ナノ薄膜を成膜する。3) 1111 系超伝導体のバルクを利用して、パルスレーザ堆積法により超伝導薄膜を作成し、その物性評価を行う。4) 磁化プラズマガンを用いた製膜法について、水素吸蔵合金膜の高速生成への応用を確立し、運転条件の最適化や生成された合金膜の評価を行う。5) 大気圧低温 LF プラズマによる重合反応への基礎実験を自己組織化班；伊掛講師他との共同研究として進める。また、LF プラズマ医療応用の検討を歯学部と歯周病治療へと展開する。6) 自由電子レーザの照射によるヤマトヒメミミズの破片分離と再生・分化に関する研究を歯学部や生産工学部と共同研究を開始する。

高野は  $\text{Sr}_{1-x}\text{R}_x\text{FeAsF}$  (R=rare earth) の単相試料の作製を試みるとともに、鈴木教授と共同で  $\text{Sr}_{1-x}\text{Nd}_x\text{FeAsF}$  薄膜の作成を目指す。

浅井は磁化同軸ガン (MCPG) を用いた TiFe 系薄膜の生成方法について、当初のターゲットであった水素吸蔵合金  $\text{TiZrFeMn}$  に加え、酸化チタンやポーラスアルミナへのアルミ注入などへの応用を展開する。(理工学部電気工学科 鈴木薫教授、物質応用化学科 西宮伸幸教授との共同研究) また、大気圧 LF プラズマの医療応用に関する基礎研究として、これまでに材料の表面処理などへの応用を検証してきた大気圧 LF プラズマの医療応用のため、23 年度末より医療班福田教授、産総研小口主任研究員との間で共同研究を立ち上げ癌腫治療などへの応用を目的として、年度中の実験開始へ向けた準備を進めている。(医学部 福田昇教授、産業技術総合研究所 小口治久主任研究員との共同研究) 更に、ミュオン原子中での核融合反応を利用した核融合方式の効率化 のため、FRC プラズマの超音速移送と水素アイスレット入射法を組み合わせた新たな炉方式を提案、ミュオン生成専用の加速器建設も含めた実験の実現へ向け、基礎的研究を開始している。(高エネルギー加速器研究機構 中村英滋講師との共同研究)

羽柴は THz 光子の吸収による QD の高次プラズマ励起の様相を、QD 上に配置した単一電子トランジスタのコンダクタンスの変化として測定した。

茶園は同時多色蛍光 1 分子観察技術を開発し、複数種類のタンパク質分子間の相互作用をリアルタイムイメージングすることにより、生体の情報伝達機構を 1 分子レベルで解明することをめざす。例えば、生体分子モーターのメカニクスとキネティクスを同時イメージングし、その作動原理の解析を行う。

### 2. 平成 24 年度の進捗と成果

鈴木は結晶性のニッケル (長軸に [100]・側面に [110] 面) を直径 10~80 nm・長さ 100~800 nm の高アスペクト比で内包したカーボンナノチューブが、外側に 3~50 層のグラフェンとして巻付いて成長することを確認し、成長の機構を明らかにすると同時に、高密度化に成功した。また、合金

において層状構造の金属内包を確認した。更に、リンをドーピングした n 型カーボンナノファイバーやダイヤモンド状炭素ナノ薄膜にガリウムイオンを集束させて注入することにより p 型化してダイオードを作成した。TiO<sub>2</sub> に La と Sr・Ba・Ca 等をドーピングし可視光での水分解反応による水素発生と水素発生効率を改善し、軽量で安価な高分子フィルムの上にレーザー誘起前方転写 (LIFT; Laser Induced Forward Transfer) 法で成膜することに成功した。高野と共同で超電導材料 LaOFeAs を成膜した。低温のフレッシュプラズマジェットを用いて物質応用化学科の伊掛先生と高分子の配向制御に関する研究を、歯学部：関・中田・紙本・廣瀬・升谷先生との共同研究で歯周病細菌の殺菌に関する研究を行った。自由電子レーザーの照射によるヤマトヒメミズやアブラミミズの破片分離と再生・分化及びレーザー誘起プラズマ分光による土壌の成分分析に関する研究を開始した。加えて、レーザーと集束イオンビーム加工でナノノズルを圧電素子に穿孔させることにより、ナノ・マイクロバブルの粒径制御に成功し、特許を出願した。

高野は Sr<sub>1-x</sub>R<sub>x</sub>FeAsF (R=rare earth) において R=Nd による置換を試み、これまで知られている R=Sm と同程度の高温超伝導を見出してきており、これらの試料の単相化を試みているが、完全な単相試料は得られていない。一方、同様の電子ドーピングを促すフッ素欠陥した SrFeAsF<sub>1-y</sub> を作製し超伝導の可能性を調べたが、金属的な電気伝導が得られたものの、超伝導は得られなかった。しかし、超伝導発現に最適ドーピングした Sr<sub>1-x</sub>R<sub>x</sub>FeAsF<sub>1-y</sub> においてフッ素欠損量 y による超伝導転移温度の低下が希土類元素の種類によらないことを示した。また、鉄系超伝導体の線材応用への可能性を探るため、トランポートによる上部臨界磁場の評価を行い、従来までの金属系超伝導体に代わる候補物質である MgB<sub>2</sub> を上回る結果を得た。

浅井は磁化同軸プラズマガン (MCPG) や逆磁場テータピンチ法 (FRTP) により生成される磁化プラズモイドの特性の理解と応用を目指して研究を進めてきた。24 年度は、本プロジェクトにおいて電気工学科鈴木薫教授、物質応用科学科西宮伸幸教授と共同で提案し開発を進めて来た、MCPG を用いた高融点金属の合金薄膜生成法について実用化の目処がたち、その手法について NUBIC を通して出願した (名称: 合金薄膜生成装置, 発明者: 浅井朋彦, 鈴木 薫, 西宮伸幸, 高津幹夫, 出願日: 2012 年 9 月 6 日, 出願番号: 特願 2012-195690)。また、同手法の歯科材料への応用に関する基礎実験を開始した。また、大気圧 LF ジェットの医療応用について医療班との検討を進め、癌腫治療のための基礎実験用の大気圧プラズマ装置を開発、実験を開始した。更に、自己組織化するプラズモイドの特性について理解を深めるため、船橋校舎・物理実験 A 棟において、磁化プラズモイドの超アルヴェン速度移送実験装置の開発を進めていたが、本年度 12 月に初期プラズマの生成に成功、実験を開始した。この実験は、計画に示したミュオン触媒核融合の新規炉心シナリオの原理検証のための基礎実験への利用も予定しており、年度中の核融合炉心システムの概念設計の完了を目指した作業を進めている。またこれに関連して、同分野の研究を共同で進めている米国 TriAlpha Energy 社、高エネルギー加速器研究機構などと合同で、2013 年 2 月にシンポジウムを開催する予定である。

岩田は [ABO<sub>3</sub>/REMO<sub>3</sub>] (A=Ca, La, B=Fe, Mn, RE=La, Bi, M=Fe, Fe<sub>0.8</sub>Mn<sub>0.2</sub>) 人工超格子 (9 種類) をパルスレーザー堆積 (PLD) 法で作製した。オランダ・トゥエンテ大学および 極限追求系・エネルギー班・班長・橋本拓也教授との共同研究により原子レベル制御の精度および再現性が飛躍的に向上した。XRD 回折により明瞭な超格子反射およびラウエ振動を確認し清浄な超格子界面が形成されていること、逆格子マップにより Cubu-on-Cube 成長を確認した。人工超格子に関するシート抵抗の温度依存性は、CaMnO<sub>3</sub> (CMO) 系超格子、LaMnO<sub>3</sub> (LMO) 系超格子共に半導体的性質を示した。いずれも、CMO 単層膜、LMO 単層膜の活性化エネルギーより小さな値を示した。界面での電子移動、元素拡散、結晶歪みによるバンド構造の変化を示唆する結果を得た。また、活性化エネルギーが変化し磁気的な相転移を示唆する結果を得た。関連する研究成果が認められ、米国・日本において材料・デバイスに関する最も大きな学会が主催するジョイントシンポジウム (JSAP-MRS@サンフランシスコ) のオーガナイザーを 2012 年 4 月に務め、2013 年 9 月にも引き続きオーガナイザーを務めることとなった。また、2013 年 1 月 2-5 に開催された OMTAT 国際会議 (コーチン・インド) において招待講演を行った。また、サファイア基板上の Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜の結晶成長をまとめた論文を Jpn. J. Appl. Phys. **51** (2012) 11PG12-1~9 (9 pages) において発表した。この薄膜に関する反強磁性ドメインをフェムト秒レーザーを用いた第二次高調波 (SHG) 観測によって行った (ETH チューリッヒ連邦大学・スイスとの共同研究)。ネール温度がバルク同

様 307K であることを確認した。SHG による Cr2O3 薄膜の反強磁性ドメイン観察は世界初である。一方、基板ヒーターの改良によって、SWNT の品質を示す指標となる G/D 比が 30 から約 400 まで大幅な改善が見られた。

羽柴は測定により観測した QD の基底状態, 1 次励起状態, 2 次励起状態, 3 次励起状態は, 高次励起状態ほどその頻度と励起時間の積算が少なくなっている。励起時間は電子のトンネル時間のみの項目で説明でき, プラズマ励起のフォノンへの緩和を示すものはないことを明らかにした。これら高次励起状態は, 入射光子数が多くとも断熱された QD 内では, 十分高速な測定系によって高次プラズマ励起を単一光子単位で測定可能な事を示した。

茶園はミオシン (筋肉の中の生体分子モーター) フィラメント上をアクチンフィラメントが滑っている時の ATP 分解キネティクスを蛍光 ATP と Caged-ATP を使うことによって明らかにした。再構成運動系において、メカニクス (力学) とキネティクス (化学) を同時に測ることに成功した。

十代は生体内で多くみられる螺旋物質をナノ工学による自己組織化で得ることに挑戦している。銀トリルアセチリド分子がナノ螺旋構造へと結晶成長することを見出したが、単結晶構造解析が可能な大きなサイズの単結晶を得るには至っていない。また、金属クラスターの生成方法の開拓にも取り組み、電気化学測定が行えるようになった。

### 3. 平成 24 年度の班としての活動

各々のグループで打ち合わせや試料の提供を行い、第一に 鉄砒素系超伝導体バルクを薄膜で結晶化することに成功した。また、カーボンナノチューブのデバイス化や水素と酸素の発生・吸蔵・放出過程の制御及びカラーフォトメモリー物質と 細胞膜受容体タンパク質の高速イメージングにおいて共同して研究を行い成果が得られた。

羽柴は大月先生との共同研究「分子モーターの電場制御とその測定方法」についての具体的な打ち合わせを 1 度行った。井上先生と共同で「コロイダル量子ドットの単一光子源」についての打ち合わせを数度行っている。

茶園は 大月先生との共同研究「ペニレン誘導体単一分子の配向検出」のために、2 偏光分岐光学系を組み立て、予備実験としてモーター蛋白 1 分子の回転を検出した。

## 量子理論・計算班

石田浩, 大貫進一郎, 佐甲徳栄\*, 山崎恆樹

## 1. 平成 24 年度の計画の概略

(1-1, 石田) 金属電極を架橋する単一分子, 原子鎖を含むナノ接合系の電子構造や電気伝導に対する, 分子内の強電子相関の効果を, 厳密対角化法を用いた Green 関数の計算により明らかにする. (1-2, 佐甲) 自然原子・人工原子における共役フェルミ孔の構造と励起状態における電子構造の関係を解明し, 閉じ込めポテンシャルの違いによる電子物性の特質を明らかにする. (1-3a, 大貫) 平成 23 年度に開発したマルチスケール電磁界シミュレーション法を用いて, 情報班の光直接記録の高密度化に向けた, プラズモニックアンテナと粒子記録媒体の相互作用の解明を行う. (1-3b, 大貫) マックスウェル-シュレディンガー混合数値解析法を確立する. (1-4, 山崎) フォトニック結晶導波路内の光閉じ込め効果を制御する誘電体形状の最適化ならびに超分子・自己組織班のフォトニック導波路のモデル化して伝搬特性を解明し, 解析モデルの正当性と有効性を得る.

## 2. 平成 24 年度の進捗と成果

(1-1, 石田) 金属電極を架橋する単一分子のモデルとして「 $N$  サイト Hubbard 分子」を考え, この分子の温度  $T$ , バイアス電圧  $0$  極限での電子構造を, 有限温度 Green 関数を計算することによって調べた. 電極のゲート電圧を変化させ, 分子内の電子占有数を変化させた場合について, 化学ポテンシャル付近の一電子状態密度の温度変化を調べた. その結果, 温度が低下すると近藤共鳴準位が出現し, Coulomb ブロッキングによる擬エネルギーギャップが消失する様相が明らかとなった (Phys. Rev. B, 2012). また, 本計算手法は, 吸着単一分子の電子構造を, バリスティック伝導領域, Coulomb ブロッキング領域, 近藤領域を含めて, 広いパラメータ範囲で電子相関の効果を考慮して計算することが可能であることが示された.

(1-2, 佐甲) 本年度は, 前年に本 N.研究プロジェクトの成果として見出した, 「共役フェルミ孔(*conjugate Fermi hole*)」と呼ばれる, 反平行スピンを持つ二電子間に普遍的に存在する波動関数の空孔に着目し, 重要なナノ物質の一つである人工原子 (量子ドット) について, この共役フェルミ孔の構造を詳しく調べた. その結果, 人工原子についてフントの第一規則が成り立つ起源を明らかにするとともに, 通常自然原子においてフントの第一規則が成り立つメカニズムとの違いを明らかにした (J. Phys. B, 2012).

(1-3a, 大貫) 光直接記録に向けたプラズモニックアンテナと粒子媒体の設計光直接記録方式による超高密度磁気記録の実現に向け, 局所的な円偏光を高効率に生成できるプラズモニックアンテナと多数の粒子で構成される記録媒体を設計した. 電磁界解析法の一つである ADE-FDTD 法により, プラズモニックアンテナの組み合わせに対する円偏光の生成時間と電界強度の関係を明らかにした.

(1-3b, 大貫) FDTD 法に基づくマックスウェル-シュレディンガー混合数値解析法により, レーザ場中におけるナノプレートのマルチフィジックス解析を行った. ポテンシャルの井戸構造に起因するトンネル効果が, プレート内の電流密度および近傍の電磁界に与える影響を検討し, 本手法の有用性を古典的な解析法と比較することで明らかにした.

(1-4, 山崎) 中空導波路外に欠陥構造を設け, この欠陥構造内に電磁エネルギーを多く取り込むための制御用として, 導波内に変形ひし形誘電体を内蔵したモデルを考案した. 入射偏波も考慮して解析を行った結果, 制御用としての最適誘電体形状は, 円柱形状や三角柱形状よりもひし形形状の方がエネルギーを集中出来る事が示された.

## 3. 平成 24 年度の班としての活動

毎月 1 回の頻度で大貫准教授の研究室をベースとして, 情報班の中川教授および芦澤助手と合同で勉強会を開催した.

## 研究者の報告

**浅井朋彦** (ナノ物質・ナノデバイス班)

自己組織化磁化プラズモイドの理解とナノ材料, 医療への応用

**浅田泰男** (エネルギー班)

光エネルギーを利用した水素生産および不斉還元

**伊掛浩輝** (超分子・自己組織班)

自己集積ナノ構造体の作製と光機能開拓

**石田 浩** (量子理論・計算班)

結晶界面および吸着分子・ナノ構造の電子構造

**伊藤彰義, 塚本 新** (情報記憶班, 超分子・自己組織班)

ナノ構造自己集積化基板と超高密度情報記録媒体

**井上修一郎** (量子情報班)

光通信波長帯における高忠実度量子もつれ交換技術の開発

**岩田展幸** (ナノ物質・ナノデバイス班)

ナノ物質を基盤とする光・量子技術の極限追求

**大月 穰** (超分子・自己組織班, エネルギー班)

自己集合超分子系の開拓と, エネルギー, 医療, 情報技術への応用

**大貫進一郎** (量子理論・計算班)

ナノ電磁界シミュレーションとナノスケールデバイスへの応用

**加野浩一郎** (医療班)

成熟脂肪細胞に由来する多能性前駆細胞 DFAT の移植による新規の乳癌発症モデルマウスの作製に関する研究

**桑本 剛** (量子情報班)

原子気体を用いた量子メモリの実現に向けた実験研究

**越永従道** (医療班)

LITI 遺伝子を標的とした PI ポリアミド (PIP) の新規抗癌薬剤としての可能性の検討

**佐甲徳栄** (量子理論・計算班)

He 様原子および人工原子における共役フェルミ孔の構造とフントの第一規則の起源

**十代 健** (ナノ物質・ナノデバイス班)

金属クラスターの溶液中生成と触媒への応用に向けて

**鈴木 薫** (ナノ物質・ナノデバイス班)

広バンドギャップ半導体ナノロッドデバイスの作成

**高野良紀** (ナノ物質・ナノデバイス班)

層状構造を持つ鉄系超伝導体の超伝導機構解明と新超伝導物質探索

**高橋 悟, 大日方大亮** (医療班)

ピロール・イミダゾールポリアミドを用いた新規前立腺癌治療薬の開発

**茶園 茂, 東條 正** (ナノ物質・ナノデバイス班)

生体分子、生体細胞のイメージング

**塚本 新, 伊藤彰義** (情報記憶班, 超分子・自己組織班)

光誘起超高速磁化反転と超高速情報記録

**中川活二** (情報記憶班)

超高密度超高速記録の基盤研究 -近接場光利用による熱アシスト磁気記録-

**永瀬浩喜, 渡部隆義** (医療班)

化学, 生物学, 物理学の融合による新規癌治療戦略

**西宮伸幸** (エネルギー班)

光アシスト水素吸蔵を中心とする光エネルギーの化学変換プロセスの開発

**羽柴秀臣** (量子情報班, ナノ物質・ナノデバイス班)

金属、半導体による単一電子・光子物性のデバイス応用

**橋本拓也** (エネルギー班)

中低温作動用固体酸化物型燃料電池材料の開発

**福田 昇, 齋藤孝輔, 五十嵐潤, 浅井朋彦** (医療班)

ゲノム化学に基づく PI ポリアミドの創薬開発とプラズマによる皮膚悪性黒色腫の治療法開発

**藤原恭子, 相馬正義** (医療班)

PI ポリアミドを用いた抗腫瘍薬の開発

**舩廣善和** (医療班)

分解耐性を強化した細胞膜透過性 iPS 誘導因子の大腸菌発現系の構築

**松下祥子** (超分子・自己組織班, エネルギー班)

自己集積・自己組織化現象を利用したデバイス作製の試み

**松本宜明, 青山隆彦** (医療班)

光線力学治療化合物の薬物体内動態/薬効解析

**山崎恒樹** (量子理論・計算班)

中空層にひし形誘電体構造をもつ誘電体導波路による伝搬特性とエネルギー分布



## 自己組織化磁化プラズモイドの理解とナノ材料，医療への応用

浅井朋彦

ナノ物質・ナノデバイス班

内部電流により閉じ込め配位を形成する自己組織化プラズモイドは，温度・密度などのパラメータ領域の広さやその制御の柔軟性から幅広い応用が期待される。本研究では，汎用的に利用可能なプラズマ源を開発し，高融点金属を含む機能性合金薄膜の高速生成法や極端紫外光源などへの応用を実証するとともに，医療技術やミュオン触媒核融合など，その発展的な応用について検討を進めている。

## 1. 磁化同軸ガンを応用した機能性合金薄膜の高速生成法の開発

イオンビームアシスト法を用いた真空蒸着など，極めて方法が限定される Ti-Fe 系薄膜の生成などへの応用を目指し，磁化同軸プラズマガン (Magnetized Coaxial Plasma Gun: MCPG) を用いた高速製膜法の開発を進めている。本年度は複合材料による中心電極を用いたプラズマ生成の初期実験を完了し，この結果，MCPG を用いた高融点金属を含む合金薄膜の高速生成法の実用化の目処が立った。開発された手法および装置構成について NUBIC を通して出願した (名称：合金薄膜生成装置，発明者：浅井朋彦，鈴木薫，西宮伸幸，高津幹夫，出願日：2012 年 9 月 6 日，出願番号：特願 2012-195690)。

また，同手法の歯科材料や記録媒体開発への応用に関する基礎実験を開始した。

(電気工学科鈴木薫教授，物質応用科学科西宮伸幸教授らとの共同研究)

## 2. 大気圧 LF ジェットプラズマの医療応用

これまでに本プロジェクト内において，材料の表面処理などへの応用研究を進めて来た大気圧 LF ジェットプラズマについて，医療技術への応用に関する検討を開始した。LF ジェットにより供給される高エネルギーの電子やイオンは，生体への直接的な作用の他，化学平衡を制御するツールとしての利用が期待される。本プロジェクトにおいては，特に癌腫治療への応用を目的としたプラズマ生成装置の開発を進めており，年度中の実験開始へ向け，装置の最終調整を行っている。

(医学部 福田昇教授，藤原恭子助教，産業技術総合研究所 小口治久主任研究員らとの共同研究)

## 3. ミュオン触媒核融合の効率化に関する研究

ミュオンを用いた原子核構造の制御により，ミュオン原子中での核融合反応を発生させるミュオン触媒核融合 (Muon Catalyzed Fusion:  $\mu$ CF) について， $\mu$ CF 方式の効率化のため，磁場反転配位 (Field-Reversed Configuration: FRC) プラズマの超音速移送と水素アイスペレット入射法を組み合わせた新たな炉方式を提案，ミュオン生成専用の加速器建設も含めた実験の実現へ向け，基礎的研究を開始した。またこの原理実証を目指した新しい装置 FAT (FRC Amplification via Translation/-former) における FRC 移送実験を船橋校舎物理実験 A 棟において開始した。

(高エネルギー加速器研究機構 中村英滋講師との共同研究)

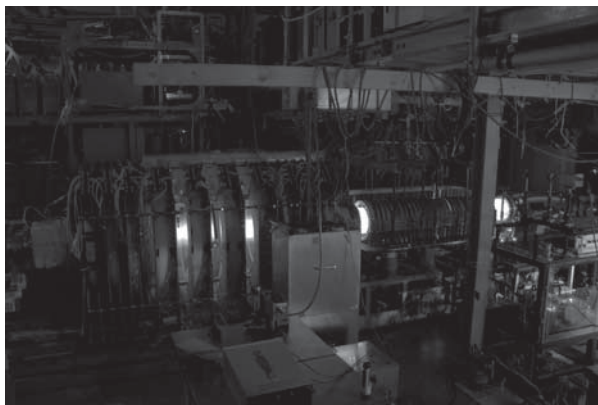


Figure 1. FAT 装置

## 光エネルギーを利用した水素生産および不斉還元

浅田泰男  
エネルギー班

光エネルギーを利用できる光合成細菌およびシアノバクテリアなどを用いて、水素生産および有用物質の不斉還元について研究している。

### 1. 微生物による水素生産の増収方法（理工学部 西宮先生との共同研究）

昨年度、シアノバクテリアなどによる水素生産を水素吸蔵合金の存在のもとで行わせて、水素の回収を容易にするとともに、水素を増収する方法を開発した。

シアノバクテリアや嫌気性細菌には、ヒドロゲナーゼまたは（および）ニトロゲナーゼという酵素によって水素を生産するものがある。

例として *Spirulina platensis* を（スピルリナ・プラテンシス）を挙げると、光合成によって菌体内に蓄積したグリコーゲンを嫌気暗条件で分解して、水素を生産する。関与する酵素はヒドロゲナーゼであることを Asada らが明らかにしている。しかし、ある程度水素が蓄積すると、水素の生産は平衡に達する傾向がある。このような系に水素吸蔵合金を加えて水素分圧を下げることによって水素の生産は増大した。

別の例として窒素固定酵素であるニトロゲナーゼによって生産する *Anabaena cylindrica*（アナベナ・シンドリカ）では、ニトロゲナーゼ自身は事実上の不可逆酵素であるが、共存するヒドロゲナーゼ（取り込みヒドロゲナーゼと呼ばれる）によって再吸収される。よって、この系による水素生産にも水素吸蔵合金は有効であった。

今年度、嫌気性細菌（非光合成）、*Enterobacter aerogenes*（エンテロバクター・エアロゲネス）によるグルコースからの水素生産について、水素吸蔵合金の添加効果を検討し、増収効果を確認した。エンテロバクターの水素代謝との関連について検討中である。

### 2. 光合成細菌による不斉還元

シアノバクテリアの生菌体が光照射条件でイソオキサゾールやアセトフェノンなどのケトンの不斉還元を行うことが知られている。関与する酵素は化合物の種類から考えてアルコール脱水素酵素と想定されるが、明確ではない。

上記反応をより明確化および効率化するため、シアノバクテリア *Synechococcus* PCC7942 株のアルコール脱水素酵素遺伝子 3 種およびアルコール類を資化する光合成細菌、*Rhodospseudomonas palustris* No.7 のアルコール脱水素酵素（以下、ADH と略す）の遺伝子を異種の光合成細菌、*Rhodobacter sphaeroides* RV（アルコール資化能はない）を過年度、既に取得した。昨年度は、上記 No.7 無細胞抽出液を用いて 1-フェニールエタノールの s 体の方のみをケトンへ酸化することを確認したが、活性が不安定であった。

よって、今年度は、No.7 無細胞抽出液を非変性電気泳動を行い、s 体の 1-フェニールエタノールおよびエタノールを基質とした活性染色によって、酵素活性を確認した。

## 自己集積ナノ構造体の作製と光機能開拓

伊掛浩輝

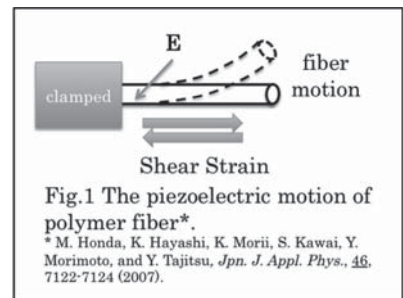
超分子・自己組織班

自然と人類との共生を可能とする環境関連技術を主力においた産業戦略が、我が国の第 4 期科学技術基本計画に盛り込まれて久しいが、高分子材料分野においても、再生可能な植物資源をベースとしたバイオベースポリマーの高機能化が活発に検討されている。本研究では、先のポリマーを用いた自己集積ナノ構造体を作製し、高分子の高次構造を明らかにするとともに、N.プロジェクトの礎となる新規材料作製法の開拓をめざし検討している。

## 1. キラリティーを持つポリ-L-乳酸の光歪応答性薄膜の作製

キラリ性高分子であるポリ-L-乳酸(PLLA)は、高い結晶化度を有することで知られているが、この PLLA を 1 次元方向に延伸させることで成形される PLLA ファイバーは、PLLA 結晶の配向によりユニークな圧電特性を示すことで関心が持たれている。とりわけ、このファイバーに制御電界を印加した場合、PLLA の圧電特性により、ファイバー先端の振動や振幅が任意にコントロールでき、透過光の方向性が制御できるようになる(Fig.1)。

本研究では、1次元であるファイバーから大面積を持つ2次元の薄膜、さらに、それ以上の構造体となるシートなどへの拡張をめざしている。そこで、配向制御については、2、3のテーマで検討するが、本実験では、PLLA の合成方法について検討した。



## 2. 電場誘起によるポリ-L-乳酸分子鎖の配向制御

本研究は、ナノ物質・ナノデバイス班の鈴木薫教授の研究グループと連携して進めている。これまでの研究結果から、電場の強さや等温結晶化時間を調整することで PLLA 結晶化や配向化を促進させることができることを報告してきたが、今年度は、PLLA の結晶化度と配向度の再現性を改善することを目的に、PLLA の熱処理条件や効果的な電場誘起について検討した。Fig.2 に異なる電場の強さで作製した PLLA フィルムの X 線広角回折(WAXD)測定の方角依存性を示す。電場を印可していないフィルムについては、方角依存性が見られないが、電場印可することで、180°周期で WAXD パターンが変化していることがわかる。また、Fig.2 から算出される配向度も電場の強さに応じて PLLA の配向度も増加することがわかった。本法は作製試料の大規模化も可能であり、工業化プロセスへの応用も視野に入りたい。

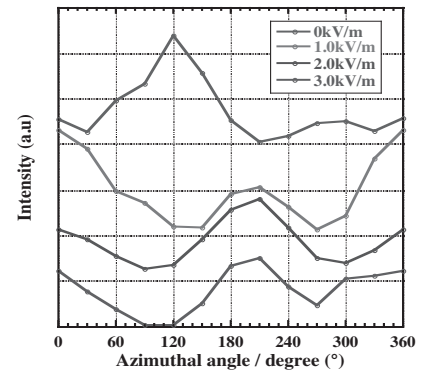


Fig.2 WAXD (110)/(200) intensity along the azimuthal angle for PLLA films.

## 3. 強磁場中におけるポリ-L-乳酸フィルムの結晶配向制御

本研究では、磁場による PLLA 結晶の配向化を目指している。磁場の透過性の良さから材料サイズには依存せず、また、残留ひずみなど材料へのストレスが軽減できる利点があり、新たなプラスチック材料の成形加工の手法としても注目されている。

磁場照射による高分子の結晶配向化には、磁化率に異方性を持ち、熱ゆらぎによるランダム構造への遷移に打ち勝つ結晶サイズ、そして高分子鎖のミクロブラウン運動が可能な低粘度環境が必要となる。その中で、今年度は、2次元イメージングプレート検出器を併用した X 線小角散乱測定より、結晶成長に繋がる PLLA ラメラ晶の厚みについて検討を行った。

## 結晶界面および吸着分子・ナノ構造の電子構造

石田 浩

量子理論・計算班

微細加工技術の進歩により、膜厚を原子層単位で制御した超格子構造や、単一分子トランジスターの作成が可能になった。本研究では、第一原理の密度汎関数法と、動的平均場理論など量子多体計算を組み合わせ、結晶表面・界面および単一吸着分子・ナノ構造の電子構造を、電子相関の効果を取り入れて解明することを目指している。

### 1. ハバード分子のクーロンブロッケードと近藤効果

図 1 のように半無限 2 電極を架橋する  $N$  サイトの Hubbard 分子を考え、この分子の温度  $T$ 、バイアス電圧 0 極限での電子構造を、有限温度の Green 関数を計算することにより調べた。ここで、 $U$  は同サイトの 2 スピン状態間の反発エネルギー、 $t_L$  は分子-電極間の遷移積分、 $t_M$  は電極内の遷移積分、 $t=1$  (以後、エネルギーの単位とする) は分子内の隣接サイト間遷移積分である。また、分子の Green 関数は、半無限電極を有限サイトのクラスターで近似して、厳密対角化法でハミルトニアン基底状態および低励起状態を求めることにより計算した。この際、半無限電極の embedding ポテンシャルと、有限サイトクラスターの embedding ポテンシャルとの差が、複素松原周波数上で最小になるように、クラスターのパラメータを選んだ。

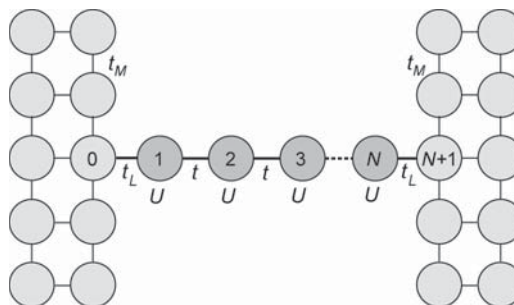
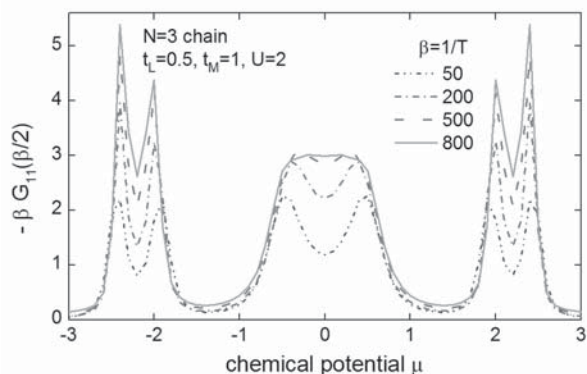


図 1 : 電極間を架橋する単一分子のモデル

例として、3 サイトの直鎖分子を考える。電極の化学ポテンシャル (分子に加えるゲート電圧でも良い) を変化させ、分子内の電子占有数を 0 から 6 まで変化させた時の、分子内サイトの化学ポテンシャル付近の一電子状態密度を、4 つの温度に対して、図 2 に示した。電子相関の無い時には、状態密度は、3 分子軌道から生じる 3 個のピークからなるが、Coulomb ブロッケード効果により、各ピークは 2 つに分裂する。更に温度が低下すると、 $\mu=0$  付近の 2 番目の分子軌道に関して、近藤共鳴準位が出現して、Coulomb ブロッケードによる擬エネルギーギャップが消失する様子が分かる (*Phys. Rev. B*, 2012)。このように本計算手法は、吸着単一分子の電子構造を、バリエーション伝導領域、Coulomb ブロッケード領域、近藤領域を含めて、広いパラメータ範囲で電子相関の効果を考えて計算することが可能である。

図 2 : 鎖分子 ( $N=3$ ) の化学ポテンシャルでの状態密度



### 2. スピン軌道相互作用を取り入れた半無限電子構造計算プログラムの開発

密度汎関数法と Inglesfield のエムベディッド Green 関数法を組み合わせた第一原理の半無限結晶表面・界面の電子構造計算プログラムに、スピン軌道相互作用を取り入れる作業を進めている。これにより、最近注目されているトポロジカル絶縁体の電子構造、特にスピン分極した金属的な表面局在状態の電子構造を、従来の薄膜近似の計算より正確に計算できるようになる。

## ナノ構造自己集積化基板と超高密度情報記録媒体

伊藤彰義, 塚本新

情報 (記憶) 班, 超分子・自己組織班

超高密度記録に関する急激な発展により,  $1\text{Tbit/inch}^2$  の高密度記録の研究が活発化しつつあるが, その実現には今までに無い多くの困難がある. 本研究は, これを解決し, 更なる高密度記録の実現, すなわち  $5\text{Tbit/inch}^2$  以上の未踏領域に挑戦するものである. 近年, 大規模情報記録に関する研究分野において, ナノ構造を有する磁性記録媒体が注目されている. 本研究ではナノスケール配列構造を有する磁性媒体を得る手法として, 自己組織/集積化現象を利用し形成した超高密度なナノ構造を表面に有するテンプレート基板の利用を提案し, 検討するものである.

これまでに, 熱酸化 Si 基板上へ成膜した Fe/Pt, Fe/Cu/Pt 多層膜に急速昇温熱処理(Rapid Thermal Annealing:RTA)を行う事により,  $L1_0$  型規則合金化した孤立微粒子結晶が得られること, また, 自己組織/集積化現象を利用し作成した多孔質 Si 基板を下地として利用し面内粒子数密度を著しく増大できる事を報告している. また, 結晶粒の再結合による粒径増大を抑制するため RTA の後, 新たに急速冷却過程を導入し多結果, 結晶粒サイズの増大を抑制が可能な一方, XRD プロファイルにおいて不規則相に相当する新たなピークが出現する事, 単一粒子の電子線回折より c 軸配向した  $L1_0$  規則合金を核として微粒子が形成されている事を明らかにした. 以上より, 本提案急速昇温結晶化処理による高磁気異方性 FeCuPt 規則合金微粒子形成手法につき, 詳細微細構造観察により明らかとなった課題である単結晶化を中心に検討を行った.

高い磁気異方性を有する垂直磁気記録媒体として, FeCuPt 磁性微粒子には粒子サイズだけでなく,  $L1_0$  規則相の単結晶かつ磁化容易軸 (c 軸) が膜面垂直である事が望まれる. そこで  $L1_0$  規則合金を核とした粒子内部で原子拡散を起こし, 単結晶化を誘導することを目的に, 追加熱処理を行った. 熱処理は RTA と同様の真空雰囲気中で, Fe の拡散距離に留意し  $600\text{ }^\circ\text{C}, 1\text{ h}$  にて行った. 追加熱処理前後の XRD プロファイルを Fig. 1 に示す.  $L1_0$  規則相の存在を示す (001) 超格子ピーク強度の増大とともに (002) ピークの対称性が良くなり, 低角側に存在したショルダーピークの強度が減少した. また追加熱処理 前後において平均粒径の変化が約 0.5 % であり, 粒子結合のような表面形状の変化はほとんど見られなかった. さらに単一磁性微粒子の詳細構造の検討を行った. Fig. 2 に追加熱処理後の面内 TEM 像及び電子線回折像を示す. 4 回対称の  $\{200\}$  および  $\{110\}$  超格子に属する同一グループをなす 回折スポットのみが存在することが確認された. これらより, 広域計測である XRD 計測および局所計測である電子線回折の相補的結果より, これら粒子は  $L1_0$  規則相を有する単結晶であり, 膜面に対し c 軸配向している事が分かる.

上記より, ナノ磁性粒子を形成した後, 適切な追加熱処理を行う事で単結晶 FeCuPt 規則合金微粒子が形成可能である事を見出した.

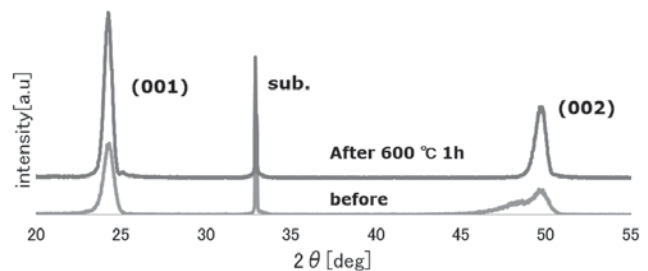


Fig. 1 XRD profiles of before and after the additional annealing

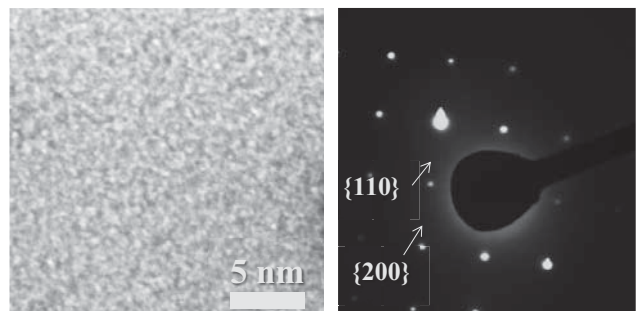


Fig. 2 Bright field image of TEM and Electron diffraction pattern for an isolated grain after additional annealing.

## 光通信波長帯における高忠実度量子もつれ交換技術の開発

井上修一郎

情報（量子情報）班

無条件安全性を保証する量子鍵配送は伝送距離 100 km 程度の都市圏光ファイバネットワーク上で実装可能なレベルにまで技術開発が進んでいる。現在，更なる長距離化への挑戦が始まっており，その実現の鍵となる量子もつれ状態を利用した量子鍵配送や量子中継技術の開発が精力的に行われている。本プロジェクトでは，それらの実現に不可欠な高純度偏光量子もつれ光子対源の開発および高忠実度量子もつれ交換技術の確立を目指す。

### 1. 量子もつれ光子対源の開発

量子もつれ交換実験では，独立した 2 つの量子もつれ光子対源から発生する光子同士を干渉させなければならない。そのため，それぞれの量子もつれ光子対源から出力される光子は互いに空間的，周波数的，時間的に識別不可能でなければならない。特に，時間的な識別不可能性を持たせることが重要となる。これを実現するためにフェムト秒レーザーを励起光とした自然パラメトリック下方変換過程（SPDC）を利用して光通信波長帯直交偏光量子もつれ光子対源の開発を行った。長さ 6 mm の Type-II 型 PPLN バルク結晶を波長 775 nm，パルス幅  $\sim 100$  fs のモードロック超短パルスレーザーで励起することで直交偏光量子もつれ光子対を発生させた。励起用パルスレーザー光の空間モードフィルタリング，半値幅 4 nm ( $\sim 1$  ps のフーリエ限界波束) の信号光波長フィルタリング，偏波保持ファイバによる偏波分散補正により 2 光子干渉明瞭度 87 %を得た。明瞭度が不完全である原因はやや高い平均光子対数における多光子対発生によるものである。

### 2. 量子もつれ交換実験

上記の量子もつれ光子対源を 2 つ用意して量子もつれ交換実験を実施した。波長フィルタリング，偏波保持型ファイバによる偏波分散補正，単一モードファイバーによる空間フィルタリングにより，それぞれの光子対源から発生する光子間の識別不可能性は 82 %であった。（図 1）このような高い識別不可能性は高い忠実度で量子もつれ交換が可能であることを示唆している。次に，量子もつれ交換実験を実施し，量子もつれ交換後の量子もつれ純度を評価した。図 2 に量子もつれ交換後の 2 光子干渉縞を示す。光子の偏光を  $45^\circ$  回転させた場合の 2 光子干渉明瞭度は 86 %（光通信波長帯においては世界記録）であり，高い忠実度で直交偏光量子もつれ交換を実現できたことを示している。

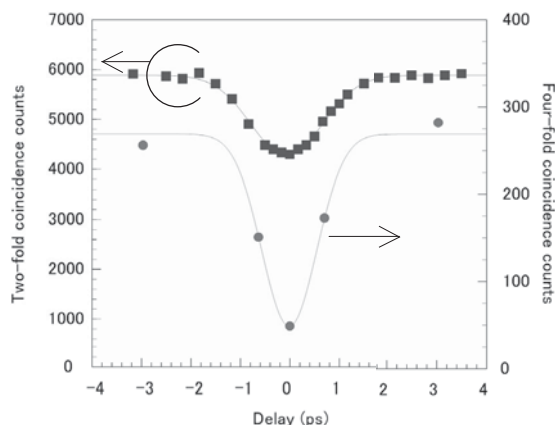


図 1 異なる光子対源から発生した光子による

Hong-Ou-Mandel dip

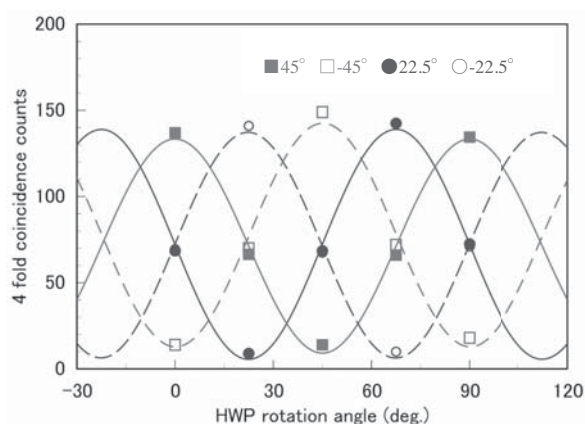


図 2 量子もつれ交換後の 2 光子干渉縞

ナノ物質を基盤とする光・量子技術の極限追求

岩田展幸

ナノ物質・ナノデバイス班

原子レベル成長制御による人工超格子作製により、未だ達成されていない電界印加による磁化制御材料を開発している。極限追求系・エネルギー班・班長・橋本拓也教授との共同研究により原子レベル制御の精度および再現性が飛躍的に向上した。この材料は電流不要の全く新しい超低消費電力の多機能デバイスの基幹素子となる。

基板ヒーターの改良により、単層カーボンナノチューブ(SWNT)の品質の指標となる G/D 比が約 30 から 400 以上となり大幅な品質の改善を達成した。

1. 室温マルチフェロイックの発現

[ABO<sub>3</sub>/REMO<sub>3</sub>](A=Ca,La, B=Fe,Mn, RE=La,Bi, M=Fe,Fe<sub>0.8</sub>Mn<sub>0.2</sub>)人工超格子(9種類)をパルスレーザー堆積(PLD)法で作製した。LaMnO<sub>3</sub>(LMO)を用いた人工超格子を除いて、XRD回折により明瞭な超格子反射およびラウエ振動を確認し清浄な超格子界面が形成されていること、逆格子マップによりCubu-on-Cube成長を確認した。図1に人工超格子に関するシート抵抗の温度変化を示す。

CaMnO<sub>3</sub>(CMO)系超格子、LaMnO<sub>3</sub>(LMO)系超格子は半導体的性質を示した。いずれも、CMO単層膜、LMO単層膜の活性化エネルギーより小さな値を示した。界面での電子移動、元素拡散、結晶歪みによるバンド構造の変化を示唆する結果を得た。また、図中矢印で示した温度において活性化エネルギーが変化し、磁気的な相転移を示唆する結果を得た。関連する研究成果が認められ、米国・日本において材料・デバイスに関する最も大きな学会が主催するジョイントシンポジウム(JSAP-MRS@サンフランシスコ)のオーガナイザーを2012年4月に務め、2013年9月にも引き続きオーガナイザーを務めることとなった。また、2013年1月2-5に開催されたOMTAT国際会議(コーチン・インド)において招待講演を行った。また、r面、c面サファイア基板上的Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>薄膜の結晶成長をまとめた論文をJpn. J. Appl. Phys. **51** (2012) 11PG12-1~9 (9 pages)において発表した。

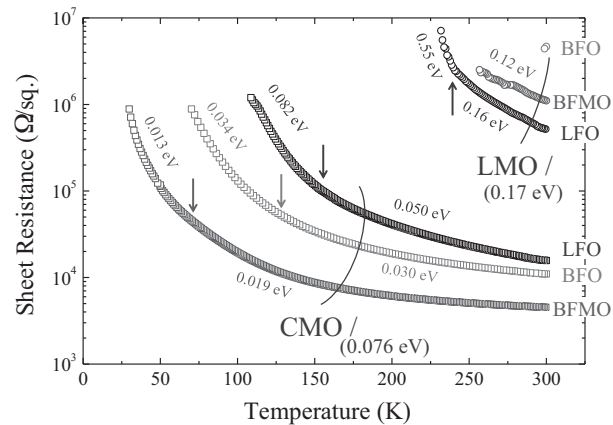


図 1 : [CMO/REMO], [LMO/REMO]人工超格子に関するシート抵抗の温度依存性。プロット横に示した数値は活性化エネルギーである。また、CMO、LMO 単層膜の活性化エネルギーは 0.076eV、0.17eV であって、超格子の値はより小さい値を示した。界面において電子移動や原子拡散が起きている可能性を示唆している。

2. 単層カーボンナノチューブ

単層カーボンナノチューブ(SWNT)1 本によるトランジスタ性能向上のために、基板ヒーターの改良を行った。SWNT の品質を示す指標となる G/D 比が 30 から約 400 まで大幅な改善が見られた。カーボンソースの熱分解が効率よく行われたことを示唆している。また、自由電子レーザー (FEL)照射によるカイラリティ制御は初期成長後において可能であることを示唆する結果を得た。

## 自己集合超分子系の開拓と、エネルギー、医療、情報技術への応用

大月 穰

超分子・自己組織班, エネルギー班

適切に設計された分子の自己集合は、ナノ構造を構築するための有力なボトムアップ的手法である。本研究では、新しい分子の自己集合系を開発し、分子レベルでの自己集合構造、そのダイナミックな挙動を明らかにするとともに、N.研究プロジェクトの研究者との連携によって、エネルギー、医療、情報への応用を検討している。

### 1. 分子、量子ドットの自己集合

植物や細菌の光合成では、クロロフィル類が自己集合し、励起エネルギー移動ができるアンテナ構造を形作ることによって、密度の低い太陽光を高効率で集めている。このような分子の配列を実現できれば人工光合成や有機太陽電池において太陽光を有効に集めるシステムとして有効であろう。われわれは、ピリジリル基をもつクロロフィル誘導体が自己集合して二重らせん構造を形成することを単結晶 X 線構造解析により明らかにした。図 1 に示すこの構造は、DNA 二重らせんを思い起こさせるユニークな分子組織体である。また、オキサゾール基をもつクロロフィル誘導体は階段状の集合構造を形成することがわかった。クロロフィル集合体の構造が制御できれば、人工アンテナを作ることにつながることが期待できる。

その他、分子の自己集合系としては、ダブルデッカー型ポルフィリン錯体の基板表面上での配列や挙動を単一分子レベルで明らかにした[J. Nanosci. Nanotechnol. 2012, 12, 159].

量子暗号通信用素子として、量子ドットを間隔を空けて配列させる技術を確立するために、量子ドットの作製、シリカでの被覆、そのシリカ粒子の配列作製の検討を行っている。量子ドット本来の高い量子収率を保ったまま、シリカで被覆するプロセスが今のところネックとなっており、諸条件を検討している。

### 2. 色素増感太陽電池のための新規色素

色素増感太陽電池色素として、ドナー修飾ペリレンジカルボン酸誘導体について、ドナーの種類、側鎖の種類、酸化チタン電極への吸着部位の構造についてそれぞれ検討しているが、今までのところ、以前報告した光電変換効率 3.1%を超える色素は見つかっていない。

あわせて、新しいルテニウム錯体をいくつか合成し、その構造や特性を明らかにした。これらの錯体も酸化チタン電極への吸着部位を導入し、色素増感太陽電池用色素として検討する。

その他太陽電子関係では、ITO の代わりに太陽電池の基板として期待される酸化グラフェンの薄膜作製を検討した。改良された酸化グラフェンを用いて薄膜を作製し、熱処理により還元した。従来より低温の焼成によって優れた電気的特性をもつ還元酸化グラフェン薄膜を作製できた[Appl. Surf. Sci. 2012, 259, 460; Appl. Nanosci. 2012, DOI 10.1007/s13204-012-0144-2]が、これは欠陥の少ない酸化グラフェンを合成できていたためであると考えている。

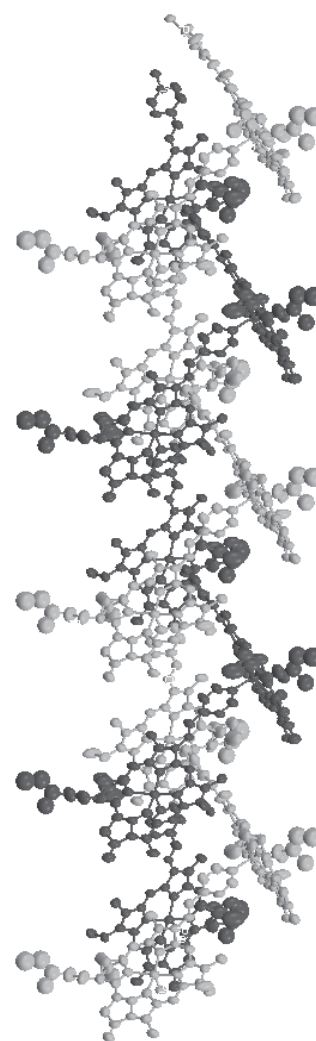


図 1. クロロフィル誘導体が形成する二重らせん。



## ナノ電磁界シミュレーションとナノスケールデバイスへの応用

大貫進一郎

量子理論・計算班

光と物質の相互作用を数値解析することは、ナノスケールデバイスを設計するための有力な手段である。本研究では、光の波長に比べ解析対象が小さいナノ構造物に対して高速かつ信頼性の高い電磁界シミュレーション法を開発するとともに、N.研究プロジェクトの研究者との連携により、ナノスケールデバイスへの応用を目的としている。

## 1. 光直接記録に向けたプラズモニックアンテナと粒子媒体の設計

光直接記録方式による超高密度磁気記録の実現に向け、局所的な円偏光を高効率に生成できるプラズモニックアンテナと多数の粒子で構成される記録媒体を設計した。電磁界解析法の一つであるADE-FDTD法により、プラズモニックアンテナの組み合わせに対する円偏光の生成時間と電界強度の関係を明らかにした。

## 2. 積分方程式法に基づく電磁界時間応答解析

積分方程式法と数値逆ラプラス変換法を併用した高速かつ高精度な電磁界時間応答解析法を開発した。提案手法は、計算誤差の制御が容易であり、任意の時間刻み幅および解析時間が選択可能である。本手法を適用して、ナノスケールアンテナ近傍の電磁界時間応答や分子モータに誘起されるダイポールモーメントを解析した。

## 3. レーザ場中におけるナノプレートのマルチフィジックス解析

FDTD法に基づくマクスウェル - シュレディンガー混合数値解析法を開発し、レーザ場中におけるナノプレートのマルチフィジックス解析を行った。ポテンシャルの井戸構造に起因するトンネル効果が、プレート内の電流密度および近傍の電磁界に与える影響を検討し、本手法の有用性を従来の古典的な数値解法と比較することで明らかにした。

## 4. 高感度光検出器に向けたプラズモニック導波路の設計

金属ストライプとニオブ細線で構成される光検出器を設計した。本デバイスは、電磁エネルギーが金属ストライプ近傍に集中し、ニオブ細線内の電磁界を増強できる。ニオブ細線の場合と比較し、電磁エネルギーが3倍に増強できることを明らかにした。

## 5. 高精度な電磁波散乱解析

電磁波の規範問題に対する参照解を求めることを目的に、高精度に数値解析可能なモード整合法を開発している。誘電体球表面の一部が金属で覆われた球殻構造に対して解析法を提案し、計算精度の検証および電磁波散乱解析を行った。

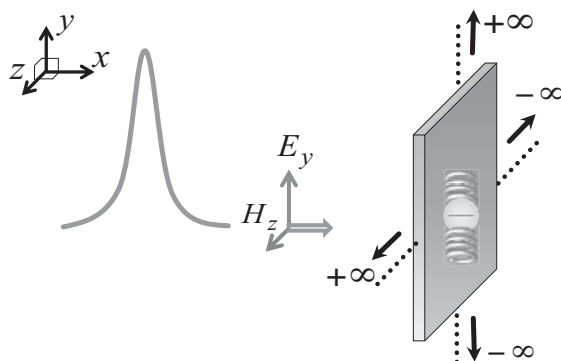


Figure 1 ナノプレートの座標系

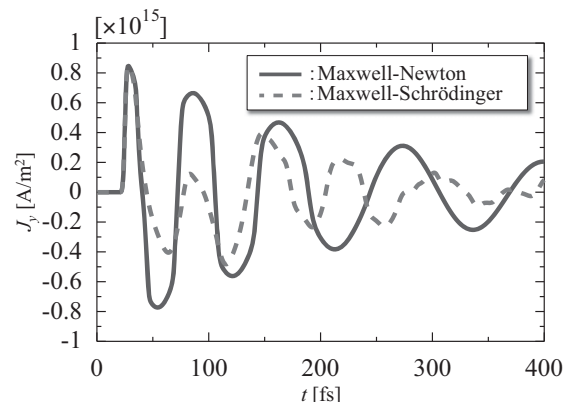


Figure 2 ナノプレート内電流密度の時間応答

## 成熟脂肪細胞に由来する多能性前駆細胞 DFAT の移植による 新規の乳癌発症モデルマウスの作製に関する研究

加野浩一郎

医療班（生物資源科学部動物資源科学科）

我々は、妊娠時における乳腺組織の発達過程において、脂肪細胞を含む間質が乳腺上皮細胞など実質細胞に分化転換することを明らかにしてきた。また、成熟脂肪細胞由来の多能性前駆細胞 DFAT を乳腺組織に移植すると脂肪細胞などの間質細胞、さらには乳腺上皮細胞や筋上皮細胞など実質細胞に分化することも明らかにしてきた。これらの結果は、成熟した哺乳類の組織において間葉系由来の細胞が外胚葉由来の乳腺上皮細胞および筋上皮細胞へと分化転換することを示している。しかし、乳腺組織の発達および退行過程において、乳腺間質細胞および実質細胞それぞれが相互に分化転換する機構は明らかでない。本年度は、DFAT の脂肪細胞分化機構の一端を明らかにする目的で、脂肪細胞分化過程におけるアクチン細胞骨格の変化とその役割について検討を行った。DFAT は分化誘導 24 時間以内にアクチンファイバーを崩壊させ、48 時間後でファイバーを完全に消失させ、脂肪細胞特有の表層アクチンを形成した。一方、脂肪細胞分化のマスターレギュレーターである PPAR $\gamma$ 2 の発現は 48 時間後から認められた。また、DFAT にアクチン脱重合タンパク質であるコフィリンの siRNA を導入し、脂肪細胞へと分化誘導すると、アクチンファイバーの崩壊が阻害され、PPAR $\gamma$ 2 の発現および脂肪滴の蓄積が有意に減少した。次に、アクチンファイバーの形成を制御する低分子量 GTP 結合タンパク質の RhoA およびそのエフェクターである ROCK が、脂肪細胞分化においてアクチン細胞骨格の再構築を制御し、PPAR $\gamma$ 2 の発現に關与するかを確かめた。DFAT は分化誘導後 24 時間以内に内因性 RhoA の活性が減少した。さらに、DFAT に活性型 RhoA を強制発現させたのち、脂肪細胞へと分化誘導し、アクチン細胞骨格の変化および PPAR $\gamma$ 2 の発現について経時的に調べた。その結果、活性型 RhoA を発現した細胞では分化誘導後もアクチンファイバーが維持され、PPAR $\gamma$ 2 の発現は抑制されたが、これに ROCK 阻害剤である Y-27632 さらにはアクチン重合阻害剤であるサイトカラシン D (CytD) を添加するとアクチンファイバーは崩壊し、その結果 PPAR $\gamma$ 2 の発現は回復した。以上より、DFAT において RhoA/ROCK シグナルの不活性化がアクチンファイバーの崩壊を促し、PPAR $\gamma$ 2 の発現および脂肪細胞分化を直接的に誘導することが強く示唆された。アクチン結合性転写活性化因子である MKL1 は、G-アクチンが直接結合することによって核移行が阻害され、標的遺伝子のプロモーターに結合できないためにその転写活性化を阻害する。また、アクチン重合に伴って G-アクチン量が減少すると、MKL1 はアクチンから解離したのち、核内に移行し、標的遺伝子の転写活性を促進する。そこで、我々はアクチン細胞骨格の動態が脂肪細胞分化を直接制御する機構を明らかにするために、DFAT の脂肪細胞分化過程における G-アクチンおよび MKL1 の発現および局在の変化について調べた。その結果、MKL1 は分化誘導前まではほとんどが核に局在したが、誘導 24~48 時間後にかけて細胞内の G-アクチン濃度が急激に増加し、MKL1 の核移行が阻害された。また、DFAT に CytD あるいは Y-27632 を添加すると、G-アクチンの細胞内濃度が増加し、MKL1 の核移行が阻害され、分化誘導剤なしでも PPAR $\gamma$ 2 の発現が誘導され、脂肪細胞へと終末分化した。さらに我々は、DFAT において MKL1 を発現抑制するだけで、分化誘導剤がなくても脂肪細胞へと分化誘導されることを見出した。

## 原子気体を用いた量子メモリの実現に向けた実験研究

桑本剛

情報（量子情報）班

量子情報通信および量子コンピューティングは、高度情報社会を安全・安心に持続していくための極めて重要な次世代技術であると目されている。量子メモリは、これを実現するための必要不可欠な基盤的要素技術である。本研究は、原子を利用した量子メモリの実現化・実用化を目指した基礎研究を行うことを目的としている。特に、偏光量子もつれ光子対を原子中に長時間保存することを目指している。

### 1. 量子光源の開発

昨年度まで、偏光量子もつれ光子対を生成する際の光源となる直交偏光光子対を生成するための光学系の高度化を行ってきた。本年度は、直交偏光光子対をガラスセル中に封入したルビジウム(Rb)原子中に保存することを目指して実験を進めた。

光子対の保存には電磁誘起透明化(EIT)と呼ばれる現象を利用する。この現象が機能するためには光学非線形結晶(type-II PPKTP)を使って生成した光子対の周波数広がりを大幅に狭める必要がある。これを実現するために2種類の異なる自由スペクトル長をもつエタロン(ファブリ・ペロー干渉計)を使用し、所望の周波数帯域内にある光子対のみを原子まで到達させる。2つのエタロンを透過した光子対の強度は1/10程度まで減衰してしまうため、光子対生成レーザー(波長 400 nm)の強度増強および安定化、光子対周波数狭窄システムの最適化等を行った。

周波数狭窄化を行った直交偏光光子対の周波数幅が目標通りとなっているかを確認するために、約 500 MHz のドップラー広がりをもつガラスセル封入 Rb 原子による光子対の吸収を観測した。図 1 に光子対吸収率のセル温度依存性を示す。セル温度が 95°C のとき約 97% の光子対が吸収された。これにより、エタロンによる周波数狭窄化によって、セル中 Rb 原子のドップラー広がり程度(約 500 MHz)までは光子対周波数が狭窄化されたことが確認できたことになる。

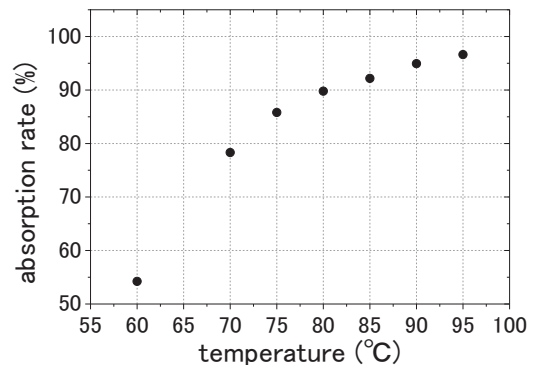


図 1. 周波数狭窄化された直交偏光光子対の Rb 原子による吸収率の Rb セル温度依存性。

現在、EIT による直交偏光光子対の Rb セル透過を確認する実験を進めている。透過した光子対は数 MHz の周波数幅を持つことになり、原子への保存に最適な光子対となる。以後、EIT 透過光子対の量子相関(2 光子干渉)の確認、直交偏光光子対の Rb 原子中への保存、直交偏光光子対を使った量子もつれ状態の生成、量子もつれの原子中への保存を行っていく。

### 2. 光保存実験系の高度化

上で述べた実験とは別に電磁誘起透明化(EIT)を用いた古典光(レーザー光)の保存の効率化を進めた。昨年度までに、使用している2台のレーザーの周波数同期システムの改善、Rb セル周辺の残留磁場の除去を行い、保存時間 5 $\mu$ s の時のレーザー光保存効率を 60%まで高めた。本年は光学系全体の最適化、レーザーパワーの最適化、Rb セル温度の最適化等を行い、レーザー光の保存効率を 85%まで高めることに成功した。図 2 に実験結果を示す。

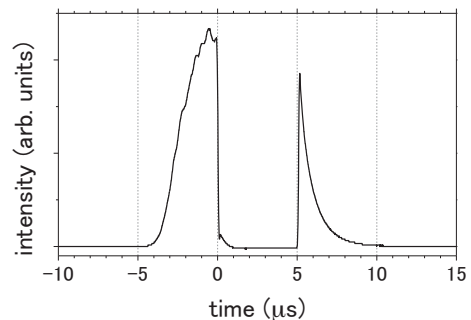


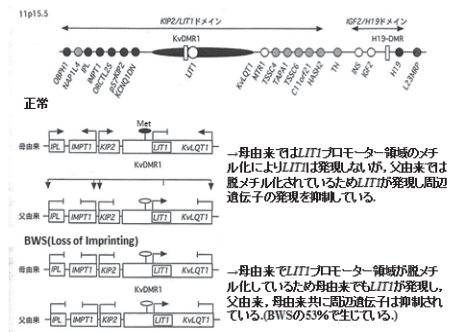
図 2. レーザー光の保存・再生実験結果

## LIT1 遺伝子を標的とした PI ポリアミド (PIP) の新規抗癌薬剤としての可能性の検討

越永従道

医療班 (医学部小児外科)

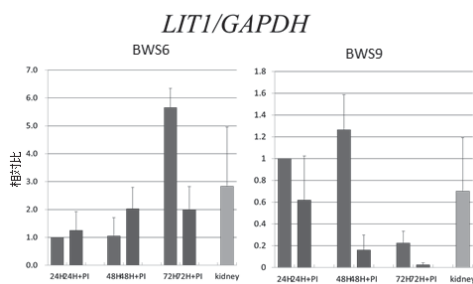
Beckwith-Wiedemann 症候群(以下 BWS)は臍帯脱出, 巨舌, 巨体を三主徴とする先天性過形成症候群で 10%前後に胎児性腫瘍(腎芽腫, 肝芽腫)を合併する. BWS は, 染色体 11p15.5 に存在する刷り込み現象調整領域 KvDMR ドメイン, H19DMR ドメインにおいてメチル化異常や欠失などの異常が生じ, 片親発現調整遺伝子群の相対的絶対的な発現上昇または低下が発生に関与しているとされる. このメカニズムのうち脱メチル化によるものを Loss of Imprinting(LOI)と呼ぶ. KvDMR において LOI を生じると LIT1 遺伝子が過剰発現し,



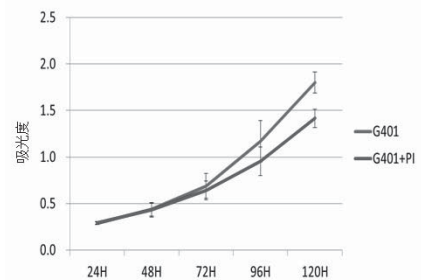
日小血会誌 22:139-143,2008

腫瘍抑制遺伝子  $p57^{KIP2}$  を含む周辺遺伝子の発現を抑制しているとされている. そのため, LOI の解除つまり LIT1 遺伝子の過剰発現を抑制することが BWS における腫瘍および KvDMR ドメインに LOI を生じている腫瘍の発生メカニズム解明につながると考えた. また, 同領域の LOI は大腸癌や肺癌など成人腫瘍の一部でも生じていると報告されている. 一方, PYRROLE-IMIDAZOLE POLYAMIDE (PIP) とは, ピロール基, イミダゾール基を組み合わせた化合物で, その組み合わせにより任意の DNA 塩基配列を認識し結合することができる. この性質を利用し, 標的遺伝子の転写調節領域に対して配列特異的に PIP を合成すると, 遺伝子発現を調節することが可能となる. 今回, 我々は KvDMR における LOI で過剰発現して周辺遺伝子の発現を抑制する LIT1 遺伝子の転写調節領域に対する PIP を作製し, 同遺伝子の発現を抑制することで抗腫瘍効果の発現を検討した.

まず, LIT1 遺伝子のプロモーター領域を標的とした PIP (h-CCAAT1, h-CCAAT3 以下 PI-1, PI-3) を作成した. これらをヒト BWS 線維芽細胞株 (BWS6, 9) に投与して共培養した. また, KvDMR 領域の DNA 低メチル化状態 (つまり LOI が疑われる) が確認された肝芽腫細胞株(HuH6 clone5, HepG2), 腎芽腫細胞株 (G401) に対しても同様に PIP と共培養した.



BWS6, 9 において, real time RT-PCR 法にて LIT1 遺伝子の有意な発現抑制を認めた ( $P < 0.05$ ). また, 腫瘍細胞株 3 種類に対して PIP を投与し, 120 時間共培養後に WST-8 法で G401 に対する抗腫瘍効果を確認した



( $P < 0.05$ ). さらに, G401 では LIT1 遺伝子の有意な発現抑制も認めた ( $P < 0.05$ ).

以上より, KvDMR に LOI を生じていると考えられる腫瘍に対して LIT1 遺伝子を発現抑制する PIP が抗腫瘍効果を持つことが認められた. これによりこの PIP の新規抗癌薬剤としての可能性が示唆された. 現在, G401 を用いた皮下移植腫瘍形成性モデルマウスを用いた in vivo の系で PIP の抗腫瘍効果を検討している. In vivo で抗腫瘍効果が認められれば, 新規抗癌薬剤として PIP の創薬開発に大きく寄与すると考えられる.

## He 様原子および人工原子における共役フェルミ孔の構造とフントの第一規則の起源

佐甲徳栄

量子理論・計算班

ナノ物質の電子物性を制御するためには、ナノスケールの空間に拘束された電子の振る舞いに関する、深い理解と洞察が不可欠である。本年度は、前年に本 N. 研究プロジェクトの成果として見出した、「共役フェルミ孔(conjugate Fermi hole)」と呼ばれる、反平行スピンを持つ二電子間に普遍的に存在する波動関数の空孔に着目し、重要なナノ物質の一つである人工原子(量子ドット)について、この共役フェルミ孔の構造を詳しく調べた。その結果、人工原子についてフントの第一規則が成り立つ起源を明らかにするとともに、通常自然原子においてフントの第一規則が成り立つメカニズムとの違いを明らかにした。

前期量子論の時代にフント(F. Hund)によって経験的に導かれたフントの規則は、スピンおよび軌道角運動量が異なる状態間のエネルギー順序を予測する規則であり、原子のみならず、分子や人工原子についても広く成り立つことが知られている。一方、この規則が成り立つ起源については、数十年に及ぶ長い議論の歴史にもかかわらず、スピンが異なる電子の振る舞いに関する詳細が知られていなかったため、統一した見解が得られていなかった。本研究では、この規則が成り立つ起源を、2次元 He 様原子および対応する人工原子を対象として調べることで、内部空間における完全 CI 波動関数の確率密度を可視化することに成功し、それによって曖昧さのない解析を行った。内部空間における確率密度分布を調べた結果、通常フェルミ孔が存在する領域の近傍に、スピンが反平行な一重項状態の波動関数において、確率密度が零となる領域(共役フェルミ孔)が普遍的に存在することが示された。そして、この共役フェルミ孔の存在によって、スピンが反平行な一重項状態の波動関数は、スピンが平行な三重項の波動関数よりも必ず広がること、そして、この波動関数が広がりによって、一電子閉じ込めポテンシャルによる位置エネルギーが増大し、フントの規則が予想するように、全エネルギーが三重項よりも高くなることが示された。

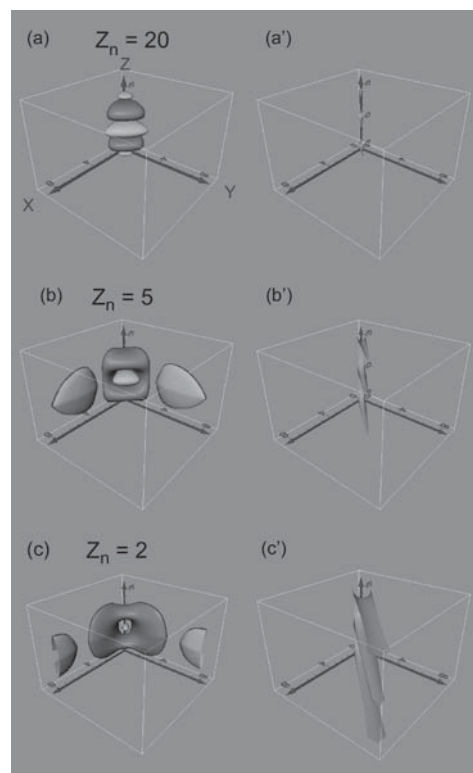


図 1. He 様原子の内部空間におけるフェルミ孔(ブルー)および共役フェルミ孔(赤色). (a)-(c)は核電荷  $Z_n=20, 5, 2$  の場合に対応する. (a')-(c')は、それぞれの核電荷における電子間反発ポテンシャルを表す。

この成果は 2012 年に J.Phys.B 誌に掲載され、英国物理学会 (IOP) が選出する IOP セレクト論文に選ばれている [1]. また、この論文の紹介記事が欧州物理学会が発行する Europhysics News の 1 月号に掲載予定 [2].

[1] T. Sako et al., J. Phys. B, **2012**, 45, 235001(13 pages).

[2] T. Sako et al., Europhysics News, to appear in January issue (2013).

## 金属クラスターの溶液中生成と触媒への応用に向けて

十代健

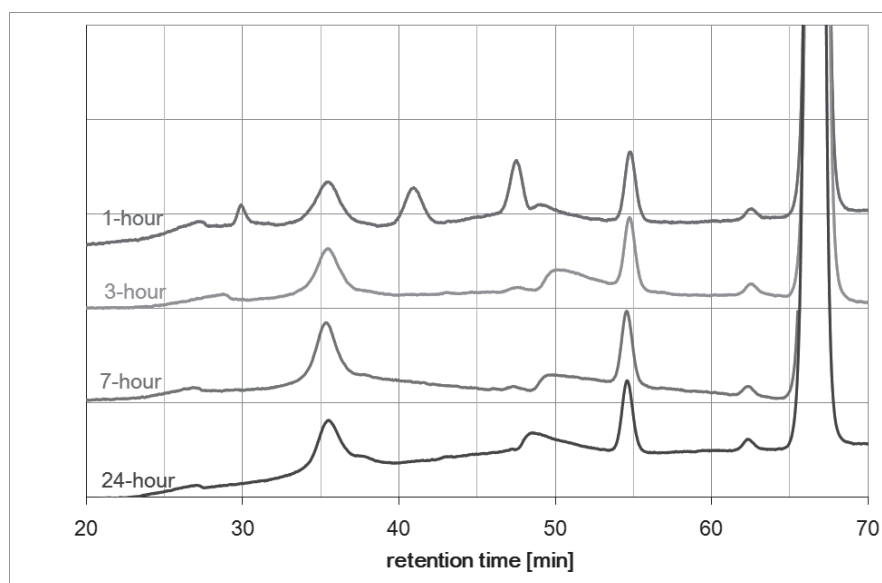
ナノ物質・ナノデバイス班

金属原子の数個から数百個程度の集団である金属クラスターは、これまで気相真空中で生成されてきた。構成原子数 1 個の違いで反応性や安定性が著しく変化することが見いだされ、クラスターを材料などに应用する場合は、原子数を厳密に制御する必要がある。本研究では、金属の中でも酸化されにくい金のクラスターについて、溶液中での生成を試み、サイズ分離手法の確立に挑戦した。また、触媒反応への応用を目指し、電気化学測定も開始した。

### 1. 金ナノクラスターの溶液中生成とサイズ分離

真空中でのクラスター生成の問題点として、極微量しか生成できず触媒反応ですら応用できないことが挙げられる。そこで、溶液中で分子が配位した状態で金属クラスターを生成し、サイズ分離を化学的

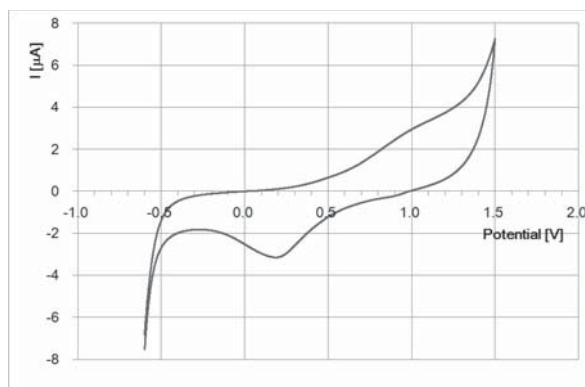
手法で試みた。具体的には、四塩化金酸をフェニルエタンチオール存在下、還元剤と作用させ、金クラスターをチオールで保護したナノ物質を生成した。右図は、ボラン系還元剤を加えてから、1・3・7・24 時間後の溶液をサイズ排除クロマトグラフで分析したときの結果である。1 時間後のクロマトグラ



ムでは多数のピークが存在し、多くの反応中間体が存在するが、それ以降は、ほぼ反応が完了している。しかし、保持時間 50 分程度のピークは、反応時間とともに変化し、溶液内のクラスターサイズが変化しているためではないかと推測した。溶液内で金クラスターが生成でき、クロマトグラフでのサイズ分離の可能性を見出した。

### 2. 触媒への応用に向けた電気化学測定

還元剤の種類や溶媒での抽出によって非常に安定な金クラスターはクロマトグラフなどを用いなくても単離可能である。水素化ホウ素ナトリウムを用いて還元し、アセトニトリルで抽出することで金とフェニルエタンチオールのクラスター  $\text{Au}_{25}(\text{SR})_{18}$  を得た。グラッシーカーボン電極にこのクラスターを塗布し、硫酸水溶液中で電気化学測定サイクリックボルタンメトリー CV を測定すると、金表面とは異なる電位で酸素イオンの吸脱着電流が観測された。今後、このクラスターを担持した電極を用いて触媒活性を評価する予定である。



## 広バンドギャップ半導体ナノロッドデバイスの作成

鈴木薫

ナノ物質・ナノデバイス班

ナノ物質系として、「カーボンナノロッド」、「広バンドギャップ半導体」などを対象として、レーザ・プラズマプロセス、その他独自の手法による物質合成法、構造作製法を開発する。

1. 金属内包カーボンナノチューブの磁気力顕微鏡用プローブ加工：エタノール中に浸したシリコン基板に直流通電してジュール加熱を行う際の陰極に金属箔を挟み、カーボンナノチューブに金属を内包させた。ニッケルは CNT の長軸に [100]・側面に [110] 面で直線的に内包され、直径 10~80 nm・長さ 100~800 nm の高アスペクト比で高密度に生成された。合金においては図 1 に示す層状構造の金属内包が確認された。

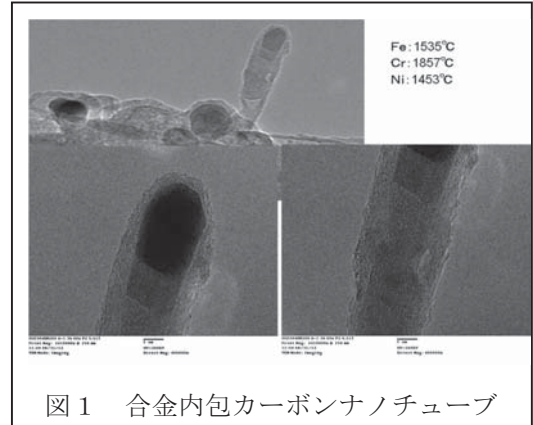


図 1 合金内包カーボンナノチューブ

2. カーボンナノチューブ・ダイヤモンド状炭素の配線制御法の検討：気化したエタノール中のシリコン基板に直流通電してジュール加熱とレーザ支援によるカイラリティ制御を行うことにより、リンをドーピングした n 型直線状カーボンナノチューブやイオン化蒸着法で成膜した n 型ダイヤモンド状炭素薄膜にガリウムイオンを集束させて注入することにより p 型化してダイオードを作成した。

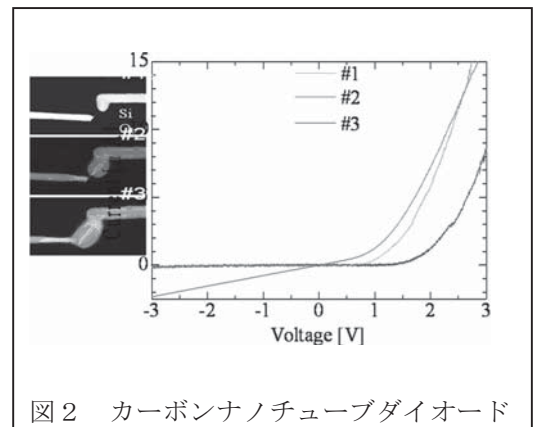


図 2 カーボンナノチューブダイオード

3. 水の光分解による生成と水素・酸素の吸蔵回収を一体で行う複合材料の開発：ランタンやストロンチウムをヘビードープした酸化チタンをレーザ誘起前方転写法によりフレキシブルな高分子フィルム上に成膜した。また、エネルギー班の西宮教授が研究中的の水素吸蔵複合材料を浅井准教授が研究中的の磁化同軸プラズマ源により成膜し、膜の均質性について評価した。

4. 酸化亜鉛薄膜の赤外光支援パルスレーザ堆積法による p 型化 において、YAG レーザの第 3 高調波によるレーザアニールで結晶性が向上することを見出した。

5. 低周波大気圧フレッシュプラズマによる歯周病菌の殺菌やレーザ照射によるミミズの破片分離・再生と土壌元素モニタリングセンサーについて研究している。

6. レーザと集束イオンビーム加工でナノノズルを圧電素子に穿孔させることにより、ナノ・マイクロバブルの粒径制御に成功し、特許を出願した。

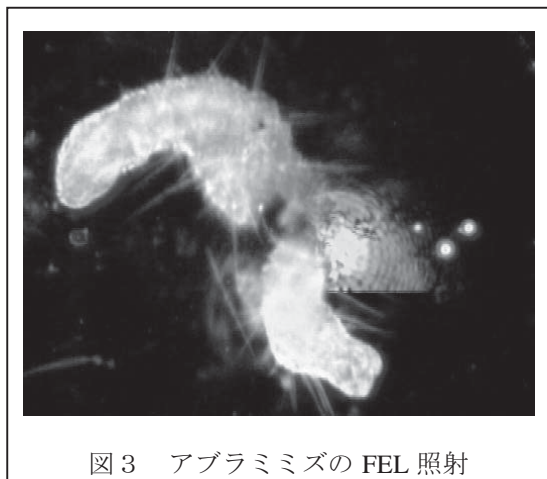


図 3 アブラミミズの FEL 照射



図 4 圧電素子ノズルから放出される  
ナノ・マイクロバブル

層状構造を持つ鉄系超伝導体の超伝導機構解明と新超伝導物質探索

高野良紀

ナノ物質・ナノデバイス班

2008 年に  $\text{LaFeAsO}_{1-x}\text{F}_x$  が超伝導転移温度  $T_c$  が 26K の超伝導体であることが見出されたのをきっかけとして、多くの鉄系超伝導体が現在までに見出されてきた。その中で  $\text{SrFeAsF}$  は 1111 系超伝導体とよばれ、その結晶構造は始めて超伝導が見出された  $\text{LaFeAsO}$  と同一の結晶構造を持つ。Sr の一部を希土類元素で置換すると SDW 転移を伴う構造相転移が抑制され、超伝導が発現する。また、2010 年には酸素を欠損させた  $\text{RFeAsO}_{1-y}$  ( $\text{R}=\text{La}, \text{Nd}$ ) においてやはり  $T_c$  が 26K を越える超伝導が見出された。そこで、我々は  $\text{Sr}_{1-x}\text{R}_x\text{FeAsF}_{1-y}$  ( $\text{R} = \text{La}, \text{Nd}, \text{Sm}$ ) を作製し、常伝導および超伝導特性を調べた。さらに、 $\text{Sr}_{1-x}\text{Nd}_x\text{FeAsF}$  の超伝導線材応用の可能性を調べた。一方、 $\text{LiFeAs}$  は 111 系超伝導体とよばれ、他の鉄系超伝導体とは異なり、置換をしない状態で  $T_c$  が 18K の超伝導を示す。そこで、我々は、 $\text{LiFe}_{1-x}\text{Co}_x\text{As}$  と  $\text{Li}_{1-x}\text{Y}_x\text{FeAs}$  の作製を試み、その電気的性質を調べた。

1.  $\text{Sr}_{1-x}\text{R}_x\text{FeAsF}_{1-y}$  ( $\text{R}=\text{La}, \text{Nd}, \text{Sm}$ ) の常伝導および超伝導特性

常伝導領域の電気抵抗率の温度依存性を冪乗則  $\rho(T)=\rho_0+AT^n$  ( $\rho_0$  は  $T_c$  直上の電気抵抗率)を用いて解析した。Fig.1 は  $\text{Sr}_{1-x}\text{R}_x\text{FeAsF}_{1-y}$  における指数  $n$  と F 欠損量  $y$  の関係を示す。ここで希土類置換量  $x$  は各希土類置換で最高の  $T_c$  を示す量に固定した ( $\text{R} = \text{La}$  では  $x=0.4$ 、 $\text{R} = \text{Nd}$  および  $\text{Sm}$  では  $x=0.5$ )。F 欠損量  $y$  が増加すると指数  $n$  は増加している。これは酸素欠損で得られている結果とは反対の傾向を持っている。Fig. 2 は  $n$  と  $T_c$  の関係を示す。この場合には  $n$  が減少すると  $T_c$  は増加する。同様の傾向は他の鉄系超伝導体においても見出されている。すなわち、 $n \sim 2$  を示す通常の Fermi 液体からずれ、量子臨界点に近づくと超伝導が発現する。 $n$  と  $T_c$  の関係で特徴的なのはこれが希土類元素に依存しないことである。 $T_c$  の比較的低い  $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{FeAsF}_{1-y}$  では  $y = 0.15$  まで超伝導が見出されているが、 $T_c$  の高い  $\text{Sr}_{1-x}\text{R}_x\text{FeAsF}_{1-y}$  ( $\text{R} = \text{Nd}, \text{Sm}$ ) では  $y = 0.05$  で超伝導が消失する。これは  $n$  と  $y$  の関係からも確認され、 $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{FeAsF}_{1-y}$  では  $n$  increases は  $y$  とともに徐々に増加するが、 $\text{Sr}_{1-x}\text{R}_x\text{FeAsF}_{1-y}$  ( $\text{R} = \text{Nd}, \text{Sm}$ ) では  $y$  の小さな領域で急激に増加する。

$\text{Sr}_{0.5}\text{Nd}_{0.5}\text{FeAsF}$  の上部臨界磁場の温度依存性の測定によれば、現在  $\text{MgB}_2$  丸線材の中で最高の臨界電流密度を持つ Hyper Tech Reserch Inc.製のものよりも高い値が得られている。

2.  $\text{LiFe}_{1-x}\text{Co}_x\text{As}$  および  $\text{Li}_{1-x}\text{Y}_x\text{FeAs}$  の作製と電気的性質

現在までに作製している置換量の範囲内では 111 相が主相として得られている。不純物相として  $\text{FeAs}$  が見られていることから、蒸気圧の高い Li が欠損している可能性がある。 $\text{LiFeAs}$  の  $T_c$  は 10.8K であり、文献値より低い、これは Li 欠損の可能性が考えられる。 $\text{LiFe}_{0.98}\text{Co}_{0.02}\text{As}$  の  $T_c$  は 9.5K であり、Co 置換量とともに  $T_c$  は減少する。 $\text{Li}_{0.9}\text{Y}_{0.1}\text{FeAs}$  は 3K 以上で超伝導を示しておらず、常伝導状態の電気抵抗率も増加している。

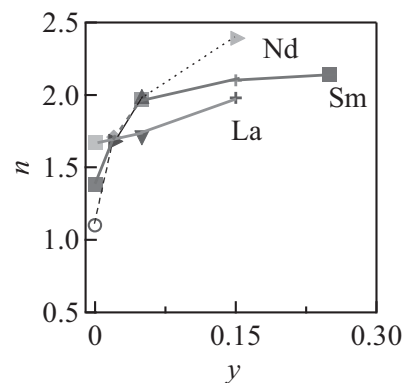


Fig.1  $n$  と  $y$  の関係

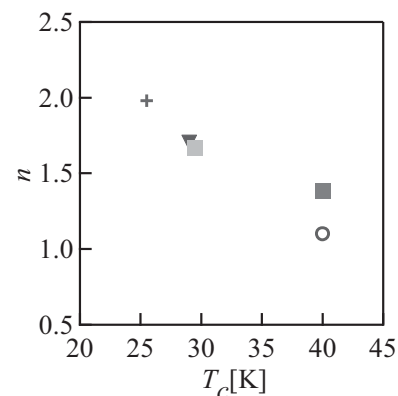


Fig. 2  $n$  と  $T_c$  の関係



## ピロール・イミダゾールポリアミドを用いた新規前立腺癌治療薬の開発

大日方大亮, 高橋悟

医療班 (医学部泌尿器科)

PI ポリアミドは芳香族アミノ酸 N-methylpyrrole(Py)および N-methylimidazole(Im) で構成される分子であり、DNA に配列特異的に結合することが報告されている (Cho J et al PNAS 92:10389-10392, 1995)。Im/Py ペアは G・C を、Py/Py ペアは T・A および A・T を認識する。PI ポリアミドと DNA への結合は、DNA 結合蛋白と DNA の結合に相当する親和性を持ち、Im/Py と Py/Py の組み合わせ次第で、多様な配列の DNA に結合させることができる。siRNA などと比べて安定性も高いことから、分子標的治療薬として大きく期待される化合物であり、腫瘍で高発現している遺伝子を標的とした PI ポリアミドが抗腫瘍効果を持つ事が複数の細胞株にて確認されている(Wang, et al, Cancer Sci 101:759-766,2010)。

一方前立腺において染色体再配列によりアンドロゲン応答遺伝子 **TMPRSS2** と癌原遺伝子 **ERG** が融合し、細胞の癌化、または癌の悪性度およびアンドロゲン感受性が変化することが報告され、注目されている(Tomlins SA et al, Science 310:644-648, 2005)。また両遺伝子が融合する際に、アンドロゲンレセプター(AR)がゲノム上の AR 結合配列に結合後、両遺伝子共通の特定配列を切断し、染色体再配列を発生させることが過去の論文で報告されている。

そこで、切断される特定配列に結合し、**TMPRSS2-ERG** 融合遺伝子の発生を抑制する PI ポリアミドを医療班福田、相馬、藤原らと共同で設計し、細胞増殖/遊走能に与える影響を、前立腺癌細胞(LNCaP 細胞)を用いて検討した。LNCaP 細胞はアンドロゲン刺激を行わないと融合遺伝子が発生しないことが知られている。

我々はまず前立腺癌細胞株 LNCaP に対しそれぞれ、1 ないし 5 $\mu$ M の切断配列に特異的に結合する PI ポリアミド(Fusion ポリアミド)もしくは、切断配列に結合しないネガティブコントロール用 PI ポリアミドを加え、アンドロゲン刺激を行い、**TMPRSS2-ERG** 遺伝子の発現を RT-qPCR にて測定したところ、Fusion ポリアミド処理群で、有意に融合遺伝子の発現が減少した。次に、ウェスタンブロットを用いて **ERG** タンパクレベルでの発現を検討したところ、Fusion ポリアミドを添加した細胞は用量依存的にネガティブコントロールに比べ、発現が有意に抑制されていた。Fusion ポリアミド添加による細胞増殖能、および遊走能への影響を MTS assay、Cell migration assay にて検討したところ、Fusion ポリアミド添加細胞においては増殖能と遊走能が有意に抑制された。以上の結果より、前立腺癌において、Break Fusion Site による、融合遺伝子形成は **ERG** の発現量に重要な役割をはたし、細胞増殖、遊走能に関係していることが認められた。本研究では 切断配列に結合する PI ポリアミドが融合遺伝子および **ERG** の発現を抑制し、さらに細胞増殖能、遊走能を抑える事が証明された。現在前立腺癌治療薬の開発を目指し、同 PI ポリアミドの in vivo での効果をヌードマウスを用いた腫瘍接種実験にて検討中である。

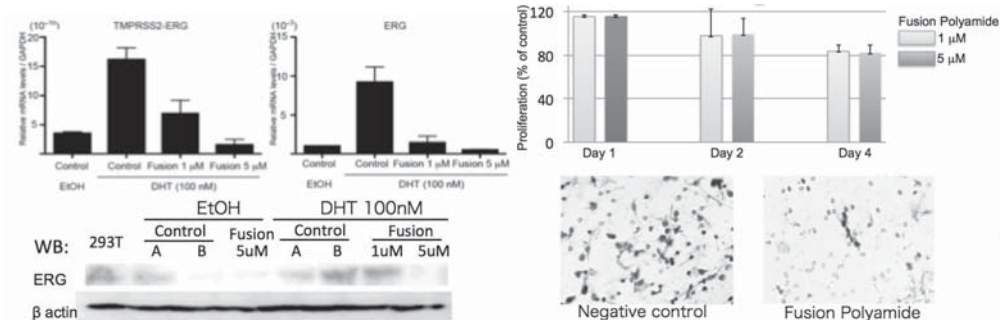


図1:前立腺癌細胞株LNCaPに対しそれぞれ、1, 5  $\mu$ M の Fusionポリアミドもしくは、ネガティブコントロール用PIポリアミドを加え、アンドロゲン刺激を行い検討した。Fusionポリアミド処理群で、有意に融合遺伝子と、ERGの発現量が減少した。

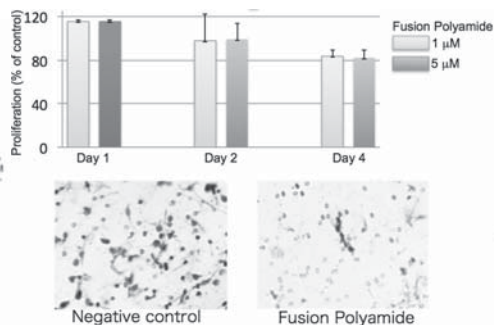


図2 (上段)前立腺癌細胞株LNCaPに対しそれぞれFusionポリアミドもしくは、ネガティブコントロールポリアミドを加え、アンドロゲン刺激を行い、MTSアッセイにて増殖能を検討した。Fusionポリアミド処理群で、刺激後4日に有意に増殖が抑制された。(下段) Cell migration assayの代表的な所見を示す。ポリアミド処理群は、有意に遊走能が低下している。

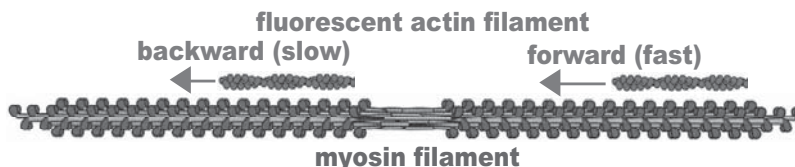
## 生体分子，生体細胞のイメージング

茶園茂，東條正

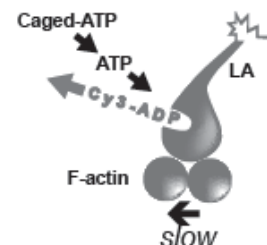
ナノ物質・ナノデバイス班

### 1. 生体分子モーター作動原理の研究

ミオシンフィラメント上を滑る蛍光標識アクチンフィラメントの動きを蛍光イメージング法で解析した。図のようにアクチンフィラメントはミオシンフィラメントの端から

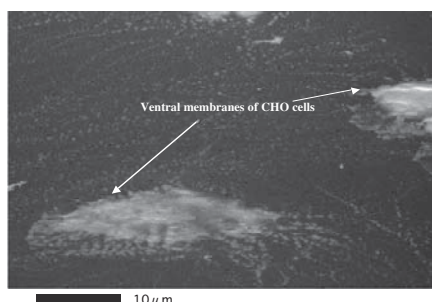


中央に向かって (forward) は速く滑り、中央から端に向かって (backward) はゆっくり滑ることがわかっている。我々は滑り速度の温度依存性から forward と backward の活性化エネルギーはそれぞれ 44k kJ/mol, 79 kJ/mol であることを得、この結果から 180° ひねられたミオシンの頭がアクチンフィラメントを逆方向に動かしており、ひねられることによって ADP 遊離速度を低下させ、ATP によるミオシンのアクチンからの解離を遅くしているために滑り速度が減少していることを示唆した。しかしながら、ADP 遊離速度が backward で遅くなっているかどうかは明らかになっていない。本研究ではミオシンに結合した蛍光 ADP を CagedATP の光分解による ATP により chase する実験装置を開発し、chase される速さをイメージングした。結果は forward では速く、backward では遅い蛍光強度の減少を示し、ADP 遊離速度が backward で遅くなっている結果を得た。(BIOPHYSICS in press. 2013)



### 2. カーボン隔膜による走査型電子顕微鏡で生きたままの細胞をナノメートルオーダーの空間分解能で観察する技術の開発

電子顕微鏡は電子線を試料に照射して、試料の電子線透過率の違い（透過型電顕の場合）や試料から放出される二次電子や反射電子を検出（走査型電顕の場合）することで像を結んでいる。したがって、電子線が試料へ到達するのを妨げ、二次電子の検出を妨げるような物質が資料周囲に存在しているので観察は困難になる。そのため、電子顕微鏡筐体内は 10-4Pa 以下の高真空が保たれ、試料に対しては水分を樹脂で置換する等、特段の前処理が必要になる。このような条件下では当然、生きている細胞はもちろんのこと酵素活性を保ったタンパク質などを溶液中で観察することはできない。そこで、我々は生きている細胞やタンパク質の溶液中での挙動を電子顕微鏡で観察可能にすることを目的として、カーボン蒸着して作製した厚さ 20 nm の薄膜を高真空環境と大気圧環境の圧力差に耐える隔膜として利用し、その大気圧側表面で細胞を培養し観察することを試みた。図にカーボン隔膜上で培養した細胞を生きているまま走査型電子顕微鏡で観察した像を示す。



## 光誘起超高速磁化反転と超高速情報記録

塚本新, 伊藤彰義

情報(記憶)班, 超分子・自己組織班

近年, 大規模情報記録に関する研究分野における最も重要な課題の一つとして記録スピードの高速化が挙げられる. ハードディスクに代表される磁気記録では, 磁性記録媒体内の集団スピンである磁化の向きを磁界によりスイッチングすることで情報記録を行うが, 既に物理的に不可避な強磁性共鳴限界と呼ばれる高速化の限界に迫り, 根本的解決策がないまま模索が続いている. 従来主として短時間磁場パルスや電流パルスにより磁化反転が駆動されているが, 遥かに短い時間スケールの超短パルス光照射が, 磁化反転を誘起するトリガーとなり得る事につき検討を行ってきた. これは, 飛躍的超高速記録への可能性を示すものである. 本研究では, このような光と磁気の相互作用を積極的利用し, 新規な超高速スピン制御法, 情報記録原理を明らかにする事を目的とする.

昨年, 主要な成果の一つとして, フェムト秒パルス・レーザーにより励起されたフェリ磁性 GdFeCo 合金におけるスピンドダイナミクスの詳細検討により, 予期せぬスピン反転過程を見出した(Nature 2011). 基底状態で反強磁性的に結合した副格子スピン集団が反転する過程において過渡的強磁性状態が出現する現象である. 強い非平衡下での新奇なスピンドダイナミクスの発見により, 新奇な磁化反転機構をもたらす可能性が期待される. 上記検討では直流磁場印加のもと, 磁化補償点を越える超短パルス加熱により誘起される磁化反転過程を詳細に検討したが, さらに検討を進めた結果, 磁化反転に磁場は必要なく熱エネルギーの供給のみで達成できる過程が存在する事が明らかとなった (Nature communications 2012). 今日まで, 加熱は(ベクトルで表現されない)磁化反転を補助する事はあっても, それ自体で決定論的な磁化反転を引き起こすことは無いものと一般には考えられてきたが, 超高速加熱のみにより, 決定論的な磁化反転を引き起こす新奇な磁化反転現象である. これまで同様対象材料として GdFeCo 磁性薄膜を用いた. パルス長 90 fs の単一パルス光を照射する毎に照射位置を

移動しながら観察した照射前後の磁気光学像と, 照射前後での差分画像を図 1 に示す. 複雑な構造の初期磁区状態においてもパルス光照射により円形領域内の磁化方向が逆転した磁区構造が形成されるのを確認した. また, 図 2 に示すよう, 静反転領域からの反磁界による影響を無視できるように, 光照射スポットサイズに比べ十分小さな直径  $2\ \mu$  の円形状に微細加工した試料についても, 同様の反転現象を確認した. また, (円偏光)偏光によらず本現象を引き起こせる事を確認した. 技術的応用上重要な点として, このような反転現象が室温環境下で生じ得ることを実証した事である.

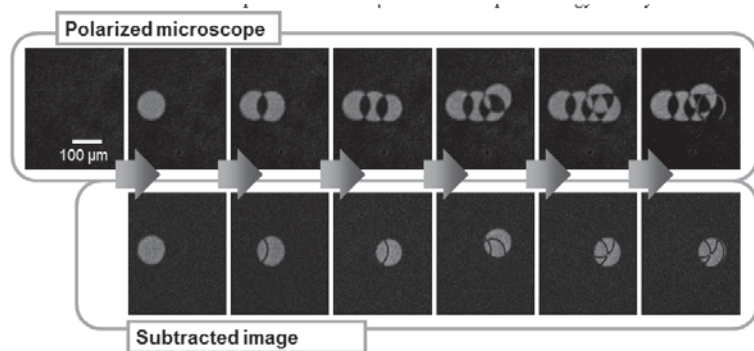


図 1 単一パルス光(パルス長 90 fs)照射前後における磁気光学像および照射前後での差分画像。

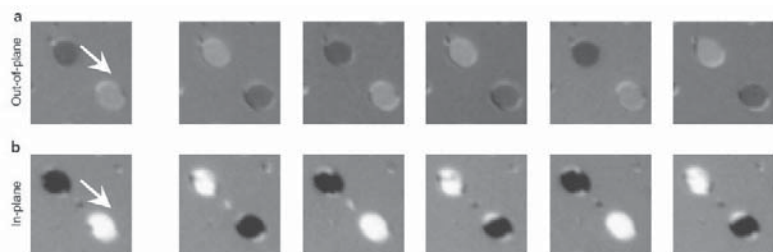


図 2 直径  $2\ \mu$  に微細加工した試料への単一パルス光(パルス長 100 fs)照射前後における軟 X 線円二色性観察像。(Nature communications 2012)

超高密度超高速記録の基盤研究  
-近接場光利用による熱アシスト磁気記録-

中川活二  
情報（記憶）班

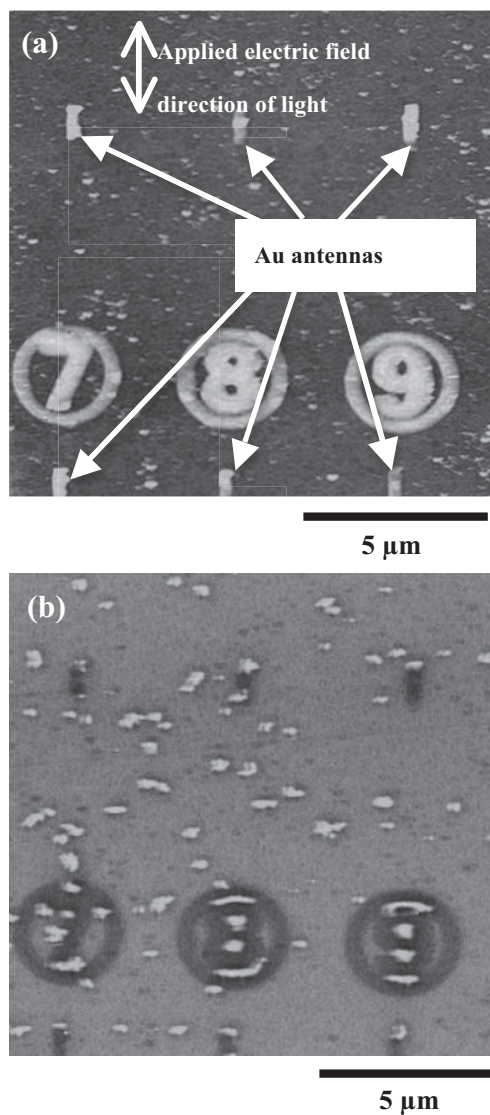
次世代超高密度磁気記録には、高安定な磁気記録材料の適用と、高安定なために磁界での記録が難しい材料に如何に記録するかがポイントとなる。我々は、熱アシスト磁気記録の手法を適用し、ナノサイズの領域を適切に加熱することで記録を実現する手法に取り組んでいる。局所表面プラズモンを利用した加熱を実現するため、理論・計算班の大貫准教授と協力しつつ適切なプラズモンアンテナ構造を設計し、その加熱条件を明確化するとともに、芦澤助教の協力を得て、記録膜および記録膜上への電子ビーム露光プロセスを用いたナノサイズプラズモンアンテナの実現により記録実験の準備を進めてきた。これらを用いて、塚本准教授・伊藤教授の協力で、フェムト秒レーザを用いた記録実験を行い、世界で初めて近接場光によるフェムト秒レーザ熱アシスト磁気記録に成功した。

1. フェムト秒レーザによる近接場光熱アシスト磁気記録

多層膜で構成した  $\text{Co}_{55}\text{Pt}_{30}\text{Cr}_{15}-\text{SiO}_2$  グラニューラ-磁性膜上に 3 nm の SiN 膜を形成し、その上に Au の近接場アンテナを電子ビーム露光で形成した。この記録媒体上に、近接場アンテナ無しでは記録不可能な記録パワーの 90 fs のレーザパルス照射して記録実験をしたところ、図 1 の結果を得た。図 1 (a)は、表面トポグラフィ像であり、図 1 (b)は、磁気像である。アンテナ端部および Au で形成された数字のマーク部分上下に記録された磁区像が観察される。熱伝導解析結果より、これらの記録磁区は局所表面プラズモン効果により加熱され、記録が行われたと判断される。記録に使ったレーザスポットサイズは直径約  $50 \mu\text{m}$  であるが、記録された磁区最小サイズは  $166 \text{ nm} \times 120 \text{ nm}$  であり、局所プラズモンによる近接場による効果が高いことがわかる。今後、プロジェクト最終目標に向けて更に微小な記録磁区実現の実証に向けて最終年度の研究を進める。

2. 誘電体導波路と表面プラズモンポラリトンとを複合した光導波路

近接場アンテナに効率よく光を伝搬することは重要である。本研究では、誘電体導波路と表面プラズモンポラリトンとを結合し、局所先端部に光を導波することで、直接近接場アンテナに光を当てるよりも光利用効率を高められることを見いだした。さらに、同様の構造で局所円偏光も生成できることを見いだした。



**Fig. 1** The surface morphology (a) and the magnetic domains (b) after a 90 fs laser pulse train was exposed over the entire surface of the  $\text{Co}_{55}\text{Pt}_{30}\text{Cr}_{15}-\text{SiO}_2$  granular film. The applied Au plasmon antennas were 35 nm in thickness, and their width and length were nearly 100 nm and 1 μm, respectively.

## 化学, 生物学, 物理学の融合による新規癌治療戦略

渡部隆義, 永瀬浩喜

医療班 (千葉県がんセンター研究局)

我々は、有機化合物の物質特異性を利用し、生体内で疾患を治療可能にする化学物質を理論に基づきデザインできる系を確立し、さらに簡易に化学物質を合成することを目指している。すなわち有機合成による生物活性を有する化学物質のスクリーニングと臨床応用研究さらにその合成系の確立を目指している。本研究では、DNA 配列に特異性を持って結合し、転写因子等に競合でき、疾患等の治療に使用可能な化学物質の合成を試みている。さらに、放射線を利用した光線力学的療法 Photo Dynamic Therapy (PDT) や放射線増患効果を利用した Photon Activation Therapy (PAT)による新たながん治療法を N.研究プロジェクトの研究者との連携によって検討している。

## 1. 配列特異的 DNA 二重螺旋の副溝に結合する化合物の医療応用

配列特異的 DNA 二重螺旋認識化合物とヒストン脱アセチル化酵素阻害剤 SAHA との複合化合物を合成し、ある特異性を持ってゲノム上の特定の部位のヒストンアセチル化を誘導することに成功し、京都大学との共同研究により iPS 様の細胞を誘導できる化合物が、網羅的発現レベルでも多能性幹細胞と類似した発現パターンを示すことを発表した(Scientific Reports 2012)。また、京都のグループは Cyclic PI polyamide がより配列特異性が高いことを発表したため、この環状 PI ポリアミドを通常のアミノ酸であるグルタミン酸を用いることで固相合成法により簡便に合成する方法を検討し、この新たな構造をもつ PI polyamide を今後の研究に用いていくことを検討している。さらなる化学構造の修飾により、より効果的な生物活性を示す化合物の合成を試みる。

## 2. X 線を用いた光線力学療法のための化合物合成

高強度 X 線やレーザー、重粒子線等の照射技術の進歩により、癌の物理的な治療法は目覚ましい進歩を遂げている。しかし、周囲組織への影響や照射後の長期副作用の問題および治療抵抗性の腫瘍の問題等、いまだがんの根治や治療後の QOL (生活の質) を向上させるには乗り越えなければならない課題が山積する。我々は、光線力学療法 (PDT) や放射線増患効果を利用した Photon Activation Therapy (PAT)による新たながん治療法の開発を試みてきた。Pheophorbide a 化合物が腫瘍に集積し、レーザー照射により活性酸素を誘導し腫瘍細胞死を誘導することはすでに知られている。また同化合物が臨床応用を目指した治験が米国で開始されている。ただし、PDT の欠点の一つが組織透過性であり、このため PDT は、表面の浅い腫瘍のみが治療可能な治療法である。我々はこの化合物にある特殊な条件の放射線を照射することで、腫瘍細胞死を誘導できると考えている。実現すれば、画期的ながん治療法を導き出す可能性を有する。すでに臨床で使用されているタラポルフィンナトリウムが、同様のポルフィリン環構造を有することより、タラポルフィンナトリウムによる放射線増感効果の確認を行った。残念ながら期待していた効果は現時点で確認できていない。しかし、医学部放射線科、理工学部等との共同研究により、より効果的な放射線 X 線を用いた光線力学療法の確立を目指して、不飽和状態が異なるポルフィリン、クロリン、バクテリオクロリン環を利用した新たな化合物の合成を試みると同時に的確な放射線照射法を開発することで新しいがん治療法の開発を試みている。

## 光アシスト水素吸蔵を中心とする光エネルギーの化学変換プロセスの開発

西宮伸幸

エネルギー班

光合成の過程で微生物が産生する水素や、光合成生成物の微生物分解によって発生する水素を、水素吸蔵合金で分離・回収するほか、固体の水素貯蔵材料そのものに光応答性を付与した複合材料を作製することによって、光エネルギーを水素エネルギーなどの化学エネルギーに変換するプロセスを開発している。本年度は、横浜国立大学谷生研究室の保有する水素発酵菌混合物の水素発酵菌種の特定ならびにホウ素、炭素および／または窒素からなるナノ層状化合物による水素貯蔵の促進に重点を置いた。

### 1. 横浜国立大学谷生研究室の保有する水素発酵菌混合物の水素発酵菌種の特定

培養液 1 L から 1 L STP h<sup>-1</sup> 以上の速度で水素発酵できる水素発酵菌混合物の使用を許されたため、この水素発酵菌混合物の中の水素発酵の本体となる水素発酵菌種の特定を進めた。従来の方法では、水素発酵菌混合物を培地に加え、生育してくる細菌を単離し、遺伝子を抽出・精製・解読することになるが、培養が困難な細菌が水素発酵の本体である場合は、解析から漏れて特定に至らない可能性がある。そのため、水素発酵菌混合物試料から DNA を抽出し、PCR (ポリメラーゼ連鎖反応) によって 16S rDNA を増幅し、DGGE (変性剤濃度勾配ゲル電気泳動) によって分離した後、16S rDNA の塩基配列を解読するという方法を採用した。DDBJ (日本の DNA データベース) のサイトで検索し、相同性が高い生物種の特定に至っている。

### 2. マグネシウム合金による微生物産生水素の分離・回収

従来のソフトゾルゲル被覆 ZrVFe 合金からソフトゾルゲル被覆 Mg-10%Ni/NbF<sub>5</sub> 複合系への移行を試み、スピルリナの産生する水素の回収をほぼ半量の水素貯蔵材料で実施できるようになった。現状ではまだゾルゲル被覆が完璧ではなく、合金と水分との反応を抑えきれていないため、被覆の完成およびさらなる減量の推進が今後の課題である。

### 3. グラフェン由来炭素ナノボールによる水素貯蔵

グラファイトをハマーズ法によって酸化グラファイトに変換しつつ単一シートに剥離し、金属を核として集合させてナノサイズのボール状物とし、これを水素還元することによって炭素ナノボールを作製した。ボール状に集合する際にできるメソ細孔の効果により、通常の平坦な構造の炭素よりも多くの水素を吸着できることを確かめた。

### 4. ホウ素、炭素および／または窒素からなるナノ層状化合物による水素貯蔵

資源的な制約の少ない元素からなる水素貯蔵材料を探索した結果、窒化ホウ素 BN および窒化炭素 C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> (図 1 では CN と表示) が有望であることを見出した。図 1 の直線は、水素がグラファイト上に 2 次元凝縮した際の水素密度と比表面積の実験的相関を示すものであるが、C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> を Pt で修飾したものや、噴霧乾燥で Pd 修飾した BN などが顕著な上方シフトを示すことがわかった。

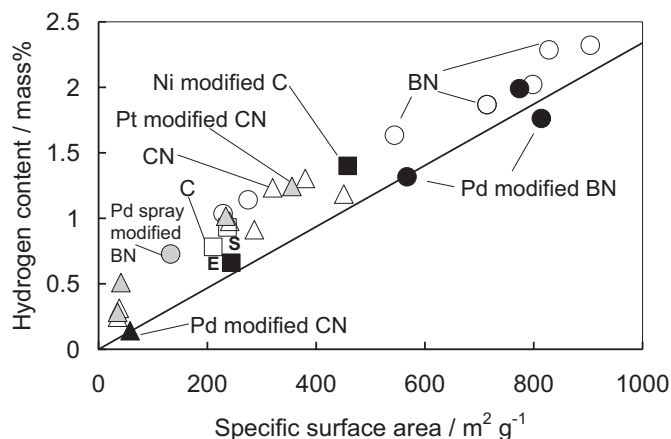


図 1. 77 K, 0.8 MPa における水素貯蔵量の比表面積依存性

## 金属、半導体による単一電子・光子物性のデバイス応用

羽柴秀臣

ナノ物質・ナノデバイス班, 情報 (量子情報) 班

本研究では, 量子光通信を実現する微細光導波路回路, 半導体フォトニック結晶による色素増感型太陽電池, 高温動作型 THz 帯単一光子源, 2nm 分子ローターの電極操作の四課題を追求する. TiO<sub>2</sub> フォトニック結晶は東京工業大学 松下祥子先生との共同研究, 2nm 分子ローターの電極操作は理工学部 大月穰先生との共同研究である.

### 1. Si 微細導波路による量子素子の開発

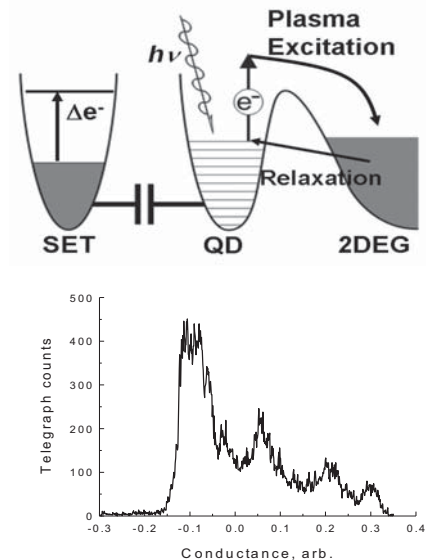
本研究は単一光子源, シリコン (Si) 微細導波路, 単一光子測定素子を 1 基板上にパッケージ化させた, 他に類を見ない室温動作光量子理論回路を実現する為に, Si 微細導波路の作成に注力した. ICP などの条件の見直しを行い, SOI 基板上に, 波長 630 nm の入射光子のシングルモード条件を満たした断面 320 nm 角, 長さ 1 mm 以上の Si 微細導波路を作成することが可能となった. サイドウォールラフネスは 10 nm 程度と見積もられる. 今後はこの導波路の伝播測定を行う予定である. 次の 2 点の技術的検討課題が明らかになったが, 本プロジェクト期間中での改善は難しい. 我々の電子線描画装置はラスタスキャンによる描画のため, 直線の以外の導波路形状では幅が著しく変化する. フィールドつなぎ部分の導波路がフィールドの重ね合わせのために幅が太くなる. 上記と平行して, 単一光子源に用いる CdSe コロイダル量子ドットの導波路とのカップリングを想定した一次元配列化に着手している. ZEP や HSQ レジストを用い, 量子ドットを幅 50 nm 程度の準一次元上に 1.5 mm の長さでアレイ状に並べることに成功した. 現状ではアレイ状の量子ドットは細密構造をとっていないが, 次年度はこの問題の解決とともに, 量子ドットの発光および金属導波路とのカップリングと導波特性の測定を行う予定である. この結果は第 60 回応用物理学会春季学術講演会 (3 月, 2013 年) で発表予定である.

### 2. 低屈折率アナターゼ化 TiO<sub>2</sub> 二次元フォトニック結晶の開発

我々は FTO 基盤に周期的なスクエアエアギャップを持つ TiO<sub>2</sub> 薄膜からなるフォトニック結晶の作成に注力した. Ag-O<sub>2</sub> ガスによる RF スパッタを用いた TiO<sub>2</sub> 成膜において, 2:1.5 のガス比率と 1.0 x 10<sup>-2</sup> torr での高気圧下での TiO<sub>2</sub> 薄膜は酸素欠損がなく, また ZEP 電子線レジストの微細構造を保つだけの十分な低温下での製幕であった. この TiO<sub>2</sub> 薄膜に 500 °C での焼成を加えることにより, アナターゼおよびルチル化することを XRD 測定から確認した.

### 3. 高感度 THz 帯単一光子検出

THz 光子の吸収による QD の高次プラズマ励起の様相を, QD 上に配置した単一電子トランジスタのコンダクタンスの変化として測定した. 測定により観測した QD の基底状態, 1 次励起状態, 2 次励起状態, 3 次励起状態は, 高次励起状態ほどその頻度と励起時間の積算が少なくなっている. 励起時間は電子のトンネル時間のみで説明でき, プラズマ励起のフォノンへの緩和を示すものはないことを明らかにした. これら高次励起状態は, 入射光子数が多くとも断熱された QD 内では, 十分高速な測定系によって高次プラズマ励起を単一光子単位で測定可能な事を示した.



## 中低温作動用固体酸化物型燃料電池材料の開発

橋本拓也

エネルギー班

固体酸化物型燃料電池(SOFC)は環境に優しく、高い変換効率を持つエネルギー発生素子として注目されている。この実用化のためには現状の作動温度 800~1000°Cを 600~800°Cに低下させることが必要とされており、そのためには低温で動作可能な空気極、固体電解質、燃料極の開発が必要とされている。本年度は以下の物質群について新たな燃料電池材料としての可能性を検討した。なおこれらを組み合わせて燃料電池を作製し、評価することは現在進行中である。

### 1. 新空気極材料 $\text{LaNi}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_{3-\delta}$ の合成手法・焼結温度の最適化および低酸素下での安定性

$\text{LaNi}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_{3-\delta}$  は従来空気極に含まれていた Sr が無いため、固体電解質との化学反応が少なく、安定な材料として検討されている。本研究では従来合成方法として採用されてきた固相反応法に代わって液相法の一つ、ペチーニ法の採用により Ni 量が多く均質な空気極材料が合成できることを明らかにして来た。本年度は比表面積測定や細孔分布測定により、ペチーニ法で合成した  $\text{LaNi}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_{3-\delta}$  は 1050°Cで焼結すると理想的な焼結密度・高い比表面積・均質細孔分布を持つ材料となることを明らかにした。(Mater. Res. Bull. 2013)また他の液相法で合成した  $\text{LaNi}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_{3-\delta}$  焼結体と比較したところ、ペチーニ法で合成した場合は焼結密度が制御しやすく、細孔分布も均質にできることを明らかにした。(J. Amer. Ceram. Soc. 2012) また空気極は実際に電流を流すと低酸素ポテンシャル下に置かれることが知られているが、熱天秤測定および酸素分圧制御下での導電率測定より、酸素分圧低下に伴って酸素不定比量発生によるキャリア減少は観測されたものの、700°C以下では酸素分圧  $10^{-4}$  気圧下でも  $130\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  を超える高い電気伝導率を示すことを明らかにした。

### 2. 水素イオン導電性酸化物 $\text{BaCe}_{1-x}\text{M}_x\text{O}_{3-\delta}$ (M:希土類金属)の合成方法および M の最適化

SOFC の作動温度低温化には従来採用されている酸化物イオン導電体、イットリア安定化ジルコニアに代わる材料が必要である。その第一候補として挙げられるものが水素イオン導電体、 $\text{BaCe}_{1-x}\text{M}_x\text{O}_{3-\delta}$  (M:希土類金属)であるが、本物質の合成手法や希土類金属の最適化は進んでいなかった。本研究では昨年度、ペチーニ法による単相合成に成功した。今年度は得られた単相試料を用いて高温・酸素分圧制御下での結晶構造解析の視点から希土類金属の最適化実施を試みた。希土類として Y, Sm, Eu, Dy, Yb を用いると高温・低酸素分圧下でも熱膨張のみが観測され、酸素不定比性発生による還元膨張は観測されなかった。しかしながら Nd を用いると高温下では熱膨張に加えて酸素不定比量  $\delta$  の変化に伴う還元膨張が発生した。これは Nd が  $\text{Ce}^{4+}$  のイオン半径と合わせるために室温では 4+を取っており、高温で 3+になるためと考えられた。Nd が 4+となっていることは、本試料ではモル体積や酸素欠損量が他の希土類を置換した物質と比較して小さくなっていること、および水素イオン導電率が低下していることと対応していることを明らかにした。

### 3. 新燃料極材料 $\text{Sr}_{2-x}\text{La}_x\text{FeMO}_6$ (M: W, Mo)の単相合成

従来、SOFC の燃料極材料としては Ni 金属とイットリア安定化ジルコニアの複合体が多く使用されていた。しかしながら本物質は運転に伴い Ni 金属が凝集してしまうとの問題点があった。単相酸化物が使用可能となれば、この問題点は解決できるが、燃料ガス中・高温という強還元下で安定な導電性酸化物は発見されていなかった。本研究ではダブルペロブスカイト構造を取る  $\text{Sr}_2\text{FeMO}_6$  (M: W, Mo)の Sr サイトに La を置換し電子を注入した試料合成を試みた。置換量が 0.2 以下では単相試料が合成可能であることを明らかにした。燃料極としての特性は現在検討している。



## ゲノム化学に基づく PI ポリアミドの創薬開発とプラズマによる皮膚悪性黒色腫の治療法開発

福田昇<sup>1</sup>, 五十嵐潤<sup>2</sup>, 齋藤孝輔<sup>2</sup>, 浅井朋彦<sup>3</sup><sup>1</sup>総合科学研究科生命科学, <sup>2</sup>医学部難治疾患治療開発グループ, <sup>3</sup>理工学部物理学科

DNA 認識低分子有機化合物 PI ポリアミドの創薬開発として、ヒト TGF-β1 に対する PI ポリアミドの実際の薬剤として開発を目的にリード化合物の決定し、ヒトゲノムに近いマーモセットでの前臨床試験の準備を行ってきた。またヒト TGF-β1 に対する PI ポリアミドを用いた日本大学オリジナルの iPS 細胞誘導の開発を行った。更に平成 24 年度から理工学部との共同研究としてプラズマによる皮膚悪性黒色腫の治療法開発を開始した。

## I. ヒト TGF-β1 に対する PI ポリアミドのリードの決定実験

ヒト TGF-β1 遺伝子転写調節領域に設計した、7つの PI ポリアミドの中で GB1101, GB1105, GB1106 のヒト血管平滑筋細胞での PMA 刺激に対する TGF-β1 mRNA の発現に対する作用を比較検討し、GB1105, GB1106 に濃度依存性のある TGF-β1 mRNA 発現抑制を認めた。またヒト皮膚由来線維芽細胞においては GB1101 に最も強い効果を認めた。

## II. ヒト TGF-β1 に対する PI ポリアミドの軟膏化

PI ポリアミドの安全な創薬開発として、全身投与前に局所投与が出来る皮膚肥厚性癬痕へ TGF-β1 に対する PI ポリアミドを軟膏化する準備段階として、有効成分である PI ポリアミドを疎水性基剤や親水性基剤等から 5 種類の候補を選別し、医学部附属板橋病院薬剤部製剤室にて PI ポリアミドとの練合性の評価を行い、ラットを用いた皮膚組織内局在評価試験を行った結果、マクロゴール軟膏が最も PI ポリアミドを皮膚に浸透させる有効基剤であった。

## III. コモンマーモセットを用いた PI ポリアミドの創薬開発

PI ポリアミドの創薬開発としてヒトゲノムに近い霊長類での前臨床試験が必須であり小型で繁殖力のあるコモンマーモセットでのヒト TGF-β1 に対する PI ポリアミドの前臨床試験の準備として、

1. 公益財団法人 実験動物中央研究所 (CIEA) とマーモセット共同研究契約を締結。
2. マーモセット、ヒトゲノムの TGF-β1 プロモータ配列の相同性を確認した。
3. マーモセット皮膚由来線維芽細胞におけるヒト TGF-β1 に対する PI ポリアミドの効果を観る為、CIEA マーモセット皮膚由来線維芽細胞の供与を受け、PMA 刺激による TGF-β1 mRNA 発現上昇に対し、ヒト皮膚由来線維芽細胞と同様に抑制効果を認めた。
4. 皮膚肥厚性癬痕に対するヒト TGF-β1 PI ポリアミドの薬物効果評価試験でマーモセット背部皮膚に切創を作製し、肥厚性癬痕形成の抑制を認めた。

## IV. TGF-β 特異的 PI ポリアミドと新たなタンパク質導入法によるヒト iPS 細胞誘導効率改善の検討

1. EMT を誘導した乳腺上皮細胞にポリアミドを投与すると、PI ポリアミド非投与群に比べ TGF-β1 の遺伝子発現抑制が示され、EMT マーカーである Snail の遺伝子発現を有意に抑制した。よって今回合成した PI ポリアミドは EMT に関わる分子の遺伝子発現を抑制し、EMT を制御でき、MET を誘導できる新規の低分子化合物であることが示唆された。
2. 現在、11R と Flag タグと融合した 3つの初期化因子 (Sox2, Oct4, Klf4) タンパク、11R と Stabilon と Flag タグと融合した Sox2 タンパクの 293T 安定発現株の細胞抽出液と大腸菌発現系により構築された MTM と 6×His タグと融合した cMYC タンパクを HDF に投与し、フィーダー細胞にリシードしてヒト iPS 誘導培地添加時に①TGF-β1 阻害剤、②ヒト TGF-β1 特異的 PI ポリアミド、③E-カドヘリン発現を上昇させるフラボノイドである Apigenin、④TGF-β1 阻害剤と Apigenin、⑤TGF-β1 特異的 PI ポリアミドと Apigenin を導入し、ヒト iPS 細胞の誘導を試みている。

## V. プラズマによる皮膚悪性黒色腫の治療法開発

皮膚悪性黒色腫に存在するメラノーマ幹細胞をターゲットに、メラノーマ幹細胞の活性酸素種耐性 CD44 を抑制する全トランスレチノイン酸 (ATRA) を投与し、プラズマからの活性酸素種による、悪性黒色腫の治療法開発研究を開始した。

## PI ポリアミドを用いた抗腫瘍薬の開発

相馬正義、藤原恭子

医療班（医学部難治疾患治療開発グループ）

前癌遺伝子 MYC は多くのヒト悪性腫瘍においてゲノムレベルでの増幅や発現レベルの上昇を示すことが報告されている。MYC は basic-helix-loop-helix leucine zipper 型転写因子であり、MAX 蛋白質と二量体を形成し、DNA の E-box 配列に結合する。MYC により発現が制御されている遺伝子は 4 千以上にのぼり、それらの多くは細胞の成長、増殖、代謝、アポトーシス、分化に関与し、細胞の形質変化を促進している。腫瘍の増殖抑制を目的として、MYC もしくは MYC 下流遺伝子の機能や発現量を効果的に制御するために様々なアプローチが試みられてきたが、手技の煩雑さ、生体内への輸送の難しさなどの問題があり、実用化には至っていない。

PI ポリアミドは芳香族アミノ酸 N-methylpyrrole(Py) および N-methylimidazole(Im) で構成され、DNA に配列特異的に結合することが報告されている。Im と Py の組み合わせ次第で多様な配列の DNA に結合させることができる。この PI ポリアミドを各遺伝子のプロモーター領域の転写因子結合部位に結合させることで、遺伝子特異的な発現抑制が可能である。

我々は、E-box 配列 CACGTG を完全にまたは部分的に認識する PI ポリアミドを複数作成し、そのうち Myc-6 がヒト骨肉腫細胞株、慢性骨髄性白血病細胞株に対し増殖抑制効果を示す事を確認した。骨肉腫細胞株 MG63 においては、1 $\mu$ M より増殖能（図 1）、コロニー形成能を有意に抑制し、5  $\mu$ M 以上で細胞移動能を低下させた。マウス皮下に MG63 を移植して作成した Xenograft の成長も Myc-6 の尾静脈投与により有意に抑制された。Myc-6 投与により、初期アポトーシスのマーカーである phosphatidyl serine の細胞膜外側への露出が上昇したが、後期アポトーシスやネクローシスは観察されなかった。Myc-6 の詳細な作用機序を解明するために Myc-6 ポリアミドにより発現が変化する遺伝子について Affymetrix GeneChip U133 Plus を用いて調べたところ、18 の遺伝子が 10  $\mu$ M の Myc-6 投与後有意に発現低下を示した。これらの中には Myc-6 の直接のターゲットは含まれなかったが、collagen 3A1, 14A, Matrix metalloproteinase 1 など、細胞外基質およびその分解に関わる分子、Malat1 や NEAT1 など、RNA の成熟に関わる長鎖 non-coding RNA が複数含まれていた。これらが Myc-6 により間接的に発現抑制され、細胞増殖や移動能の抑制を引き起こしている可能性があり、新規の抗癌剤標的となりうることから、現在その詳細な機能解析を進めている。

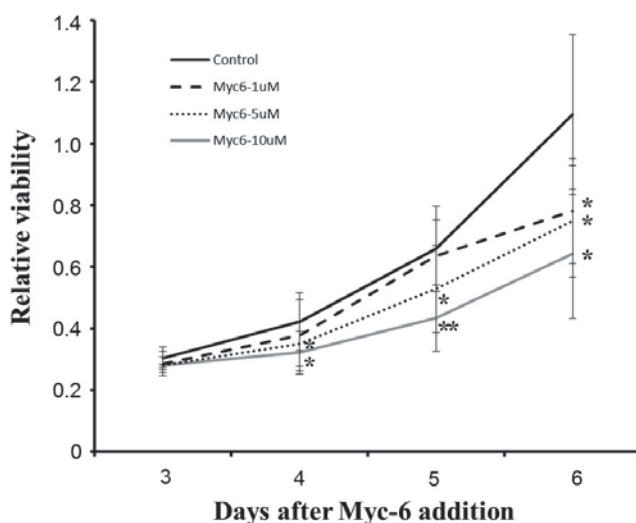


図 1 Myc-6 投与後の MG63 細胞の増殖曲線

## 分解耐性を強化した細胞膜透過性 iPS 誘導因子の大腸菌発現系の構築

舩廣善和

医療班（生物資源科学部応用生物化学科）

再生医療に使用する iPS 細胞は遺伝的に安全であることが必須である。現在の iPS 細胞誘導法はウイルスによる誘導法が主流であるが、この方法では遺伝子変異が懸念されることから、今後はタンパク質や試薬を用いた誘導法が望まれる。既に海外の 2 グループにより細胞膜透過性タンパク質による誘導法が開発されているが、誘導効率が極めて悪く、操作や準備が大変である等問題が多い。この原因としては、細胞に導入されたタンパク質が細胞内で早期に分解されるためではないかと考えられる。

そこで本研究では、細胞内でのタンパク質分解に耐性を持つ iPS 誘導因子 (Oct4, Sox2, Klf4, Glis1) の開発に取り組んでいる。特に本研究室で独自に開発した分解耐性モチーフ Stabilon の応用 (タグとして融合) を試みている。これまでの研究から、Sox2 と Glis1 に関しては Stabilon が有効であったことから、これらは Stabilon 融合体と非融合体を作成した。

いずれのタンパク質も発現量と精製の簡易さを考え大腸菌発現系で封入体として発現させることにした。上記因子を pET28a 発現プラスミドにクローニングし、BL21(DE3)で発現させたところ、各々1 リッターの LB 培地培養あたり Oct4 は 3mg, Sox2 は 3mg, Sox2-Stabilon は 3mg, Klf4 は 4.5mg, Glis1 は 1.2mg, Glis1-Stabilon は 1.2mg 発現した。また、封入体からグアニジン塩酸、尿素変性条件下で精製し、透析によるリフォールディングを行ったところ、各々Oct4 は 30%, Sox2 は 10%, Sox2-Stabilon は 30%, Klf4 は 5%, Glis1 は 0%, Glis1-Stabilon は 5%可溶化した。また、Sox2, Sox2-Stabilon に関しては Gel shift assay により DNA 結合能も確認できた。今後、これらの転写活性可能を調べるとともに、マウス MEF 細胞に導入し iPS 細胞の誘導効率を調べる予定である。

## 自己集積・自己組織化現象を利用したデバイス作製の試み

松下 祥子

超分子・自己組織班, エネルギー班

本研究では、自己集積・自己組織化現象による光・量子融合領域の未踏科学開拓と新規技術創出を目的とし、2つのテーマを行った。具体的には1) フォトニック結晶による色素増感型太陽電池効率向上の解明(超分子・自己組織班、エネルギー班)、2) 微粒子自己集積体による光学デバイス作製(超分子・自己組織班)である。

### 1. フォトニック結晶による色素増感型太陽電池効率向上の解明

色素増感型太陽電池を構成する酸化チタンの特性としては種々あるが、中でも着目されているのがフォトニック結晶としての用途である。本研究では、酸化チタンをフォトニック結晶に加工し、色素の発光閉じ込めにより光電変換効率が向上するかどうかを検討している。近年、発表者のグループにより、ルチル型酸化チタン(屈折率  $n=2.9$ )および電解質であるアセトニトリル( $n=1.35$ )より構成されるFPBG(フルフォトニックバンドギャップ)構造体が発見された[1]。本研究ではこのような構造体を実際に作製するため、反応性イオンエッチング(RIE)により酸化チタン単結晶の微細加工を試み、酸化チタン単結晶のリソグラフィ技術を確立した[2]。作製した微細構造の光学特性を検討し、フォトニックバンド図との比較を行った(図)。

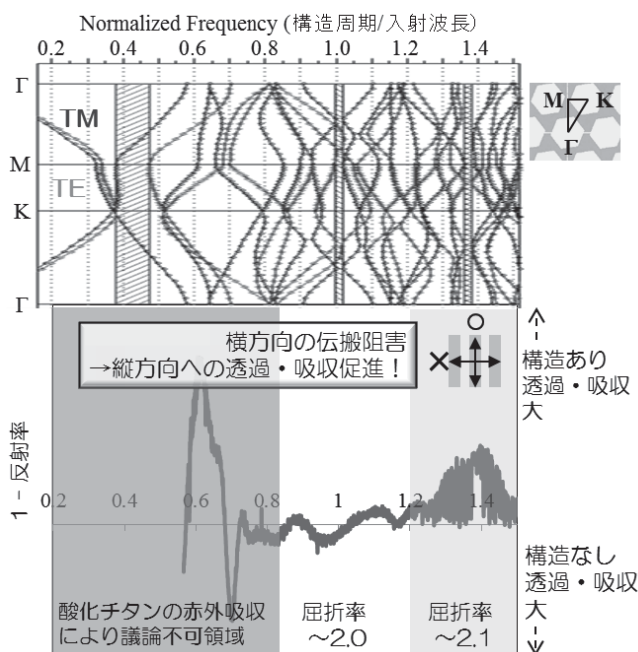


図 赤外波長の屈折率 2.1 で計算されたフォトニックバンド図(上)と、フォトニック結晶構造ありと無しの酸化チタン規格化赤外反射差スペクトル(下)。

### 2. 微粒子自己集積体による光学デバイス作製

貴金属微粒子や微構造体は局在表面プラズモン共鳴(LSPR)を示し、光情報分野から分析分野までさまざまな分野への応用が考えられる。LSPRは構造体のサイズや形状に大きく依存し、構造を操作することによってその特性を制御することが可能であることが知られている。また近年の研究では、誘電体とカップリングすることにより電場増強がさらに強まることが指摘された。本研究では誘電体微粒子の2次元自己集積技術を用いることによって、微小突起が平面的・対照的に配列した誘電体-金属ナノ構造体の作製を試み、SERS強度の増大などを確認している[3]。

これまで我々は、 $\text{SiO}_2$  微粒子自己集積体に Au ナノ薄膜をコートすることで構造体を作製してきたが、 $\text{SiO}_2$  と Au の親和性が悪く、Au ナノ薄膜構造が乱れてしまう問題点があった。今年度は Ni-Au を利用することにより、誘電体上に均一に金属ナノ薄膜をコートすることに成功した。

[1] S. Matsushita, O. Suavet, H. Hashiba, *Electrochim. Acta*, 55 (2010) 2398-2403.

[2] A. Matsutani, M. Hayashi, Y. Morii, K. Nishioka, T. Isobe, A. Nakajima, S. Matsushita, *Jpn. J. Appl. Physics*, 51 (2012) 098002.

[3] T. Miyamoto, S. Saito, T. Isobe, A. Nakajima, S. Matsushita, *Chem. Commun.*, 48 (2012) 1668.

## 光線力学治療化合物の薬物体内動態/薬効解析

青山隆彦, 松本宜明

医療班 (薬学部臨床薬物動態学)

癌ゲノムにおける特異的な遺伝子増幅領域を利用した診断および治療化合物および光線力学療法とコヒーレント X 線照射技術の融合による新たな治療化合物の体内動態/薬効モデリングを目的とし、生体試料中濃度測定法の開発とともに、薬物体内動態、レーザー光線照射エネルギー密度および薬効の関係を検討している。

## 1. 新規化合物 CT101019a の体内動態解析

腫瘍親和性および放射線増感作用を期待し大月班により合成された新規化合物 CT101019a (Fig. 1) の用量比例性を検討した。薬物曝露量の指標として、血中濃度時間曲線下面積 (AUC) を用い、投与量と AUC の関係を調べた。10 mg/kg 投与時の AUC は、1 mg/kg 投与時の 8 倍となり、CT101019a は非線形薬物動態を示す傾向が認められた。薬物の消失の指標であるクリアランスは、投与量の増量に従い高くなる傾向が認められた。

## 2. ヒト体内動態予測モデルの構築

現在、臨床使用されている腫瘍親和性光感受性薬物タラポルフィン (Fig. 2) におけるヒト体内動態予測モデルの構築を行った。ラット、マウスおよびヒトにおける血中タラポルフィン濃度データを用い、薬物動態パラメータの種差を体重によるアロメトリー式で表した。ラットおよびヒトにおいて、現在のモデルでは血中濃度予測に偏りが認められた。今後は、胆汁排泄速度など他の生理学的パラメータをモデルに組み込み、モデル最適化を行うとともに、CT101019a のヒト体内動態および薬効の予測を行う。

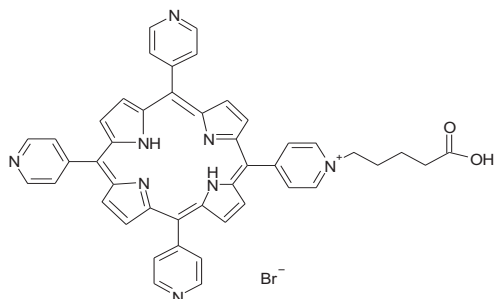


Fig. 1. Chemical structure of CT101019a.

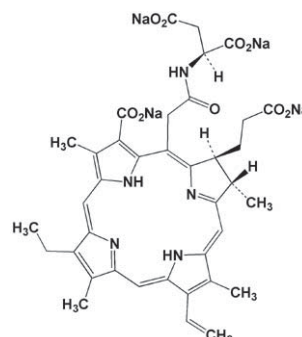


Fig. 2 Chemical structure of talaporfin.

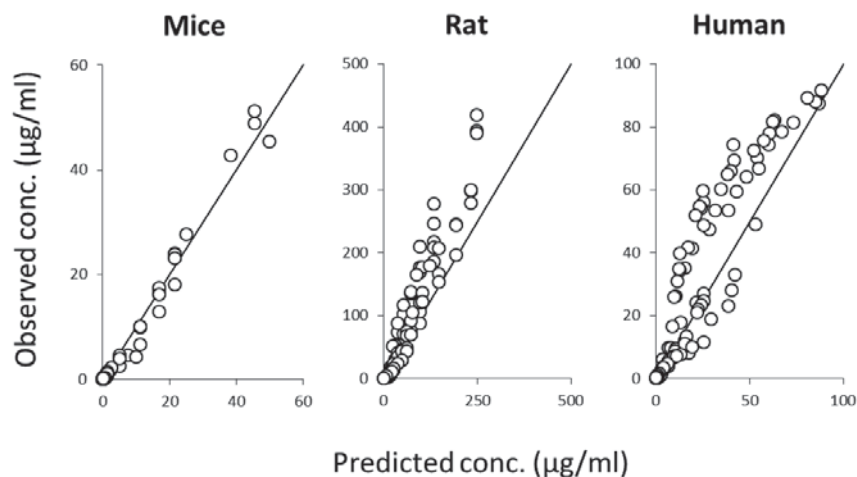


Fig. 3. Goodness-of-fit plots for pharmacokinetic model of talaporfin.

中空層に変形ひし形誘電体構造をもつ誘電体導波路による伝搬特性とエネルギー分布

山崎恒樹

量子理論・計算班

●本年度の研究計画と進捗状況

本年度の研究計画は、「中間層内部に任意形状を持つ円柱状誘電体導波路による伝搬特性」の欠陥部へのエネルギー閉じ込め効率を解析し、ひし形構造が最適形状であることを示した。

●本年度の成果

本研究では、図 1 に示したように中空導波路外に欠陥構造を設け、この欠陥構造内に電磁エネルギーを多く取り込めるための制御用として変形ひし形誘電体を導波路内に内蔵し、伝搬定数の解析にはフーリエ級数展開法と多層分割法を用いた。この伝搬定数を用いて導波路内の電磁界分布を解析する。入射偏波も考慮して解析した結果、制御用としての最適誘電体形状を円柱形状や三角柱形状よりもひし形形状の方がエネルギーを集中出来る事がわかった。ここで、ひし形形状の影響をより詳細に検討するため、ひし形形状の一部を変形した構造を中空層領域に導入し、エネルギー分布の影響について検討する。具体的に中空層に内蔵した変形ひし形誘電体形状の構造を図 2 に示した。図 2(a)はひし形形状の上下を切った構造、図 2(b)は左右を切り取った構造である。

図 3 は TE<sub>0</sub> mode の場合で、変形ひし形形状の誘電率を  $\epsilon_3^{(m)}/\epsilon_0 = 3$  一定とし、同じ規格化周波数 ( $p/\lambda = 0.4062$ ) で励振した場合のエネルギー分布の結果である。図 4 は、TM<sub>0</sub> mode の場合で、変形ひし形形状の誘電率は TE<sub>0</sub> mode の場合と同じ条件で、規格化周波数 ( $p/\lambda = 0.4540$ ) で励振した場合のエネルギー分布の結果を示した。図 3 と図 4 より次のことがわかる。

- (1)TE mode の場合；形状(A)と(B)を比較すると、欠陥部でのエネルギーは同じ傾向が表れている事がわかる。
- (2)TM mode の場合；形状(A)と(B)を比較すると、形状(B)の方がエネルギーは集中している事がわかった。

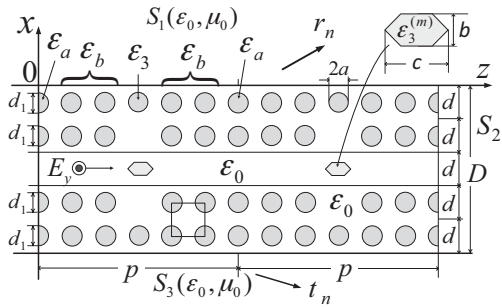
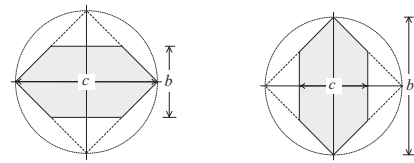
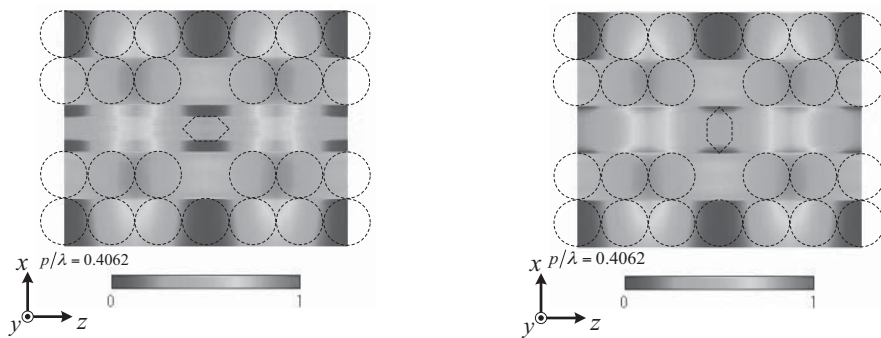


図 1. 中空層に変形ひし形誘電体構造を持つ誘電体導波路の構造と座標系



(a)形状(A) (b)形状(B)

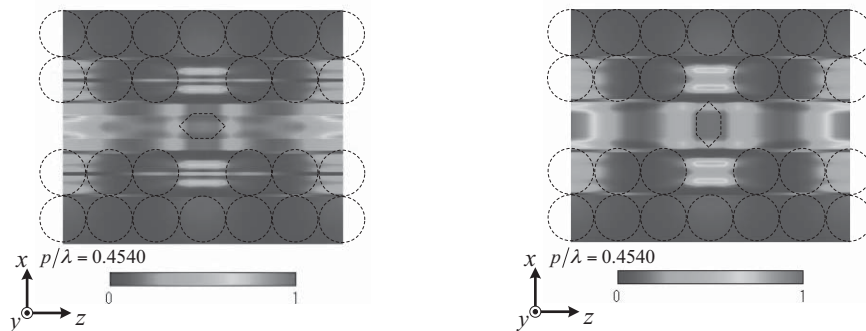
図 2. 中空層の誘電体構造



(a)形状 A

(b)形状 B

図 3 中空層に変形ひし形誘電体形状を内蔵した時のエネルギー分布；TE<sub>0</sub> mode



(a)形状 A

(b)形状 B

図 4 中空層に変形ひし形誘電体形状を内蔵した時のエネルギー分布；TM<sub>0</sub> mode

## Toward a Healthy Future

Almost four years have passed since we started our project “Nanotechnology Excellence, Nihon University — Nanomaterial-based Photonic, Quantum and Bio Technologies —” in the strategic research scheme of our university, “Nihon University *N. Research Project*.”

The purpose of our project is to contribute to finding solutions for three big issues — (1) treatment of cancer, which accounts for a third of deaths in Japan, (2) shortage of fossil fuel and increase in the atmospheric CO<sub>2</sub> concentration, particularly after the Fukushima accident, and (3) dire need for massive and secure information processing — for a healthy future comes true. Despite the apparent diversity of these issues, views from nanoscience and nanotechnologies may allow a common approach from different but relevant fields. Our approach to these issues is on the basis of nanomaterials, particularly from the viewpoints of quantum mechanical interactions of matter with light. This interdisciplinary endeavor is being made through collaboration among practitioners in science, engineering, and medicine from five of the Colleges of Nihon University.

The first year saw some excellent achievements, such as one in the area of super-high speed recording, which was covered as research topics in several journal articles, and another on the analysis of genetic network, which was published in *Nature* (Nagase, Balmain et al., *Nature* 2009, 458, 505). The most notable in the second year was the research on quantum information by Inoue et al. The three major achievements were that: (1) the highest rate of 2.8 kilobit in the entanglement distribution at the telecommunication wavelength to date, (2) the detection efficiency of 98.4% with their photon-number resolving detector, the highest for an optical photon detector, and (3) the fabrication of the first superconducting nanowire single photon detector using niobium film. One of these works was published in *Nature Photonics* (Inoue et al., *Nat. Photon.* 2010, 4, 655.) and led to the successful awarding of the Strategic Information and Communications R&D Promotion Program (SCOPE) funded by the Ministry of Internal Affairs and Communications. In the third year, the highest rate (24 kbit/s) and the longest distance (100 km) quantum information transfer were achieved using the highest-rate single-photon detector and the most sensitive photon-number resolving detector, which were developed by Inoue and co-workers (Inoue et al., *Phys. Rev. Lett.* 2011, 106 250503). In the area of super fast recording, behaviors of spins in a magnetic material in a femto second regime were revealed for the first time (Tsukamoto, Itoh et al. *Nature* 2011, 472, 205).

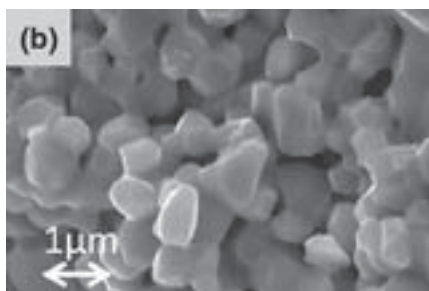
In the fourth year, Tsukamoto et al. have found, surprisingly, that heat is enough to flip over the magnetization in a work published in *Nature Communications* (Tsukamoto, Itoh et al., *Nat. Commun.* 2012, 3, 666). This is unconventional process given that heat is the antipodal to directionality. The process occurs at room temperature, which bodes well for practical applications.



Ultrafast heating flips over the magnetization! *Nat. Commun.* 2012, 3, 666.

In the energy area, greener alternatives are being researched that maximizes the use of solar energy as an energy source and hydrogen as an energy storage material. Stored energy as hydrogen may again be converted to electricity with fuel cells. Solid oxide fuel cell consists of three major components: the fuel electrode, the electrolyte, and the air electrode. Hashimoto et al. (*J. Amer. Ceram. Soc.* 2012, 95,

3802) has developed the optimized material for each of these phases: a material for the fuel electrode, Fabrication and performance tests for prototypical fuel cells using these materials are ongoing.



Optimized material for the electrode in fuel cells. *J. Amer. Ceram. Soc.* **2012**, *95*, 3802.

In the medical area, our research on pyrrole-imidazole polyamides, a class of synthetic compounds that can be tailor-made to selectively recognize the base sequences in DNA, covers a whole range from the synthesis and chemical characterization to in vitro and in vivo studies. Some PI polyamides showed positive results in retarding the growth of osteosarcoma cells, hepatoblastoma cells, and Wilm's tumor cells. Investigation on other PI polyamides has progressed further and now reached the stage of marmosets experiments, which are conducted in collaboration with the Central Institute for Experimental Animals. Preliminary results suggested that the drug is effective in the inhibition of the skin scar. In the area of regenerative medicine, Fukuda et al. are attempting to induce iPS cells by using PI polyamides which target TGF- $\beta$ 1. Kano et al. is developing new pluripotent cells from fat cells on the bases of his finding that fat cells can be dedifferentiated. In the environment of this collaborative project, a new combination of technology and medicine is being formed. Application of plasma for the treatment of skin malignant melanoma is now being examined.

A very basic quantum mechanical riddle was solved this year. The Hund rule, a textbook principle of quantum mechanics, has concealed its origin for a long time until Sako et al. found the mechanism behind the rule (Sako et al., *J. Phys. B* 2012, *45*, 235001). The work was chosen as an "IOP Select" paper for the novelty, significance and potential impact on future research. This work will also be highlighted in *Europhysics News*.

Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics > Volume 45 >  
Number 23

Tokuhei Sako et al 2012 *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.* **45** 235001 doi:10.1088/0953-4075/45/23/235001

#### **Origin of the first Hund rule and the structure of Fermi holes in two-dimensional He-like atoms and two-electron quantum dots**

**IOPSELECT**

Tokuhei Sako<sup>1</sup>, Josef Paldus<sup>2</sup>, Atsushi Ichimura<sup>3</sup> and Geerd H F Diercksen<sup>4</sup>

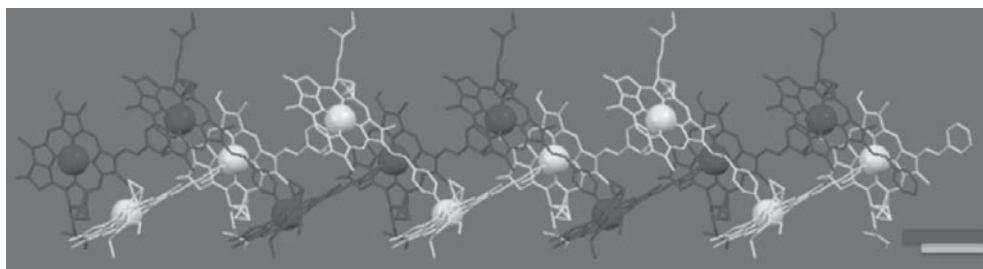
Hide affiliations

sako@phys.ge.cst.nihon-u.ac.jp paldus@uwaterloo.ca ichimura@lsas.jaxa.jp ghd@mpa-garching.mpg.de

<sup>1</sup> Laboratory of Physics, College of Science and Technology, Nihon University, 7-24-1 Narashinodai, Funabashi, 274-8501 Chiba, Japan

Self-assembly of molecules leads to higher order structures and novel materials. Finding new motifs of molecular assembly is important for the understanding how molecules assemble themselves and for the development of new functional materials. Otsuki et al. found that synthetically modified chlorophyll molecules form double stranded helices reminiscent of the DNA double helices. Work is ongoing for revealing the structural requirements for the formation of such structures as well as photophysical properties of these assemblies.





X-ray crystal structure of a double helix of synthetic chlorophyll molecules.

Training young generation researchers is another important objective of our project. This year 10 research fellows including post-doctoral fellows and 4 research assistants are working with financial support from the Project. Good news is that 6 students who presented their works as part of the Project were awarded excellent presentation prizes in academic meetings.

We are doing our best, through our research, to create a center of excellence in the field of nanoscience and nanotechnology, which will hopefully be recognized as such in the scientific communities academic and industrial, domestic and international, in another year when the Project will have been completed.

Joe Otsuki, Principal Investigator, January 19, 2013.

## Researchers

Osamu ABE	SM	Medical, Apr. 2012-
Yasuo ASADA	CST	Energy
Tomohiko ASAI	CST	Nanomaterials and Nanodevices
Shigeru CHAEN	CHS	Nanomaterials and Nanodevices
Kyoko FUJIWARA	SM	Medical, Sep.2010-
Noboru FUKUDA	SM	Medical*
Hideomi HASHIBA	CST	Quantum Information; Nanomaterials and Nanodevices
Takuya HASHIMOTO	CHS	Energy*, Nanomaterials and Nanodevices
Hiroki IKAKE	CST	Supramolecules and Self-Assembly*
Shuichiro INOUE	CST	Quantum Information*
Hiroshi ISHIDA	CHS	Quantum Theory and Computation
Akiyoshi ITOH	CST	Information Storage; Supramolecules and Self-Assembly
Nobuyuki IWATA	CST	Nanomaterials and Nanodevices
Ken JUDAI	CHS	Nanomaterials and Nanodevices
Koichiro KANO	CBS	Medical
Tsugumichi KOSHINAGA	SM	Medical, Sep.2009–
Takeshi KUWAMOTO	CST	Quantum Information
Yoshikazu MASUHIRO	CBS	Medical, Mar.2011–
Yoshiaki MATSUMOTO	CP	Medical
Sachiko MATSUSHITA	TITEC	Energy; Supramolecules and Self-Assembly
Hiroki NAGASE	Chiba Cancer Center	Medical
Katsuji NAKAGAWA	CST	Information Storage *
Nobuyuki NISHIMIYA	CST	Energy
Shinichiro OHNUKI	CST	Quantum Theory and Computation
Joe OTSUKI	CST	Energy; Supramolecules and Self-Assembly
Tokuei SAKO	CST	Quantum Theory and Computation*
Masayoshi SOMA	SM	Medical
Kaoru SUZUKI	CST	Nanomaterials and Nanodevices*
Satoru TAKAHASHI	SM	Medical
Yoshiki TAKANO	CST	Nanomaterials and Nanodevices
Arata TSUKAMOTO	CST	Information Storage; Supramolecules and Self-Assembly
Tsuneki YAMASAKI	CST	Quantum Theory and Computation

## Advisory Board

Katsuhiko ARIGA	NIMS	Nano
Allan BALMAIN	University of California, San Francisco	Medical
Masashi KIMURA	Nihon University	Publicity
Jun MIYAKE	Osaka University	Energy
Isao SAITO	Nihon University	General, Medicine
Ikuo SUEMUNE	Hokkaido University	Information

The asterisks indicate the group leaders. CBS = College of Bioresource Sciences, CHS = College of Humanities and Sciences, CP = College of Pharmacy, CST = College of Science and Technology, SM = School of Medicine, TITEC=Tokyo Institute of Technology,

## Overview of the Project

This project addresses three major issues that needs technological innovations:

- 1. Information technology: Super high speed, super high density recording and quantum information processing
  - 2. Energy technology: Solar energy harvesting with nanostructures
  - 3. Medical technology: Nanobio technologies for medical applications
- on the basis of our photonic, quantum, and bio technologies through collaborative studies over different departments of Nihon University.

To establish a common basis for the research on the three subjects, this project also explores sciences and technologies in

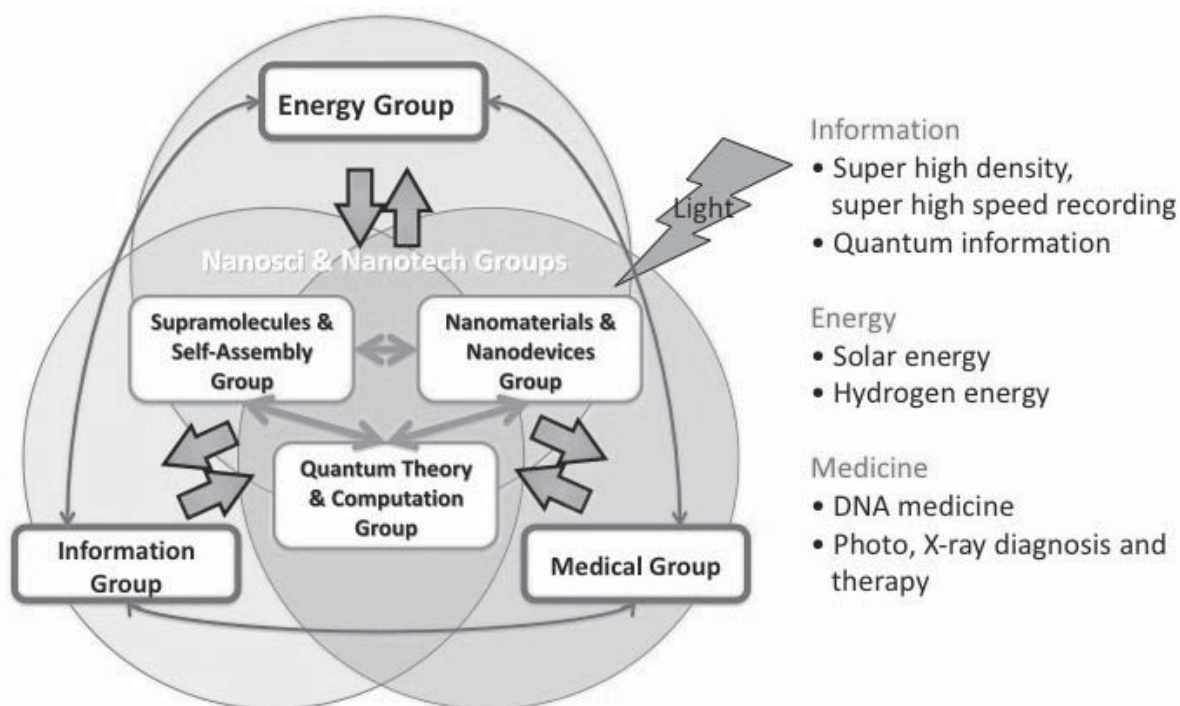
- Photonics and quantum aspects of nanomaterials.

Nanomaterials will be fabricated both from bottom-up approaches and top-down approaches as well as by reactions controlled at the nanometer level. The experimental approaches are complemented by quantum theoretical and computational studies on the interaction of light with matter at the nanometer scale. Nanomaterials will be developed through these approaches for the applications in the above mentioned three areas.

Thus this project aims at providing innovative technologies to contribute to realize a highly-developed sustainable society. We also put an emphasis on education for young generations through the interdisciplinary cutting-edge research.

## Research Groups

The members belong to one or more groups depending on the area of research. Application oriented groups mutually collaborate around the groups for nanoscience and nanotechnology.



## Objectives of the Project

We conduct our research in groups for respective areas. The issues the groups will address are outlined below. Specific goals are tabulated in Table 1 in the following page.

### **Information Technology Group**

*Super high speed, super high density recording and quantum information processing*

This group attempts to make a breakthrough in writing and reading speed on the basis of the photoinduced magnetization, a new physical phenomenon this group has found, in combination with near-field optics and nanostructured magnetic materials prepared via self-assembly processes. The group will also develop quantum information technologies aiming at super high capacity transmission of information, super high speed computing, and super secure encryption. To be specific, the group will develop (1) a single photon source, (2) a low-noise single photon detector, (3) a photon number resolving detector, (4) a quantum memory, and (5) quantum bit devices. This group will also study physical processes in light-plasmon interconversion for possible applications to plasmonic devices.

### **Energy Technology Group**

*Harnessing solar energy with nanostructures*

This group will develop technologies based on nanostructures and nano processes to harness solar energy as efficiently as possible. Specifically, (1) artificial photosynthesis through molecular assemblies and the understanding and control of the processes involved, such as excitation, energy transfer, electron transfer, and catalytic reactions, (2) light-assisted hydrogen storage, a new concept, (3) high strength fuel cells, (4) inexpensive, high efficiency dye-sensitized solar cells on the basis of light confinement effect with nanostructures, and (5) bioreactions in photosynthetic bacteria driven by solar energy.

### **Medical Technology Group**

*Nanobiotechnology for medical applications*

This group will develop nanobiotechnology for medical applications via approaches from nanobiology and chemical biology, combined with newly developed nanomaterials. The four major objectives are: (1) development of molecules for cancer diagnosis and therapy, (2) DNA binding molecules for amplified oncogene detection and silencing, (3) development of a novel radiation dynamic therapy against cancer cells in internal organs, and (4) peptide nucleic acid molecules for over-expressed genes for disease diagnosis and therapy.

### **Nanoscience and Nanotechnology Groups: Supramolecules and Self-Assembly Group; Nanomaterials and Nanotechnology Group; Quantum Theory and Computation Group**

These groups will conduct basic scientific and technological studies on nanomaterials and nanostructures as the basis for the above-mentioned application oriented developments. Bottom-up approaches including self-assembly as well as top-down approaches including electron beam lithography, combined with controlled reaction at the nanometer level, are exploited to prepare nanomaterials and nanostructures. Photonic and quantum mechanical properties will be elucidated with experimental approaches, together with theoretical and computational approaches. These studies will lay the basis for the development of information, energy, and medical technologies being developed by other groups as mentioned above. These groups will also provide a forum for the interaction of researchers, facilitating the progress of this interdisciplinary project.

Table 1. The goals set at the beginning of the project.

Items	Status quo	Original technologies	Target
<b>1. Information technology: super high speed/density recording and quantum information</b>			
writing speed	0.25 Gbits s <sup>-1</sup>	photoinduced magnetization	25000 Gbits s <sup>-1</sup>
recording density	0.2 Tbits inch <sup>-2</sup>	nanomagnetic material through self-assembly	2 Tbits inch <sup>-2</sup>
writing density	0.6 μm <sup>2</sup> /bit	near-field thermally assisted recording	0.003 μm <sup>2</sup> /bit
single photon source	emission efficiency < 10%	quantum dots	30%
low-noise single photon detector	q. efficiency 1% dark count ~10 <sup>-8</sup>	superconducting thin wire	50%, 10 <sup>-8</sup>
photon number resolving detector	resolution 0.2 eV repetition 100 kHz	superconducting transition edge sensor	0.2 eV, 1 MHz
quantum memory	1 ms, low temp.	Bose condensates	10 ms
quantum bit device	q. efficiency ~1% temp. <0.3 K	THz plasmonic quantum bit	>5%, rt to 1.8 K
<b>2. Energy: Harnessing solar energy with nanostructures</b>			
water photolysis with supramolecules	not exist	self-assembly of sensitizer and redox catalysts	to realize
light assisted hydrogen storage	a new concept	light triggered desorption that we have found	q. yield >0.1 >6 wt%
high strength fuel cell	strength 60 MPa temp 900 °C	a new preparation process from micro/nano particles	2–5 fold, 600 °C
DSSC with inexpensive dyes	energy efficiency 3%	light confinement effect of nano structure	5%
bioreaction of photo-synthetic organisms	rate 34 nmol/h/mg	genetically engineered photosynthetic organisms	an order of magnitude increase
<b>3. Medicine: Nanobio technologies for medical applications</b>			
probe compounds for cancer	under investigation	cancer specific compounds identified	to realize
luminescent compounds	safety, sensitivity	safe, long wavelength luminescent compounds	detection of cancer marker with compounds
ex vivo diagnosis	low diagnosis rate	highly sensitive and specific diagnosis	diagnosis rate >80% small error <10%
in vivo image diagnosis	early detection of cancer is difficult	improvement and low-cost detection system	candidate compounds for in vivo use
treatment of cancer and other diseases	affecting normal region	cancer-specific drugs and new treatment	preclinical trial

## Publications Records

	2009	2010	2011	2012
Papers	117(20,6)	108(15,4)	121(20,3)	112(22,5)
Patent Applications	9(2,0)	6(4,1)	6(2,0)	4(3,0)
Invited Lectures	80	45	66	29(5,2)
Presentation in Scientific Meetings	323	327(51,10)	281(57,6)	277(126,16)
Books	17	11	19	5
Awards	5	8	6	10
Research Grant	30(11,0)	33(13,2)	27(10,2)	27(7,1)

\*The first numbers in the parentheses indicate the number of achievements by collaboration among the members of this project. The second numbers in the parentheses indicate that the collaboration involve the members of different colleges of the university.

## Progress reports of groups

- Information (Storage) Group
- Information (Quantum Information) Group
- Energy Technology Group
- Medical Group
- Supramolecules and Self-Assembly Group
- Nanomaterials and Nanodevices Group
- Quantum Theory and Computation Group

## Information Storage Group

Katsuji Nakagawa\*, Akiyoshi Itoh, Arata Tsukamoto

### 1. Overview of the research plan in 2012

- 1) To succeed in fabricating magnetic domains on magnetic recording film by the effect of surface plasmon generated by femto-second laser, three issues will be performed: (1) a computational analysis of electro-magnetic field as well as thermal diffusion in magnetic film, (2) a structure design of surface plasmon antenna and antenna fabrication by electron beam lithography, and (3) magnetic recording test applying femto-second laser with surface plasmon antenna.
- 2) In the matter of a super fast phenomenon, optical, thermal, and magnetic response from femto-second laser light will be studied related to the issue 1).
- 3) The electro-magnetic field under the condition combining of dielectric optical waveguide and surface plasmon polariton will be studied by computational calculation.
- 4) Nano-meter structured FeCuPt magnetic film for high density recording will be fabricated, and stable magnetic domains will be studied by micro-magnetic computational calculation.

### 2. Advances and achievements in 2012

- 1) Thermally assisted magnetic recording with surface plasmon antenna has been succeeded by applying femto-second laser. Three issues are key points of this success: (1) a computational analysis of electro-magnetic field as well as thermal diffusion in magnetic film, (2) a structure design of surface plasmon antenna and antenna fabrication by electron beam lithography, and (3) magnetic recording test applying femto-second laser with surface plasmon antenna. The magnetic mark of 166 nm x 120 nm was written by this method. The written mark size has not reached the size of project goal: 77 nm x 77 nm. Our progress, however, is very big, and we still go forward to our goal in the final year.
- 2) We found experimentally a novel magnetization reversal phenomenon in a ferri-magnetic GdFeCo film driven by an ultrafast heating of the medium resulting from the absorption of a sub-picosecond laser pulse without the presence of a magnetic field. Also relevantly to technological applications, we have shown experimentally that switching can occur when the sample is at room temperature before laser excitation.
- 3) We found that the combination of dielectric optical waveguide and surface plasmon polariton is highly effective in optical energy transfer into small surface plasmon antenna. Besides, the combination structure can also create circularly polarized light in a small region.
- 4) A rapid thermal annealing is effective to obtain high  $K_u$  (uniaxial magnetic anisotropy) as well as small  $L1_0$ -FeCuPt grains. However, it revealed that each grain were mostly polycrystalline structure. We found that an application of adequate additional annealing makes grains into  $L1_0$  single crystalline structures and grains kept almost similar size.

### 3. Collaborations and activities in 2012 as the group

A result about a nano-meter structured magnetic film with high uniaxial anisotropy was reported at an international conference (ICM2012, July 8-12, Pusan). At another international conference (ICAUMS2012, Oct. 1-5, 2012, Nara), six reports were also presented including femto-second laser thermally assisted magnetic recording, dynamics in first magnetic reversal, recording materials, and localized circularly polarized light. Some of these reports have been collaborated with Associate Prof. Ohnuki. We have kept an inner meeting at least once a month.



## Quantum Information Group

**Shuichiro Inoue\*, Takeshi Kuwamoto, Hideomi Hashiba**

### 1. Overview of the research plan in 2012

- 1) Evaluation of the entanglement swapping system
- 2) Fabrication of a single-photon emitter using CdSe colloidal quantum dot array
- 3) Observation of electromagnetically induced transparency of orthogonally polarized photon pairs and their storage in an atomic ensemble
- 4) Development of simple and reliable etching technique of Si on ICP

### 2. Advances and achievements in 2012

- 1) We performed fourfold coincidence measurements to investigate the indistinguishability between photons from the two independent photon-pair sources. The indistinguishability was measured to be 82 % by Hong-Ou-Mandel two-photon interference experiments. Then Bell-state measurements were performed with one photon from each pair, which projected the two remaining photons, formerly independent onto an entangled state. The obtained fidelity of the swapped entangled state was 86 % (world record at telecommunication wavelengths), high enough to infer a violation of a Bell-type inequality.
- 2) Fabrication technique of an array of colloidal quantum dots covered by silica has been developed. The diameters of the quantum dot and the silica shell are 5 nm and 30 nm, respectively. We attained a 55 nm wide, 1.5  $\mu\text{m}$  long array of the quantum dots in sub one-dimensional shape using a trench made of ZEP on Si substrate as a template.
- 3) We studied absorption of orthogonally polarized photon pairs into rubidium (Rb) vapor. The photon pairs were filtered using several optical filters and two etalons so that they were resonant with Rb atoms. At Rb-vapor temperature of 95  $^{\circ}\text{C}$ , the absorption ratio was reached approximately 97%. However, at the vapor temperature of 70  $^{\circ}\text{C}$ , which was optimum one derived from classical-light (laser-light) storage experiments, the absorption ratio was 90 %. In future, we improve the ratio to 100% by removing the non-resonant frequency components of photon pairs.
- 4) Fabrication technique of Si waveguides has been furnished and Si waveguides (320 nm wide and more than 1 mm long) have been fabricated. The waveguides have small roughness of side-walls (less than 10 nm) and the optical loss due to the roughness is to be measured.

### 3. Collaborations and activities in 2012 as the group

We proposed a multichannel single-photon emitting device which is composed of CdSe colloidal quantum dot arrays and plasmonic waveguides. CdSe colloidal quantum dots were synthesized in Prof. Ohtsuki's lab and numerical calculations to design plasmonic waveguides were performed in Prof. Ohnuki's lab. We had three group meetings and discuss the direction of our final goal.

## Energy Technology Group

**Takuya Hashimoto,\* Nobuyuki Nishimiya, Yasuo Asada, Sachiko Matsushita, Joe Otsuki**

### 1. Overview of the research plan in 2012

The first object for solid oxide fuel cells (SOFC) is development of materials which construct SOFC, which can be operated as low as 600 °C. The next one is construction of SOFC which can work at 600 °C.

On dye-sensitized solar cells, employment of photonic crystals or new dyes is examined and their properties are clarified by various electrochemical and optical measurements. The targets of energy conversion efficiency of the solar cells employing organic dyes and precious metal based ones are more than 5% and around 10%, respectively.

Photonic to chemical energies transformation systems are to be developed through functionalizing metal hydrides and specializing active bio-species on one hand and through confirming the concept on the photo-assisted hydrogen absorption and adopting that to non-rare metallic combinations on the other hand.

Preparation and characterization of supramolecular non-precious metal photocatalysts are also targets.

### 2. Advances and achievements in 2012

The optimization of preparation and sintering conditions of  $\text{LaNi}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_{3-\delta}$ , which attract much attention as Sr-free cathode material of SOFC, has been completed. For electrolyte material, optimization of preparation method and kinds of trivalent ion of  $\text{BaCe}_{1-x}\text{M}_x\text{O}_{3-\delta}$  (M: trivalent ion) has been carried out. As trivalent ion, it has been revealed that Y is the most suitable since ionic radii of  $\text{Y}^{3+}$  is close to that of  $\text{Ce}^{4+}$ . Also it has been clarified that the valence changes to tetravalent by employing Nd as trivalent ion in order to adjust ionic radii for B-site, resulting in less oxide ion vacancy and proton conductivity. Examination apparatus for SOFC has been successfully constructed and fabrication of SOFC using above mentioned materials has started.

Using photonic crystals prepared by self-assembly methods, improvement of photon-to electron conversion efficiency of dye-sensitized solar cells has been confirmed. Also, lithographic technique of  $\text{TiO}_2$ , which is base material for solar cells, is established. Dyes with varied structures were prepared and tested as dyes for dye-sensitized solar cells. This year, however, has seen no improvement from previously reported our efficiency record of 3.1%. As for precious metal dyes, model complexes were prepared and characterized as a preceding step to the application to the dye-sensitized solar cells.

Bio-actively transferred hydrogen energy was successfully recovered by magnesium-based alloy composites and the entity of hydrogen fermentation was partly specialized through DNA abstraction from Yokohama National University's active mixtures. Non-rare metallic composites comprising boron, carbon and/or nitrogen provided with graphene-derived carbon nano-balls with high hydrogen capacity as well as layered carbon nitrides with high performance photo-assisted hydrogen absorption additives.

For supramolecular photocatalysts, the synthesis is ongoing. The major achievements of this year was that discovery of double helices made of chlorophyll derived molecules, which will constitute a basis for the design of artificial antenna systems and (ii) demonstration of lower temperature processing for the fabrication of thin films of reduced graphene oxide, which will be used as the substrate for organic photovoltaic

### 3. Collaborations and activities in 2012 as the group

Bio-activity transferred hydrogen is a collaborate work of Prof. Asada and Nishimiya. Patent of preparation via Pechini process by Prof. Hashimoto is under way with the advice of Prof. Nishimiya.

## Medical Group

### Members

ARISH: Fukuda N, Severe Disease G: Saito K, Igarashi J, Fujiwara K, Soma M, Radiology: Abe O, Ishibashi N, Urology Takahashi S, Pediatric Surgery: Koshinaga S, Bioresource Science: Masuhiro Y, Kano K, Pharmacy: Matsumoto Y, Aoyama T, Chiba Cancer: Nagase H, Watanabe T

### Progress and Production by Whole Medical Group in 2012

1. **Development of an E-box targeting Pyrrole-Imidazole polyamide to inhibit cell growth** (Fujiwara, Soma): PI polyamides targeting E-box consensus inhibited proliferation of the osteosarcoma cell line treated with Myc-6 showing reduced growth rate by WST8 assay and colony formation assay. In the wound-healing assay, Myc-6 inhibited cell migration activity dose-dependently. Intravenous injection of Myc-6 once a week for a month caused growth inhibition MG63 xenograft developed in Nude mouse without evidence of toxicity.
2. **Development of antitumor PI polyamides for pediatric cancer** (Koshinaga): PI polyamides (h-CCAAT1, h-CCAAT3) designed on the CAAT box in promoter region of LIT1 gene efficiently suppressed expression of LIT1 gene and proliferation of Hepatoblastoma cell line (HuH6 clone5, HepG2), and Wilm's tumor cell line (G401).
3. **Development of PI polyamide targeting human TGF- $\beta$ 1 -Preclinical study-** (Igarashi, Fukuda): We confirmed that GB1101 is strongest to inhibit the expression of TGF- $\beta$ 1 mRNA in human- and marmoset-derived fibroblasts. We checked the combination of components of soluble materials and solutions for PI polyamides and found that Macrogol Ointment was most effective substrate to deliver the PI polyamide into skin. We examined effects of PI polyamides targeting human TGF- $\beta$ 1 on development of skin fibrotic scar created in common marmosets and confirmed actual inhibition of the skin scar.
4. **Development of the Nihon University original methodology inducing iPS cells using the PI polyamide targeting human TGF- $\beta$ 1** (Saito, Fukuda, Masuhiro) : We examined the iPS-producing method establishment using proteolysis resistant cell-permeable proteins and the initiation factor, TGF- $\beta$ 1 inhibitor, PI polyamide targeting human TGF- $\beta$ 1, Apigenin, TGF- $\beta$ 1 antagonist and Apigenin, and TGF- $\beta$ 1 and PI polyamide targeting human TGF- $\beta$ 1.
5. **Establishment of a breast cancer-inducing mouse model by the transplantation of DFAT** (Kano): We tried the creation of a breast cancer-inducing mouse model by the transplantation of DFAT-GFP transfected oncogene, which is transformed to epithelial cells.
6. **Histone acetylation of specific genomic region induced by PI polyamide-SAHA conjugate** (Nagase, Watanabe) : We made considerable advances in coupling of existing drug SAHA that is being used as an HDAC inhibitor, to PI polyamides for targeting specific subsets of genes for reactivation in cancers (e.g. Cdkn2a / p16). Watanabe developed a method of simple synthesis with solid phase synthesis method using glutamic acid which is the usual amino acid. Six ring cyclic PI polyamide was synthesized.
7. **Pharmacokinetic/Pharmacodynamic Analysis of tumor-localizing photosensitizing compounds**

(Matsumoto, Aoyama): To describe the relationships between effects following photodynamic therapy, light dose, and plasma compound concentration, they developed a high-performance liquid chromatography (HPLC) method for the determination of plasma concentration and investigate the pharmacokinetics of novel compound CT101019a.

**8. Development of plasma medicine for skin malignant melanoma** (Saito, Fujiwara, Fukuda): We started a project of the development of plasma medicine for skin malignant melanoma collaborating with the plasma team in College of Science and Technology. This plasma medicine targets the cancer stem cell with all trans retinoic acid to reduce the tolerance of radical oxygen species.

#### **Activities of Medical Team in 2012**

- 1) Meeting of *N.* Research team in every week.
- 2) Meetings four times in the collaborating institute Central Institute for Experimental Animals Common marmoset team for the development of PI polyamide targeting TGF- $\beta$ 1.
- 3) June: Meeting with the Drug Preparation Room in Nihon University School of Medicine Itabashi Hospital and Clinical Pharmacokinetics team in College of Pharmacy about the development of PI polyamide targeting TGF- $\beta$ 1.
- 4) October: Meeting with the team in College of Pharmacy about the GLP grade pharmacokinetics study for PI polyamide targeting TGF- $\beta$ 1
- 5) November: Meeting for the development of plasma medicine for skin malignant melanoma collaborating with the plasma team in College of Science and Technology.
- 6) December: Presentation for the development of PI polyamide as practical medicine in College of Pharmacy.

## Supramolecules and Self-Assembly Group

**Hiroki Ikake\* , Akiyoshi Itoh, Joe Otsuki, Arata Tsukamoto and Sachiko Matsushita**

The goal of the supramolecules and self-assembly group is to develop advanced technologies on nanomaterials and nanostructures and to supply these technologies to the application-oriented groups, *i.e.*, the information, energy, and medical groups, thus strongly promoting networking among these groups on diverse fields. As follows, each groups theme in 2012.

### · Itoh & Tsukamoto Group

We tried to prepare and utilize nano-structured substrates such as silica thin film having self-assembled nano-pores and self-assembled silica particle substrate. In 2012, we performed additional annealing to above isolated FeCuPt grains by using same annealing chamber of rapid thermal annealing, for crystallizing those poly-crystal grains to form single crystalline grains. As a result, the grain consists of c-axis oriented single crystalline structure from complementary results of X-ray diffraction and electron beam diffraction. We found that an application of adequate additional annealing makes grains into  $L1_0$  single crystalline structures and grains kept almost similar size.

### · Otsuki Group

Self-assembly of appropriately designed molecules will afford a bottom-up method for producing nanostructures. This work aims at developing new molecular self-assembling systems, revealing self-assembled structures and dynamic behaviors at the molecular level, and searching for applications of self-assembly to energy, medical, and information technologies through the collaboration with researchers of the *N.* research project.

#### 1. Self-Assembly of Molecules and Quantum Dots

#### 2. New Dyes for Dye-Sensitized Solar Cells

### · Matsushita Group

Two subjects related with self-assembly and self-organization were studied with perspective of the developments of unexplored scientific fields and new technology.

#### 1. Dye-sensitized photonic crystal electrodes

We examined the fluorescence inhibition effect of a self-assembled photonic crystal using Chlorine e6 dye. Chlorine e6 is derived from chlorophyll and has a long excited electron lifetime.

#### 2. Noble Planar and Symmetric Nanostructures in Prospective Plasmonic Devices

Noble planar and symmetric nanostructures, such as rod or spiny structures, were prepared by the combination of colloidal self-assembly, thermal sintering and chemical etching, which enables the tuning of both size of the particle and neck diameter. As a result, the rod structure showed the biggest SERS effect among our structures in spite of the smallest amount of Au coating.

### · Ikake Group

In our group, the aim of development of poly(L-lactic acid) (PLLA) films as biopolymer with the high thermal- and mechanical- resistance. And then, the improved PLLA was submitted to new material field. In particular, we have discussed as follows theme in 2012.

#### 1. Preparation of High Crystallinity and High Orientation Poly(L-lactic acid) Films under Electric Field

#### 2. Morphological change of Poly(L-lactic acid) Films with Magnetic Irradiation

## Nanomaterials and Nanodevices Group

**Kaoru Suzuki\***, Yoshiki Takano, Tomohiko Asai, Nobuyuki Iwata, Hideomi Hashiba,  
Ken Judai and Shigeru Chaen

### 1. Overview of the research plan in 2012

This group aims at fabrication of nanomaterials and nanodevices for high functional applications such as 1) Takano has a plan to prepare single phase samples of  $Sr_{1-x}R_xFeAsF$  ( $R$ =rare earth) and try to make thin films of  $Sr_{1-x}Nd_xFeAsF$  with collaboration with Prof. K. Suzuki. Quantum dot single-photon terahertz detector by Fe-based superconductor films, 2) Magnetic probe of Scanning probe microscope by Ni, etc. encapsulated carbon nanotubes and semiconducting single-walled carbon nanotubes by controlling specific chirality for field effect transistor, 3) Photocatalytic La,Sr,Ca:TiO<sub>2</sub> films for hydrogen generation, storage and oxygen (hydrogen) storage and release with metal oxides (metal hydrides) nanoparticles, 4) New photo-memory by highly-photoluminescent material (NiO-ZrO<sub>2</sub> solid solutions) and in-vitro single molecule imaging of these proteins by membrane receptors.

Asai has a plan to 1) Development of rapid generation method of alloy thin-film by using a MCPG Thin-film formation method with a MCPG has been studied for practical applications; TiZrFeMn film, titanium oxide film and surface treatment of ceramic materials. 2) Medical application of LF plasma jet: Basic test device of LF plasma jet for a cancer treatment has been developed and an experimental study has been initiated. 3) Design study of new scenario of a muon-catalyzed nuclear fusion: Innovative scenario of a muon-catalyzed nuclear fusion has been proposed and basic design study has been performed. The concept is utilize the “pack-man method” in a translated field-reversed configuration to realize hydrogen solid hydrogen pellet in a warm plasma for an effective re-activation method for muon.

Hashiba plans in 2012 are as follows: Development of fabrication technics and Study of silicone wave guide devices with its third-order nonlinearities, development of fabrication technics and Study of two dimensional phonic crystals (PCs) of titanium oxide (TiO<sub>2</sub>) of low refractive index to meet the needs of the advanced solar cells, and revealing higher order THz plasma excitations of quantum dots confined with shallow potential barriers.

### 2. Advances and achievements in 2012

Prof. K. Suzuki approached 1)Metal encapsulated carbon nanotube for magnetic force microscope probes:The diameter and length of the metal core is in the range of 10 – 80 nm and 100 – 800 nm with varying heating period and temperature, respectively. The walls consist of cylindrical graphene sheets with 3 -50 layer. 2)Creation of carbon nano-tube/fiber and diamond-like carbon circuit:synthesized phosphorus doped n-type carbon nano-tube/fiber by Joule heating on ethanol/Si surface, and diamond-like carbon films by ion beam plating method. Type of p-n junction diode and wiring were created by focused Ga<sup>+</sup> ion beam injection. 3) Synthesize of photocatalytic  $Sr_xLa_{1-x}TiO_3$  film for hydrogen generation on polymer films with visible area in solar light excitation by laser induced forward transfer method: try to deposit of TiO<sub>2</sub> on polymer films by laser induced forward transfer method. 4)Synthesis of ZnO nano-films for light emitting device by infrared light excited pulsed laser deposition method: High quality crystalline of p-type ZnO nano-films were improved by pulsed YAG laser annealing below 532 nm of laser wavelength. 5)Bio-electronics:studied the sterilization of periodontal bacterium by atmosphere pressure low frequency jet plasma; fresh plasma, and splintering/regeneration of *enchytraeus japonensis* by irradiation of free electron laser. 6)Green technology:studied the evolution of controlled nano/micro bubble by laser/focused ion beam fabricated nozzle on piezoelectric vibrator for defecation of water.

Prof. Y. Takano has prepared  $Sr_{1-x}Nd_xFeAsF$  and obtained the high  $T_c$  superconductivity previously reported in  $Sr_{1-x}Sm_xFeAsF$ . Although he has tried to prepare single phase samples, they have not been obtained. On the other hand, Takano has prepared F deficient  $SrFeAsF_{1-y}$  and investigated their electrical properties. Although the

metallic conductivity is obtained, superconductivity is not observed above 3 K. However, he has found that the decrease of  $T_c$  by  $y$  in optimum doped  $\text{Sr}_{1-x}\text{R}_x\text{FeAsF}_{1-y}$  is independent of R ions. Takano has also investigated the possibility of  $\text{Sr}_{1-x}\text{Nd}_x\text{FeAsF}$  for the superconducting wire rod and obtained that the upper critical magnetic field of this sample is higher than that of  $\text{MgB}_2$  that has the highest critical current density.

Asso. Prof. T. Asai has developed 1) Basic and applied study on a magnetized plasmoid has been performed in the project. In FY2012, the prospect of actually using a multi-pulsed magnetized plasmoid generation system for a rapid generation of alloy thin film has been emerged and applied for a patent. Also, the invented technique has started to be studied as an innovative surface treatment method for dental ceramics. 2) The feasibility of medical applications of an atmosphere pressure LF jet plasma has been performed. Based on the results, a test equipment of LF jet system has been developed. 3) For the basic study of self organization process of magnetized plasmoid, an experimental device for a super Alfvénic velocity FRC translation has been developed. The experiments on the newly developed device have been started in December 2012. The experimental facility has also been applied for a feasibility test of a muon-catalyzed nuclear fusion.

Asso. Prof. N. Iwata has studied the selective growth of single-walled carbon nanotubes (SWNTs) with specific chirality controlled by irradiating the FEL. The G/D ratio, which indicates quality of SWNT, was significantly improved from about 30 to over 400 by developing a new substrate heater system.  $[\text{ABO}_3/\text{REMO}_3]$  ( $A=\text{Ca,La}$ ,  $B=\text{Fe,Mn}$ ,  $\text{RE}=\text{La,Bi}$ ,  $M=\text{Fe,Fe}_{0.8}\text{Mn}_{0.2}$ ) superlattices were deposited on surface treated  $\text{SrTiO}_3(100)$  substrates by pulsed laser deposition method; 3 types of  $\text{CaFeO}_3(\text{CFO})$ -series, 3 types of  $\text{CaMnO}_3(\text{CMO})$ -series, 3 types of  $\text{LaMnO}_3(\text{LMO})$ -series. In a  $2\theta$ - $\theta$  x-ray diffraction, satellite peaks and Laue oscillations were clearly observed. Those results indicate that the homogenous interface is created. From the results of reciprocal space mapping (RSM), all superlattices except for  $\text{LMO}/\text{BiFe}_{0.8}\text{Mn}_{0.2}\text{O}_3(\text{BFMO})$ , cubu-on-cube structure was observed with the film lattice fitted to the substrate lattice in-plain. Sheet resistance of the superlattices showed semiconducting behavior. The  $E_A$  of CMO and LMO single layer was 0.076 and 0.17eV at higher temperature. The  $E_A$  of the superlatatice was smaller than the value of single layers, indicating that the electron transfer, intermixing of cation at the interface, and modification of the band structure. At the  $T_C$ , magnetic transition is expected. The author did the organizer at the biggest joint symposium in this field (JSAP-MRS 2012 Spring Meeting). The author was invited to the OMTAT international conference hold at Kochi, India with the title of Oxides heterostructures for giant magnetoelectric effect. The research has been done with Prof. Hashimoto and IMS group of Univ. of Twente, Netherlands as a collaboration research. In addition, collaboration research with ETH Zürich, Swiss about the observation of antiferromagnetic domain of  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  thin film using SHG technique was carried out. The domain with Néel temp. of 307K was clearly observed.

Asso. Prof. H. Hashiba has studied the 1)Research of silicone wave guide devices of this year has been focused on development of simple fabrication method of the waveguides and we attained to develop concrete fabrication method for a Si waveguide of 320 nm wide and more than 1 mm long. The waveguide has small roughness of side-walls of less than 10 nm and accuracy of shape of the waveguide is restricted by our EBL. 2)Our  $\text{TiO}_2$  PCs are fabricated with standard electron beam resist mask and deposition techniques of  $\text{Ag-O}_2$  mixture gas of 1:1.5 at  $1 \times 10^{-2}$  Torr. The patterned  $\text{TiO}_2$  film is then baked at 550 degrees and transform amorphous to mixture of rutile and anatase. The observation of the layer under XRD measurement shows that some rutile turns into anatase at that temperature. 3)Plasma excitations of QDs formed on a GaAs hetero-structure arises with a formation of confinement potential barrier from the reservoir having resistances more than resistance quanta, and we revealed that appropriate shape of the barriers lowers dark counts by suppression of flow of hot electrons form the reservoir and reveals higher order excited states. The higher order excited states is expected to have the same plasma frequency of that of the first and shows a heat bath effect of the QD. This will promise high temperature operation of the THz detection.

Prof. S. Chaen and Prof. T. Tojo have succeeded in estimating ADP release rate from the displacement of fluorescent nucleotides bound to myosin heads in the *in vitro* motility assay system by flash photolysis of caged ATP. And they have developed a new wet cell system of Scanning Electron Microscopy to observe a living cell

in aqueous solution with at nanometer resolution.

Asso. Prof. K. Judai has studied the “self-assembled nano helix”. He found silver tolyl-acetylide molecules self-assemble into nano helical morphology, however, the x-ray crystal structure analysis could not be performed yet. He established also the method of the metallic cluster preparation for electrochemical analysis.

### **3. Collaborations and activities in 2012 as the group**

Each crew has team meetings and offered the research sample, respectively. We obtained the several collaborations results such as superconductor films, nanotube device, hydrogen generation/storage/release nanoparticles/films and single-molecule fluorescent imaging.

Hashiba has collaborative projects of “electric field dependence of polarity of molecular motors” with prof. Otsuki, and “single photon emission from CdSe quantum dots coupled with metal waveguide” with Prof. Inoue.



## Quantum Theory and Computation Group

**Hiroshi Ishida, Shinichiro Ohnuki, Tokuei Sako,\* Tsuneki Yamasaki**

### 1. Overview of the research plan in 2012

(1 – 1, Ishida) Electronic structure and conductivity of single-molecular chain linked between metal electrodes are examined by the finite-temperature Green's function method. (1 – 2, Sako) Structure of conjugate Fermi holes in artificial atoms as well as natural atoms is examined and their relation with electronic properties is rationalized. (1 – 3 a, Ohnuki) Aiming at designing an optimal plasmon antennas for the direct opto-magnetic recoding the localized field in the vicinity of plasmonic antennas of various shape is examined. (1 – 3 b, Ohnuki) An efficient numerical method for solving coupled Maxwell and Schrödinger equation is established. (1 – 4, Yamasaki) An optimal structure of photonic crystal wave guide incorporating dielectric materials is examined.

### 2. Advances and achievements in 2012

(1 – 1, Ishida) We considered  $N$ -site Hubbard molecules linked between two metal electrodes and examined their equilibrium electronic structure at temperature in the zero-bias limit by calculating the finite-temperature Green's function. The integrated one-electron density of states (DOS) near the chemical potential of metal electrodes for different gate voltage was examined. The result indicates the formation the Kondo resonance at below the Kondo temperature (Phys. Rev. B, 2012). The present scheme is shown to be capable of describing the electronic structure of adsorbed molecules in the wide parameter range including the ballistic, Coulomb blockade, and Kondo regimes.

(1 – 2, Sako) Through the continuing research of this  $N$ . project we have found last year the existence of the so-called conjugate Fermi hole in the wave function of two electrons with antiparallel spins. This year we have focused on artificial atoms and have examined in detail the structure of the conjugate Fermi holes in the systems. As a consequence of the analysis, the origin of the first Hund rule in artificial atoms has been rationalized, and the difference in the mechanism operating in artificial atoms and in the corresponding He-like systems has been clarified (J. Phys. B, 2012).

(1 – 3 a, Ohnuki) We have designed plasmonic antennas to generate the localized circularly polarized light inside the bit-patterned media for realizing ultra-high density magnetic recording. Using the ADE-FDTD method, the generation time and the intensity of the localized circularly polarized light are clarified in terms of the combination of cross antennas.

(1 – 3 b, Ohnuki) A nanoplate in laser fields is analyzed by the coupled Maxwell-Schrodinger scheme which is based upon the FDTD method. We investigate the current densities and electromagnetic fields near the nanoplate in terms of tunneling effects due to well structures. Advantages of our proposed method are clarified in comparison with conventional classical solvers.

(1 – 4, Yamasaki) We have analyzed the guiding problem by dielectric waveguides with defects composed of dielectric circular cylinders array and deformed rhombic dielectric structure in the middle layer and investigated the influence of energy flow for the defect area by using the propagation constants at the guided region. From the numerical results, it is shown that we can obtain the best efficiency by rhombic dielectric structure compared with deformed rhombic dielectric structures in the middle layer for both TE<sub>0</sub> and TM<sub>0</sub> modes.

### 3. Collaborations and activities in 2012 as the group

We have organized a meeting every month at Prof. Ohnuki's laboratory with Prof. Nakagawa and Dr. Ashizawa of Information Storage Group to study mainly theoretical methods for solving coupled Maxwell and Schrödinger equations.

## Progress reports of individual researchers

**Yasuo ASADA** *Energy Technology*

Hydrogen Production by Photosynthetic Microorganisms with the use of Hydrogen-Absorbing Metals and Biocatalytic Reduction of Isooxsasoles

**Tomohiko ASAI** *Nanomaterials and Nanodevices*

Control of Self-Organized Magnetized Plasmoids and Their Applications to Nano-Materials and Medical Technologies

**Shigeru CHAEN and Tadashi TOJO** *Nanomaterials and Nanodevices*

Imaging of Bio-molecule and Cell

**Kyoko FUJIWARA and Masayoshi SOMA** *Medical*

Development of an E-box targeting Pyrrole-Imidazole polyamide to inhibit cell growth

**Noboru FUKUDA, Kosuke SAITO, Jun IGARASHI and Tomohiko ASAI** *Medical*

Drug Discovery of Pyrrole-Imidazole (PI) Polyamide by the Chemical Biology and Development of Plasma Medicine for Skin Malignant Melanoma

**Hideomi HASHIBA** *Quantum Information; Nanomaterials and Nanodevices*

Single Photon Optoelectronics Devices

**Takuya HASHIMOTO** *Energy Technology*

Development of Materials for Intermediate-Temperature Solid Oxide Fuel Cells

**Hiroki IKAKE** *Supramolecules and Self-Assembly*

Development of Poly(lactic acid)s Films as Biopolymer, and Applications to New Material Field

**Shuichiro INOUE** *Quantum Information*

High Fidelity Entanglement Swapping at Telecommunication Wavelengths

**Hiroshi ISHIDA** *Quantum Theory and Computation*

Electronic Structure Calculation of Crystal Interfaces, Adsorbed Molecules, and Nanostructures

**Akiyoshi ITOH, Arata TSUKAMOTO** *Information Storage; Supramolecules and Self-Assembly*

Ultra High Density Information Recording Materials on Self Assembled Nano-structured Substrates

**Nobuyuki IWATA** *Nanomaterials and Nanodevices*

Pursuing the Limits of Nanomaterial-based Photonic and Quantum Technologies

**Ken JUDAI** *Nanomaterials and Nanodevices*

Preparation of Metallic Clusters in Solution and Applications to Catalysis

**Koichiro KANO** *Medical*

Actin Cytoskeleton Dynamics Control Adipocyte Differentiation Via Regulation of MKL1

**Tsugumichi KOSHINAGA** *Medical*

Anti-tumor Effect of Inhibition *LIT1* Gene Transcription by using as New Therapeutic Agent

**Takeshi KUWAMOTO** *Quantum Information*  
Experimental Studies for Quantum Memory Using Neutral Atoms

**Yoshikazu MASUHIRO** *Medical*  
Construction of the Escherichia Coli Expression System of the Cell Membrane Permeable iPSCs Induced Factors That Strengthened Proteolysis Resistance

**Yoshiaki MATSUMOTO and Takahiko AOYAMA** *Medical*  
Pharmacokinetic/Pharmacodynamic Analysis of Tumor-localizing Photosensitizing Compounds

**Sachiko MATSUSHITA** *Supramolecules and Self-Assembly ; Energy Technology*  
Self-assembly and Self-organization from the viewpoint of Device-fabrication Methods

**Hiroki NAGASE and Takayoshi WATANABE** *Medical*  
Applied Chemical Biology: Strategy to Cure Cancer Patients

**Katsuji NAKAGAWA** *Information Storage*  
Research for High Density and High Speed Magnetic Recording- Thermally Assisted Magnetic Recording  
Applying Near Field Optical Light -

**Nobuyuki NISHIMIYA** *Energy Technology*  
Development of Photonic to Chemical Energies Transformation Systems

**Shinichiro OHNUKI** *Quantum Theory and Computation*  
Nano-Electromagnetic Simulation and Its Applications to Plasmonic Devices

**Joe OTSUKI** *Supramolecules and Self-Assembly; Energy Technology*  
Self-Assembled Supramolecules and Their Applications to Energy, Medical, and Information Technologies

**Tokuei SAKO** *Quantum Theory and Computation*  
Comparison of the Structure of Conjugate Fermi Holes in He-like Systems and Artificial Atoms

**Kaoru SUZUKI** *Nanomaterials and Nanodevices*  
Synthesis of Nano-rod Devices with Wide Band Gap Semiconductor Effect

**Satosu TAKAHASHI and Daisuke OBINATA** *Medical*  
The Development of Newly Molecular Targeting Drug for Prostate Cancer by using PI polyamide

**Yoshiki TAKANO** *Nanomaterials and Nanodevices*  
Mechanism of Superconductivity in Layered Fe-based Superconductors and Search of New Superconducting Compounds

**Arata TSUKAMOTO, Akiyoshi ITOH** *Information Storage; Supramolecules and Self-Assembly*  
Ultra Fast Information Recording and Ultra Fast Photo Magnetic Switching

**Tsuneki YAMASAKI** *Quantum Theory and Computation*  
Distribution of Energy Flow by Dielectric Waveguide with Rhombic Dielectric Structures along a Middle Layer  
–Case of Compared with Deformed Rhombic Dielectric Structure–

## **Hydrogen Production by Photosynthetic Microorganisms with the use of Hydrogen-Absorbing Metals and Biocatalytic Reduction of Isooxasoles**

**Yasuo ASADA**  
Energy Technology Group

Hydrogen production by cyanobacteria combined use of hydrogen-absorbing metals and biocatalytic reduction of isooxasoles and acetophenon using photosynthetic bacteria, are studied.

### **1. Hydrogen production by photosynthetic microorganisms with the use of hydrogen-absorbing metals** (Co-works with Prof.Nishimiya, CST, Nihon-Univ.)

The new methods to collect and stimulate hydrogen produced by cyanobacteria with the use of hydrogen-absorbing metals.

The hydrogen gas produced by cyanobacteria, *Spirulina platensis* and *Anabaena cylindrical* was collected with hydrogen-absorbing metals. By reducing hydrogen partial pressure, the hydrogen production by cyanobacteria, was stimulated. *Spirulina platensis* produces hydrogen gas by anaerobic digestion of intracellular glycogen.

However, the stored hydrogen gas is inhibitory for the hydrogen production. By lowering hydrogen partial pressure with the use of hydrogen-absorbing metals, hydrogen production was stimulated.

In this fiscal year, the positive effect of hydrogen-absorbing metals on production by *Enterobacter aerogenes* (a kind of facultative anaerobic bacteria) was confirmed.

### **2. Biocatalytic reduction of isooxasoles and acetophenon by photosynthetic bacteria**

Biocatalytic and assymetrical reduction of isooxasoles and acetophenons by photosynthetic bacteria are studied.

Intact cells of some cyanobacteria are known to convert isooxasoles to its alcohol form. The responsible enzyme is assumed to be alcohol dehydrogenase(s), but there has been detailed information. The aim of study is to clarify the responsible enzyme and strengthen the activity by genetic engineering.

We have already acquired transconjugant photosynthetic bacterium, *Rhodobacter sphaeroides* RV with three alcohol dehydrogenase (ADH) enzyme genes from the cyanobacterium, *Synechococcus* PCC7942 and one ADH gene from alcohol-assimilating photosynthetic bacterium,

This fiscal year, we tried to analyze ADH activity by activity staining of native electrophoresis. The cell-free extracts from *Rhodopseudomonas palustris* No.7 in the gels was able to oxidize S-form 1-phenyl alcohol to acetophenon but not R-form.

## Control of Self-Organized Magnetized Plasmoids and Their Applications to Nano-Materials and Medical Technologies

**Tomohiko Asai**

Nanomaterials and Nanodevices Group

Self-organized magnetized plasmoid has attractive advantages for the variety of applications because of its wide range of plasma parameters and its ease of control. In this work, applications of the magnetized plasmoid for a rapid thin-film deposition and EUV light source have been proposed and demonstrated. Also, several innovative applications of the plasma formation technique, e.g. medical treatment and muon catalyzed nuclear fusion have been proposed and initiated in this project.

### 1. Development of high-speed film deposition technique by magnetized coaxial plasma gun

Magnetized Coaxial Plasma Gun (MCPG) has been applied for new alloy film deposition technique. This method realize the generation of metallic thin film with the materials which have high-melting-point (e.g., Ti, Zr ...). Generation methods for these materials had been limited to the ion beam assisted vacuum deposition. The optimization of gun operation and the initial experiment with composite material electrode have been successfully performed. The developed technique had been applied for a patent via NUBIC. ("Fast alloy film deposition method", by Tomohiko Asai, Kaoru Suzuki, Nobuyuki Nishimiya, Mikio Takatsu, 2012.9.6 (JP2012-195690) (Collaboration with Prof. K. Suzuki and Prof. N. Nishimiya)

### 2. Application of LF Plasma jet for Medical Treatments

The atmospheric-pressure LF (Low Frequency) plasma jet have been investigated to apply for surface modification technique of e.g. CNT composite materials. The application study of the LF jet for medical treatment has recently been initiated. The high energy electron and ions supplied by the LF jet have a potential to be a tool to control chemical balance of cells in addition to the direct effect of hot particles.

In this project, the study is focusing on the application of LF jet on the cancer treatment. The experimental device has been developed (Figure 1) and the initial experiments will be started within this fiscal year.

(Collaboration with Prof. N. Fukuda, Dr. K. Fujiwara, Dr. H. Koguchi (AIST) et al.)



Figure 1. LF jet for a medical applications.

### 3. High-efficiency method of muon catalyzed fusion

The muon catalyzed fusion ( $\mu$ CF) is one of the nuclear fusion reaction processes caused in a  $\mu$ -atom. To improve the efficiency of  $\mu$ CF, innovative concept of fusion reactor design has been proposed and preliminary experiments on a super-Alfvénic translated FRC (Field-Reversed Configuration) plasma (Figure 2) have been initiated. (Collaboration with Dr. E. Nakamura, KEK)

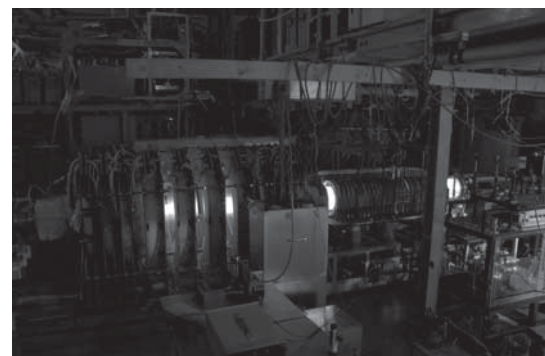


Figure 2. FAT device.

## Imaging of Bio-molecule and Cell

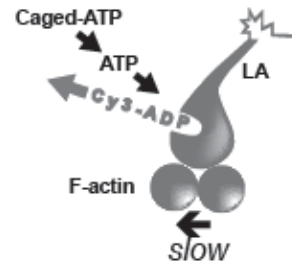
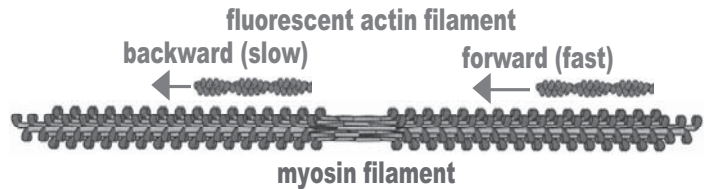
Shigeru CHAEN and Tadashi TOJO

Nanomaterials and Nanodevice Group

### 1. Studies on the biomolecular motor using the ordinary fluorescent imaging technique.

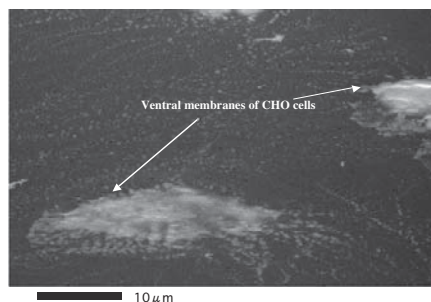
In vitro motility assays using bipolar myosin thick filaments demonstrated that actin filaments slides slower in the direction leading away from the central zone than towards it. Recently, we have suggested that the backward movement

causes the myosin heads to be constrained and increase in the energy required for the ADP release step by the findings that the thermal activation energy. In this study, in order to examine whether ADP release rate is slower in the backward than the forward movement, we constructed an assay system to estimate the ADP release rate from the displacement of fluorescent nucleotides bound to myosin heads by flash photolysis of caged ATP. Using the new assay system, we obtained that ADP release rate is slower in the backward than the forward movement. (BIOPHYSICS in press. 2013)



### 2. Development of a new wet cell using a carbon thin diaphragm to observe a living cell in aqueous solution with Scanning Electron Microscopy at nanometer resolution

In electron microscopy, transparency of specimens against a beam of electrons in TEM or intensity of secondary electrons and so on induced by an incident electron beam in SEM is translated into contrast. Any material surrounding a specimen, which prevents electron beam passing or detection of secondary electrons, obstructs to create an image. Hence, electron microscopy intrinsically requires high voltage electron beam irradiation of specimens and high vacuum under  $10^{-4}$  Pa in the cell for specimens. Water in samples must be replaced with some resins or completely dried up. These conditions make it difficult to observe wet or living samples like enzymes retaining catalytic activities or living cells in aqueous solution. To image wet and living samples using electron microscopy at nanometer resolution, we are developing a new wet cell for SEM whereby living cells and enzymes can be maintained in aqueous solution. A carbon thin layer with thickness of 20 nm was made by vacuum evaporation. We applied it as a diaphragm withstanding a pressure gap for separating a specimen in solution at atmospheric pressure from high vacuum environment. Cells and enzymes were placed on its surface of the atmospheric side. They were imaged using SEM. The EM photographs show detailed structures of the cell membrane and the enzymes.



## Development of an E-box Targeting Pyrrole-Imidazole Polyamide to Inhibit Cell Growth

Masayoshi SOMA, Kyoko FUJIWARA

Medical Group

The amplification or over expression of c-MYC has been observed in many tumors. c-MYC is a basic-helix-loop-helix leucine zipper transcription factor that binds E-box (5'-CACGTG-3') sequence of DNA with its partner MAX protein. It activates the transcription of more than 4000 genes whose products are involved in crucial aspects of cancer biology such as cell proliferation, cell growth, apoptosis and differentiation. There have been many approaches to down regulate MYC or its downstream genes, however, none of them has been succeeded to be developed as an anti-cancer drugs, because of the lack of drug-delivery system, or too complex treatment procedure.

Pyrrole-imidazole (PI) polyamides can bind to double strand DNA in a sequence specific manner and suppress the expression of target gene by inhibiting DNA binding proteins including transcription factors. PI polyamides are small synthetic molecules composed of the aromatic amino acids N-methylpyrrole (Py) and N-methylimidazole (Im). A pair of PI polyamide recognizes specific DNA base pairs, i.e. Im/Py pair bind to G-C, Py/Im to C-G, and Py/Py to both A-T and T-A. A concatenation of those pairs made it possible to bind to a variety of specific DNA sequences.

We designed several PI polyamides which recognize E-box consensus, and found that one of those PI polyamide Myc-6 inhibits proliferation of the many cells including osteosarcoma cell line MG63. The cells treated with 1mM or higher concentration of Myc-6 showed reduced growth rate when they were examined by WST8 assay and colony formation assay. It was also revealed by wound-healing assay that Myc-6 inhibited cell migration activity dose-dependently. Intravenous injection of Myc-6 at 6 mg/kg body weight once a week for a month caused growth inhibition MG63 xenograft developed in Nude mouse without evidence of toxicity. It was also observed that Myc-6 treatment increased the amount of phosphatidyl serine, which is the marker of early apoptosis, on cell membrane, however, no clear evidence of late apoptosis or necrosis was found.

By global gene expression analysis using Affymetrix GeneChip U133 Plus, 18 genes were found to be significantly down-regulated in MG63 cells treated with 10mM Myc-6. Even though we failed to find the direct target genes of Myc-6 polyamide, we found that extracellular matrix related genes, such as *Collagen 3A1*, *14A1*, *Matrix metalloproteinase 1*, and the genes involved in RNA maturation, such as *MALAT1* and *NEAT1* were down regulated by Myc-6 treatment. Since those genes could be involved in regulating growth and/or migration of tumor cells, and could be a new therapeutic target, we are doing further functional analysis of them.

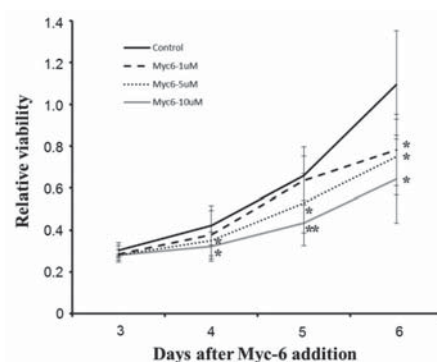


Fig.1 Growth inhibition of MG63 cells by Myc-6 treatment.

## **Drug Discovery of Pyrrole-Imidazole (PI) Polyamide by the Chemical Biology and Development of Plasma Medicine for Skin Malignant Melanoma**

**Noboru FUKUDA, Jun IGARASHI, Kousuke SAITO and Tomohiko ASAI**  
Medical Group

To develop DNA-recognized PI polyamide targeting human TGF- $\beta$ 1 as practical medicines, we tried to determine a lead compound, and provide the preclinical studies using common marmosets. We also develop the Nihon University original methodology to induce iPS cells using the PI polyamide targeting human TGF- $\beta$ 1. Moreover, we started a project of the development of plasma medicine for skin malignant melanoma collaborating with the plasma team in College of Science and Technology.

- I. Determination of a lead compound targeting human TGF- $\beta$ 1  
Among seven PI polyamides designed to bind on the promoter region of human TGF- $\beta$ 1 gene, we selected GB1101, GB1105, and GB1106, and examined their effects on expression of TGF- $\beta$ 1 mRNA in human cultured vascular smooth muscles. GB1105 and GB1106 strongly inhibited expression of TGF- $\beta$ 1 mRNA in a dose-dependent manner. We confirmed that GB1101 is strongest to inhibit the expression of TGF- $\beta$ 1 mRNA in human- and marmoset-derived fibroblasts.
- II. Establishment of ointment containing PI polyamide targeting human TGF- $\beta$ 1  
We start to establish ointment containing PI polyamide targeting human TGF- $\beta$ 1 to develop PI polyamide as a practical medicine for the skin hypertrophic scar collaborating with solution manufacturing room in Nihon University Itabashi Hospital. We checked the combination of components of soluble materials and solutions for PI polyamides and found that Macrogol Ointment was most effective substrate to delivery the PI polyamide into skin.
- III. Preclinical study for PI polyamides using common marmosets  
The preclinical study using the primates is essential to develop PI polyamides. We chose common marmosets that are compact and have a reproductive power for the preclinical study. We examined effects of PI polyamides targeting human TGF- $\beta$ 1 on development of skin fibrotic scar created in common marmosets and confirmed actual inhibition of the skin scar.
- IV. Development of the Nihon University original methodology to induce iPS cells using the PI polyamide targeting human TGF- $\beta$ 1
  - 1) We evaluated the effect of PI polyamides to induce EMT on human mammary epithelial cell lines by assay for examining cell proliferation and migration activity. As a result, Treated group showed lower expression activity level of TGF- $\beta$ 1 and Snail genes, which are involved in EMT. These results suggest that those PI polyamides may be useful for inhibit EMT in human mammary epithelial cells.
  - 2) Currently, We have tried to induce human iPS to administer to HDF cells proteins, which cell extracts of 293T stable expression cell strains of Flag-Sox2 or Oct4 or Klf4-11R, and Flag-Sox2-Stabilon-11R fusion proteins and 6 $\times$ His tag conjugated MTM-cMYC fusion protein constructed by *E. coli* expression system, and ①TGF- $\beta$ 1 inhibitors, ②human TGF- $\beta$ 1 specific PI polyamides, ③Apigenin which a flavonoid that increases the expression of E-cadherin, ④TGF- $\beta$ 1 inhibitors and human TGF- $\beta$ 1 specific PI polyamide, ⑤human TGF- $\beta$ 1 specific PI polyamide and Apigenin, when change the human iPS induced medium after reseed the cells on feeder cells.
- V. Development of plasma medicine for skin malignant melanoma  
We started a project of the development of plasma medicine for skin malignant melanoma collaborating with the plasma team in College of Science and Technology. This plasma medicine targets the cancer stem cell with all trans retinoic acid to reduce the tolerance of radical oxygen species.



## Single Photon Optoelectronics Devices

Hideomi HASHIBA

Nanomaterials and Nanodevices Group; Quantum Information Group

Our research aims development of single photon optoelectronic devices. Our research has focused on silicone waveguides for quantum information transport, two dimensional TiO<sub>2</sub> photonic crystals of low refractive index for solar cells, and single photon detectors for THz range this year.

### 1. Development of fabrication technology of silicone waveguides with ICP etching

Semiconductor wave guides and photonic crystals are increasingly important in optoelectronic devices for quantum information technology. We study silicone wave guide devices with its third-order nonlinearities. Research of silicone wave guide devices of this year has been focused on development of simple fabrication method of the waveguides and we attained to develop concrete fabrication method for a Si waveguide of 320 nm wide and more than 1 mm long. The waveguide has small roughness of side-walls of less than 10 nm and accuracy of shape of the waveguide is restricted by our EBL.

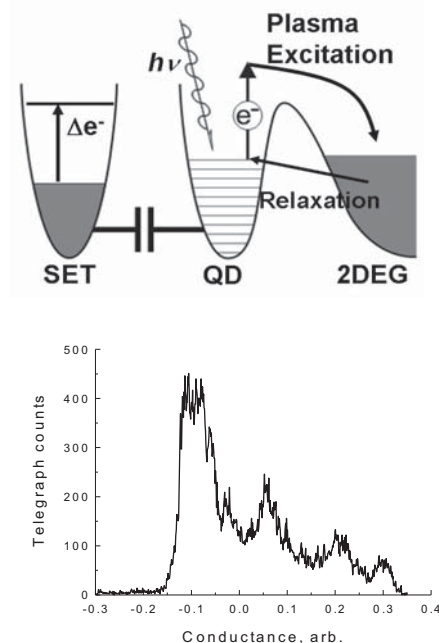
### 2. Two dimensional TiO<sub>2</sub> photonic crystal as photo sensitized solar cell

Two dimensional phonic crystals (PCs) of titanium oxide (TiO<sub>2</sub>) of low refractive index to meet the needs of the advanced solar cells. Our PCs are fabricated with standard electron beam resist mask and deposition techniques of Ag-O<sub>2</sub> mixture gas of 1:1.5 at  $1 \times 10^{-2}$  Torr. The patterned TiO<sub>2</sub> film is then baked at 550 degrees and transform amorphous to mixture of rutile and anatase. The observation of the layer under XRD measurement shows that some rutile turns into anatase at that temperature.

### 3. THz plasma excitations of quantum dots confined with shallow potential barriers

We studied the “Single-electron transistors in THz range“. THz range single photon detectors are assembled from a GaAs/AlGaAs quantum dot coupled with a metallic single electron transistor which senses appearance of

charge state of the QD. Plasma excitations of the QD arises with a formation of confinement potential barrier from the reservoir having resistances more than resistance quanta, and we revealed that appropriate shape of the barriers lowers dark counts by suppression of flow of hot electrons form the reservoir and reveals higher order excited states. The higher order excited states is expected to have the same plasma frequency of that of the first and shows a heat bath effect of the QD. This will promise high temperature operation of the THz detection.



## Development of Materials for Intermediate-Temperature Solid Oxide Fuel Cells

**Takuya HASHIMOTO**

Energy Technology

Solid oxide fuel cells (SOFC) attract much interest due to high efficiency and low emission of pollution gas. At present, operation temperature of SOFC is about 800~1000 °C, which should be reduced to 600~800 °C for practical application. In order to reduce operating temperature, new materials for cathode, electrolyte and anode which work at such a low temperature are necessary. In this year, potential of materials listed below has been examined. Fabrication of SOFC by combination of the examined materials and its evaluation are now in progress.

### 1. Optimization of preparation method and sintering temperature of $\text{LaNi}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_{3-\delta}$ as new cathode material and its stability at low oxygen partial pressures

$\text{LaNi}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_{3-\delta}$  attracts interest as new cathode material due to low chemical reactivity with electrolyte material originating from free of Sr. So far, it has been clarified that single phase specimens with high homogeneity and large Ni content can be prepared with one of the solution process, Pechini method instead of frequently employed solid state reaction method. In this year, it has been concluded that sintering of  $\text{LaNi}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_{3-\delta}$  powder prepared by Pechini method at 1050 °C produces sintering body with sintering density of 70 %, high specific surface area and homogeneous pore size distribution, which are ideal as cathode material. (Mater. Res. Bull. 2013) Comparison of  $\text{LaNi}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_{3-\delta}$  sintering bodies prepared by other solution processes has been carried out and it has been revealed that Pechini process employed in this study is superior from the viewpoint of controllability of sintering density and homogeneity of pore size distribution. (J. Amer. Ceram. Soc. 2012) For practical application, electrical property under low oxygen partial pressure is also an important factor since cathode is exposed to low oxygen chemical potential under SOFC operation. It has been clarified that  $\text{LaNi}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_{3-\delta}$  shows electrical conductivity more than  $130 \text{ S}\cdot\text{cm}^{-1}$  below 700 °C despite of oxygen partial pressure as low as  $10^{-4}$  atm

### 2. Optimization of preparation method and rare earth cation in $\text{BaCe}_{1-x}\text{M}_x\text{O}_{3-\delta}$ (M: rare earth metal)

$\text{BaCe}_{1-x}\text{M}_x\text{O}_{3-\delta}$  (M: rare earth metal) is one of the candidate for alternative electrolyte materials because of high proton conductivity at 400~600 °C. At last year, single phase preparation by Pechini method has been succeeded; however, optimization of rare earth ion has not been performed. In this year, X-ray diffraction measurements at high temperatures under controlled oxygen partial pressures have been performed and rare earth ion in  $\text{BaCe}_{1-x}\text{M}_x\text{O}_{3-\delta}$  has been optimized from the viewpoint of structural analysis. For the specimens with M=Y, Sm, Eu, Dy and Yb, only thermal expansion was observed and reduction expansion due to generation of oxide ion vacancy was not detected. For  $\text{BaCe}_{1-x}\text{Nd}_x\text{O}_{3-\delta}$ , not only thermal expansion but also reduction expansion originating from variation of  $\delta$  was observed. This indicated that valence of Nd in  $\text{BaCe}_{1-x}\text{Nd}_x\text{O}_{3-\delta}$  was tetravalent state at room temperature and varied to trivalent at high temperatures. The valence of Nd thus concluded showed agreement with lower molar volume,  $\delta$  and proton conductivity than those of other  $\text{BaCe}_{1-x}\text{M}_x\text{O}_{3-\delta}$ .

### 3. Preparation of single phase of $\text{Sr}_{2-x}\text{La}_x\text{FeMO}_6$ (M: W, Mo) as new anode materials

For the purpose of preparation of SOFC composed of all perovskite materials, double perovskite oxide which is stable under reductive atmosphere has been examined as anode materials. For the first step, preparation of  $\text{Sr}_{2-x}\text{La}_x\text{FeMO}_6$  (M: W, Mo) has been examined and single phase specimens have been prepared. The property as anode materials is now in evaluation.

## Development of Poly(lactic acid)s Films as Biopolymer, and Applications to New Material Field

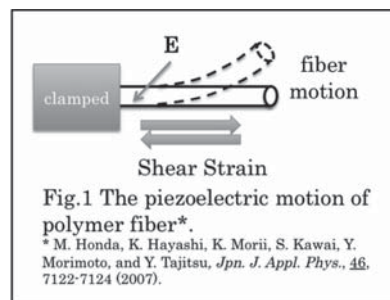
Hiroki IKAKE

Supramolecular and Self-Assembly Group

In our group, the aim of development of poly(lactic acid) (PLA) films as biopolymer with the high thermal- and mechanical- resistance. And then, the improved PLA was submitted to new material field.

### 1. Development of Poly(L-lactic acid) Films with Exhibiting the Piezoelectricity

It is well known that poly(L-lactic acid) (PLLA) fibers exhibit the piezoelectricity, in which their piezoelectric constant increases with increasing degree of crystallinity and uniformity of the orientation of the crystallites. Recently, bending motion due to their piezoelectricity has been reported (Fig.1). The zigzag motion is closely related to the morphology of PLLA fibers. For this purpose, the irradiated magnetic field, and other process, under the electric field, have produced the high crystalline oriented PLLA films. In the present study, we have successfully synthesized PLLA by using Ring-opening polymerization, and the crystalline of PLLA became the growth by the isothermal crystallization process.



### 2. Preparation of High Crystallinity and High Orientation Poly(L-lactic acid) Films under Electric Field

Semi-crystallized PLLA has a comparatively low-degree of crystallization ( $X_c$ ). In order to orient its crystalline domains in a regular way and to raise  $X_c$ , electric field was applied to PLLA film while annealing it according to a program. In Fig.2, the dependency of the azimuthal angle for PLLA films at  $16.7^\circ$  caused of the (110)/(200) planes by wide-angle X-ray diffraction. As the results, it was shown that the crystalline domains have oriented in parallel to the direction of the various applied electric field, and the degree of orientation has become increased with increasing applied electric field.

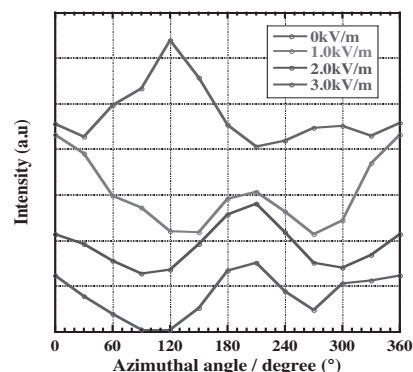


Fig.2 WAXD(110)/(200) intensity along the azimuthal angle for PLLA films.

### 3. Morphological change of Poly(L-lactic acid) Films with Magnetic Irradiation

In this study, we have discussed that the influence of morphological change of PLLA films on magnetic irradiation. The annealing process for PLLA films was the same as in the electric field's program. In the results of small angle X-ray (SAXS) profiles for annealed PLLA films, SAXS peak shifted to lower scattering wave vector:  $q$  value with increasing the annealing time at isothermal crystallization process. In Fig.3, the dependency of the annealing temperature for PLLA films at isothermal crystallization process in 0T. As the results, it was shown that the PLLA lamellar thickness have increased with increasing the annealing temperature, but the SAXS peak of annealed PLLA film at  $185^\circ\text{C}$  disappeared due to be smaller lamellar thickness with increasing the annealing temperature.

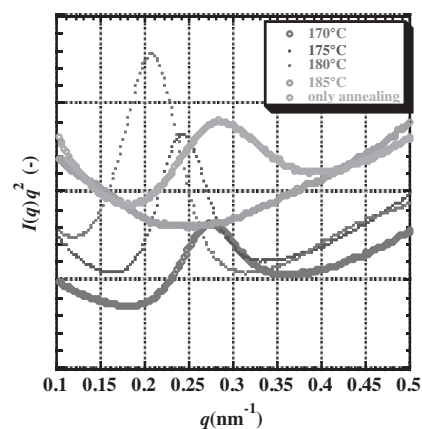


Fig.3 SAXS Lorentz-corrected plots of PLLA films as a function of the annealing temperature at isothermal crystallization.

## High Fidelity Entanglement Swapping at Telecommunication Wavelengths

Shuichiro INOUE

Quantum Information Group

Quantum key distribution (QKD) technology has made significant progress in the last decade and the key distribution distance of 200 km has been achieved using a point-to-point QKD system. However, further extension of the key distribution distance using such a system would be difficult, because the error probability scales exponentially with a fiber distance. The promising way to extend the key distribution distance further is to employ quantum repeaters. The preliminary step toward constructing the quantum repeater system is to implement a quantum relay that is a QKD using entanglement distributed via entanglement swapping. In this project, we have demonstrated the high fidelity entanglement swapping at telecommunication wavelengths.

### 1. Development of polarization entangled photon-pair sources

In the entanglement swapping, it is important to make photons from two independent photon-pair sources indistinguishable. The photons must be identical in their spectral, spatial, polarization, and temporal modes in a Bell-state measurement. The temporal overlap was achieved by the use of synchronized femtosecond pump pulses (approximately 100 fs duration at 79.6 MHz repetition rate) and narrow bandpass filters (FWHM: 4 nm). The pulses have a center wavelength of 775 nm. Two spatially separated 6-mm long type-II periodically poled lithium niobate (PPLN) bulk crystals were pumped by the synchronized pulses and generated cross-polarized photon pairs at 1550 nm via a spontaneous parametric down conversion process. The generated photon pairs were detected by 1.28-GHz sinusoidally gated InGaAs/InP avalanche photodiodes. The visibility of the two-photon interference using each photon-pair source was 87 %. The imperfect visibility was due to the multi photon-pair generation caused by the high pumping.

### 2. Polarization entanglement swapping

We performed fourfold coincidence measurements to investigate the indistinguishability between photons from the two independent photon-pair sources. The indistinguishability was measured to be 82 % by Hong-Ou-Mandel two-photon interference experiments (Fig.1) Then a partial Bell-state measurement was performed with one photon from each pair, which projected the two remaining photons, formerly independent onto an entangled state. The obtained fidelity of the swapped entangled state was 86 % (Fig. 2), high enough to infer a violation of a Bell-type inequality. Our configuration would be a prototype solution for use in future quantum relay and quantum repeaters over long distance optical fiber networks.

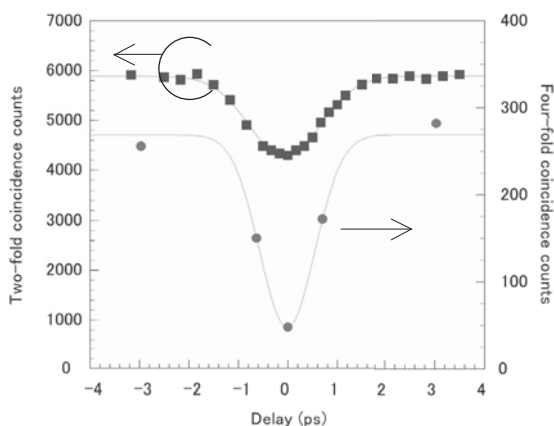


Fig.1 Hong-Ou-Mandel dip by photons from independent photon-pair sources

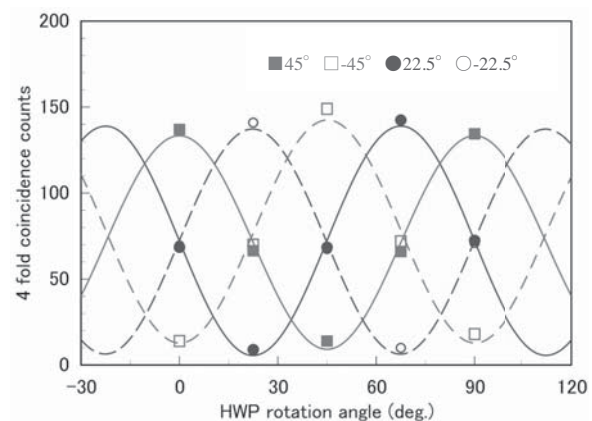


Fig.2 Two-photon interference fringes after the entanglement swapping

## Electronic structure calculation of crystal interfaces, adsorbed molecules, and nanostructures

Hiroshi ISHIDA

Theory and Simulation

Recent progress in microfabrication technology has enabled the synthesis of superlattices with atomically controlled layer thicknesses and single molecule transistors. We aim at clarifying the electronic structure of these systems, including the effects of strong Coulomb correlations, by combing first-principles density-functional calculations and many-body techniques like dynamical mean-field theory.

### 1. Coulomb blockade and Kondo effect in the Hubbard molecules

We considered  $N$ -site Hubbard molecules linked between two metal electrodes (Fig.1) and examined their equilibrium electronic structure at temperature  $T$  in the zero-bias limit by calculating the finite-temperature Green's function. Here,  $U$  denotes the onsite Coulomb repulsion energy, while  $t_L$ ,  $t_M$ , and  $t=1$  (chosen as unit of energy) are the hopping integral between the molecule and metal electrodes, that between neighboring sites in metal electrodes, and that between neighboring sites in the molecule, respectively. In the calculation, two semi-infinite electrodes are approximated by finite-size clusters, and the Green's function of the resultant finite system is calculated by applying exact diagonalization.

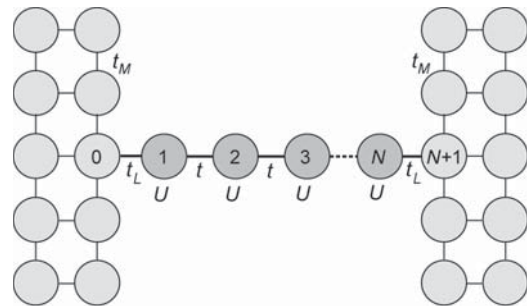
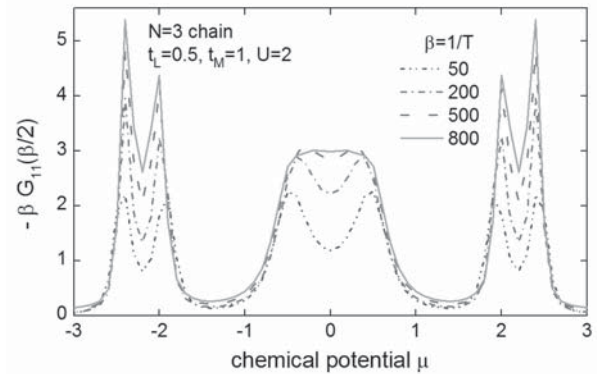


図1：電極間を架橋する単一分子のモデル

As an example, we consider a 3-site chain molecule. Fig. 2 shows its integrated one-electron density of states (DOS) near the chemical potential of metal electrodes,  $\mu$ , for four temperature values, when  $\mu$  (alternatively, the gate voltage of the molecule) is varied. While DOS of the non-interacting molecule exhibits three peaks originating from three molecular orbitals, each of them splits into a double-peak structure as a result of the Coulomb blockade. Moreover, the quasi-Coulomb gap of the second molecular orbital is seen to disappear at lower temperatures, indicating the formation the Kondo resonance at  $\mu$  below the Kondo temperature (*Phys. Rev. B*, 2012). These results demonstrate that the present scheme is capable of describing the electronic structure of adsorbed molecules in the wide parameter range including the ballistic, Coulomb blockade, and Kondo regimes.

図2：鎖分子 (N=3) の化学ポテンシャルでの状態密度



### 2. First-principles embedded Green's function code including the spin-orbit coupling

We are currently working on implementing the spin-orbit coupling term in our first-principles computer code for calculating the electronic structure of semi-infinite surfaces and interfaces based on density-functional theory and the embedding technique of Inglesfield. Our method will be able to calculate, for example, the electronic structure of topological insulators, especially, the spin-polarized metallic surface states of these materials, more accurately than standard slab calculations.

## Ultra High Density Information Recording Materials on Self Assembled Nano-structured Substrates

**Akiyoshi ITOH, Arata TSUKAMOTO**

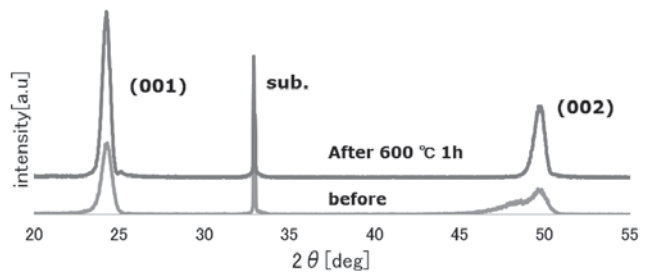
Information Storage Group; Supramolecules and Self-Assembly Group

In recent years, much attention has been focused on nano-structured magnetic media for achieving ultra high density recording up to several Tbit/inch<sup>2</sup>. Combining self-assembly nano-structured substrates with defined magnetic properties provided by a magnetic film deposited onto the surface, enable a noble approach to create magnetic nanostructure arrays. We tried to prepare and utilize nano-structured substrates such as silica thin film having self-assembled nano-pores and self-assembled silica particle substrate.

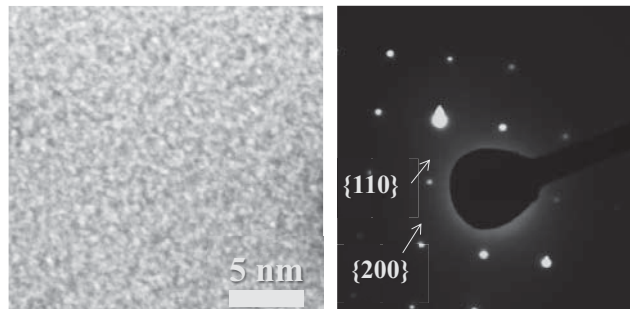
The Rapid Thermal Annealing (RTA) of Pt/Cu/Fe multilayered continuous films is effective to obtain perpendicularly magnetized small  $L1_0$ -FeCuPt grains on thermally oxidized Si substrate. We introduced Rapid Cooling Process into RTA. With the rapid cooling process, growing of grains were prevented, however new shoulder peak in XRD (X-ray diffraction) profile were appeared at slightly lower angle of FeCuPt (002) peak and it might be correspond to the disordered structure of FeCuPt. From electron diffraction patterns and dark field images of single grain by TEM, mostly  $L1_0$ -ordered polycrystalline structure was observed. Therefore, we preformed additional annealing to above isolated FeCuPt grains by using same annealing chamber of RTA, for crystallizing those poly-crystal grains to form single crystalline grains.

Annealing condition was decided as 600 degree C for 1 hour. The ordering temperature of FePt alloy is ~600 degree C and estimated atomic diffusion length is the order of third nearest neighbor distance in FePt at the annealing condition. From the comparison of the XRD profiles, the intensity of (001) super lattice peak which indicate the formation of  $L1_0$ -ordered phase is increased, and the shoulder peak at slightly lower angle of (002) is banished as shown in Fig. 1. Thus, FeCuPt grains and are expected to form single crystalline grains. After additional annealing, grains kept almost similar size. Furthermore, we observed crystal structure of a typical single grain after additional annealing by TEM. In most of grains, octagonal symmetric shape is appeared as shown in Fig. 2. From electron beam diffraction measurement of the single grain, series of  $\{110\}$  super lattice and  $\{200\}$  lattice spots are observed with fourfold-symmetry.  $\{110\}$  spots indicate the formation of  $L1_0$ -ordered structure. Thus, the grain consists of c-axis oriented single crystalline structure from complementary results of XRD covering macroscopic area and localized electron beam diffraction.

As a result, we found that an application of adequate additional annealing makes grains into  $L1_0$  single crystalline structures and grains kept almost similar size.



**Fig. 1** XRD profiles of before and after the additional annealing



**Fig. 2** Bright field image of TEM and Electron diffraction pattern for an isolated grain after additional annealing.

## Pursuing the Limits of Nanomaterial-based Photonic and Quantum Technologies

**Nobuyuki IWATA**

Nanomaterials and Nanodevices

### 1. Induced ferromagnetic-ferroelectric multiferroic materials at room temperature

[ $ABO_3/REMO_3$ ]( $A=Ca,La$ ,  $B=Fe,Mn$ ,  $RE=La,Bi$ ,  $M=Fe,Fe_{0.8}Mn_{0.2}$ ) superlattices were deposited on surface treated  $SrTiO_3(100)$  substrates by pulsed laser deposition method; 3 types of  $CaFeO_3$ (CFO)-series, 3 types of  $CaMnO_3$ (CMO)-series, 3 types of  $LaMnO_3$ (LMO)-series. In a  $2\theta-\theta$  x-ray diffraction, satellite peaks and Laue oscillations were clearly observed. Those results indicate that the homogenous interface is created. From the results of reciprocal space mapping (RSM), all superlattices except for  $LMO/BiFe_{0.8}Mn_{0.2}O_3$ (BFMO), cubu-on-cube structure was observed with the film lattice fitted to the substrate lattice in-plain. Sheet resistance of the superlattices showed semiconducting behavior. In the case of CFO-series superlattices, the resistance was too high to measure in our system. Activation energy ( $E_A$ ) and critical temperature ( $T_C$ ), where the slope changed, are summarized in Table I. The  $E_A$  of CMO and LMO single layer was 0.076 and 0.17eV at higher temperature. The  $E_A$  of the superlatatice was smaller than the value of single layers, indicating that the electron transfer, intermixing of cation at the interface, and modification of the band structure. At the  $T_C$ , magnetic transition is expected. The author did the organizer at the biggest joint symposium in this field (JSAP-MRS 2012 Spring Meeting). The author was invited to the OMTAT international conference hold at Kochi, India with the title of Oxides heterostructures for giant magnetoelectric effect.

Table I : Summary of activation energy ( $E_A$ ) and critical temperature ( $T_C$ ) of superlattices.

	$REMO_3$	$LaFeO_3$ (LFO)		$BiFeO_3$ (BFO)		$BiFe_{0.8}Mn_{0.2}O_3$ (BFMO)	
$ABO_3$	Temp. region	Lower Temp.	Higher Temp.	Lower Temp.	Higher Temp.	Lower Temp.	Higher Temp.
CMO (0.076eV)	$E_A$ (eV)	0.082	0.050	0,034	0.030	0.013	0.19
	$T_C$ (K)	151.1		125.6		71.2	
LMO (0.17eV)	$E_A$ (eV)	0.55	0.16	---	---	---	0.12
	$T_C$ (K)	240.7		---		---	

### 2. Single-Walled Carbon Nanotube (SWNT)

In order to develop a FET property using just one SWNT, substrate heater was redesigned. Approximately 30 of G/D ratio, which indicates the quality of SWNTs, was extremely improved to be over 400. Possible reasons are as follows; carbon source is fully reactive state for introduction to catalysts, redox catalysts surface is obtained just before CVD deposition, and optimized CVD condition depending on the catalysts diameter is realized. The value of G/D ratio was less than 50, 50~100, and over 100 in SWNT with a diameter of 1.1 nm, 1.46 nm, and 1.65 nm, respectively. There was a relationship between catalysts diameter and CVD condition, in particular heater temperature, gas pressure, and flow rate of carbon source. In addition, we found that the chirality was controllable by free electron laser (FEL) irradiation after start of CVD deposition.

## Preparation of Metallic Clusters in Solution and Applications to Catalysis

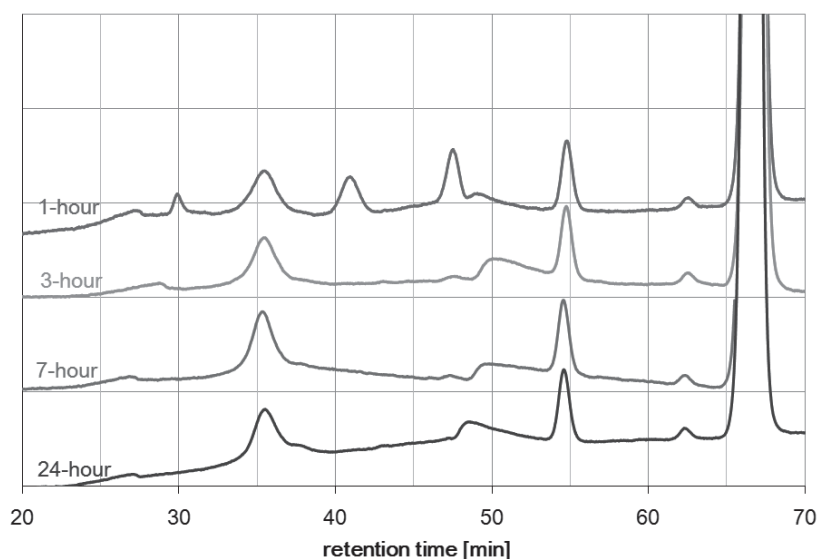
Ken JUDAI

Nanomaterials and Nanodevices

Metallic clusters, which are defined as aggregation compounds of several or hundreds atoms, have been usually produced in the gas phase. The number of atoms is critical function to describe the properties of clusters, and the difference of only single atom can cause remarkably changing for reactivity and stability of the clusters. This indicates that the atomically precise control of cluster size becomes important for the material applications. In this work, gold clusters, the most stable metal element for air-oxidation, were prepared in solution phase, and were size-separated. The electrochemical measurement was also attempted to the gold clusters for catalytic application.

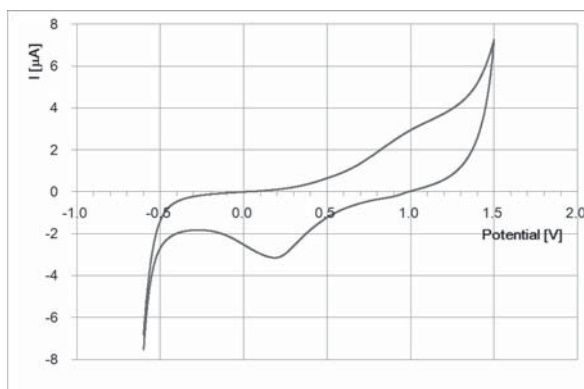
### 1. Preparation of gold clusters in solution and size separation

The problem on the cluster production with a vacuum chamber in the gas phase is extremely low yield. Thus, metallic clusters with ligand molecules were prepared in solution and were size-separated by chemical technique. In detail, tetrachloroauric(III) acid under the presence of phenyl ethane thiol was reacted with reducing agent. The gold clusters protected by thiol were obtained. The size exclusion chromatograms are shown for sampling at the periods of 1, 3, 7, 24 hours after the addition of borane reducing agent. Although the chromatogram at 1 hour has many peaks to be regarded as reaction intermediates, the other chromatograms indicate the termination of chemical reactions. It should be noted that the peak at 50 min retention time has been changing during 24 hours. The cluster size might change in this time scale.



### 2. Electrochemical measurement for catalysis application

The most stable gold clusters can be isolated by producing condition and careful choice of extraction solvent. The gold cluster was reduced by sodium borohydride and was extracted with acetonitrile. The gold cluster protected by phenyl ethane thiol,  $\text{Au}_{25}(\text{SR})_{18}$ , was obtained. The resulted cluster was casted on the surface of glassy carbon electrode. The cyclic voltammetry measurement has been done in sulfuric acid solution. The different potentials to gold bulk surface were observed. The catalytic activity will be examined by this technique for clusters on the surface.





**Actin Cytoskelton Dynamics Control Adipocyte Differentiation Via Regulation of MKL1****Koichiro KANO**

Medical Group

The hallmark of adipogenesis process is the dramatic alteration in actin cytoskelton as the structure of filamentous actin is converted from stress fibers to cortical actin. Here, we report that actin cytoskelton dynamics act as a trigger of adipocyte differentiation. Actin cytoskelton remodeling was immediately caused via the down-regulation of RhoA/ROCK signaling, which is a prominent regulator of cytoskeletal dynamics, and this actin remodeling was required for a master regulator PPAR $\gamma$  expression and adipocyte differentiation. Also it was found that the cellular G-actin levels were rapidly elevated depending on adipocyte differentiation, and increasing G-actin caused adipogenesis by preventing nuclear translocation of MKL1, which is a transcriptional co-activator. Moreover, we revealed that MKL1 expression was reduced during adipogenesis, and further only knockdown of MKL1 could trigger adipocyte differentiation. Besides, PPAR $\gamma$  was closely involved in the down-regulation of MKL1 in a positive feedback manner. Our findings provide new insights to the regulatory mechanism of adipocyte differentiation that actin cytoskelton dynamics control adipocyte differentiation via regulation of MKL1, and that MKL1 is a novel repressive regulator of adipocyte differentiation.

## Anti-tumor Effect of Inhibition *LIT1* Gene Transcription by using as New Therapeutic Agent

Tsugumichi KOSHINAGA

Medical Group(Pediatric Surgery, School of Medicine)

Beckwith-Wiedemann syndrome (BWS) is a human imprinting disorder with a variable phenotype. The major features are omphalocele, pre- and postnatal overgrowth, and macroglossia. BWS predisposes patients to embryonal tumor (Wilm's tumor, Hepatoblastoma) in 5~10% degrees of patients. BWS is associated with epigenetic alterations in two imprinting control region, KvDMR and H19DMR, on chromosome 11p15.5. The absence of methylation in KvDMR is called loss of imprinting(LOI) and leads to

overexpression of *LIT1* gene. This gene down-regulates circumjacent genes including *p57<sup>KIP2</sup>*, tumor suppressor gene. We investigate the association between overexpression of *LIT1* gene and tumorigenesis in BWS. LOI in KvDMR reported to happen in several adult tumors.

On the other hands, PYRROLE-IMIDAZOLE POLYAMIDE(PI) polyamide can recognize a specific DNA sequence and bind the minor groove of double strand DNA. If PI polyamide is designed against a sequence of the target transcription factor binding site, it might artificially down-regulate the

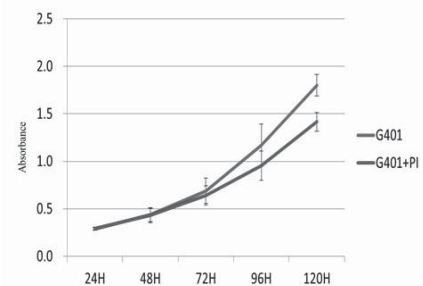
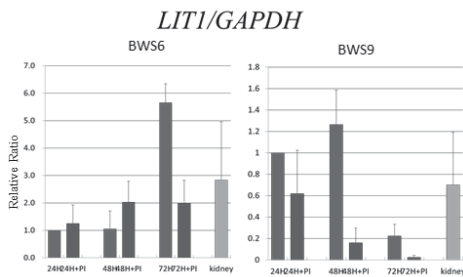
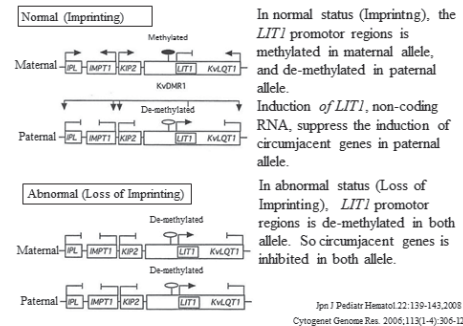
expression of a target gene. We generated PIP binding to promoter region of *LIT1* gene to investigate anti-tumor effect.

We co-cultured PIP(h-CCAAT1;PI-1, h-CCAAT3;PI-3) with human BWS fibroblast cell line(BWS6,9). In the same manner, we administered PI-1,PI-3 to Hepatoblastoma cell line(HuH6 clone5, HepG2), and Wilm's tumor cell line(G401). These tumor cell lines showed de-methylation

status in *LIT1* promoter region, they may happen LOI in KvDMR.

After 72hours co-cultured, BWS6,9 significantly showed the down-regulation of *LIT1* expression ( $p<0.05$ ), compared with untreated cell analyzed by real-time RT-PCR. And, G401 significantly showed difference the number of alive cells by using WST-8 procedure after 120 hours co-cultured. G401 also showed the down-regulation of *LIT1* expression( $p<0.05$ ) compared with untreated cell.

These data suggest that PIP which suppresses *LIT1* expression have anti-tumor effect to tumor with LOI in KvDMR. This PIP may have possibility to be new therapeutic agents. Now, we investigate anti-tumor effect of this PIP using G401 xenograft model mice in vivo. If PIP contracts tumor size in vivo, this PIP thought to contribute to development of drug discovery.



## Experimental Studies for Quantum Memory using Neutral Atoms

**Takeshi KUWAMOTO**  
Quantum Information Group

As a next-generation information, communication and computer technology, quantum information processing is hoped very much. In order to construct scalable quantum processing system, quantum memory is indispensable. Our aim in this project is establishing the basic technique for materializing the quantum memory. We especially intend to store the quantum entangled states in neutral atoms.

### 1. Study for storage of orthogonally entangled photon pairs

Last year, we improved the generation system of orthogonally polarized photon pairs, which are light source when creating the polarized quantum entangled states in the future. In this year, we pushed forward to store the photon pairs into rubidium (Rb) atoms enclosed in a glass cell.

We utilize the electromagnetically induced transparency (EIT) to store the photon pairs in atoms. The photon pairs, which are generated with nonlinear optical crystal, typically have several-hundred-GHz frequency expansion. To store the photon pairs, this wide frequency expansion must be extremely narrowed, because the effective bandwidth of EIT is several MHz. We used two etalons with different free spectral range for frequency-narrowing the photon pairs. The expected bandwidth of photon pairs passed through them was about 300 MHz.

To verify the bandwidth of photons passed through two etalons, we observed the absorption of photons by Rb vapor at various temperatures. FWHM of absorption spectrum of Rb atoms is typically about 500 MHz. Figure 1 shows the absorption rate of the photon pairs as a function of Rb vapor temperature. At vapor temperature of 95°C, 97% of photons was absorbed into Rb vapor. This means that the photon pairs with several-GHz bandwidth could be frequency-narrowed by two etalons until 500 MHz level.

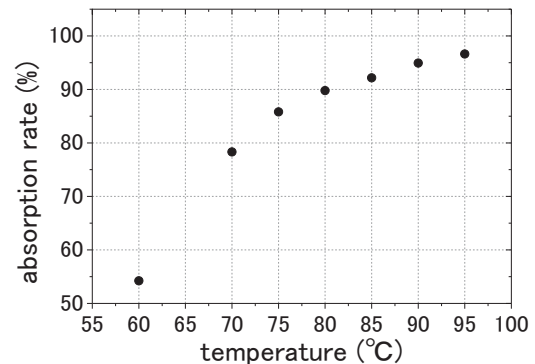


Fig. 1 Absorption rate of frequency-narrowed orthogonally polarized photon pairs by Rb vapor as a function of the temperature of vapor.

We now perform experiments that observe the orthogonally polarized photon pairs passing through the Rb vapor by EIT effects. Since the transmitted photon pairs have only few-MHz frequency width, they are suitable quantum correlated photon source for storage in Rb atoms. In future, we will perform two-photon interference measurements of EIT-transmitted photons, storage of orthogonally polarized photons in Rb atoms, generation of orthogonally quantum entangled states with orthogonally polarized photon pairs, and storage of quantum entangled states in atoms.

### 2. Improvements of coherent light storage system

We improved the coherent-light-storage experimental system for increasing the storage efficiency of laser light in Rb vapor. Last year, we achieved the storage efficiency of 60% at storage time of 5 $\mu$ s. As a result of various improvements such as optimization of laser power, its frequency, and Rb cell temperature, the storage efficiency of laser light was increased to 85% at storage time of 5 $\mu$ s (Fig. 2).

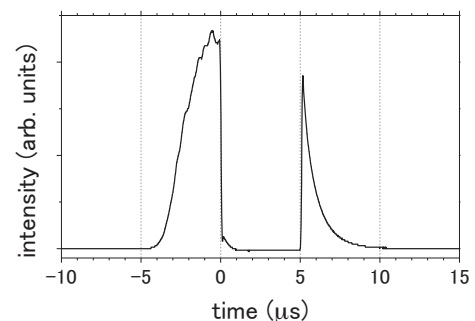


Fig. 2 Storage of laser light resonant with Rb atom.

## **Construction of the Escherichia Coli Expression System of the Cell Membrane Permeable iPSCs Induced Factors That Strengthened Proteolysis Resistance**

**Yoshikazu MASUHIRO**

Medical Group (Department of Applied Biological Sciences, College of Bioresource Sciences)

It is required that the induced pluripotent stem cells (iPSCs) to use for regenerative medicine are safe hereditarily. As for the current iPSCs derivative method, the virus method is mainstream, but gene variation is concerned about by this method. Therefore, the derivative method using protein and the reagent is expected in future. The derivative method with the cell membrane permeable proteins have been already reported by two groups, but induced efficiency is extremely bad, and there are many problems (operation and preparations are great). For this reason, it is thought that cell-permeable proteins are degraded in a cell early. Therefore, in this study, we work on development of iPSCs induced factor (Oct4, Sox2, Klf4, Glis1) having resistance in the proteolysis in the cell. We try in particular application (it fuses as a tag) of proteolysis-resistant motif Stabilon which we developed originally in our laboratory. From a past study, because the Stabilon was effective about Sox2 and Glis1, we made Stabilon fusion and a non-fusion for these proteins. From the quantity of the expression and simplicity of purification, we decided that these proteins expressed in Escherichia coli as an inclusion body. We performed cloning of these factors in pET28a expression plasmid and produced it in BL21(DE3). Oct4; 3mg, Sox2; 3mg, Sox2-Stabilon; 3 mg, Klf4; 4.5mg, Glis1; 1.2mg and Glis1-Stabilon; 1.2 mg expressed in BL21(DE3) per 1 liter LB culture media. In addition, we purified these proteins under guanidine hydrochloric acid and urea (denature condition) from an inclusion body, and performed refolding by the dialysis. These denature proteins refolded about Oct4; 30%, Sox2; 10%, Sox2-Stabilon; 30%, Klf4; 5%, Glis1; 0% and Glis1-Stabilon; 5%. In addition, we were able to confirm the DNA binding capacity by Gel shift assay about Sox2, Sox2-Stabilon. We examine these transcription activity and we introduce it into mouse MEF cell and examine the induced efficiency of iPSCs in future.

## Pharmacokinetic/Pharmacodynamic Analysis of Tumor-localizing Photosensitizing Compounds

Takahiko AOYAMA, Yoshiaki MATSUMOTO

Medical Group(College of Pharmacy)

To describe the relationships between effects following photodynamic therapy, light dose, and plasma compound concentration, we investigate the pharmacokinetics of novel compound CT101019a (Fig. 1).

### 1. Pharmacokinetics of CT101019a

To characterize the pharmacokinetics of CT101019a after intravenous administration at various doses in rats, dose linearity of CT101019a was observed. The plasma concentration-time profiles were analyzed by a non-compartmental method. The analysis of dose linearity was performed for AUC using the power model. CT101019a showed nonlinear pharmacokinetics in rats.

### 2. Development of Pharmacokinetic model predicting human pharmacokinetics for Talaporfin

We develop the pharmacokinetic model of talaporfin (Fig. 2) predicting human pharmacokinetics using rat, mice and human data. The pharmacokinetic differences among species were modeled by allometric scaling method. The prediction of rat and human pharmacokinetics had a bias (Fig. 3). Accordingly, we optimize the model incorporating the physiological parameters such as rate of bile excretion, hepatic blood flow and plasma volume.

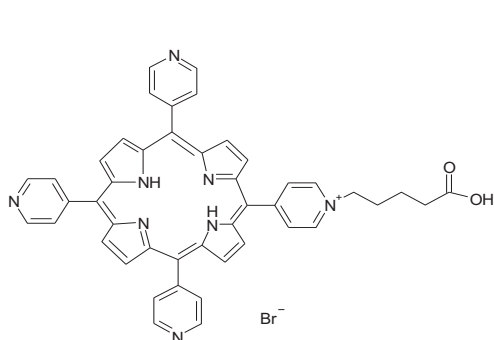


Fig. 1. Chemical structure of CT101019a.

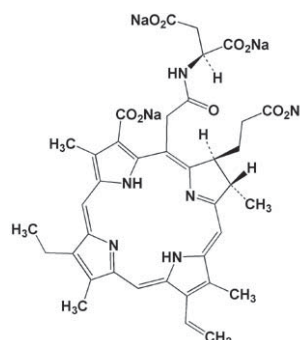


Fig. 2 Chemical structure of talaporfin.

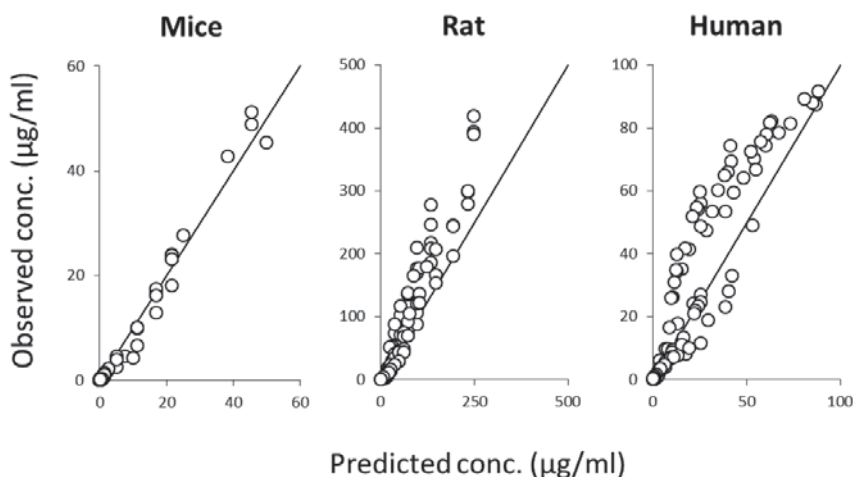


Fig. 3. Goodness-of-fit plots for pharmacokinetic model of talaporfin.

## **Self-assembly and Self-organization from the viewpoint of Device-fabrication Methods**

**Sachiko MATSUSHITA**

Supramolecular and Self-Assembly; Energy Technology

Two subjects related with self-assembly and self-organization were studied with perspective of the developments of unexplored scientific fields and new technology: 1) Dye-sensitized photonic crystal electrodes, and 2) Fabrication of optical devices via self-assembly.

### **1. Dye-sensitized photonic crystal electrodes**

There are few reports on photoelectric conversion efficiency using naturally-occurring dyes for dye-sensitized solar cells (DSSC). This is because the matching with an excited electronic level of naturally-occurring dye to the conduction band of semiconductor is problematic; the excited electrons are easily relaxed to the steady state with fluorescence or heat emission. We examined the fluorescence inhibition effect of a self-assembled photonic crystal using Chlorine e6 dye. Chlorine e6 is derived from chlorophyll and has a long excited electron lifetime.

We prepared TiO<sub>2</sub> inverse opals with various particle sizes by liquid phase deposition (LPD) and described their effect on DSSCs with regard to structural, optical and electrochemical properties. In addition, we explored the implications of fluorescence lifetime measurements relative to the photonic band diagram and the amount of adsorbed dye. After these precise experiments, it is possible that the photonic band influenced the internal quantum efficiency per one dye molecule.

A detailed verification of this assumption cannot be performed for a self-assembled photonic crystal with many defects. Such verification would require a dye sensitizing electrode with a full/complete photonic bandgap. To prepare such electrochemical photonic crystal, we also performed the calculation [1] and fabrication of a photonic crystal structure of (001) rutile TiO<sub>2</sub> substrate by deep reactive ion etching (RIE) using SF<sub>6</sub> plasma [2]. The IR spectrum of this fabricated photonic structure was compared with the photonic band diagram.

### **2. Noble Planar and Symmetric Nanostructures in Prospective Plasmonic Devices**

Noble planar and symmetric nanostructures, such as rod or spiny structures, were prepared by the combination of colloidal self-assembly, thermal sintering and chemical etching, which enables the tuning of both size of the particle and neck diameter. As a result, we could fabricate nanostructures on that six nanorods and tips are arrayed in a planar arrangement on a spherical particle. Localized surface plasmon resonance was observed from each structure [3]. To evaluate the sensing ability of structures, SERS was measured. The rod structure showed the biggest SERS effect among our structures in spite of the smallest amount of Au coating.

[1] S. Matsushita, O. Suavet, H. Hashiba, *Electrochim. Acta*, 55 (2010) 2398-2403.

[2] A. Matsutani, M. Hayashi, Y. Morii, K. Nishioka, T. Isobe, A. Nakajima, S. Matsushita, *Jpn. J. Appl. Physics*, 51 (2012) 098002.

[3] T. Miyamoto, S. Saito, T. Isobe, A. Nakajima, S. Matsushita, *Chem. Commun.*, 48 (2012) 1668.

## Applied Chemical Biology: Strategy to Cure Cancer Patients

**Takayoshi WATANABE, Hiroki NAGASE**

Medical Group (Chiba Cancer Center Institute)

Exploiting an enormous amount of potentials of organic chemistry, we have conducted chemical biological approaches to cure cancer patients. Following two distinct but important approaches have been studied for the last four years and found promising preliminary results. The first one is DNA binding molecule of PI polyamide for cancer therapy and the second is a novel chemosensitizing radiation therapy.

### **1. PI polyamides targeting cancer related genes for anti-cancer therapy**

Pyrrole-Imidazole (PI) polyamide molecule was originally designed from structures of natural DNA binding molecule, such as Distamcine and Diocarbamicine and has been discovered as a synthetic molecule which recognizes the minor groove of Watson-Crick base pairs of double-stranded DNA in a sequence-dependent manner. We have developed a semi-automatic synthesis system for PI polyamide, which are able to regulate specific target gene-expression under specific transcription factor binding inhibition for biological functional studies and perhaps patient therapy. PI polyamide immediately penetrated the nucleus *in vitro* and *in vivo* without any vehicle. After intra venous injection it rapidly reduce the serum concentration, delivered to most of tissue cells, excreted to urine or bile juice and did not metabolize in animals. The PI polyamides, designed for anti-Tgfb1 and anti-MMP9 activity, were well tolerated, reduced target gene expression and showed therapeutic effects in animal models of human diseases. For instance, after I.V. administration of anti-MMP9 polyamides, tumor metastasis was significantly suppressed in the mouse model of human liver metastasis of colon cancer. This new auto-synthetic chemicals can be designed for many transcriptional regulation of transcripts and applied to prove many biological hypothesis of transcriptional regulation for cancer research, and may be used for cancer therapy in the future.

### **2. A novel chemosensitizing radiation therapy by using synthetic porphyrin derivatives**

Photodynamic therapy (PDT) is a medical treatment that uses a photosensitizing chemical and a light source (long wave length light can reach around 1cm depth of human tissues) to activate the applied chemical. The result is an activated oxygen molecule that can destroy nearby cells. Precancerous cells and certain types of cancer cells can be treated by PDT. Cancer cells uptake more of the porphyrin derivatives and retain the chemicals in a long duration. Thus, the PDT can introduce a cancer cell specific therapy. We invented the radiation-sensitizing chemical of the porphyrin derivatives, which can be used for PDT and may also induce photon activation therapy (PAT), provoking the emission of Auger electrons after inducing a photoelectric effect. X-ray radiation allows for the treatment of cancers that are deep inside the human body. We observed an induced cancer cell death after irradiation following administration of the porphyrin derivative. This study orchestrated harmony of works among medical school, school of pharmacy and college of science and technology.

**Research for High Density and High Speed Magnetic Recording**  
**- Thermally Assisted Magnetic Recording Applying Near Field Optical Light -**

**Katsuji NAKAGAWA**  
 Information (Storage) Group

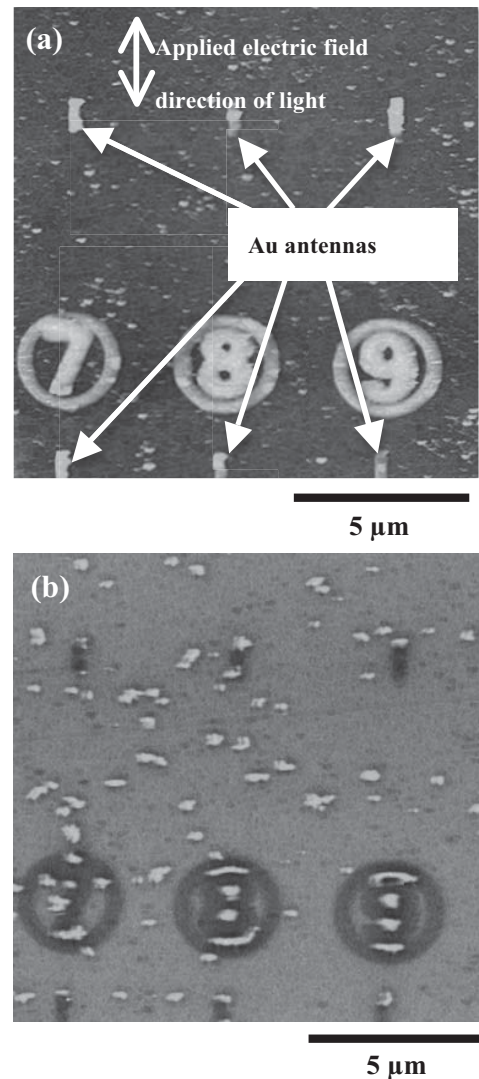
It is a challenging issue to write magnetic domains on a stable magnetic recording layer for the future high density magnetic recording technology, because the stable magnetic recording layer for high density recording is extremely sustainable not only against thermal agitation but also against recording magnetic field. We study thermally assisted magnetic recording that can enable to write nano-meter size magnetic domains on stable magnetic film by the technique that applies the confined laser light by a near field optical method. The research has been collaborated with Assistant Prof. Ashizawa. The structure of surface plasmon antennas is designed by optical and thermal simulation collaborated with Associate Prof. Ohnuki. Magnetic films and fabrication e-beam lithography processes for surface plasmon antenna are also prepared. We have also started femto-second laser pulse recording collaborated with Associate Prof. A. Tsukamoto and Prof. A. Itoh.

**1. Thermally assisted magnetic record applying femto-second laser with surface plasmon antenna**

To study thermally assisted magnetic recording focusing on surface plasmon effect as well as thermal diffusion effect, a 90-femto-second laser pulse impinged upon surface plasmon antennas on  $\text{Co}_{55}\text{Pt}_{30}\text{Cr}_{15}$ - $\text{SiO}_2$  granular film. It is important to use a femto-second laser pulse to analyze those effects, because the effects can be degraded by the thermal diffusion during the laser pulse duration if a longer laser pulse is applied. A SiN dielectric inter-layer was fabricated to keep an accurate distance between the antennas and the granular film. Written magnetic domains caused by surface plasmon effect were clearly observed by a magnetic force microscope. The minimum domain corresponded to  $166 \text{ nm} \times 120 \text{ nm}$  in size even though the laser spot diameter was about  $50 \mu\text{m}$ . The surface plasmon effect was evaluated by the Finite-Difference Time-Domain method, and the thermal diffusion effect was also calculated to study thermally assisted magnetic recording.

**2. Combination of dielectric waveguide and surface plasmon polariton**

It is very important how to locate surface plasmon antennas in magnetic head for thermally assisted magnetic recording. We studied the dependence on energy transfer efficiency to get high efficiency. One of the methods that surface plasmon antennas are placed along with a waveguide was investigated by simulation. It is revealed that a confined circularly polarized light can be created by this method.



**Fig. 1** The surface morphology (a) and the magnetic domains (b) after a 90 fs laser pulse train was exposed over the entire surface of the  $\text{Co}_{55}\text{Pt}_{30}\text{Cr}_{15}$  -  $\text{SiO}_2$  granular film. The applied Au plasmon antennas were 35 nm in thickness, and their width and length were nearly 100 nm and 1 μm, respectively.



## Development of Photonic to Chemical Energies Transformation Systems

Nobuyuki NISHIMIYA

Energy Technology

Several processes that transform photonic energy to chemical energies such as hydrogen energy have been studied through separation and recovery of hydrogen by means of hydrogen occluding alloys from low purity hydrogen produced by microorganisms on photosynthetic reactions and from hydrogen mixtures produced by hydrogen fermentation as well as through designing and preparation of hydrogen occluding composites imparted with photocatalytic activities. Specification of the active entities of hydrogen fermentation of practically employable microorganism mixtures established at the Tanisho Laboratory of Yokohama National University and enhancement of hydrogen storage by nano-sized layer compounds composed of boron, carbon and/or nitrogen have been concentrated.

### 1. Specification of microorganisms of hydrogen fermentation

Hydrogen fermentation by the well-selected microorganism mixture established at the Tanisho Laboratory of Yokohama National University was permitted to evolve 1 L STP of hydrogen an hour, and the entity of the hydrogen fermentation was analyzed to specify the identification of the microorganisms. Conventional procedures are apt to fail to specify the very active entities due to the possibly poor growth rate of the essential microorganisms. An improved procedure was thus employed comprising abstract of DNA from the well-selected microorganism mixture, enhancement of 16S rDNA by PCR (Polymerase Chain Reaction), separation of the specified 16S rDNA by DGGE (Denaturing Gradient Gel Electrophoresis) and reading the arrangement of DNA bases. Several microorganism species have been identified based upon DDBJ (Japanese database on DNA).

### 2. Separation and recovery of bio-hydrogen by magnesium-based alloys

Additional use of soft sol-gel encapsulated Mg-10%Ni/NbF<sub>5</sub> composite was attempted and hydrogen recovery from Spirulina vial was performed by much less amount of the hydrogen occlusion material. While the amount of the material was reduced by half, the encapsulation was not complete as detected by a detectable reaction of Mg with water. Completion of the encapsulation and further reduction of the weight are to be attained.

### 3. Hydrogen storage by graphene-derived carbon nano-balls

Carbon nano-balls were prepared by separation of graphene sheets from graphite as proposed by Hummers, agglomeration of oxidized graphene sheets around metallic cores and reduction of ball-like agglomerates under hydrogen. Larger amounts of hydrogen were adsorbed on surfaces inside the mesopores of the nano-balls than those on even graphitic surfaces.

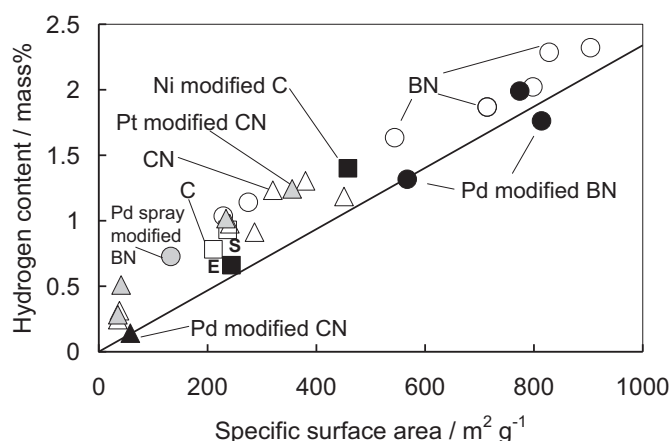


Figure 1. Variation of hydrogen storage capacity at 77 K and 0.8 MPa with specific surface area

### 4. Hydrogen storage by nano-sized layer compounds composed of boron, carbon and/or nitrogen

Among the B-C-N phases that do not contain substantial amounts of rare metals, BN and C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> (CN in Figure 1) were found promising as positively deviated from the theoretical line in Figure 1.

## Nano-Electromagnetic Simulation and Its Applications to Plasmonic Devices

**Shinichiro OHNUKI**

Quantum Theory and Computation Group

This work aims at developing fast and reliable electromagnetic simulation methods for studying interaction between light and nanoscale objects. We apply our computational methods to designing nanoscale devices through the collaboration with researchers of the *N.* research project.

### 1. Design of Plasmonic Antennas with Particulate Media for All Optical Magnetic Recording

We have designed plasmonic antennas to generate the localized circularly polarized light inside the bit-patterned media for realizing ultra-high density magnetic recording. Using the ADE-FDTD method, the generation time and intensity of the localized circularly polarized light are clarified in terms of the combination of antennas.

### 2. Time Domain Responses of Electromagnetic Fields by Integral Equation Methods

We have developed novel fast and accurate solvers based on integral equation methods with fast inverse Laplace transform for time domain electromagnetic problems. The advantages of our proposed method are (1) the computational error is easy to be controlled, (2) there is the no restriction of selecting time step size, and (3) an arbitrary observation time can be selected. Using our proposed method, we analyze time domain responses of electromagnetic fields near nanoscale antennas and dipole moments of molecular motors.

### 3. Multiphysics Simulation of a Nanoplate in Laser Fields

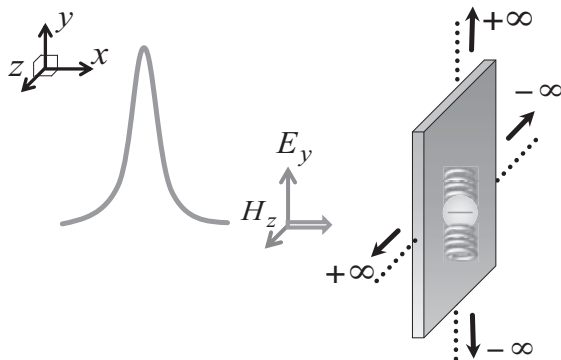
A nanoplate in laser fields has been analyzed by the coupled Maxwell-Schrödinger scheme which is based upon the FDTD method. We have investigated the current densities and electromagnetic fields near the nanoplate in terms of tunneling effects due to well structures. Advantages of our proposed method are clarified in comparison with conventional classical solvers.

### 4. Modeling of Plasmonic Waveguides for a High Sensitivity Optical Sensor

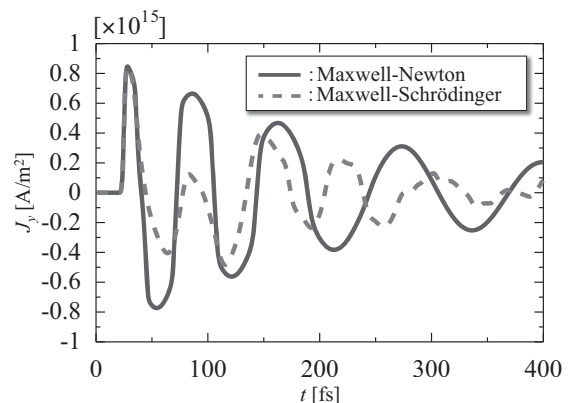
We have proposed an optical sensor which consists of a metal stripe and nano wire inside an optical fiber. Using the proposed device, electromagnetic energy is concentrated around the metal stripe and the energy can be efficiently absorbed into the nano wire. We verify that the electromagnetic energy inside the nano wire becomes three times larger than that for the case without the plasmonic waveguide.

### 5. High-Precision Analysis of Electromagnetic Scattering Problems

To obtain reference solutions for electromagnetic canonical problems, we have developed a mode matching method. The method has been proposed for a dielectric sphere with a metal shell as an example of 3D canonical geometries. Scattered electromagnetic fields are analyzed and computational error is confirmed.



**Figure 1** Coordinate systems of the nanoplate.



**Figure 2** Time response of the current density.

## Self-Assembled Supramolecules and Their Applications to Energy, Medical, and Information Technologies

Joe OTSUKI

Supramolecular and Self-Assembly Group; Energy Technology Group

Self-assembly of appropriately designed molecules will afford a bottom-up method for producing nanostructures. This work aims at developing new molecular self-assembling systems, revealing self-assembled structures and dynamic behaviors at the molecular level, and searching for applications of self-assembly to energy, medical, and information technologies through the collaboration with researchers of the *N.* research project.

### 1. Self-Assembly of Molecules and Quantum Dots

The low-density solar radiation is efficiently collected by light-harvesting antenna made of self-assembled chlorophyll molecules, where highly-efficient excited energy transfer processes take place. Such structures, if we could construct by design, would be used in artificial photosynthetic systems and organic photovoltaics. We have found that pyridine-appended chlorophyll molecules form double helical structures, which was revealed by the single crystal X-ray crystallography, reminiscent of the double helices of DNA (Figure 1). While an oxazole-appended chlorophyll derivative leads to a stair-case type architecture. These works constitute a step toward constructing artificial antenna systems based on molecular assemblies.

In the field of molecular assembly, we revealed the arrangement and behaviors of a double-decker type porphyrin complex on a substrate surface at the molecular scale [*J. Nanosci. Nanotechnol.* **2012**, *12*, 159].

We are also working on the preparation of quantum dots, entrapment of the quantum dots in silica coatings, and fabrication of ordered assemblies of the silica-coated quantum dots. The series of techniques will be used in devices for quantum cryptography. Coating with silica without deteriorating the high quantum yield of emission of quantum dots is the bottleneck at present, which is the main focus of our ongoing work.

### 2. New Dyes for Dye-Sensitized Solar Cells

We have prepared new dyes based on donor-substituted perylene dicarboxylic derivatives, in which the donors, the side arms, and the adsorption sites to the TiO<sub>2</sub> electrode were varied. No new dyes, however, exceeded previously reported our record of 3.1%. Some new ruthenium-based complexes were also prepared and their structures and properties were revealed.

In relation to photovoltaics, we studied some aspects of graphene oxide, which is a promising substitute for widely used ITO electrode. We successfully prepared reduced graphene oxide thin films with good electrical properties under heat treatment with temperature lower than reported [*Appl. Surf. Sci.* **2012**, *259*, 460; *Appl. Nanosci.* **2012**, DOI 10.1007/s13204-012-0144-2].

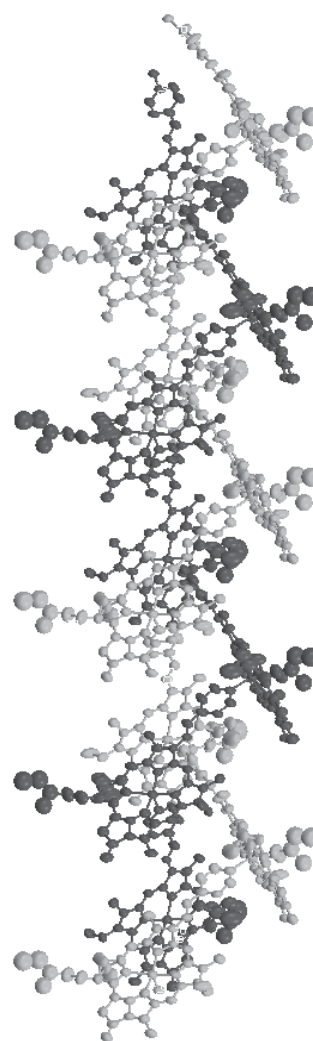


Figure 1. Double helix formed by a chlorophyll derivative.

## Comparison of the structure of conjugate Fermi holes in He-like systems and artificial atoms

Tokuei SAKO

Quantum Theory and Computation group

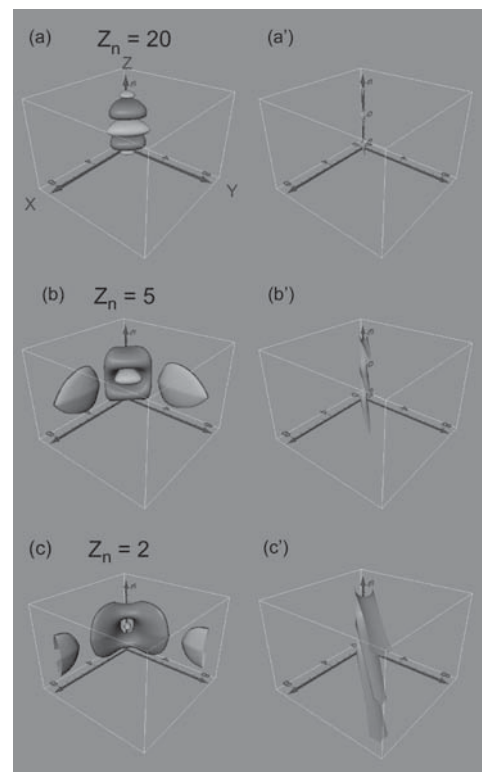
Controlling electronic properties of nanomaterials requires our deep understanding in the behavior of electrons confined in nano-scale objects. Through the continuing research of this *N.* project we have found last year the existence of the so-called *conjugate Fermi hole* in the wave function of two electrons with antiparallel spins. This year we have focused on artificial atoms or quantum dots and have examined in detail the structure of conjugate Fermi holes in the systems. As a consequence of the analysis, the origin of the first Hund rule in artificial atoms has been rationalized, and the difference in the mechanism operating in artificial atoms and in the corresponding He-like systems has been clarified.

Empirically derived Hund's rules of the pre-quantum-mechanics era predict the ordering of the energy levels possessing different spin and orbital angular momentum quantum numbers. They have proved to be almost universally valid for atoms, molecules, and quantum dots. Yet, despite of a long standing debate the search for their origin persists, primarily due to the lack of the precise knowledge of the electronic structure in different spin states. We explore the origin of the first Hund rule for a two-dimensional model of He-like systems and that of two-electron quantum dots. They represent ideal systems providing a direct fundamental insight into the structure of the internal part of the fully-correlated wave functions, allowing an unambiguous argument. An examination of their probability density distributions reveals indeed the existence of a region in the internal space which we refer to as a conjugate Fermi hole. In this region the singlet wave function has a smaller probability density than the corresponding triplet one, in contrast to the genuine Fermi hole where the triplet has a smaller density than the singlet. Due to the presence of this conjugate Fermi hole the singlet probability density has to migrate far away from the center of the one-electron potential. This rationalizes the well-known broader electron density distribution of the singlet state relative to the corresponding triplet. This key observation explains the singlet-triplet energy gap.

The results of this study has been published as an regular article in *Journal of Physics B*, which has been selected as an IOP Select paper for its “significant breakthrough and high impact” [1]. Moreover, this content of this paper will be covered by *Europhysics News* of its January issue in 2013 [2].

[1] T. Sako et al., *J. Phys. B*, **2012**, 45, 235001(13 pages).

[2] T. Sako et al., *Europhysics News*, to appear in January issue (2013).



Structure of the genuine and conjugate Fermi holes in the internal space for the (1s)(2p) singlet-triplet pair of states of He-like systems: (a) – (c) correspond to the nuclear charge  $Z_n$  of 20, 5, and 2, respectively. (a') – (c') represent the electron repulsion potential for the corresponding  $Z_n$ .

## **Synthesis of Nano-rod Devices with Wide Band Gap Semiconductor Effect**

**Kaoru SUZUKI**

Nanomaterials and Nanodevices Group

My research aims at fabrication of nano-materials and nano-devices for high functional applications such as nano-tube sensor, nano-rod transistor and wide band gap semiconductor nano-film for water-splitting by using fundamental techniques of nano-process and fabrication of nano-materials. Using the achievement of the investigation, progress of energy conversion system, information technology and biotechnology can be expected.

### **1. Metal encapsulated carbon nanotube for magnetic force microscope probes**

We have synthesized directly ferromagnetic metal (Ni) and composition metal encapsulated carbon nanotubes (CNTs) for probe of magnetic force microscope or spin device on a mesh grid for viewing transmission electron microscope (TEM) by pyrolysis of ethanol solution. These metals inside CNTs identified Ni and SUS with energy dispersive X-ray (EDX) spectrum analysis. The diameter and length of the metal core is in the range of 10 – 80 nm and 100 – 800 nm with varying heating period and temperature, respectively. The walls consist of cylindrical graphene sheets with 3 -50 layer.

### **2. Creation of carbon nano-tube/fiber and diamond-like carbon circuit**

We have synthesized phosphorus doped n-type carbon nano-tube/fiber by Joule heating on ethanol/Si surface, and diamond-like carbon films by ion beam plating method. Type of p-n junction diode and wiring were created by focused Ga<sup>+</sup> ion beam injection.

### **3. Synthesize of photocatalytic Sr<sub>x</sub>La<sub>1-x</sub>TiO<sub>3</sub> film for hydrogen generation on polymer films with visible area in solar light excitation by laser induced forward transfer method**

La doped TiO<sub>2</sub> have attracted great interest for photocatalytic properties, which can be used visible area in solar light although only TiO<sub>2</sub> limiting with ultra violet area. We have successfully crystallized perovskite structure films which were La doped TiO<sub>2</sub> thin film of La<sub>2</sub>Ti<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, Sr doped TiO<sub>2</sub> thin film of SrTiO<sub>3</sub> and both impurity doped thin film of Sr<sub>x</sub>La<sub>1-x</sub>TiO<sub>3</sub> (x=0.1~0.9). Now, we try to deposit of TiO<sub>2</sub> on polymer films by laser induced forward transfer method.

### **4. Synthesis of ZnO nano-films for light emitting device by infrared light excited pulsed laser deposition method**

We have synthesis nitrogen doped p-type ZnO nano-films by infrared light excited pulsed laser deposition method. High quality crystalline of p-type ZnO nano-films were improved by pulsed YAG laser annealing below 532 nm of laser wavelength.

### **5. Bio-electronics**

We have studied the sterilization of periodontal bacterium by atmosphere pressure low frequency jet plasma; fresh plasma, and splintering/regeneration of enchytraeus japonensis by irradiation of free electron laser.

### **6. Green technology**

We have studied the evolution of controlled nano/micro bubble by laser/focused ion beam fabricated nozzle on piezoelectric vibrator for defecation of water.

## The Development of Newly Molecular Targeting Drug for Prostate Cancer by using PI Polyamide

**Daisuke OBINATA, Satoru TAKAHASHI**

Medical Group (Department of Urology, School of Medicine)

Under the close collaboration with Noboru Fukuda, Masayoshi Soma, and Kyoko Fujiwara, we have been developing new molecular targeting drug by PI polyamide for cancer therapy.

A recurrent fusion of TMPRSS2 with E26 transformation-specific (ETS) family genes were found in about 80% of prostate cancer tissues. ETS genes are transcription regulators, and altered expression or properties of them affect the control of transcriptional processes. Those alterations also could cause development and progression of cancer. Since TMPRSS2, 5'-fusion partner, was upregulated by androgen, AR has been supposed to be important to regulate the fusion genes in the prostate cancer. Aberrant overexpression of ERG induced by TMPRSS2-ERG fusion is likely to be involved in prostate cancer development. Moreover, recent studies have shown that ligand-dependent binding of AR to intronic binding sites near the specific tumor translocation breakpoints (TGT/AGGGA/T) caused facilitating DNA double-stranded break (DSB) generation.

Pyrrole-imidazole (PI) polyamides are small synthetic molecules that recognize and attach to the minor groove of DNA, followed by inhibition DNA-protein interaction with high affinity and sequence specificity. Synthetic PI polyamides recognize and attach to the minor groove of DNA with high affinity and specificity.

Here, we examined the effects of a PI polyamide targeting TMPRSS2-ERG translocation breakpoints (Fusion Polyamide) on prostate cancer. First, to determinate the binding affinity and specificity of polyamide to target DNA, gel mobility shift assays were performed. The fusion polyamide showed selective DNA binding ability. Human prostate cancer cell line treated with Fusion Polyamide was compared with those with Negative control polyamide. Treatment of Fusion Polyamides showed significant decreased both DHT induced TMPRSS2-ERG and endogenous ERG expression, as well as cell growth and migration. These results demonstrate that PI polyamide targeting these breakpoints sequences may be a new therapeutic intervention in prostate cancer.

We are now trying to the animal experiment using a nude mouse for elucidating anti-tumor efficacy in vivo.

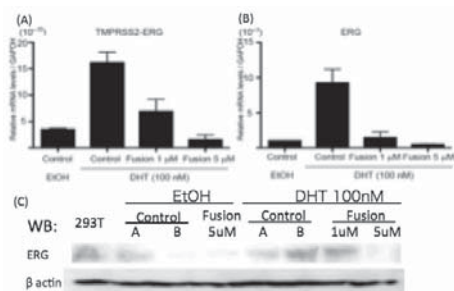


Fig 1. Although TMPRSS2-ERG expression was induced by 100 nM of DHT, treatment of Fusion Polyamides showed significant decreased both TMPRSS2-ERG and endogenous ERG expression. WB: Western blot

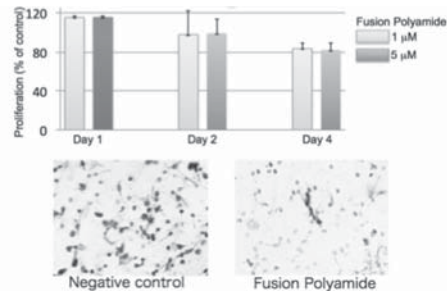


Fig.2 Effect of fusion polyamide on cell migration and anchorage-independent growth. Cell migration assay was performed to analyze the motility of fusion polyamide treated LNCaP cells and control cells. Migrated cells were stained with Giemsa staining solution

## Mechanism of Superconductivity in Layered Fe-based Superconductors and Search of New Superconducting Compounds

Yoshiki TAKANO

Nanomaterials and Nanodevices Group

Since  $\text{LaFeAsO}_{1-x}\text{F}_x$  was discovered to be a superconductor in 2008, many iron-based superconductors have been found. Among them,  $\text{SrFeAsF}$  is called 1111-superconductor and its crystal structure is as same as that of  $\text{LaFeAsO}$ . When a part of Sr site is substituted by rare earth ions, the superconductivity occurs. In 2010,  $\text{RFeAsO}_{1-y}$  ( $\text{R}=\text{La}, \text{Nd}$ ) are also reported to be a superconductor. Then, we have prepared  $\text{Sr}_{1-x}\text{R}_x\text{FeAsF}_{1-y}$  ( $\text{R} = \text{La}, \text{Nd}, \text{Sm}$ ) and investigated their superconducting properties. Furthermore, we have investigated the possibility of  $\text{Sr}_{1-x}\text{Nd}_x\text{FeAsF}$  for the superconducting wire rod. On the other hand,  $\text{LiFeAs}$  is called 111-superconductor and is a superconductor with  $T_c$  of 18 K itself, which is different from other superconductors. Then, we have tried to prepare  $\text{LiFe}_{1-x}\text{Co}_x\text{As}$  and  $\text{Li}_{1-x}\text{Y}_x\text{FeAs}$  and investigated their electrical properties.

### 1. Superconducting Properties of $\text{Sr}_{1-x}\text{R}_x\text{FeAsF}_{1-y}$ ( $\text{R}=\text{La}, \text{Nd}, \text{Sm}$ )

The temperature dependence of the electrical resistivity in the normal region is analyzed by a power law such as  $r(T) = r_0 + AT^n$ , where  $r_0$  is the resistivity just above  $T_c$ . Figure 1 shows the relation between  $n$  and  $y$  of  $\text{Sr}_{1-x}\text{R}_x\text{FeAsF}_{1-y}$ ;  $x = 0.4$  for  $\text{R} = \text{La}$  and  $x = 0.5$  for  $\text{R} = \text{Nd}$  and  $\text{Sm}$ . As F deficiency  $y$  increases,  $n$  increases. This result is different from the previous study. Figure 2 shows the relation between  $n$  and  $T_c$  of  $\text{Sr}_{1-x}\text{R}_x\text{FeAsF}_{1-y}$ . As  $n$  increases,  $T_c$  decreases. Similar tendency is observed in other iron-based superconductors. It is independent of R ions. While the superconductivity is observed up to  $y = 0.15$  for  $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{FeAsF}_{1-y}$  (low  $T_c$  compound), the superconductivity disappears at  $y = 0.05$  for  $\text{Sr}_{1-x}\text{R}_x\text{FeAsF}_{1-y}$  ( $\text{R} = \text{Nd}, \text{Sm}$ ) (high  $T_c$  compound).  $n$  increases rapidly for  $\text{Sr}_{1-x}\text{R}_x\text{FeAsF}_{1-y}$  ( $\text{R} = \text{Nd}, \text{Sm}$ ) in a small  $y$  region and it is gradually increases with  $y$  for  $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{FeAsF}_{1-y}$ .

The upper critical magnetic field of  $\text{Sr}_{0.5}\text{Nd}_{0.5}\text{FeAsF}$  is higher than that of  $\text{MgB}_2$  that has the highest critical current density.

### 2. Preparation and Superconductivity of $\text{LiFe}_{1-x}\text{Co}_x\text{As}$ and $\text{Li}_{1-x}\text{Y}_x\text{FeAs}$

The 111 phases are obtained as main phase. Lattice constants  $a$  and  $c$  were 3.770 Å and 6.358 Å for  $\text{LiFeAs}$ , 3.773 Å and 6.350 Å for  $\text{LiFe}_{0.98}\text{Co}_{0.02}\text{As}$ , and 3.772 Å and 6.333 Å for  $\text{Li}_{0.9}\text{Y}_{0.1}\text{FeAs}$ , respectively. As  $\text{FeAs}$  is observed as impurities phase, Li is considered to slightly evaporate during sample preparation.  $T_c$  of  $\text{LiFeAs}$  is 10.8 K which is smaller than the reported value.  $T_c$  of  $\text{LiFe}_{0.98}\text{Co}_{0.02}\text{As}$  is 9.5 K and  $T_c$  decreased with increasing Co concentration.  $\text{Li}_{0.9}\text{Y}_{0.1}\text{FeAs}$  does not show superconductivity above 3 K and the electrical resistivity of normal state also increased.

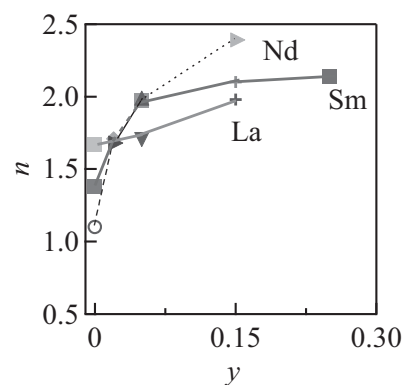


Fig.1 The relation  $n$  vs.  $y$ .

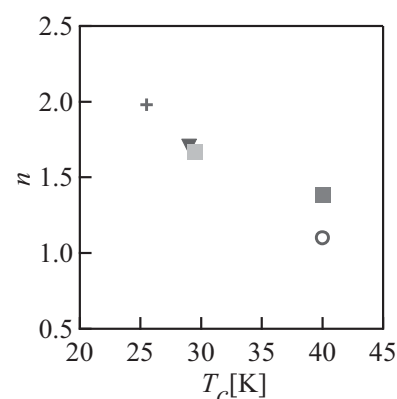


Fig. 2 The relation  $n$  vs.  $T_c$ .

## Ultra Fast Information Recording and Ultra Fast Photo Magnetic Switching

Arata TSUKAMOTO, Akiyoshi ITOH

Information Storage; Supramolecules and Self-Assembly

The ever increasing the capacity of storing information motivates the search for faster approaches to process and magnetically record information. Most computers store data on magnetic hard disk drives, in which the direction – “up” or “down” – of the magnetic moments in a small region of the disk corresponds to a binary bit. However, it was faced to unavoidable fundamental problem for faster operation in conventional way known as ferromagnetic resonance limit. We have experimentally demonstrated that an excitation of magnetization reversal phenomena can be triggered by the ultra-short pulsed laser irradiation. This finding reveals an ultrafast and efficient pathway for writing magnetic bits. Based on deep understanding of relationship between light and magnet including above new discovery, we are striving to establish the fundamental techniques of researching and developing ultrafast spin manipulation.

It has been unexpectedly found that the ultrafast laser-induced spin reversal in GdFeCo, where spins are coupled antiferromagnetically, occurs by way of a transient ferromagnetic-like state (*Nature* 2011). Such a novel strongly non-equilibrium spin dynamics may lead to yet unexplored magnetization reversal. We found that magnetization reversal could be achieved without any magnetic field, using an ultrafast thermal energy load alone (*Nature communications* 2012). Until now it has been generally assumed that heating alone, not represented as a vector at all, cannot result in a deterministic reversal of magnetization, although it may assist this process. We found experimentally deterministic magnetization reversal in a ferrimagnetic GdFeCo driven by an ultrafast heating of the medium resulting from the absorption of a sub-picosecond laser pulse without the presence of a magnetic field. Fig. 1 shows magneto-optical image of magnetic domains after single pulse laser irradiations. Subtracted (difference of each sets of images) images shows various magnetic domain was reversed in same areal size by laser irradiation for all the cases. To exclude the possibility of artifacts caused by dipolar interactions from surrounded magnetic material,

arrays of 2  $\mu\text{m}$  diameter disks were fabricated as Fig. 2. The size was chosen so that the structures are much smaller than the laser spot size. The magnetization reversal phenomenon was successfully confirmed. A further set of experiments shows that this switching occurs independently of polarization and initial state in thin films of GdFeCo. Importantly for technological applications, we show experimentally that this type of switching can occur when starting at room temperature.

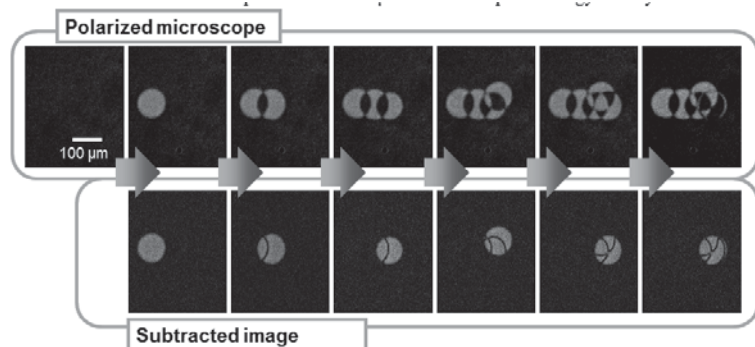


Fig. 1 (a) Magneto-optical image of magnetic domains after single pulse laser irradiations. (b) Subtracted (difference of each sets of images) images.

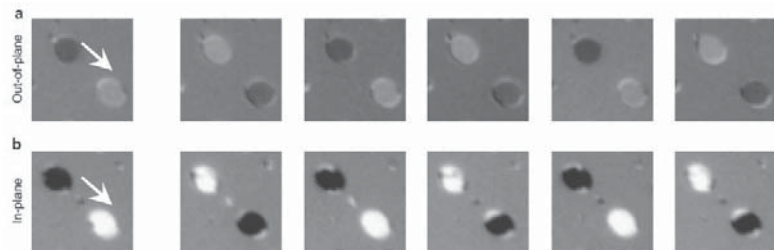


Fig. 2 XMCD images of arrays of 2  $\mu\text{m}$  diameter GdFeCo disks after single pulse laser irradiations (*Nature communications* 2012)



**Distribution of Energy Flow by Dielectric Waveguide with  
Rhombic Dielectric Structures along a Middle Layer  
–Case of Compared with Deformed Rhombic Dielectric Structure–**

**Tsuneki YAMASAKI**

Quantum Theory and Computation Group

We have analyzed the guiding problem by dielectric waveguides with defects composed of dielectric circular cylinders array and deformed rhombic dielectric structure in the middle layer and investigated the influence of energy flow for defect area by using the propagation constants at the guided region. From the numerical results, it is shown that we can be obtained the confinement efficiency by rhombic dielectric structure compared with deformed rhombic dielectric structures in the middle layer for both  $TE_0$  and  $TM_0$  modes.

These results have been 「Reference」 as follows:

Reference :

- 1) R. Ozaki and T. Yamasaki: “Distribution of Energy Flow by Dielectric Waveguide with Rhombic Dielectric Structure along a Middle Layer -Case of Compared with Deformed Rhombic Dielectric Structure-”, *IEICE Trans. Electron.*, vol.E96-C, no.1, 2013, (to be published).

●2012年の業績

○論文 :

- 1) R. Ozaki and T. Yamasaki : Propagation Characteristics of Dielectric Waveguides with Arbitrary Inhomogeneous Media along the Middle Layer, *IEICE Trans. Electron.*, vol.E95-C, no.1, pp.53-62, 2012.
- 2) R. Ozaki and T. Yamasaki: Distribution of Energy Flow by Dielectric Waveguide with Rhombic Dielectric Structure along a Middle Layer, *IEICE ELEX.*, vol.9, no.7, pp.698-705, 2012.

○国際会議 :

- 1) R. Ozaki and T. Yamasaki : Propagation Characteristics of Dielectric Waveguides with Arbitrary Inhomogeneous Media along the Middle Layer (Part II), *Proc. Progress in Electromagnetic Research Symposium in Kuala Lumpur*, March 27-30, 2012.
- 2) R. Ozaki and T. Yamasaki : Propagation Characteristics of Dielectric Waveguides with Arbitrary Inhomogeneous Media along the Middle Layer (Part III) , *Proc. Progress in Electromagnetic Research Symposium in Moscow*, August 19-23, 2012.
- 3) R. Ozaki and T. Yamasaki : Propagation Characteristics and Distribution of Energy Flow by Dielectric Waveguide with Arbitrary Inhomogeneous Media in the Middle Layer, *Proc. 14th International Conference on Mathematical Method in Electromagnetic Theory in Kharkiv Ukraine*, P11-2, pp.9-17, August 28-30, 2012.
- 4) R. Ozaki and T. Yamasaki : Distribution of Energy Flow by Dielectric Waveguide with Rhombic Dielectric Structure along a Middle Layer, *Proc. International Symposium on Antennas and Propagation in Nagoya*, 3D3-2, pp.955-958, Oct.29- Nov.2, 2012.

○研究会・全国大会 :

- 1) 尾崎, 山崎 : 中空層にひし形誘電体構造をもつ誘電体導波路の伝搬特性とエネルギー分布, 電気学会電磁界理論研究会資料, EMT-12-15, pp.57-62, 1月, 2012.
- 2) 尾崎, 山崎 : 変形ひし形誘電体を中間層に内蔵した誘電体導波路による伝搬特性, 電子情報通信学会総合大会講演論文集, C-1-40, 3月, 2012.
- 3) 尾崎, 山崎 : エアホール型誘電体導波路による欠陥部のエネルギー分布, 電気学会電磁界理論研究会資料, EMT-12-70, pp.29-34, 5月, 2012.
- 4) 山崎, 尾崎 : フォトニック結晶導波路による電磁波の散乱および導波特性, 電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集, CS-1-2, 9月, 2012.
- 5) 尾崎, 山崎 : エアホール型誘電体導波路によるエネルギー分布, 電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集, C-1-8, 9月, 2012.
- 6) 尾崎, 山崎 : 誘電体円柱とエアホール円柱で構成された多層誘電体導波路による伝搬特性とエネルギー分布, 電気学会電磁界理論研究会資料, EMT-12-175, pp.1-6, 11月, 2012.

業績/ Publications and Achievements since 2012

<p>知的財産</p>	<p><b>特許出願</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 鈴木薫, 「微小バブル発生装置、微小吐出孔ノズル及びその製造方法」特願 2012-204982.</li> <li>2. 浅井朋彦, 鈴木薫, 西宮伸幸, 高津幹夫, 「合金薄膜生成装置」特願 2012-195690.</li> <li>3. 中川活二, 芦澤好人, 大貫進一郎, 伊藤彰義, 塚本新, 「情報記録ヘッド、情報記録装置、情報記録方法及び光デバイス」, 特願 2010-161996, 特開 2012-22760.</li> <li>4. 大日方大亮, 高橋悟, 福田昇, 藤原恭子, 「新規 P I ポリアミド (前立腺癌特異的融合遺伝子 Tmprss2-ERG の形成を抑制させ, 抗腫瘍作用を示す PI ポリアミド)」特願 2012-106382.</li> </ol>
<p>シンポジウム等 開催</p>	<p><b>本プロジェクト主催のシンポジウム等</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 平成 24 年 6 月 26 日, インフォーマルセミナー, 駿河台 2 号館 4 階会議室, Dr. M. Sahabul Alam (University of Dhaka, Bangladesh; Visiting Researcher of Nihon University) "Supramolecular Nanoarchitectures – Novel Functional Materials for Molecular Electronics"</li> <li>2. 平成 24 年 7 月 23 日, インフォーマルセミナー, 駿河台 2 号館 4 階会議室, Dr. M. Sahabul Alam (University of Dhaka, Bangladesh; Visiting Researcher of Nihon University) "Structural and Transport Properties of One-Dimensional Coordination Polymers and Spin Cross-Over Complexes"</li> <li>3. 平成 24 年 9 月 15 日, 第 4 回日本大学 N.研究シンポジウム, 「オール日大の研究力向上を目指して—N.研究プロジェクトと私学戦略」, 日本大学文理学部 3 号館 2 階 3205 教室</li> <li>4. 平成 24 年 10 月 1 日, 招へい研究員セミナー, 船橋校舎先端材料科学センター2 階セミナー室, Yu-Xiang Zheng 教授(Key Laboratory of Micro and Nano Photonic Structures, Ministry of Education, Department of Optical Science and Engineering, Fudan University, Shanghai, China) "Development of ellipsometry and its applications in nanoscale materials"</li> <li>5. 平成 24 年 10 月 5 日, 招へい研究員セミナー, 船橋校舎先端材料科学センター2 階セミナー室, Yu-Xiang Zheng 教授(Key Laboratory of Micro and Nano Photonic Structures, Ministry of Education, Department of Optical Science and Engineering, Fudan University, Shanghai, China) "Folded spectrometer and its application in optical monitoring for thin film deposition"</li> <li>6. 平成 24 年 10 月 17 日, 招へい研究員セミナー, 船橋校舎先端材料科学センター2 階セミナー室, Andrei Kirilyuk 教授(Radboud University Nijmegen, The Netherland) "Laser-induced magnetization dynamics and reversal: the role of angular momentums"</li> <li>7. 平成 24 年 10 月 26 日, 招へい研究員セミナー, 船橋校舎先端材料科</li> </ol>

	<p>学センター2階セミナー室, Andrei Kirilyuk 教授(Radboud University Nijmegen, The Netherland)</p> <p>8. 平成 24 年 11 月 12 日, インフォーマルセミナー, 駿河台 8 号館 831 教室, Dr. Gary Richards, College of Science and Technology, Nihon University “Pyrazinacenes: Synthesis and Self-Assembling Properties of Nitrogen-Rich Acene Analogues”</p> <p>9. 平成 24 年 11 月 28 日, 平成 24 年度学術講演会 N.研究プロジェクト特別セッション, 駿河台 1 号館 2 階 121 会議室, 大月穰, 佐甲徳栄, 菱川明栄, 塚本新, 大貫進一郎, 竹内嵩, 芦澤好人, 中川活二</p> <p>10. 平成 25 年 2 月 9 日, 先端材料科学センターおよび N.研究プロジェクト「ナノ物質を基盤とする光・量子技術の極限追求」共催第 22 回材料科学に関する若手フォーラム (合同若手フォーラム) 船橋校舎 (予定)</p> <p><b>メンバーが主催者の関連シンポジウム等</b></p> <p>1. 浅井朋彦, 日本大学理工学部基礎科学研究助成「US-Japan Workshop on Field-Reversed Configuration」2013 年 2 月 12 日, 日本大学理工学部</p> <p>2. 岩田展幸, Organizer for JSAP-MRS 2012 Spring Meeting @ San Francisco, CA, USA, Joint Symposium HH “Nanocomposites, Nanostructures and Heterostructures of Correlated Oxide Systems”</p> <p>3. 福田昇, 第 16 回循環器再生医療研究会, 代表世話人, 平成 24 年 11 月 17 日(土), 武田薬品工業東京本社大講堂.</p> <p>4. 越永従道「わが国における小児がん治療の在り方を考える」日本小児血液・がん学会, 横浜, 11, 30 - 12, 2</p> <p>5. 加野浩一郎, 日本大学学部連携研究推進シンポジウム「第 2 回日本大学幹細胞研究フォーラム: シンポジウム 脱分化脂肪細胞 (DFAT) の基礎と応用」平成 25 年 1 月 29 日 (火) 日本大学大講堂</p>
<p>著書・論文</p>	<p>雑誌論文は全て査読あり.</p> <p><b>浅井朋彦</b> 論文</p> <p>1. T. Onchi, Y. Liu, M. Dreval, D. McColl, S. Elgriw, D. Liu, <u>T. Asai</u>, C. Xiao and A. Hirose, “Effects of compact torus injection on toroidal flow in the STOR-M tokamak”, <i>Plasma Physics and Controlled Fusion</i> <b>2013</b> (to be published in Jan. 2013).</p> <p>2. <u>T. Asai</u>, M. Yamazaki, H. Tomuro, H. Itagaki, M. Inomoto, To. Takahashi, “Generation of a Magnetized Plasma Shield by Means of a Rotating Magnetic Field for Innovative Space Transportation”, <i>Trans. JSASS</i> <b>2012</b>, 10, ISTS28, Pc_73-Pc_78.</p> <p>3. T. Ii, K. Gi, T. Umezawa, <u>T. Asai</u>, M. Inomoto, and Y. Ono, “Development of a low-energy and high-current pulsed neutral beam injector with a washer-gun plasma source for high-beta plasma experiments”, <i>Review of Scientific Instruments</i> <b>2012</b>, 83, 083504 1-5.</p> <p><b>伊掛浩輝</b> 論文</p>

	<p>1. Y. Koide, <u>H. Ikake</u>, Y. Muroga and S. Shimizu, “Effect of the cast-solvent on the morphology of cast films formed with a mixture of stereoisomeric poly(lactic acids)”, <i>Polym. J.</i>, 2012, doi: 10.1038/pj.2012.192, <a href="http://www.nature.com/pj/journal/vaop/ncurrent/full/pj2012192a.html">http://www.nature.com/pj/journal/vaop/ncurrent/full/pj2012192a.html</a>.</p> <p>石田浩 論文</p> <p>1. <u>H. Ishida</u> and A. Liebsch, “Coulomb blockade and Kondo effect in the electronic structure of Hubbard molecules connected to metallic leads: A finite-temperature exact-diagonalization study”, <i>Physical Review B</i> <b>2012</b>, 86, 205115 (13 pages).</p> <p>伊藤彰義 論文</p> <p>1. T. A. Ostler, J. Barker, R. F. L. Evans, R. Chantrell, U. Atxitia, O. Chubykalo-Fesenko, S. El Moussaoui, L. Le Guyader, E. Mengotti, L. J. Heyderman, F. Nolting, <u>A. Tsukamoto</u>, <u>A. Itoh</u>, D. Afanasiev, B. A. Ivanov, A. M. Kalashnikova, K. Vahaplar, J. Mentink, A. Kirilyuk, Th. Rasing and A. V. Kimel, "Ultrafast Heating as a Sufficient Stimulus for Magnetization Reversal in a Ferrimagnet", <i>Nature Communications</i>, <b>2012</b>, 3, 666 (pp. 1-6).</p> <p>2. K. Vahaplar, A. M. Kalashnikova, A. V. Kimel, S. Gerlach, D. Hinzke, U. Nowak, R. W. Chantrell, <u>A. Tsukamoto</u>, <u>A. Itoh</u>, A. Kirilyuk, and Th. Rasing, "All-optical magnetization reversal by circularly-polarized laser pulses: Experiment and multiscale modeling", <i>Physical Review B</i> <b>2012</b>, 85, 104402(pp. 1-17).</p> <p>3. A. R. Khorsand, M. Savoini, A. Kirilyuk, A.V. Kimel, <u>A. Tsukamoto</u>, <u>A. Itoh</u>, and Th. Rasing, "Role of Magnetic Circular Dichroism in All-Optical Magnetic Recording", <i>Phys. Rev. Lett.</i> <b>2012</b>, 108, 127205-(pp.1-5).</p> <p>4. L. Le Guyader, S. El Moussaoui, M. Buzzi, R. V. Chopdekar, L. J. Heyderman, <u>A. Tsukamoto</u>, <u>A. Itoh</u>, A. Kirilyuk, Th. Rasing, A. V. Kimel, and F. Nolting, "Demonstration of laser induced magnetization reversal in GdFeCo nanostructures", <i>Appl. Phys. Lett.</i> <b>2012</b>, 101, 022410.</p> <p>5. R. Medapalli, I. Razdolski, M. Savoini, A. R. Khorsand, A. Kirilyuk, A. V. Kimel, Th. Rasing, A. M. Kalashnikova, <u>A. Tsukamoto</u>, and <u>A. Itoh</u>, "Efficiency of ultrafast laser-induced demagnetization in Gd<sub>x</sub>Fe<sub>100-x-y</sub>Co<sub>y</sub> alloys", <i>Phys. Rev. B</i> <b>2012</b>, 86, 054442(pp. 1-7).</p> <p>6. M. Savoini, R. Medapalli, Koene, A. R. Khorsand, L. Le Guyader, L. Du`o, M. Finazzi, <u>A. Tsukamoto</u>, <u>A. Itoh</u>, F. Nolting, A. Kirilyuk, A. V. Kimel, and Th. Rasing, "Highly efficient all-optical switching of magnetization in GdFeCo microstructures by interference-enhanced absorption of light", <i>Phys. Rev. B</i> <b>2012</b>, 86, 140404(R)(pp. 1-5).</p> <p>7. T. Ubana, <u>A. Tsukamoto</u>, and <u>A. Itoh</u>, "Single crystalline isolated grains of L10-ordered FeCuPt prepared by combination of Rapid Thermal Annealing with rapid cooling and additional annealing", <i>Journal of Magnetism</i> (submitted).</p> <p>井上修一郎 論文</p> <p>1. G. Fujii, T. Segawa, S. Mori, N. Namekata, D. Fukuda, and <u>S. Inoue</u>, “Preservation of photon indistinguishability after transmission through surface-plasmon-polariton waveguide”, <i>Opt. Lett.</i> 37 (9), 1535-1537 (2012).</p> <p>2. S. Arahira, N. Namekata, T. Kishimoto, and <u>S. Inoue</u>, “Experimental studies in generation of high-purity photon-pairs using cascaded <math>\chi^{(2)}</math> processes in a</p>
--	---

	<p>periodically poled LiNbO<sub>3</sub> ridge-waveguide device”, J. Opt. Soc. Am. B 29 (3), 434-442 (2012).</p> <p>3. G. Fujii, Daiji Fukuda, Takayuki Numata, Akio Yoshizawa, Hidemi Tsuchida, and <u>Shuichiro Inoue</u>, “Thin Gold Covered Titanium Transition Edge Sensor for Optical Measurement”, J. Low Temp. Phys. 167 (5-6), 815-821 (2012).</p> <p><b>岩田展幸</b> 論文</p> <p>1. <u>Nobuyuki Iwata</u>, Takuji Kuroda and Hiroshi Yamamoto, “Mechanism of Growth of Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Thin Films on (1-102), (11-20), and (0001) Surfaces of Sapphire Substrates by Direct Current – Radio Frequency Magnetron Sputtering”, Jpn. J. Appl. Phys. <b>51</b> (2012) 11PG12-1~9 (9 pages).</p> <p>2. Hiroshi Yamamoto and <u>Nobuyuki Iwata</u>, “C60 Photo-Polymerization using Free Electron Laser”, Trans. Mater. Res. Soc. Jpn. 20<sup>th</sup> Anniversary Special Issue (2012) 35-40.</p> <p>3. <u>Nobuyuki Iwata</u>, Yuta Watabe, Yoshito Tsuchiya, Kento. Norota, <u>Takuya Hashimoto</u>, Mark Huijben, Guus Rijnders, Dave H. A. Blank, and Hiroshi Yamamoto, “Growth and Evaluation of [AFeOx/REFeO3] (A=Ca, Sr, RE=La, Bi) Superlattices by Pulsed Laser Deposition Method Using High Density Targets Prepared by Pechini Method”, Mater. Res. Soc. Symp. Proc. <b>1454</b> (2012) p.161-166.</p> <p>4. <u>Nobuyuki Iwata</u>, Takuji Kuroda and Hiroshi Yamamoto, “Crystal Structure Analysis of the Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> thin films”, Mater. Res. Soc. Symp. Proc. <b>1454</b> (2012) p.33-38.</p> <p>5. <u>N. Iwata</u>, Y. Watabe, Y. Tsuchiya, K. Norota, M. Huijben, G. Rijnders, Dave H. A. Blank, and H. Yamamoto, “Growth of [CaFeOx/BiFeO3] superlattice by Pulsed Laser Deposition Method Using High Density Target Prepared by Pechini Method”, Trans. Mater. Res. Soc. Jpn. <b>37</b> (2012) 381-384.</p> <p>6. Takuji Kuroda, <u>Nobuyuki Iwata</u>, and Hiroshi Yamamoto, “Investigation of Crystal Growth of the Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> thin films on Sapphire Substrates”, Trans. Mater. Res. Soc. Jpn. <b>37</b> (2012) 385-388 .</p> <p>7. Yoshito Tsuchiya, Kento Norota, Yuta Watabe, Takuji Kuroda, <u>Nobuyuki Iwata</u>, <u>Takuya Hashimoto</u>, Hiroshi Yamamoto, “Growth Difference of LaFeO<sub>3</sub> Thin Films by Pulsed Laser Deposition Method Using the Targets Prepared by Pechini and Conventional Solid Solution Methods”, Trans. Mater. Res. Soc. Jpn. <b>37</b> (2012) 369-372.</p> <p>8. Hina Chujo, Yusuke Tada, <u>Nobuyuki Iwata</u> and Hiroshi Yamamoto, “Preparation of Two Layers Organic Thin Films on an ITO/PET Substrate using Alq<sub>3</sub>/ coumarin6 and PEDOT/PSS by Spin Coat”, Trans. Mater. Res. Soc. Jpn. <b>37</b> (2012) p.263-266.</p> <p>9. Hiroaki Ichikawa, Masaharu Takanashi, Shogo Sato, <u>Nobuyuki Iwata</u>, Hiroshi Yamamoto, “Intercalation of Li to a Few Layers of Graphenes”, Trans. Mater. Res. Soc. Jpn. (2012) in press.</p> <p><b>大月穰</b> 論文</p> <p>1. F. A. Chowdhury, T. Morisaki, <u>J. Otsuki</u>, M. S. Alam, “Optoelectronic Properties of Graphene Oxide Thin Film Processed by Cost-Effective Route”, <i>Appl. Surf. Sci.</i> <b>2012</b>, 259, 460–464.</p> <p>2. F. A. Chowdhury, T. Morisaki, <u>J. Otsuki</u>, M. S. Alam, “Annealing effect on the optoelectronic properties of graphene oxide thin films”, <i>Appl. Nanosci.</i> DOI 10.1007/s13204-012-0144-2.</p>
--	---

	<p>3. <u>J. Otsuki</u>, C. Ohya, Y. Komatsu, T. Morisaki, “Monolayer Assemblies of a Sandwich-Type Double-Decker Porphyrin Complex of Cerium with an Additional Pendant Porphyrin Unit”, <i>J. Nanosci. Nanotechnol.</i> <b>2012</b>, <i>12</i>, 159–166.</p> <p>著書</p> <p>1. <u>J. Otsuki</u>, Supramolecular Energy and Electron-Transfer Processes and Their Switching, in <i>Multiporphyrin Arrays, Fundamentals and Applications</i>, ed. D. Kim, Pan Stanford, USA, 2012, pp. 587–628.</p> <p>大貫進一郎</p> <p>論文</p> <p>1. S. Kishimoto, <u>S. Ohnuki</u>, Y. Ashizawa, <u>K. Nakagawa</u>, and W. C. Chew, "Time Domain Analysis of Nanoscale Electromagnetic Problems by a Boundary Integral Equation Method with Fast Inverse Laplace Transform," <i>Journal of Electromagnetic Waves and Applications</i>, <b>2012</b>, <i>26</i>, 997-1006.</p> <p>2. S. Kishimoto and <u>S. Ohnuki</u>, " Error Analysis of Multilevel Fast Multipole Algorithm for Electromagnetic Scattering Problems," <i>IEICE Trans. Electron.</i> <b>2012</b>, E95-C, 1, 71-78, 2012.</p> <p>3. <u>S. Ohnuki</u>, T. Mochizuki, K. Kobayashi, and <u>T. Yamasaki</u>, " Optimization of Field Decomposition for a Mode Matching Technique," <i>IEICE Trans. Electron.</i> <b>2012</b>, E95-C, 1, 101-104.</p> <p>4. <u>K. Nakagawa</u>, A. Tajiri, K. Tamura, S. Toriumi, Y. Ashizawa, <u>A. Tsukamoto</u>, <u>A. Itoh</u>, Y. Sasaki, S. Saito, M. Takahashi, and <u>S. Ohnuki</u>, “Thermally Assisted Magnetic Recording Applying Optical Near Field with Ultra Short-Time Heating”, <i>J. Magn. Soc. Jpn.</i> (conditional acceptance).</p> <p>5. K. Tamura, T. Ota, Y. Ashizawa, <u>A. Tsukamoto</u>, <u>A. Itoh</u>, <u>S. Ohnuki</u>, and <u>K. Nakagawa</u>, “Circularly Polarized Light Generated by Plasmon Antenna for All-Optical Magnetic Recording”, <i>J. Magn. Soc. Jpn.</i> (conditional acceptance).</p> <p>6. <u>S. Ohnuki</u>, T. Takeuchi, <u>T. Sako</u>, Y. Ashizawa, <u>K. Nakagawa</u>, and M. Tanaka, “Coupled Analysis of Maxwell- Schrödinger Equations by Using the Length Gauge - Harmonic Model of a Nanoplate Subjected to a 2-D Electromagnetic Field –”, <i>International Journal of Numerical Modeling; Electronic Networks, Devices and Fields</i> (conditional acceptance).</p> <p>7. M. Hirano, S. Kishimoto, and <u>S. Ohnuki</u>, “Acceleration of the Method of Moments Using Heterogeneous CPU,” <i>IEICE Trans. Electron.</i>, (conditional acceptance).</p> <p>加野浩一郎</p> <p>論文</p> <p>1. Oki Y, Ono H, Motohashi T, Sugiura N, Nobusue H, <u>Kano K</u>, “Dedifferentiated follicular granulosa cells derived from pig ovary can transdifferentiate into osteoblasts” <i>Biochem J</i> <b>2012</b>, <i>447</i>, 239-248.</p> <p>桑本剛</p> <p>論文</p> <p>1. <u>T. Kuwamoto</u> and T. Hirano “Collective Excitation of Bose-Einstein Condensates Induced by Evaporative Cooling”, <i>Journal of the Physical Society of Japan</i> <b>2012</b>, <i>81</i>, 074002.</p> <p>越永従道</p> <p>論文</p> <p>1. Itoi T, Kamisawa T, Fujii H, Inui K, Maguchi H, Hamada Y, Nakano T,</p>
--	--

	<p>Ando H, <u>Koshinaga T</u>, Shibagaki K, Obayashi T, Miyazawa Y. Extrahepatic bile duct measurement by using transabdominal ultrasound in Japanese adults: multi-center prospective study. <i>J Gastroenterol</i>. 2012.</p> <p>2. Kawashima H, Sugito K, Yoshizawa S, Uekusa S, Furuya T, Ikeda T, <u>Koshinaga T</u>, Shinojima Y, Hasegawa R, Mishra R, Igarashi J, Kimura M, Wang X, Fujiwara K, Gosh S, Nagase H. DNA hypomethylation at the ZNF206-exon 5 CpG island associated with neuronal differentiation in mice and development of neuroblastoma in humans. <i>Int J Oncol</i> 40:31-9. 2012.</p> <p>3. Ohshima J, Haruta M, Fujiwara Y, Watanabe N, Arai Y, Ariga T, Okita H, <u>Koshinaga T</u>, Oue T, Hinotsu S, Nakadate H, Horie H, Fukuzawa M, Kaneko Y. Methylation of the RASSF1A promoter is predictive of poor outcome among patients with Wilms tumor. <i>Pediatr Blood Cancer</i> 59:499-505. 2012.</p> <p>4. Sugito K, Furuya T, Kaneda H, Masuko T, Ohashi K, Inoue M, Ikeda T, <u>Koshinaga T</u>, Tomita R, Maebayashi T. Long-term follow-up of nutritional status, pancreatic function, and morphological changes of the pancreatic remnant after pancreatic tumor resection in children. <i>Pancreas</i> 41:554-9. 2012.</p> <p>5. Sugito K, Kawashima H, Uekusa S, Yoshizawa S, Hoshi R, Furuya T, Kaneda H, Hosoda T, Masuko T, Ohashi K, Ikeda T, <u>Koshinaga T</u>, Fujiwara K, Igarashi J, Ghosh S, Held WA, Nagase H. Identification of aberrant methylation regions in neuroblastoma by screening of tissue-specific differentially methylated regions. <i>Pediatr Blood Cancer</i>. 2012.</p> <p>6. Tomita R, Fujisaki S, Shibata M, Sugito K, Ikeda T, Sakurai K, <u>Koshinaga T</u>. Relationship between Inter-digestive Migrating Motor Complex and Quality of Life in Patients after Conventional Distal Gastrectomy for Gastric Cancer. <i>Hepatogastroenterology</i> 59. 2012.</p> <p>7. Tomita R, Ikeda T, Fujisaki S, Sugito K, Sakurai K, <u>Koshinaga T</u>, Shibata M. Surgical technique for the transperineal approach of anterior levatorplasty and recto-vaginal septum reinforcement in rectocele patients with soiling and postoperative clinical outcomes. <i>Hepatogastroenterology</i> 59:1063-7. 2012.</p> <p>8. Tomita R, Ikeda T, Fujisaki S, Sugito K, Sakurai K, <u>Koshinaga T</u>, Shibata M. Ano-neorectal function using manometry on patients after restorative proctocolectomy and ileal J-pouch anal anastomosis for ulcerative colitis in children. <i>Hepatogastroenterology</i> 59:112-5. 2012.</p> <p>9. Uekusa S, Sugito K, Kawashima H, Yoshizawa S, Furuya T, Ohashi K, Ikeda T, <u>Koshinaga T</u>, Mugishima H. Successful treatment for hepatoblastoma in a 1-year-old boy with trisomy 18. <i>Pediatr Int</i> 54:428-30. 2012.</p> <p>佐甲徳栄 論文</p> <p>1. <u>T. Sako</u>, J. Paldus, A. Ichimura, G.H.F. Diercksen, “Origin of the first Hund rule and the structure of Fermi holes in two-dimensional He-like atoms and two-electron quantum dots”, <i>Journal of Physics B</i> <b>2012</b>, 45, 235001(13 pages).</p> <p>2. T. Paldus, <u>T. Sako</u>, X. Li and G.H.F. Diercksen, “Symmetry-breaking in the independent particle model: nature of the singular behavior of Hartree-Fock potentials”, <i>Journal of Mathematical Chemistry</i>, <b>2012</b>, in press.</p> <p>十代健 論文</p> <p>1. N. Koga, K. Ohashi, K. Furukawa, T. Imamura, <u>K. Judai</u>, N. Nishi, and H.</p>
--	---

	<p>Sekiya, "Coordination and solvation of V<sup>+</sup> with ammonia molecules: Infrared photodissociation spectroscopy of V<sup>+</sup>(NH<sub>3</sub>)<sub>n</sub> (n=4-8)", <i>Chemical Physics Letters</i> <b>2012</b>, 539, 1-6.</p> <p><b>鈴木薫</b> 論文</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. T. Kaneko, S. Kurumi, and <u>K. Suzuki</u> , "Fabrication of Nanoscale Electrical Circuits on Diamond-Like Carbon Film by Scanning a Ga<sup>+</sup> Focused Ion Beam", <i>Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics</i>, Vol.7, 275-278 (2012).</li> <li>2. T. Hiraide, S. Kurumi, and <u>K. Suzuki</u>, "p-Type zinc oxide films grown by infrared-light-assisted pulsed laser deposition", <i>Applied Physics A</i>, DOI 10.1007/s00339-012-7228-4, (2012) in press.</li> </ol> <p><b>相馬正義</b> 論文</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Shimizu C, Fujita T, Fuke Y, Ito K, Satomura A, Matsumoto K, <u>Soma M</u>. High circulating levels of interleukin-18 binding protein indicate the severity of glomerular involvement in systemic lupus erythematosus. <i>Mod Rheumatol</i>. 2012 Feb;22(1):73-9.</li> <li>2. Okada K, Abe M, <u>Soma M</u>. Implementation of a cooperative program for peritoneal dialysis. <i>Contrib Nephrol</i>. 2012;177:84-92.</li> <li>3. Han Y, <u>Fukuda N</u>, Ueno T, Endo M, Ikeda K, Xueli Z, Matsumoto T, <u>Soma M</u>, Matsumoto K. Role of Complement 3a in the Synthetic Phenotype and Angiotensin II-Production in Vascular Smooth Muscle Cells From Spontaneously Hypertensive Rats. <i>Am J Hypertens</i>. 2012 Mar;25(3):284-9.</li> <li>4. Fuke Y, Hemmi S, Kajiwara M, Yabuki M, Fujita T, <u>Soma M</u>. Oligomeganephronia in an adult without end stage renal failure. <i>Clin Exp Nephrol</i>. 2012 Apr;16(2):325-8.</li> <li>5. Abe M, Suzuki H, Okada K, Maruyama N, Inoshita A, Baba S, Takashima H, <u>Soma M</u>. Efficacy analysis of the renoprotective effects of aliskiren in hypertensive patients with chronic kidney disease. <i>Heart Vessels</i>. 2012 May 23.</li> <li>6. Fu Z, Nakayama T, Sato N, Izumi Y, Kasamaki Y, Shindo A, Ohta M, <u>Soma M</u>, Aoi N, Sato M, Ozawa Y, Ma Y. Haplotype-based case-control study of CYP4A11 gene and myocardial infarction. <i>Hereditas</i>. 2012 Jun;149(3):91-98.</li> <li>7. Abe M, Maruyama N, Suzuki H, Fujii Y, Ito M, Yoshida Y, Okada K, <u>Soma M</u>. Additive renoprotective effects of aliskiren on angiotensin receptor blocker and calcium channel blocker treatments for type 2 diabetic patients with albuminuria. <i>Hypertens Res</i>. 2012 Aug;35(8):874-81</li> <li>8. Abe M, Maruyama N, Suzuki H, Inoshita A, Yoshida Y, Okada K, <u>Soma M</u>. L/N-type calcium channel blocker cilnidipine reduces plasma aldosterone, albuminuria, and urinary liver-type fatty acid binding protein in patients with chronic kidney disease. <i>Hypertens Res</i>. 2012 Aug;35(8):874-81.</li> <li>9. Jiang J, Nakayama T, Shimodaira M, Sato N, Aoi N, Sato M, Izumi Y, Kasamaki Y, Ohta M, <u>Soma M</u>, Matsumoto K, Kawamura H, Ozawa Y, Ma Y. A haplotype of the SMTN gene associated with myocardial infarction in Japanese women. <i>Genet Test Mol Biomarkers</i>. 2012 Sep;16(9):1019-26.</li> <li>10. Kajiwara M, Ueno T, <u>Fukuda N</u>, Matsuda H, Shimokawa T, Kitai M, Tsunemi A, Fuke Y, Fujita T, Matsumoto K, <u>Matsumoto Y</u>, Ra C, <u>Soma M</u>. Development of pyrrole-imidazole polyamide targeting fc receptor common gamma chain for the treatment of immune-complex related renal disease. <i>Biol Pharm Bull</i>. 2012;35(11):2028-35.</li> </ol>
--	--



11. Shimizu C, Fujita T, Fuke Y, Yabuki M, Kajiwaru M, Hemmi S, Satomura A, Soma M. Effects of cyclosporine on bone mineral density in patients with glucocorticoid-dependent nephrotic syndrome in remission. *Int Urol Nephrol*. 2012 Sep 7
12. Jiang J, Nakayama T, Shimodaira M, Sato N, Aoi N, Sato M, Izumi Y, Kasamaki Y, Ohta M, Soma M, Matsumoto K, Kawamura H, Ozawa Y, Hinohara S, Doba N, Ma Y. Association of the smoothelin (SMTN) gene with cerebral infarction in men: a haplotype-based case-control study. *Vasc Med*. 2012 Oct;17(5):317-25.
13. Aoi N, Nakayama T, Soma M, Kosuge K, Haketa A, Sato M, Sato N, Hinohara S, Doba N, Asai S. The insulin-like growth factor-1 gene is associated with cerebral infarction in Japanese subjects. *Hereditas*. 2012 Oct;149(5):153-162.
14. Jiang J, Nakayama T, Shimodaira M, Sato N, Aoi N, Sato M, Izumi Y, Kasamaki Y, Ohta M, Soma M, Matsumoto K, Kawamura H, Ozawa Y, Ma Y. Haplotype of smoothelin gene associated with essential hypertension. *Hereditas*. 2012 Oct;149(5):178-185.
15. Suzuki H, Okada K, Abe M, Maruyama N, Yoshida Y, Baba S, Takashima H, Soma M. Aliskiren reduces home blood pressure and albuminuria in patients with hypertensive nephrosclerosis. *Clin Exp Nephrol*. 2012 Nov 9.
16. Abe M, Maruyama N, Suzuki H, Okada K, Soma M. International normalized ratio decreases after hemodialysis treatment in patients treated with warfarin. *J Cardiovasc Pharmacol*. 2012 Dec;60(6):502-7.
17. Haketa A, Soma M, Nakayama T, Kosuge K, Aoi N, Hishiki M, Hatanaka Y, Ueno T, Doba N, Hinohara S. Association between SIRT2 gene polymorphism and height in healthy, elderly Japanese subjects. *Transl Res*. 2013 Jan;161(1):57-8.

## 高野良紀

## 論文

1. M. Maeda, J.-H. Kim, Y.-U. Heo, S. K. Kwon, H. Kumakura, S. Choi, Y. Nakayama, Y. Takano, S. X. Dou, "Superior MgB<sub>2</sub> Superconducting Wire Performance through Oxygen-Free Pyrene Additive", *Applied Physics Express* 5 (2012) 013101 (3 pages).
2. N. Mori, M. Yoshida, S. Katoda, T. Ishibashi, Y. Takano, "Applied Physical Characterization of rare-earth based 123 superconductors by means of paraconductivity study", *Physica C* 471(2011) 1156-1162.

## 高橋悟

## 論文

1. Takayama K, Horie-Inoue K, Suzuki T, Urano T, Ikeda K, Fujimura T, Takahashi S, Homma Y, Ouchi Y, Inoue S.: TACC2 is an androgen-responsive cell cycle regulator promoting androgen-mediated and castration-resistant growth of prostate cancer. *Mol Endocrinol*, 26(5):748-61, 2012.5.
2. Fujimura T, Takahashi S, Urano T, Tanaka T, Zhang W, Azuma K, Takayama K, Obinata D, Murata T, Horie-Inoue K, Kodama T, Ouchi Y, Homma Y, Inoue S.: Clinical significance of steroid and xenobiotic receptor and its targeted gene CYP3A4 in human prostate cancer. *Cancer Sci*, 103:176-80, 2012.
3. Kashimura T, Takahashi S, Nakazawa H.: Successful management of a thick transverse vaginal septum with a vesicovaginal fistula by vaginal expansion and surgery. *Int Urogynecol J*, 23(6): 797-9.2012.6.
4. Hirano D, Okada Y, Nagane Y, Satoh K, Mochida J, Yamanaka Y, Hirakata

	<p>H, Yamaguchi K, Kawata N, <u>Takahashi S</u>, Henmi A.: Intravesical Recurrence after Surgical Management of Urothelial Carcinoma of the Upper Urinary Tract. <i>Urol Int</i>,89:71-77,2012.7.</p> <p>5. Ishizuka O, Matsuyama H, Sakai H, Matsubara A, Nagaoka A, <u>Takahashi S</u>, Takeda M, Ozono S, Shiroki R, Shuin T, Hara I, Kakizaki H, Tsukamoto T, Yamanishi T, Yokoyama O, Kakehi Y, Nishizawa O, the King Study Group: Nocturia potentially influences maintenance of sexual function in elderly men with benign prostatic hyperplasia.<i>LUTS</i>,2012.</p> <p>6. Obinata D, Takayama K, Urano T, Murata T, Kumagai J, Fujimura T, Ikeda K, Horie-Inoue K, Homma Y, Ouchi Y, <u>Takahashi S</u>, Inoue S.:Oct1 regulates cell growth of LNCaP cells and is a prognostic factor for prostate cancer. <i>Int J Cancer</i>, 130: 1021-1028, 2012.</p> <p>7. Obinata D, Takayama K, Urano T, Murata T, Ikeda K, Horie-Inoue K, Ouchi Y, <u>Takahashi S</u>, Inoue S.: ARFGAP3, an androgen target gene, promotes prostate cancer cell proliferation and migration. <i>Int J Cancer</i>, 130:2240-8, 2012.</p> <p>茶園茂 論文</p> <p>1. Haruo Sugi, Hiroki Minoda, Takuya Miyakawa, Suguru Tanokura, <u>Shigeru Chaen</u>, Takakazu Kobayashi. The gas environmental chamber as a powerful tool to study structural changes of living muscle thick filaments coupled with ATP hydrolysis. <i>In Current basic and pathological approaches to the function of muscle cells and tissues-From molecules to Human (ed. H. Sugi)</i> pp.3-26. INTECHOPEN.COM (2012).</p> <p>2. Haruo Sugi, Takakazu Kobayashi, Teizo Tsuchiya, <u>Shigeru Chaen</u>, Seiryu Sugiura. Evidence for the essential role of myosin head lever arm domain and myosin subfragment-2 in muscle contraction. <i>In Skeletal muscle-from myogenesis to clinical relations. (ed. J. Cseri)</i> pp.125-140. INTECHOPEN.COM (2012).</p> <p>3. Takahiro Maruta, Takahiro Kobatake, Hiroyuki Okubo, and <u>Shigeru Chaen</u>. Single turnovers of fluorescent ATP bound to bipolar myosin filament during actin filaments sliding. <i>BIOPHYSICS</i> accepted for publication (2013).</p> <p>塚本新 論文</p> <p>1. T. A. Ostler, J. Barker, R. F. L. Evans, R. Chantrell, U. Atxitia, O. Chubykalo-Fesenko, S. El Moussaoui, L. Le Guyader, E. Mengotti, L. J. Heyderman, F. Nolting, <u>A. Tsukamoto</u>, <u>A. Itoh</u>, D. Afanasiev, B. A. Ivanov, A. M. Kalashnikova, K. Vahaplar, J. Mentink, A. Kirilyuk, Th. Rasing and A. V. Kimel, "Ultrafast Heating as a Sufficient Stimulus for Magnetization Reversal in a Ferrimagnet", <i>Nature Communications</i>, <b>2012</b>, <i>3</i>, 666 (pp. 1-6).</p> <p>2. K. Vahaplar, A. M. Kalashnikova, A. V. Kimel, S. Gerlach, D. Hinzke, U. Nowak, R. W. Chantrell, <u>A. Tsukamoto</u>, <u>A. Itoh</u>, A. Kirilyuk, and Th. Rasing, "All-optical magnetization reversal by circularly-polarized laser pulses: Experiment and multiscale modeling", <i>Physical Review B</i> <b>2012</b>, <i>85</i>, 104402(pp. 1-17).</p> <p>3. A. R. Khorsand, M. Savoini, A. Kirilyuk, A.V. Kimel, <u>A. Tsukamoto</u>, <u>A. Itoh</u>, and Th. Rasing, "Role of Magnetic Circular Dichroism in All-Optical Magnetic Recording", <i>Phys. Rev. Lett.</i> <b>2012</b>, <i>108</i>, 127205-(pp.1-5).</p> <p>4. T. Ohkochi, H. Fujiwara, M. Kotsugi, <u>A. Tsukamoto</u>, K. Arai, S. Isogami, A. Sekiyama, J. Yamaguchi, K. Fukushima, R. Adam, C. M. Schneider, T. Nakamura, K. Kodama, M. Tsunoda, T. Kinoshita, and S. Suga,</p>
--	--

	<p>"Microscopic and Spectroscopic Studies of Light-Induced Magnetization Switching of GdFeCo Facilitated by Photoemission Electron Microscopy", <i>Japanese Journal of Applied Physics</i> <b>2012</b>, <i>51</i>, 073001-(pp. 1-5).</p> <p>5. L. Le Guyader, S. El Moussaoui, M. Buzzi, R. V. Chopdekar, L. J. Heyderman, <u>A. Tsukamoto</u>, <u>A. Itoh</u>, A. Kirilyuk, Th. Rasing, A. V. Kimel, and F. Nolting, "Demonstration of laser induced magnetization reversal in GdFeCo nanostructures", <i>Appl. Phys. Lett.</i> <b>2012</b>, <i>101</i>, 022410.</p> <p>6. R. Medapalli, I. Razdolski, M. Savoini, A. R. Khorsand, A. Kirilyuk, A. V. Kimel, Th. Rasing, A. M. Kalashnikova, <u>A. Tsukamoto</u>, and <u>A. Itoh</u>, "Efficiency of ultrafast laser-induced demagnetization in <math>Gd_xFe_{100-x-y}Co_y</math> alloys", <i>Phys. Rev. B</i> <b>2012</b>, <i>86</i>, 054442(pp. 1-7).</p> <p>7. M. Savoini, R. Medapalli, Koene, A. R. Khorsand, L. Le Guyader, L. Du`o, M. Finazzi, <u>A. Tsukamoto</u>, <u>A. Itoh</u>, F. Nolting, A. Kirilyuk, A. V. Kimel, and Th. Rasing, "Highly efficient all-optical switching of magnetization in GdFeCo microstructures by interference-enhanced absorption of light", <i>Phys. Rev. B</i> <b>2012</b>, <i>86</i>, 140404(R)(pp. 1-5).</p> <p>8. T. Ubana, <u>A. Tsukamoto</u>, and <u>A. Itoh</u>, "Single crystalline isolated grains of L10-ordered FeCuPt prepared by combination of Rapid Thermal Annealing with rapid cooling and additional annealing", <i>Journal of Magnetism</i> (submitted).</p> <p>中川活二 論文</p> <p>1. S. Kishimoto, <u>S. Ohnuki</u>, Y. Ashizawa, <u>K. Nakagawa</u>, and W. C. Chew, "TIME DOMAIN ANALYSIS OF NANOSCALE ELECTROMAGNETIC PROBLEMS BY A BOUNDARY INTEGRAL EQUATION METHOD WITH FAST INVERSE LAPLACE TRANSFORM", <i>J. of Electromagn. Waves and Appl.</i>, <b>26</b>, 997-1006, (2012).</p> <p>2. <u>K. Nakagawa</u>, A. Tajiri, K. Tamura, S. Toriumi, Y. Ashizawa, <u>A. Tsukamoto</u>, <u>A. Itoh</u>, Y. Sasaki, S. Saito, M. Takahashi, and <u>S. Ohnuki</u>, "Thermally Assisted Magnetic Recording Applying Optical Near Field with Ultra Short-Time Heating", <i>J. Magn. Soc. Jpn.</i> (conditional acceptance).</p> <p>3. Yoshito Ashizawa, Takeshi Ota, Kyosuke Tamura, and <u>Katsuji Nakagawa</u>, "Highly Efficient Waveguide by Using Surface Plasmon Polaritons for Thermally Assisted Magnetic Recording", <i>J. Magn. Soc. Jpn.</i> (conditional acceptance).</p> <p>4. K. Tamura, T. Ota, Y. Ashizawa, <u>A. Tsukamoto</u>, <u>A. Itoh</u>, <u>S. Ohnuki</u>, and <u>K. Nakagawa</u>, "Circularly Polarized Light Generated by Plasmon Antenna for All-Optical Magnetic Recording", <i>J. Magn. Soc. Jpn.</i> (conditional acceptance).</p> <p>5. <u>S. Ohnuki</u>, T. Takeuchi, <u>T. Sako</u>, Y. Ashizawa, <u>K. Nakagawa</u>, and M. Tanaka, "Coupled Analysis of Maxwell- Schrödinger Equations by Using the Length Gauge - Harmonic Model of a Nanoplate Subjected to a 2-D Electromagnetic Field -", <i>International Journal of Numerical Modeling; Electronic Networks, Devices and Fields</i> (conditional acceptance).</p> <p>永瀬浩喜 論文</p> <p>1. Kamei T, Aoyama T, Tanaka C, Nagashima T, Aoyama Y, Hayashi H, <u>Nagase H</u>, Ueno T, <u>Fukuda N</u> and <u>Matsumoto Y</u>. Quantitation of pyrrole-imidazole polyamide in rat plasma by high performance liquid chromatography coupled with UV detection. <i>Journal of Biomedicine and Biotechnology</i> 2012 Article ID 715928, 10 pages doi:10.1155/2012/715928.</p> <p>2. Hashizume O, Shimizu A, Yokota M, Sugiyama A, Nakad K, Miyoshi H,</p>
--	---

	<p>Itami M, Ohira M, <u>Nagase H</u>, Takenaga K, and Hayashi J-I. A specific mitochondrial DNA mutation in mice regulates diabetes and lymphoma development. Proc Natl Acad Sci U S A Jun 26;109(26):10528-33 2012.</p> <p>3. Ogawa T, Saiki Y, Shiga K, Chen N, Fukusige S, Sunamura M, <u>Nagase H</u>, Hashimoto S, Matsuura K, Saijo S, Kobayashi T, Horii A.miR-34a is downregulated in cis-diamminedichloroplatinum treated sinonasal squamous cell carcinoma patients with poor prognosis. Cancer Science 2012, in press.</p> <p>4. Sugito K, Kawashima H, Uekusa S, Yoshizawa S, Hoshi R, Furuya T, Kaneda H, Hosoda T, Masuko T, Ohashi K, Ikeda T, <u>Koshinaga T</u>, <u>Fujiwara K</u>, Igarashi J, Ghosh S, Held WA, <u>Nagase H</u>. Identification of Aberrant Methylation Regions in Neuroblastoma by Screening of Tissue-Specific Differentially Methylated Regions. Pediatric Blood &amp; Cancer 2012 in press.</p> <p>5. Pandian GN, Nakano Y, Sato S, Morinaga H, Bando T, <u>Nagase H</u>, and Sugiyama H. A synthetic small molecule for rapid induction of multiple pluripotency genes in mouse embryonic fibroblasts. Scientific Reports 2, Article number:544, 2012 DOI:10.1038/srep00544.</p> <p>6. Sekine H, Chen N, Sato K, Saiki Y, Yoshino Y, Umetsu Y, Jin G, <u>Nagase H</u>, Gu Z, Fukushige S, Sunamura, A Horii. S100A4, Frequently Overexpressed in Various Human Cancers, Accelerates Cell Motility in Pancreatic Cancer Cells. BBRC 2012 in press.</p> <p>著書</p> <p>1. 永瀬浩喜, エピジェネティクス疾患の新治療, チャイルドヘルス, 診断と治療社, Vol.15, No.3, Page 38-41, 2012 年.</p> <p>2. 「遺伝子疾患モデルの作成と利用—がん」 第 7 章, 皮膚および運動器系, 第 1 節, 表皮腫瘍誘発モデル, 永瀬浩喜, 2012 年 10 月 30 日 発刊.</p> <p>西宮伸幸 論文</p> <p>1. 西宮伸幸, “水素貯蔵材料開発の将来展望”, 水素エネルギーシステム <b>2012</b>, 37, 348-353.</p> <p>橋本拓也 論文</p> <p>1. E. Niwa, C. Uematsu, <u>T. Hashimoto</u>, “Sintering temperature dependence of conductivity, porosity and specific surface area of <math>\text{LaNi}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_3</math> ceramics as cathode material for solid oxide fuel cells-Superiority of Pechini method among various solution mixing processes-”, <i>Mater. Res. Bull.</i> <b>2013</b>, 48, 1-6.</p> <p>2. E. Niwa, C. Uematsu, <u>T. Hashimoto</u>, “Evaluation of specific surface area and pore size distribution of <math>\text{LaNi}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_3</math> ceramics prepared using Pechini method by <math>\text{N}_2</math> Adsorption method—Optimization of sintering temperature as cathode material of solid oxide fuel cells.”, <i>J. Amer. Ceram. Soc.</i> <b>2012</b>, 95, 3802-3806.</p> <p>3. <u>T. Hashimoto</u>, E. Niwa, C. Uematsu, E. Miyashita, T. Ohzeki, K. Shozugawa, M. Matsuo, “Chemical state of Fe in <math>\text{LaNi}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_3</math> and its effect on electrical conduction property.”, <i>Hyperfine Interact.</i> <b>2012</b>, 206, 47-50.</p> <p>解説</p> <p>1. 杉本隆之, <u>橋本拓也</u>, “X 線回折と熱分析による <math>\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{ZrO}_3</math> の状態図の作成と新たなプロトン導電体の探索”, 熱測定, <b>2012</b>, 39, 54-60.</p> <p>福田昇</p>
--	---

	<p>論文</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Serie K, <u>Fukuda N</u>, Nakai S, Matsuda H, Maruyama T, Murayama Y, Omata S. pyrrole-imidazole polyamide targeting transforming-growth factor b1 ameliorates encapsulating peritoneal sclerosis. <i>Peritoneal Dialysis International</i> 32(4):462-72 2012, 1.</li> <li>2. Han Y, <u>Fukuda N</u>, Ueno T, Endo M, Ikeda K, Xueli Z, Matsumoto T, <u>Soma M</u>, Matsumoto K. Role of complement 3a in the synthetic phenotype and angiotensin II-production in vascular smooth muscle cells from spontaneously hypertensive rats. <i>American Journal of Hypertension</i>. 25(3):284-289, 2012, 3.</li> <li>3. Kamei T, Aoyama T, Tanaka C, Nagashima T, Aoyama Y, Hayashi H, <u>Nagase H</u>, Ueno T, <u>Fukuda N</u>, <u>Matsumoto Y</u>. Quantitation of pyrrole-imidazole polyamide in rat plasma by high performance liquid chromatography coupled with UV detection. <i>Journal of Biomedicine and Biotechnology</i> 2012, 6.</li> <li>4. Kajiwara M, Ueno T, <u>Fukuda N</u>, Matsuda H, Shimokawa T, Kitai M, Tsunemi A, Matsumoto K, <u>Matsumoto Y</u>, Ra C, <u>Soma M</u>. Development of PI polyamide targeting Fc receptor common gamma chain for the treatment of immune-complex related renal disease. <i>Biological &amp; Pharmaceutical Bulletin</i> 35(11):2028-2035, 2012, 9.</li> <li>5. Iijima H, Daikonya A, Takamatsu S, Kanno A, Magariyama K, Yoshikawa K, Takamiya T, Ueda Y, Yakubo S, Matsumoto T, Ueno T, Yamori Y, <u>Fukuda N</u>, Kitanaka S. Effects of the herbal medicine composition "Saiko-ka-ryukotsu-borei-To" on the function of endothelial progenitor cells in hypertensive rats. <i>Phytomedicine</i>. 2012, 11.</li> </ol> <p>藤原恭子 論文</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kawashima H, Sugito K, Yoshizawa S, Uekusa S, Furuya T, Ikeda T, <u>Koshinaga T</u>, Shinojima Y, Hasegawa R, Mishra R, Igarashi J, Kimura M, Wang X, <u>Fujiwara K</u>, Gosh S and <u>Nagase H</u>. DNA hypomethylation at the ZNF206-exon 5 CpG island associated with neuronal differentiation in mice and development of neuroblastoma in humans. <i>International Journal of Oncology</i>. 2012 Jan 40(1): 31-9.</li> <li>2. Sugito K, Kawashima H, Uekusa S, Yoshizawa S, Hoshi R, Furuya T, Kaneda H, Hosoda T, Masuko T, Ohashi K, Ikeda T, <u>Koshinaga T</u>, <u>Fujiwara K</u>, Igarashi J, Ghosh S, Held WA, <u>Nagase H</u>. Identification of aberrant methylation regions in neuroblastoma by screening of tissue-specific differentially methylated regions. <i>Pediatr Blood Cancer</i>. 2012 Aug 21. doi: 10.1002/pbc.24282.</li> <li>3. Kobayashi Y, <u>Fujiwara K</u>, Hatta Y, Takeuchi J, Shinojima Y, Kawashima H, Igarashi J, <u>Soma M</u>, <u>Nagase H</u>. Identification of novel genomic regions with aberrant cytosine methylation in hematological malignancies. <i>Annals of Cancer Research and Therapy</i>, <i>in press</i></li> <li>4. Takagi K, <u>Fujiwara K</u>, Takayama T, Mamiya T, <u>Soma M</u>, <u>Nagase H</u>. DNA hypermethylation of <i>Zygote arrest 1 (ZAR1)</i> in hepatitis C virus positive related hepatocellular carcinoma. <i>SpringerPlus in press</i></li> </ol> <p>舩廣善和 著書</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 舩廣善和, 「目的別で選べる遺伝子導入プロトコール」(実験医学別冊), 4章2「エレクトロポレーション法による細胞・組織への導入」-1「培養細胞への NEPA21 を用いた遺伝子導入」, 2012年, 担当; 83-89ページ(全252ページ), 表紙写真にも採用, 羊土社</li> </ol>
--	---

	<p>松下祥子 論文</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. “Effect of Partial UV Illumination on a Mixture of Water and a Methylene Blue Solution in a Microchannel Coated with TiO<sub>2</sub>” M Sakai, Y. Morii, D. Kobayashi, T. Furuta, T. Isobe, <u>S. Matsushita</u>, A. Fujishima, A. Nakajima, <i>Appl. Surf. Sci.</i>, in press</li> <li>2. “Preparation of a Porous Magnetic Filter for O<sub>2</sub> Gas Concentration,” T. Isobe, K. Yanagisawa, <u>S. Matsushita</u>, A. Nakajima, <i>J. Ceram. Soc. Japan.</i>,</li> <li>3. “Preparation and Photocatalytic Activity of Porous Spherical TiO<sub>2</sub> Particles Comprised of H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub> in Hydrophobic Nanopores,” K. Yasui, T. Isobe, <u>S. Matsushita</u>, A. Nakajima, <i>J. Mater. Sci.</i>, 48, 2290-2298 (2013).</li> <li>4. “Adsorption and Adhesion of Poly(vinyl alcohol) and Poly(ammonium acrylate) as Organic Additives for Wet Mold Processing of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,” T. Isobe, M. Nakanome, K. Nakazono, <u>S. Matsushita</u>, A. Nakajima, <i>Ceram. Int.</i>, in press.</li> <li>5. “Simulation design for rutile-TiO<sub>2</sub> nanostructures with a large complete-photonic bandgap in electrolytes,” <u>S. Matsushita</u>, M. Hayashi, T. Isobe, A. Nakajima, <i>Crystals</i>, 2, 1483-1491(2012)</li> <li>6. “Photocatalytic Activity and Photoinduced Hydrophilicity of Brookite-Heteropolyacid Hybrid Films,” K. Pruethiarenun, T. Isobe, <u>S. Matsushita</u>, A. Nakajima, <i>Appl. Catal. A Gen.</i>, 445-446, 274-279.</li> <li>7. “Preparation and visible-light photocatalytic activity of Cu-grafted rutile fine powder from selective leaching of BaTiO<sub>3</sub>,” N. Yamamoto, T. Isobe, <u>S. Matsushita</u>, A. Nakajima, <i>J. Ceram. Soc. Jpn.</i>, in press.</li> <li>8. “Ultrasonication Effects on the Visible-light Photocatalytic Activity of Au-modified TiO<sub>2</sub> Powder,” T. Nogawa, T. Isobe, <u>S. Matsushita</u>, A. Nakajima, <i>Mater. Lett.</i>, 90, 79-82 (2013).</li> <li>9. “Preparation and catalytic activity of metaloxide spherical particles using organic monolith template,” <u>S. Matsushita</u>, T. Nogawa, T. Isobe, A. Nakajima, <i>Polymer Preprints, Japan</i>, 61, 2661-2662 (2012)</li> <li>10. “SF<sub>6</sub> based Deep Reactive Ion Etching of (001) Rutile TiO<sub>2</sub> Substrate for Photonic Crystal Structure with Wide Complete Photonic Band Gap,” A. Matsutani, M. Hayashi, Y. Morii, K. Nishioka, T. Isobe, A. Nakajima and <u>S. Matsushita</u>, <i>Jpn. J. Appl. Phys.</i>, 51, 098002 (2012).</li> <li>11. “Preparation and Visible-light Photocatalytic Activity of Au- and Cu-modified TiO<sub>2</sub> Powders,” T. Nogawa, T. Isobe, <u>S. Matsushita</u>, A. Nakajima, <i>Mater. Lett.</i>, 82, 174-177 (2012).</li> <li>12. “Direct Observation of the Wetting Mode Transition during Evaporation of Water Droplets on Superhydrophobic Surfaces with Random Roughness Structure,” T. Furuta, T. Isobe, M. Sakai, <u>S. Matsushita</u>, A. Nakajima, <i>J. Jpn. Colour. Mater.</i>, 85[5], 191-195 (2012).</li> <li>13. “Anion-Specific Effects on the Interaction Forces between Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Surfaces and Dispersibility of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> colloids in Electrolyte Solutions,” T. Isobe, Y. Nakagawa, M. Hayashi, <u>S. Matsushita</u>, A. Nakajima, <i>Colloid. Surf. A</i>, 397, 233-237 (2012).</li> <li>14. “Wetting Mode Transition of Water Droplets by Electrowetting on Highly Hydrophobic Surfaces Coated with Two Different Silanes,” T. Furuta, M. Sakai, T. Isobe, <u>S. Matsushita</u>, A. Nakajima, <i>Chem. Lett.</i> <b>2012</b>, 41, 23-25.</li> <li>15. “Wetting Mode Transition of Nanoliter Scale Water Droplets during Evaporation on Superhydrophobic Surfaces with Random Roughness Structure,” T. Furuta, T. Isobe, M. Sakai, <u>S. Matsushita</u>, A. Nakajima, <i>Appl. Surf. Sci.</i>, <b>2012</b>, 258, 2378-2383.</li> <li>16. “Preparation of Porous Spherical ZrO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> Composite Particles using</li> </ol>
--	--

	<p>Templating and Its Solid Acidity by H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Treatment,” S. Uchiyama, T. Isobe, <u>S. Matsushita</u>, K. Nakajima, M. Hara, A. Nakajima, <i>J. Mater. Sci.</i>, <b>2012</b>, 47, 341-349.</p> <p>17. “Six-rayed star-like nanostructures in prospective plasmonic devices,” T. Miyamoto, S. Saito, T. Isobe, A. Nakajima, <u>S. Matsushita</u>, <i>Chem.Comm.</i>, <b>48 (11)</b>, 1668-1670 (2012).</p> <p>18. “Activation of the spontaneous motion of a nitrobenzene droplet by chlorobenzene blending,” <u>S. Matsushita</u>, S. Tanaka, K. Yoshida, K. Kobayashi, Y. Tsuruki, Y. Shibuya, T. Isobe, and A. Nakajima, <i>Colloids and Surfaces A.</i>, <b>2012</b>, 395, 232-239.</p> <p><b>松本宜明</b> 論文</p> <p>1. Kamei T, Aoyama T, Tanaka C, Nagashima T, Aoyama Y, Hayashi H, <u>Nagase H</u>, Ueno T, <u>Fukuda N</u>, and <u>Matsumoto Y</u>, Quantitation of Pyrrole-Imidazole Polyamide in Rat Plasma by High-Performance Liquid Chromatography Coupled with UV Detection, <i>J Biomed Biotechnol.</i> Vol. 2012 (2012), doi:10.1155/2012/715928.</p> <p>2. Kajiwara M, Ueno T, <u>Fukuda N</u>, Matsuda H, Shimokawa T, Kitai M, Tsunemi A, Fuke Y, Fujita T, Matsumoto K, <u>Matsumoto Y</u>, Ra C, <u>Soma M</u>. Development of pyrrole-imidazole polyamide targeting fc receptor common gamma chain for the treatment of immune-complex related renal disease. <i>Biol Pharm Bull.</i> 2012;35(11):2028-35.</p> <p><b>山崎恒樹</b> 論文</p> <p>1. R. Ozaki and <u>T. Yamasaki</u>, “Propagation Characteristics of Dielectric Waveguides with Arbitrary Inhomogeneous Media along the Middle Layer,” <i>IEICE Trans. Electron</i>, <b>2012</b>, E95-C, 1, 53-62.</p> <p>2. <u>S. Ohnuki</u>, T. Mochizuki, K. Kobayashi, and <u>T. Yamasaki</u>, “Optimization of Field Decomposition for a Mode Matching Technique,” <i>IEICE Trans. Electron</i>, <b>2012</b>, E95-C, 1, 101-104.</p> <p>3. R. Ozaki and <u>T. Yamasaki</u>, “Distribution of Energy Flow by Dielectric Waveguide with Rhombic Dielectric Structure along a Middle Layer,” <i>IEICE ELEX</i>, <b>2012</b>, vol.9, 7, 698-705.</p>
<p>外部資金の 獲得状況</p>	<p><b>浅田泰男</b> 応募中研究費</p> <p>1. <u>浅田泰男</u>, 三菱化学テクノロジーサーチ, 奨励研究寄付金, 800,000 円.</p> <p><b>伊掛浩輝</b> 獲得研究費</p> <p>1. <u>伊掛浩輝</u>, “電場誘起による高結晶・高配向化ポリ乳酸フィルムの作製と力学的・熱的性質の評価”, 2012 年度科学研究費 (若手研究) 獲得支援研究, 500,000 円.</p> <p>応募中研究費</p> <p>1. <u>伊掛浩輝</u>, “電場誘起による高結晶・高配向化ポリ乳酸フィルムの作製とモルフォロジー変化”, 2013-2014 年度科学研究費補助金若手研究 (B), 2,378,000 円.</p> <p><b>石田浩</b> 獲得研究費</p>

<p>1. 石田浩, “トポロジカル絶縁体の電子構造の理論計算”, 2012-2014 年度科学研究費補助金基盤研究 (C) (一般), 3,000,000 円.</p> <p><b>伊藤彰義</b> 獲得研究費</p> <p>1. 伊藤彰義, 塚本新, “熱アシスト磁気記録用複合磁性膜の検討”, SRC 情報ストレージ研究推進機構, 2012, 奨励研究寄付金, 1,300,000 円.</p> <p>2. 伊藤彰義, 塚本新, “MRAM に関する超短パルスレーザーによる磁化応答計測・制御”, 株式会社サムスン横浜研究所, 2012, 奨励研究寄付金, 1,000,000 円</p> <p>3. 伊藤彰義, 中川活二, 塚本新, “電荷分布可視化装置システム改善と誘電体上電位解析に関する研究”, トレック・ジャパン (株), 2012, 委託研究費, 1,600,000 円</p> <p>4. 伊藤彰義, 中川活二, 塚本新, “電荷分布可視化装置用探針加工法の改良(2)“, トレック・ジャパン (株), 2012, 委託研究費, 1,000,000 円</p> <p><b>井上修一郎</b> 獲得研究費</p> <p>1. 井上修一郎, “超伝導光子検出器による量子もつれ波長多重量子暗号通信技術に関する研究”, 総務省戦略的情報通信研究開発推進制度 (2010 年~2012 年) : 2012 年度 845 万円</p> <p><b>岩田展幸</b> 獲得研究費</p> <p>1. (財)カシオ科学振興財団 研究協賛事業 平成 24 年度 総額 100 万円 「酸化物人工超格子構造における強誘電性強磁性マルチフェロイック特性および巨大電気磁気効果の室温発現」</p> <p>応募中研究費</p> <p>1. (財)日本板硝子材料工学助成会研究助成金, 平成 25 年度総額 120 万円, 「酸化物ヘテロ構造界面によって発現する強誘電性強磁性マルチフェロイック特性および巨大電気磁気効果」</p> <p>2. (財)双葉電子記念財団自然科学研究助成, 平成 25 年度総額 200 万円, 「電界誘起型磁化反転のブレイクスルー」</p> <p>3. 科学研究費補助金・基盤研究(C), 平成 25~27 年, 総額 484 万円, 「ヘテロ接合界面によって可能となる磁化反転および強誘電性強磁性特性の室温電界制御」</p> <p><b>大月穰</b> 獲得研究費</p> <p>1. 大月穰, “貴金属を用いない超分子光触媒の創製”, 科研費基盤研究 (C) (一般) (H24~H26) 2,000,000 円 (3 年間 4,200,000 円).</p> <p>応募中研究費</p> <p>1. 大月穰, “還元グラフェンオキシド電極を用いた有機太陽電池の開発”, Sahabul Alam 招致, 平和中島財団, 2013 (平成 25) 年度外国人研究者等招致助成, 1,500,000 円.</p> <p>2. 大月穰, “配位ポリマーを用いた光捕集アンテナの創製”, 科研費新学術領域研究「人工光合成」(H25~H26) 2,000,000 円 (2 年間 4,000,000 円).</p>
--



<p><b>大貫進一郎</b> 獲得研究費</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 大貫進一郎, 中川活二, 伊藤彰義, 塚本新, 芦澤好人, “ナノアンテナ励起局所的円偏光を用いた次世代超高速光直接記録への挑戦”, 2010-2012 年度科学研究費補助金基盤研究 (C) (一般), 3,400,000 円.</li> <li>2. 大貫進一郎, 中川活二 “複素周波数領域積分方程式法を用いた超高速電磁界解析による局所的円偏光励起ナノアンテナの最適化設計”, カシオ科学振興財団, 1,000,000 円.</li> </ol> <p>応募中研究費</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 大貫進一郎, 中川活二, 佐甲徳栄, 塚本新, 芦澤好人, “古典・量子混合計算による超短時間光物質相互作用の解明と超高速磁気記録への応用”, 2013-2015 年度科学研究費補助金基盤研究 (C) (一般), 4,995,000 円.</li> </ol> <p><b>加野浩一郎</b> 獲得研究費</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 加野浩一郎, “脱分化および多能性獲得機構の解明”, 2010~2012 年度科学研究費補助金基盤研究 (C) (一般), 1,000,000 円</li> <li>2. 加野浩一郎 “皮下脂肪組織由来の成熟脂肪細胞を起源とする非侵襲的多能性細胞の取得技術の開発” 平成 22~24 年度 先端医療産業化研究事業、14,510,000 円</li> </ol> <p><b>桑本剛</b> 応募中研究費</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 桑本剛, 平成 25 年度科学研究費補助金基盤研究(C), 日本学術振興会, 4,145,000 円, 気体ボース凝縮体中への高次渦度量子渦の形成およびダイナミクスの解明.</li> <li>2. 桑本剛, 平成 25 年度自然科学研究助成, 公益財団法人双葉電子記念財団, 1,000,000 円, 気体ボース凝縮体中への高次渦度を持つ量子渦の生成.</li> </ol> <p><b>越永従道</b> 獲得研究費</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 越永従道, “ベックウィズウィードマン症候群および腎芽腫瘍の刷り込み現象: その化学調節研究”, 2010-2012 年度科学研究費補助金基盤研究 (C), 5,000,000 円.</li> <li>2. 檜山英三, “希少小児がんである肝芽腫に対する薬剤開発戦略としての国際共同臨床試験に関する研究”, 2012-2013 年度科学研究費補助金基盤研究 (C), 200,000 円.</li> </ol> <p>応募中研究費</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 越永従道, “小児悪性固形腫瘍における OCT4 遺伝子の発現抑制による抗癌剤抵抗性の検討”, 2013-2015 年度科学研究費補助金基盤研究 (C), 5,000,000 円.</li> </ol> <p><b>十代健</b> 応募中研究費</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 十代健, 若手研究 (A), 科学研究費補助金, 23,680,000 円, アセチリド集合体のナノらせん構造.</li> </ol> <p><b>佐甲徳栄</b> 獲得研究費</p>
---

<p>1. 佐甲徳栄, “人工原子における多体波動関数と電子集団の動力学”, 2011-2013 年度科学研究費補助金基盤研究 (C), 5,200,000 円 (直接経費 4,000,000 円, 間接経費 1,200,000 円).</p> <p><b>鈴木薫</b> 獲得研究費</p> <p>1. 鈴木薫, 小野隆, 三浦光, 塩野光弘, 李和樹, 木村元昭, 吉田幸司, 梅村靖弘, 田辺光昭“ナノ・マイクロバブルの発生と応用に関する研究”, 平成 23 年度 (2011 年度) 日本大学理工学部プロジェクト研究, 2011 年度, 10,000,000 円, 2012 年度, 5,000,000 円, 研究代表者</p> <p>2. 鈴木薫, 小野隆, 門馬英一郎, 胡桃聡: “消霧に関する研究”, <b>平成 24 年度</b>, 委託研究「アイアールエフ(株)」2,625,000 円, 研究代表者</p> <p>応募中研究費</p> <p>1. 科学研究費 (基盤 (C)) 平成 25~27 年度, 4950 千円, 「ナノマイクロバブル粒径を制御する圧電素子ノズルのレーザ集束イオンビーム加工」</p> <p><b>相馬正義</b> 獲得研究費</p> <p>1. 相馬正義, “ゲノム化学に基づく先進医療開発研究拠点” 2011-2015 年度, 私立大学戦略的研究基盤形成支援事業, 文部科学省, 44,080,000 円 (内 20,630,000 円日大拠出金)</p> <p>2. 相馬正義, “PI ポリアミドによる MYC 下流遺伝子の発現抑制と抗腫瘍効果の検討” 2011-2013 年度科学研究費補助金基盤研究 (C), 4,550,000 円</p> <p><b>高橋悟</b> 獲得研究費</p> <p>1. 大日方大亮, “ピロール・イミダゾールポリアミドを用いた前立腺癌関連融合遺伝子発現抑制の検討”, 2012-2013 年度科学研究費補助金若手研究 (B), 4,290,000 円</p> <p>2. 大日方大亮, “ピロール・イミダゾール(PI)ポリアミドを用いた、前立腺癌新規遺伝子治療薬の検討”, 第 6 回日本泌尿器科学会ヤングリサーチグラント, 50,000 円</p> <p><b>茶園茂</b> 獲得研究費</p> <p>1. 大月穰, 茶園茂, 羽柴秀臣, 大貫進一郎, “分子回転子の構築とその制御”, 科学研究費補助金, 平成 22 年度新学術領域研究 (公募研究), 4,600,000 円 (2010 年度 2,300,000 円, 2011 年度 2,300,000 円).</p> <p>2. 平成 22 年度日本学術振興会外国人特別研究員</p> <p><b>塚本新</b> 獲得研究費</p> <p>1. 伊藤彰義, 塚本新, “熱アシスト磁気記録用複合磁性膜の検討”, SRC 情報ストレージ研究推進機構, 2012, 奨励研究寄付金, 1,300,000 円.</p> <p>2. 塚本新, 齊藤 英治, “光スピン間相互作用を利用した、スピン流の高速計測と制御”, 東北大学金属材料研究所研究部共同研究, 2012, 東北大学金属材料研究所, 300,000 円.</p> <p>3. 伊藤彰義, 塚本新, “MRAM に関する超短パルスレーザーによる磁化応答計測・制御”, 株式会社サムスン横浜研究所, 2012, 奨励研究寄付金, 1,000,000 円</p> <p>4. 伊藤彰義, 中川活二, 塚本新, “電荷分布可視化装置システム改善と</p>
---

	<p>誘電体上電位解析に関する研究”, トレック・ジャパン(株), 2012, 委託研究費, 1,600,000 円</p> <p>5. 伊藤彰義, 中川活二, 塚本新, “電荷分布可視化装置用探針加工法の改良(2)“, トレック・ジャパン(株), 2012, 委託研究費, 1,000,000 円</p> <p>応募中研究費</p> <p>1. 塚本新(代表者), 中川活二(分担者の一人), 文科省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業, 約 5 億円(497,800 千円)(本部承認額)(内文科省補助申請予定額: 248,900 千円), 超短時間光・物質相互作用の理解・制御が切り開く新材料・物性・デバイスの探索と創生. 申請予定(日本大学本部申請承認済み)</p> <p>2. 塚本新(日本側申請代表者), 中川活二(分担者の一人), EU 側代表 Prof. Theo Rasing(Radboud Univ.) 独立行政法人科学技術振興機構(JST) および欧州委員会研究・イノベーション総局(EC DG RTD) 共同国際科学技術共同研究推進事業(戦略的国際共同研究プログラム) H25 年度募集, 日本-EU 共同研究課題「希少元素代替材料」, 日本チーム(3 大学 1 研究所), 申請予算総額(JST 負担): 約 2 億円(197,626 千円), EU チーム(3 大学 1 研究所), 申請予算総額(EC DG RTD 負担): 約 180 万ユーロ(補助額), Next generation Magnetic materials without the Critical COmponents Rare Earths</p> <p>3. 塚本新(分担者の一人), 平成 25 年度(2013 年度)新学術領域研究(研究領域提案型), 分担金予定額 65,000 千円(H25~H29), 領域名: 革新的エネルギーハーベスティングを目指したスピン変換手法の確立(分担役割: 光学的スピン変換).</p> <p>中川活二</p> <p>獲得研究費</p> <p>1. 中川活二, “近接場光アンテナ励起局所円偏光生成による次世代高速度・高密度磁気記録”, 科学研究費補助金, 基盤研究(C), 4,990,000 円(H23 年度 3,770,000 円, H24 年度 780,000 円, H25 年度 910,000 円).</p> <p>2. 中川活二, “超微細光スポットの熱アシストヘッド設計”, 研究奨励寄付金, 情報ストレージ研究推進機構, H24.7~H25.8, 1,300,000 円.</p> <p>3. 伊藤彰義, 中川活二, 塚本新, “電荷分布可視化装置システム改善と誘電体上電位解析に関する研究”, トレック・ジャパン(株), 委託研究費, 1,600,000 円</p> <p>4. 伊藤彰義, 中川活二, 塚本新, “電荷分布可視化装置用探針加工法の改良(2)“, トレック・ジャパン(株), 委託研究費, 1,000,000 円</p> <p>5. 芦澤好人, 中川活二, “超高速磁気情報センサ実現のための高機能表面プラズモン薄膜材料開発”, 財団法人双葉電子記念財団, 平成 24 年度自然科学研究助成, 1,800,000 円</p> <p>6. 芦澤好人, 中川活二, “超高速磁気センサのための表面プラズモン共鳴の巨大磁気応答性と光誘起起電力”, 公益財団法人カシオ科学振興財団 第 29 回(平成 23 年度)研究助成, 1,000,000 円</p> <p>応募中研究費</p> <p>1. 塚本新(代表者), 中川活二(分担者の一人), 文科省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業, 約 5 億円(497,800 千円)(本部承認額)(内文科省補助申請予定額: 248,900 千円), 超短時間光・物質相互作用の理解・制御が切り開く新材料・物性・デバイスの探索と創生. 申請予定(本部申請承認済み)</p> <p>2. 塚本新(日本側申請代表者), 中川活二(分担者の一人), EU 側代表 Prof. Theo Rasing(Radboud Univ.) 独立行政法人科学技術振興機構</p>
--	--

	<p>(JST) および欧州委員会研究・イノベーション総局 (EC DG RTD) 共同国際科学技術共同研究推進事業 (戦略的国際共同研究プログラム) H25 年度募集, 日本-EU 共同研究課題, 「希少元素代替材料」, 日本チーム (3 大学 1 研究所)、申請予算総額 (JST 負担): 約 2 億円 (197,626 千円), EU チーム (3 大学 1 研究所)、申請予算総額 (EC DG RTD 負担): 約 180 万ユーロ (補助額), Next generation Magnetic materials without the Critical Components Rare Earths</p> <p>3. <u>大貫進一郎</u> (研究代表者), <u>中川活二</u> (連携研究者の一人), “古典・量子混合計算による超短時間光物質相互作用の解明と超高速磁気記録への応用”, 科学研究費補助金, 基盤研究(C), 4,995,000 円 (H23 年度 2,565,000 円, H24 年度 1,155,000 円, H25 年度 1,275,000 円).</p> <p><b>西宮伸幸</b> 応募中研究費</p> <p>1. <u>西宮伸幸</u>, 貴金属に関わる研究助成金 (田中貴金属), 500,000 円, B-C-N 系マトリックスに Pt-Pd-TM (遷移金属) 系水素解離・再結合中心を表面分散させた革新的水素貯蔵材料の開発</p> <p>2. <u>西宮伸幸</u>, 平成 25-27 年度科学研究費補助金 基盤研究(C), 4,890,000 円, 空気輸送可能なマグネシウム系水素貯蔵材料</p> <p><b>羽柴秀臣</b> 応募中研究費</p> <p>1. <u>羽柴秀臣</u>, 平成 25 年度科学研究費若手研究 (B), 3,600,000 円, 量子ドットの多光子プラズマ励起の解明.</p> <p><b>福田昇</b> 獲得研究費</p> <p>1. <u>羅智靖</u>, <u>福田昇</u>, 他. 平成 20-24 年度. 文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業. 炎症と難治性免疫・アレルギー疾患の分子細胞医学 (6000 万円/年).</p> <p>2. <u>相馬正義</u>, <u>福田昇</u>, <u>松本宜明</u>, <u>高橋悟</u>, <u>越永従道</u>, <u>藤原恭子</u>, 他. 平成 23-27 年度文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業. DNA 認識化合物を利用したゲノム創薬 (4,500 万円/年).</p> <p>3. <u>松本紘一</u> (代表), <u>福田昇</u> (分担). 平成 24-26 年度文部科学省科学研究費基盤研究 (C). 腎炎に対する新規遺伝子制御薬 PI ポリアミドの開発 (400 万円/3 年).</p> <p>4. <u>福田昇</u> (代表). 平成 24-26 年度文部科学省科学研究費基盤研究 (C). 高血圧病態における補体 C3 の役割 (410 万円/3 年).</p> <p>5. <u>福田昇</u> (代表). 平成 24-26 年度文部科学省科学研究費基盤研究 (C). 高血圧病態における補体 C3 の役割 (410 万円/3 年).</p> <p><b>藤原恭子</b> 獲得研究費</p> <p>1. <u>藤原恭子</u>, “ヒト有棘細胞癌におけるゲノムメチル化変異の解析”2012-2014, 科学研究費助成事業基盤研究(C), 5,200,000 円</p> <p>応募中研究費</p> <p>1. <u>藤原恭子</u>, “癌幹細胞を標的とした低温大気圧プラズマ療法の開発”, 2013-2014 年度科学研究費助成事業新学術領域 6,000,000 円</p> <p><b>舩廣善和</b> 獲得研究費</p> <p>1. 科学研究費補助金基盤(C)、日本学術振興会、研究期間 2012-2014 年度、資金額; 2012 年度: 1820 千円 (直接経費: 1400 千円, 間接経費:</p>
--	--

	<p>420 千円) 2013 年度 : 1820 千円 (直接経費 : 1400 千円, 間接経費 : 420 千円) 2014 年度 : 1820 千円 (直接経費 : 1400 千円, 間接経費 : 420 千円)、課題名「分解耐性型細胞膜透過性タンパク質による細胞分化/寿命制御システムの開発」</p> <p><b>松本宜明</b> 獲得研究費</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>「新薬創出プロセスのための PK/PD モデリングに関する研究」奨学寄付金 100 万円 (中外製薬株式会社) 平成 24 年 5 月 22 日</li> <li>「薬物動態試験における PK/PD 解析に関する研究」奨学寄付金 50 万円 (日本たばこ産業株式会社) 平成 24 年 8 月 10 日</li> </ol> <p><b>山崎恒樹</b> 獲得研究費</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>山崎恒樹、尾崎亮介, “エアホール形フォトニクス結晶導波路の電磁界解析”, 2012 年日本大学量子科学研究所研究費, 300,000 円.</li> </ol> <p>応募中研究費</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>山崎恒樹, 平成 25 年科研費一般 C, 3,750,000 円, メタマテリアル構造の新しい解析法およびその応用に関する研究.</li> </ol>
<p>その他の成果</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>英国物理学会 <b>Journal of Physics B</b> 誌の <b>Highlight of 2011 に選出</b>. H. Shibayama, Y. Yasaku, T. Kuwamoto, "Vortex nucleation in Bose-Einstein condensates confined in a QUIC trap by topological phase imprinting", <i>J. Phys. B</i> <b>2011</b>, <i>44</i>, 075302.</li> <li>英国物理学会 <b>IOP Select Paper</b> に選出. T. Sako, J. Paldus, A. Ichimura, G. H. F. Diercksen, "Origin of the first Hund rule and the structure of Fermi holes in two-dimensional He-like atoms and two-electron quantum dots", <i>J. Phys. B</i> <b>2012</b>, <i>45</i>, 235001.</li> <li>欧州物理学会 <b>Europhysics News</b> に掲載 (1 月号予定) . T. Sako, J. Paldus, A. Ichimura, G. H. F. Diercksen, "Origin of the first Hund rule and the structure of Fermi holes in two-dimensional He-like atoms and two-electron quantum dots", <i>J. Phys. B</i> <b>2012</b>, <i>45</i>, 235001. Europhysics News は欧州物理学会が発行しており, ヨーロッパ諸国の学術雑誌に掲載された特にインパクトがある論文を, 研究ハイライトとして紹介している.</li> <li>日本薬学学会誌平成 24 年優秀論文に選出. Kajiwara M, Ueno T, Fukuda N, Matsuda H, Shimokawa T, Kitai M, Tsunemi A, Fuke Y, Fujita T, Matsumoto K, Matsumoto Y, Ra C, Soma M., "Development of pyrrole-imidazole polyamide targeting Fc receptor common gamma chain for the treatment of immune-complex related renal disease. <i>Biol. Pharm. Bull.</i> <b>2012</b>, <i>35</i>, 2028-2035.</li> <li>電波新聞に掲載. 井上修一郎ら, 電経新聞 2012 年 2 月 27 日, 「量子技術で世界的な成果, OKI と日本大学, 高純度量子もつれ光源を開発」</li> <li>電波タイムズに掲載. 井上修一郎ら, 電波タイムズ 2012 年 3 月 5 日, 「OKI と日大, 世界最高純度量子もつれ光源を開発, 実用的な次世代量子暗号技術の確立に成功」</li> </ol>

	<p>7. <b>Photonics Spectra に掲載.</b> Photonics Spectra, June 2012, p. 35. "OKI Develops Light Source"</p> <p>8. <b>受賞</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) 大貫進一郎, 電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ活動功労賞, 2012 年 3 月 21 日.</li><li>2) 竹内嵩, 平成 24 年度電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ学生奨励賞, 平成 25 年 3 月 (受賞予定).</li><li>3) 加藤司, 平成 23 年電気学会優秀論文発表賞 (基礎・材料・共通部門表彰), 平成 24 年 9 月 20 日.</li><li>4) 岸本誠也, 平成 23 年度電子情報通信学会学術奨励賞, 平成 24 年 3 月 21 日.</li><li>5) 加藤司, 平成 23 年度電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ学生奨励賞, 平成 24 年 3 月 21 日.</li><li>6) 岸本誠也, 電子情報通信学会平成 23 年度電磁界理論研究会学生優秀発表賞, 平成 24 年 5 月 25 日.</li><li>7) 竹内嵩, 電子情報通信学会平成 23 年度電磁界理論研究会学生優秀発表賞, 平成 24 年 5 月 25 日.</li><li>8) 岸本誠也, “光直接記録に向けた近接場光発生素子の設計とシミュレーション法の開発”, 研究奨励金 (日本学術振興会特別研究員-DC2), 平成 25 年度.</li><li>9) 上原利夫, 東尾順平, 中川活二, 芦澤好人, 伊藤彰義, “静電気力顕微鏡の開発”, 進歩賞, 静電気学会, 平成 24 年 9 月 13 日.</li></ol> <p>9. <b>学内メディア</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) 第 3 回 N.研究プロジェクトシンポジウムが日大広報に掲載. 2012 年 4 月.</li><li>2) 第 4 回 N.研究プロジェクトシンポジウムが日大広報に掲載. 2012 年 10 月.</li></ol>
--	--

## 外部評価委員による評価 / Reviews by the Advisors

北海道大学, 電子科学研究所

末宗 幾夫 博士

ナノ物質を基盤とした多くの分野での最先端研究プロジェクトも4年を経過し、毎年量子情報、情報記録、医療分野等の分野ですばらしい成果をあげてこられました。平成24年度も量子情報の量子もつれ交換で世界最高の2光子明瞭度を実現されました。これは今後の量子中継技術による通信距離の拡大に欠かすことのできない技術です。また従来 of 超高速光記録に加え、熱による高速磁化反転現象を発見したとのことで、今後が期待されます。また水素エネルギー利用の要となる燃料電池の試作につながる成果もあがっているようです。

その他にも多くの研究成果があがっていますがこれと共に、研究を担当する若い研究者、博士研究員、研究グループ間の共同研究、学部間の共同研究も順調に進んでいるようです。それぞれの研究目標の達成に向けて最終年度の活躍が期待されます。

日本大学工学部次世代工学技術研究センター上席研究員，  
京都大学名誉教授，大阪大学招聘教授

齋藤 烈 博士

### 研究プロジェクト全般について

日本大学初の大型研究プロジェクトである N.研究プロジェクトが、発足して早や4年になるが、プロジェクトの成果は順調に推移し、当初期待されていた成果は現時点でも既に十分クリアされていると言える程である。情報、エネルギー、医療、ナノデバス、量子理論までの極めて広範囲の領域にわたって研究を統括した研究代表者大月穰教授の努力に負うところが大きい。

### 高く評価される点

1. 年間多数回に及ぶ班会議、フォーラム、 세미나等で学部横断の研究者間交流をはかっていること。  
特に、若手に研究発表を積極的にやらせている点。
2. 各班で達成すべき目標を明確に設定している点。
3. その結果として、若手が順調に伸びており、コンスタントに論文発表年間120報以上、特許年6～7件、外部資金獲得件数も、金額、件数とも年々増えてきている。
4. 何より、高く評価されるのは、若い研究者の受賞件数が毎年コンスタント（8件程度）に確保されている事と今までの日大にはみられなかった学部横断協同研究が格段に増えたこと。この点は、発足時に私が強く要求したことで、これがこのまま順調に推移してくれば、日大の研究の将来は明るい。

### N.研究プロジェクトは何故うまくいっているのか

国の大型プロジェクトの審査、評価等永年やってきた経験あるが、日本の省庁、独立法人のプロジェクトでは、最初倍率の高い厳しい審査があるが、ここを通過してしまえば、その後約5年間は落とされる心配はまったくなく、中間ヒアリング、最後の評価もおざなりである。今まで、大型プロジェクトで途中で辞めさせられたケースは、スキャンダルを起こした場合を除いては無いはずである。今の制度では、かっこ良い申請書類を作り、ヒアリングでは、派手な Power Point を使い、いささか偽善的なプレゼンを上手に行えば、それで決まってしまう、通ってしまえば研究が上手く行かなくとも何の咎もないのである。例えば、プレゼンの時に、自分の研究は世界で唯一の独創的なものであり、芸術的なレベルまでできているが、実用の面で社会に貢献できる可能性は0.1%以下であると正直に言えば、100%落とされる制度なのである。従って、現在の制度下の国の研究ファンドから、日本の産業にイノベーションを起こした例は私の知る限る皆無なのである。

これに対して日大の N.研究プロジェクトは毎年東京本部の研究委員会でのチェックを受け、いつ何時打切られてもおかしくない状況でやっているのだから、研究世話人達はがんばらざるを得ず、結果的として有効な研究が行われているのである。私大の大型研究プロジェクトとして、基盤形成支援事業があるが、こちらの方は1:1の国と私大とのマッチングファンドであるが、これとて一度通ったら落とされることのない代物で、中間チェックも書類だけのおざなりで、毎年80～90件の大小さまざまな私大からの申請が採択されているが、途中でつぶされた例は聞いていない。今回の N.研究プロジェクトの成功例は、今後の我が国のファンド運営のありかたに大きなヒントを与えていると思う。

### 医療班の評価

自分の専門分野の一つでもあり、間接的に研究に関与しているので、是非日大初の創薬に成功してもらいたい。精密なゲノム化学に基づいて設計された世界発の論理的にデザインされた創薬になるので、世界的な学術面でも注目されており、何ともしも日大で成功してもらいたいと思っている。もう一息のところまでできている。



物質・材料研究機構，世界トップレベル研究拠点プログラム  
国際ナノアーキテクトゥクス研究拠点，超分子ユニット長兼主任研究者

有賀 克彦 博士

本研究報告書を拝読させていただきました。大変レベルの高い立派なもので感銘を受けました。以下には、報告書から垣間見ることができる本プロジェクトの特徴と期待について述べたいと思います。

昨今の我が国では、ターゲットが明確に決まった出口志向の研究配分が目立っています。ただし、その先の未来を考えたときに萌芽的研究を包括できるようなターゲットがあいまいなプロジェクトの存在は極めて貴重です。本 N. プロジェクトは、「ナノ物質」、「光」、「量子」というキーワードは入っていますが、それらはカバーする範囲も広く、適度なあいまいさを保っています。そのため、このプロジェクトも物理、化学、生物にまたがる広い領域をみごとに包括しており、それぞれのグループが思い切り力を出し、それらの間の協力関係も生み出されようとしています。

私は、この未来に向けた活力を生み出している N. プロジェクトを高く評価したいと思います。また、経営における現実的な難しさが伴う私学において、このように国家の発展に貢献するプロジェクトがサポートされていることに対して、敬服の念をいただきます。

## UCSF Helen Diller Family Comprehensive Cancer Center

**Allan Balmain, PhD, FRSE Professor**

Overall, the Nihon University N. Research Project has made good progress over the past year, with well over 100 publications in 2011, in addition to several patent applications and numerous presentations at scientific meetings. Page 4 of the Report shows a schematic with the relationships between the different technology and medical groups. Reviews of multidisciplinary projects often have a section that highlights the cross-talk and collaboration between the different groups, in order to demonstrate the fact that groups are working together to achieve common goals. Further information on the degree of collaboration would have been useful, as it is not easy to extract this information from the list of publications. For example, a list of publications that highlights joint authorship by participating scientists in the program would be helpful.

The Medical group lists 52 publications in international journals (including several that involve collaborations between different groups) as well as a large number of manuscripts in Japanese. Progress reports on 8 projects were included, most of which involved the use of the Pyrrole-Imidazole polyamides to assess a range of targeted molecules for specific functions related to cancer development or progression. These molecules continue to show promise as potential therapeutic drugs, and the Nihon group is pursuing this avenue rigorously. Project 3 (Fukuda et al) has extended the original observations on targeting of TGF $\beta$  in vivo trials in marmosets, demonstrating the efficacy of the drug in inhibition of scar formation. Although not many details are provided, this would appear to be a very good application of this technology, as the ability to deliver locally to the skin gets around the remaining difficulties related to tissue distribution and targeting of specific cell types in vivo. An intriguing project on “plasma medicine” was mentioned but not enough details were available to allow an assessment of the goals. Additional projects on targeting of MYC (Soma et al) or LIT1 (Koshinaga) using the PIP approach were described. In both cases, effects on growth of cells were seen, but controls showing the effects of down regulation of the target genes by standard approaches eg use of shRNAs, would have been helpful. A novel approach to targeting of the Tmprss2-ERG fusion in prostate cancer was presented. The Figures were very small and difficult to evaluate. This was the case generally for several of the projects, and it might be best either to make them more legible or miss them out completely. The Tmprss2 fusion-targeted compound seemed to affect anchorage-independent growth, but effects on proliferation (Fig2) seemed strange. There was no obvious dose-response, and the 1 day result seemed to suggest an increase in proliferation after drug treatment compared to controls. Additional experiments to target TGF $\beta$  and/or MMP9 for inhibition of metastasis are being carried out by the Nagase group, with promising results. It would be very good to see these studies progressing to controlled preclinical trials and subsequently into the clinic. The Watanabe/Nagase group emphasized the value of collaborations between the different departments at Nihon University.

The experiments on use of TGF $\beta$  inhibitors for cell reprogramming and IPS cell applications is promising, and others (e.g. the group of Rafii in Boston) have shown that inhibition of this pathway can help to regenerate endothelial cells from alternative cell types (Cell 2012). It would be important for the future of the PIP drugs to demonstrate the advantages of this particular mode of inhibition over the small molecule approaches being used by others.

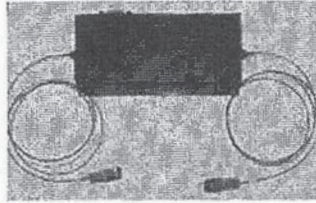
## 参考資料 / Supplementary Materials since 2012

1. 電経新聞 2012.2.27「量子技術で世界的な成果 OKI と日本大学 高純度量子もつれ光源を開発」
2. 電波タイムズ 2012.3.5「OKI と日大 世界最高純度量子もつれ光源を開発 実用的な次世代量子暗号技術の確立に成功」
3. 日本大学広報 2012.3.15「ナノレベルの研究成果を報告第3回 N.プロジェクト」
4. PhotonicsSpectra 2012.6. 「OKI Develops Light Source」
5. インフォーマルセミナー 2012.6.26 Dr. M. Sahabul Alam (University of Dhaka, Bangladesh; Visiting Researcher of Nihon University) "Supramolecular Nanoarchitectures — Novel Functional Materials for Molecular Electronics"
6. インフォーマルセミナー 2012.7.23 Dr. M. Sahabul Alam (University of Dhaka, Bangladesh; Visiting Researcher of Nihon University) "Structural and Transport Properties of One-Dimensional Coordination Polymers and Spin Cross-Over Complexes"
7. 第4回 N.研究プロジェクトシンポジウム「オール日大の研究力向上を目指して—N.研究プロジェクトと私学戦略」2012.9.15 ポスター
8. 招へい研究員セミナー 2012.10.1 Yu-Xiang Zheng 教授(Key Laboratory of Micro and Nano Photonic Structures, Ministry of Education, Department of Optical Science and Engineering, Fudan University, Shanghai, China) "Development of ellipsometry and its applications in nanoscale material"
9. 招へい研究員セミナー 2012.10.5 Yu-Xiang Zheng 教授(Key Laboratory of Micro and Nano Photonic Structures, Ministry of Education, Department of Optical Science and Engineering, Fudan University, Shanghai, China) "Folded spectrometer and its application in optical monitoring for thin film deposition"
10. 招へい研究員セミナー 2012.10.17 Andrei Kirilyuk 教授(Radboud University Nijmegen, The Netherlands) "Laser-induced magnetization dynamics and reversal: the role of angular momentums"
11. 招へい研究員セミナー 2012.10.26 Andrei Kirilyuk 教授(Radboud University Nijmegen, The Netherlands)
12. 日本大学広報 2012.10.15「オール日大の研究力向上目指し N.研究シンポ」
13. インフォーマルセミナー 2012.11.12 Dr. Gary Richards(College of Science and Technology, Nihon University) "Pyrazinacenes: Synthesis and Self-Assembling Properties of Nitrogen-Rich Acene Analogues"
14. 日本大学広報 2013.1.9「本学発 DFAT 再生医療の主役へ」

掲載日付：2012年2月27日

媒体：電経新聞

PPLN  
導波路



## 量子技術で 世界的な成果

OKIと日本大学

### 高純度量子もつれ光源を開発

OKIは、独自技術で世界最高レベルの高純度量子もつれ光源を開発し、日本大学の研究グループとの実証実験に成功し、雑音比を確認。この光源を用い、通常の光ファイバ通信での

源を開発し世界で初めて、現在利用されている光通信帯で常温動作による高純度量子もつれ光源を開発し、量子暗号用光源性能として従来のファイバ型光源と比べて100倍以上の信号伝送試験を実施し、140キロメートルの量子もつれ光子対伝送にも成功した。

# 大目とOKI 世界最高純度量子もつれ光源を開発 実用的な次世代量子暗号技術の確立に成功

OKIは、独自技術を用いて世界最高レベルの高純度量子もつれ光源を開発したと発表した。世界で初めて、現在利用されている光通信帯で常温動作による高純度量子もつれ光子対発生に成功した。日本大学量子科学研究所の井上修一郎教授らの研究グループとの実証実験で、量子暗号用光源性能として従来の光ファイバー型光源と比べて100倍以上の信号雑音比を確認した。

さらに、この光源を用いて、通常の光ファイバー通信での伝送試験を実施し、140kmの量子もつれ光子対伝送にも成功した。同技術を適用することで、既存の光ファイバー通信環境で都市間伝送が可能な常温動作の次世代量子暗号通信システムが実現できることを実証した。

量子力学の原理に基づき盗聴を検出する量子暗号技術は、解読不可能な究極の暗号を実現できるため、スマート社会を支える高セキュリティサービスとして注目されている。現在、実用化に向けて様々な研究開発がなされているが、光源については▽極低温冷却が必要

である▽光通信帯以外の波長の光を扱う必要がある▽光子の純度向上が困難など、実用上大きな課題があったという。今回、OKIは、独自に開発した周期分極反転構造二オプ酸リチウム(PPLN)導波路デバイスを用いて、カスケード非線形光学効果方式による量子もつれ光源の開発に成功した。常温で

動作し、光ファイバー通信波長だけで構成可能なことから実用的な次世代量子暗号技術といえるとしている。

そして、日本大学量子科学研究所が開発した、1GHzの高繰り返し低雑音・高効率に光子を検出できる半導体単一光子検出器を用いて開発した量子もつれ光源の性能実証実験を行った。この結果、生成した光子対の信号・雑音比として、従来型の光源・検出器の組み合わせに対して数十倍〜数百倍の値が得られ、同研究で開発した量子もつれ光源ならびに単一光子検出器を用いることで、信号誤り率の低い量子暗号通信が実現できることを実証した。

さらに、生成させた量子もつれ光子対を伝送する試験も行い、常温動作の光ファイバー通信環境系で140kmの伝送距離において、量子もつれ状態が十分に保持されることが確認され、都市間の伝送に相当する量子暗号通信が十分可能な性能を実証した。

◇PPLN導波路デバイス 自発分極の向きを周期的に反転させた構造を有するLiNbO3結晶を用いた導波路型デバイス。位相整合の実現により高い非線形光学効果を得ることができ、また、導波路構造による高い光閉じ込め効果により、非線形光学効果を効率化できる。

動作し、光ファイバー通信波長だけで構成可能なことから実用的な次世代量子暗号技術といえるとしている。

そして、日本大学量子科学研究所が開発した、1GHzの高繰り返し低雑音・高効率に光子を検出できる半導体単一光子検出器を用いて開発した量子もつれ光源の性能実証実験を行った。この結果、生成した光子対の信号・雑音比として、従来型の光源・検出器の組み合わせに対して数十倍〜数百倍の値が得られ、同研究で開発した量子もつれ光源ならびに単一光子検出器を用いることで、信号誤り率の低い量子暗号通信が実現できることを実証した。

さらに、生成させた量子もつれ光子対を伝送する試験も行い、常温動作の光ファイバー通信環境系で140kmの伝送距離において、量子もつれ状態が十分に保持されることが確認され、都市間の伝送に相当する量子暗号通信が十分可能な性能を実証した。

◇PPLN導波路デバイス 自発分極の向きを周期的に反転させた構造を有するLiNbO3結晶を用いた導波路型デバイス。位相整合の実現により高い非線形光学効果を得ることができ、また、導波路構造による高い光閉じ込め効果により、非線形光学効果を効率化できる。

◇PPLN導波路デバイス 自発分極の向きを周期的に反転させた構造を有するLiNbO3結晶を用いた導波路型デバイス。位相整合の実現により高い非線形光学効果を得ることができ、また、導波路構造による高い光閉じ込め効果により、非線形光学効果を効率化できる。

◇PPLN導波路デバイス 自発分極の向きを周期的に反転させた構造を有するLiNbO3結晶を用いた導波路型デバイス。位相整合の実現により高い非線形光学効果を得ることができ、また、導波路構造による高い光閉じ込め効果により、非線形光学効果を効率化できる。

◇PPLN導波路デバイス 自発分極の向きを周期的に反転させた構造を有するLiNbO3結晶を用いた導波路型デバイス。位相整合の実現により高い非線形光学効果を得ることができ、また、導波路構造による高い光閉じ込め効果により、非線形光学効果を効率化できる。

掲載日付：2012年3月15日

媒体：日本大学広報 第632号



## ナノレベルの研究成果を報告

### 第3回NANOプロジェクト

本学学術研究戦略プロジェクト（NANO研究プロジェクト）の「ナノ物質を基盤とする光・量子技術の極限追求」研究を巡る第3回シンポジウムが2月20日に日本大学会館で開かれ、8人の研究者が情報技術やエネルギー、

医療分野での研究成果や進捗（しんちよく）状況を中間報告した。写真。ナノ（10億分の1）レベルの革新的な科学技術の実用化を目指して、理工、文理、医、生物資源科、薬の5学部が横断的な共同研究をスタートさせたのは平成21年。研究の進捗ぶりは毎年のシンポジウムで報告されてきたが、3年目の今回は研究代表者の大月穰・理工学部教授を皮切りに、「情報分野の研究でさらに大きな進展をみせ、量子通信実験でいくつか新記録を達成」

よい水素エネルギー利用の要となる燃料電池の試作に「遺伝子をターゲットとした薬開発も、前臨床試験を経て臨床応用への準備をすすめている」などの成果が盛んに強調された。

これには評価委員の有賀克彦・物質材料研究機

構主任研究員も「多面性をもつプロジェクトで、そのうちどれかの研究が毎年必ず成功しているのは素晴らしい」と講評。引き続き行われた研究情報交換会では、100人余りの参加者が27のポスター発表を囲んで、論議を重ねた。

**Companies Expand Partnership** Hamilton Thorne Ltd., of Beverly, Mass., a provider of laser devices and imaging systems for the fertility, stem cell and developmental biology research markets, has expanded its distribution partnership with Leica Microsystems of Wetzlar, Germany, a microscope and scientific instrumentation supplier. The collaboration will give the German company access to Hamilton's current portfolio of laser products as well as select pipeline products. The new multiyear agreement provides Leica with nonexclusive rights to market and distribute Hamilton products in Spain, Portugal and Italy, in addition to the North American market. The companies will continue to collaborate on technical product integration.

**Luxtera, STMicroelectronics Join Forces** STMicroelectronics of Geneva has announced an agreement with Luxtera Inc. to produce silicon complementary metal oxide (CMOS) products using the latter's intellectual property and knowledge. The products will be developed at ST's 300-mm semiconductor wafer facility in Crolles, France. The collaboration enables the companies to produce low-cost, high-volume solutions for silicon photonics components and systems, which could have applications in high-speed computing and communications. It also grants STMicroelectronics the right to use Luxtera's silicon photonics technology, which will be implemented in the new ST photonics process. ST will provide the Carlsbad, Calif.-

based Luxtera with a suitable supply chain. In other news, Luxtera announced that it has closed a \$21.7 million C round of growth capital financing to support design with opportunities and market adoption of silicon CMOS photonics. Participation in the C round includes inside investment for New Enterprise Associates, August Capital, Sevin Rosen Funds and Lux Capital as well as new investment from Tokyo Electron and personal investment from an industry firm, the company said.

**GigOptix Books \$1.8M Order** GigOptix Inc. of San Jose, Calif., has secured a \$1.8 million purchase order for its 100G Mach-Zehnder modulator (MZM) quad-driver, a customized version of the GX62451, for a Tier 1 telecom networking system. The GX62451 100G dual-100G dense wavelength division multiplexing (DWDM) quadrature phase shift keying (QPSK) driver is a four-channel MZM designed for 100G DP-QPSK long-haul optical transmitters. The device is GPP0-compliant and is plug-in-compatible with industry-standard 100G MZMs and multiplexers. The systems address the bandwidth demands generated by smartphones and cloud-based services. The order was scheduled for delivery during the first quarter of 2012, with additional orders to follow.

**Quarles Named CEO** B.E. Meyers & Co. Inc. of Redmond, Wash., has named current president and chief operating officer Dr. Gregory Quarles

as its new CEO. He replaces CEO and founder Brad Meyers, who will assume the role of CEO emeritus, joining the company in 2010. Quarles used his electro-optics market experience to garner it a US Army Green Laser Interdiction System award. Previously, he served as director of corporate research, development and technology for IL-VI Inc. at Stony Brook, Pa. B.E. Meyers is an ISO 9001:2008-certified manufacturer of optoelectronic devices for defense and law enforcement applications.

**Laser Targeting System Is Soldier Bound** London-based BAE Systems received a \$23 million contract from the US Army to provide lightweight handheld laser Target Locator Modules (TLMs). BAE Systems' TRIGR system enables soldiers to quickly and accurately identify target locations while on foot, both in daylight and at night, and in obscured-visibility conditions such as smoke or fog. For production of the TLM systems, the company initially was awarded a \$72 million contract in 2009 from the US Army's Program Executive Office Soldier. Work under the new contract will be performed at the company's Lexington, Mass., Nashua, N.H., and Austin, Texas, facilities.

**Block MEMS Earners SBIR Contract** Block MEMS LLC has received a US Army Small Business Innovation Research (SBIR) Phase II enhancement contract for its LaserScan analyzer. The award will allow it to enhance the Laser-

Scan's capabilities through the development of chemical recognition algorithms. The algorithms will enable the system to detect liquid and solid chemical warfare agents and other emerging chemical threats from a standoff distance on a variety of substances, said Petros Koridis, CEO of Block MEMS. LaserScan is a next-generation spectrometer that incorporates widely tunable mid-IR quantum cascade lasers. Applications include the detection of explosive materials, chemical and biological agents, and toxic industrial chemicals.

**Company Grows in Latin America** Ocean Optics of Dunedin, Fla., has appointed Marcio Siqueira as regional sales manager for Brazil. Based in Sao Paulo, he will work with customers and distributors throughout Brazil and Latin America, offering educational and sales support for the company's product line, including spectrometers, chemical sensors, analytical instrumentation and metrology equipment. He also will facilitate the growth of the company in these territories and will continue to develop its distributor network. Before joining Ocean Optics, Siqueira worked at Hanna Brazil Imp. e Exp. Ltda as sales manager for Brazil.

**Zecotek Files Patent Suit** Zecotek Imaging Systems Pte Ltd., a subsidiary of Zecotek Photonics Inc. of Richmond, British Columbia, Canada, has filed a patent suit in the US against Saint-Gobain Corp. and Philips for infringing its US

Patent No. 7,132,040. The patent covers the substances and chemical formulations used to grow lutetium line sapphire (LFS) scintillation crystals. The lawsuit alleges that Saint-Gobain's LFSO crystals infringe Zecotek's patent, and that Philips infringes by using those crystals in the positron emission tomography scanners it sells. Zecotek is joined by its exclusive licensee for certain LFS crystals, Beijing Opto-Electronics Technology Co. Ltd., as co-plaintiff.

**OKI Develops Light Source** Telecommunications company OKI Electric Industry of Tokyo has announced its development of a quantum entangled light source that offers the highest purity level achieved to date. The source is based on cascaded nonlinear optical effects using a proprietary periodically poled lithium niobate ridge waveguide device operating at room temperature. Research led by professor Shuichiro Inoue at the Institute of Quantum Science at Nihon University confirms a signal-to-noise ratio more than a hundredfold better than that of optical fiber light sources. OKI will continue to refine the light source. Its goal is to achieve a practical quantum cryptography communications system.

**REO Names President** CEO Photonics industry veteran Paul Kelly has been appointed president and CEO of REO of Boulder, Colo., a high-volume precision optical solutions manufacturer. Kelly has more than 25 years of experience man-

aging and growing high-technology businesses. Before joining REO, he served as president of machine vision solutions provider Microscan. "Paul has unmatched knowledge, skill and experience in directing companies whose products are based in photonics technology," said Robert Knollenberg, REO founder. REO expects that Kelly will be able to further accelerate the growth it has experienced over the past 10 years.

**Phone Microscope Accessory Developed** A pocket-size accessory that turns an ordinary camera phone into a high-resolution microscope can accurately obtain images with resolution of 0.01 mm. Scientists at VTT Technical Research Centre of Espoo, Finland, have developed a microscope that attaches to a mobile camera lens with a magnet. It can examine various surfaces and structures in microscopic detail and can take high-resolution images that can be forwarded as MMS (Multimedia Messaging Service). It has applications in the security, health care and printing industries. VTT and Keoploop Oy of Tampere, Finland, are exploring the commercial potential of the device. The first industrial applications and consumer models were expected to be released in early March 2012.

**Inno, Disco Collaborate** Femtosecond fiber laser manufacturer Inno America Inc. of Ann Arbor, Mich., a subsidiary of Asian Shiki Co. Ltd. of Kariya, and Disco Corp. of Tokyo have teamed to develop lasers and processing systems for

**efficient optical signal switching**

- optical fiberswitch from piezosystem jena
- switching time in milliseconds
- wavelength independent and efficient signal transmission
- specifically designed for metrology and spectroscopy
- custom configurations upon request

[www.optojena.de](http://www.optojena.de)

**piezosystem jena**  
Incredibly precise




**AST**  
APPLIED SCIENTIFIC  
INSTRUMENTATION

**Precision, Stability, Performance.**

AST's products have been at the forefront of cutting edge life science research for over 20 years. We specialize in closed-loop DC servo motor & piezo based systems with active feedback control to maintain XY position & Z focus at the nanometer level. Our newest products for super-resolution microscopy push the envelope yet again. If you need ultra precise motion control, microscope automation, or a rock solid system for demanding OEM application look us up.

[www.ASImaging.com](http://www.ASImaging.com)  
Applied Scientific Instrumentation  
29391 W. End Rd., Eugene OR 97402 • Ph: (541) 461-3181 • US/Canada: (800) 706-2284



**Diagnostics to defense... High-def solutions for high-priority applications.**

**From science to surveillance, Toshiba delivers endless compact HD solutions.**

With the widest variety of high definition cameras on the market, Toshiba has a solution for the most demanding imaging applications. From compact, single body to ultra-small remote head cameras, get the flexibility of 1080p/1080p/720p and DVI or HD-SDI output options and a host of controller configurations. Our HD cameras are as small as 1.18" x 1.37" x 1.41", with weight ranging from 1.76 to 4.3 ounces. When clear imagery is as critical as your operation, let Toshiba bring your project to HD life.

Specializing in high resolution video cameras for Scientific, Industrial, Broadcast, and Research markets


**TOSHIBA**  
Leading Innovation >>>  
[www.cameras.toshiba.com](http://www.cameras.toshiba.com)

**Super compact models include**

- 3CCD remote head with prism block technology
- Ultra-small CMOS remote head with two controller options
- CMOS one-piece camera with true progressive scan
- 1080i, 1080p and 720p options
- DVI/HD-SDI video outputs

**Applications**

- Life Sciences / Diagnostics / Microscopy
- Homeland Security / Surveillance
- Aviation
- Industrial / Inspection
- Specialty Broadcast





Nihon University N. Research Project Presents

インフォォーマルセミナー

# Supramolecular Nanoarchitectures —— Novel Functional Materials for Molecular Electronics

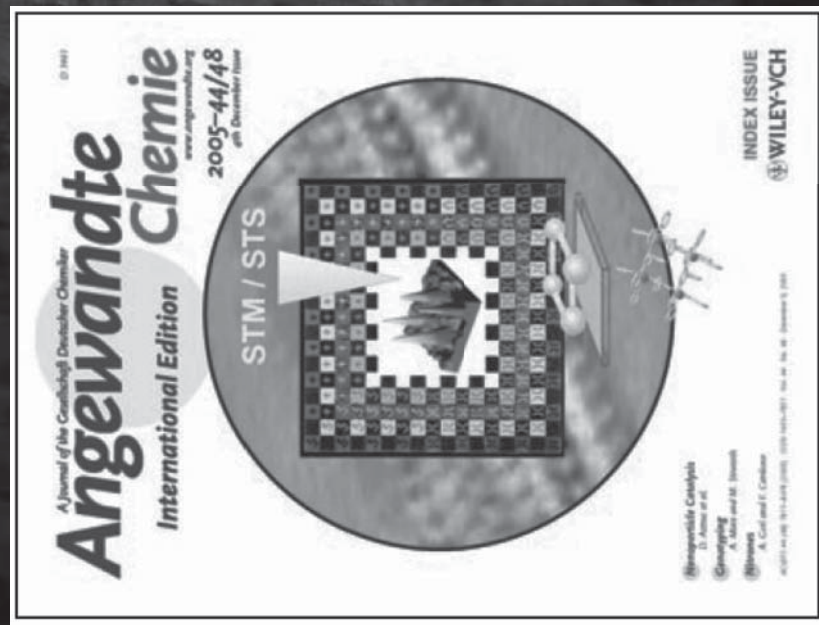
## Dr. M. Sahabul Alam

University of Dhaka, Bangladesh  
Visiting Researcher of Nihon University

2012年6月26日(火), 18:20—  
日本大学理工学部駿河台2号館4階会議室

ご自由にご参加ください。

問合先: 大月穰(日本大学理工学部) [otsuki.joe@nihon-u.ac.jp](mailto:otsuki.joe@nihon-u.ac.jp)







Nihon University N. Research Project Presents

インフォォーマルセミナー

# Structural and Transport Properties of One-Dimensional Coordination Polymers and Spin Cross-Over Complexes

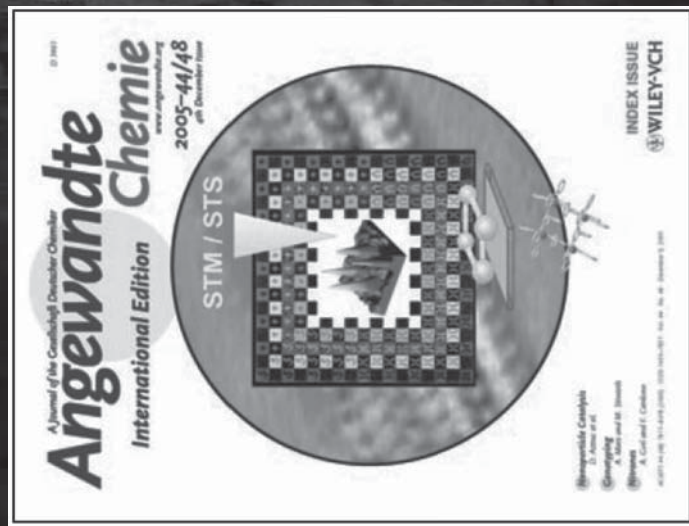
## Dr. M. Sahabul Alam

University of Dhaka, Bangladesh  
Visiting Researcher of Nihon University

2012年7月23日(月), 18:20-  
日本大学理工学部駿河台2号館4階会議室

ご自由にご参加ください。

問合せ先: 大月穰(日本大学理工学部) [otsuki.joe@nihon-u.ac.jp](mailto:otsuki.joe@nihon-u.ac.jp)





The 4<sup>th</sup> Symposium of Nanotechnology Excellence, Nihon University 2012  
—Nanomaterial-based Photonic, Quantum and Bio Technologies—

## 第4回日本大学N.研究プロジェクトシンポジウム 「オール日大の研究力向上を目指して—N.研究プロジェクトと私学戦略」

開催日時

2012年9月15日 土

開演時間

午前10時～午後5時

場 所

日本大学文理学部 3号館2階3205教室  
ポスター会場 3号館1階「コスモス」

プログラム

- 10:00 **オープニング—N.研究プロジェクトについて**  
大月 稔(研究代表者)
- 10:10 **口頭発表(各20分)**
- 「ゲノム化学に基づくTGF- $\beta$ 1に対するPIポリアミドの創薬開発」**  
○福田 昇、五十嵐 潤、相馬 正義(医学部)
- 「生体分子の回転・傾き・並進運動をリアルタイム可視化する」**  
○東條 正(理工学部)、小川 直樹、石川 晃、茶園 茂(文理学部)、大月 稔(理工学部)
- 「ナノ構造化による新規機能性の探索」**  
鈴木 薫(理工学部)
- 「アセチリドを利用したナノ物質の簡便合成」**  
十代 健(文理学部)
- 「ナノプロセスで作製した原料を用いてのナノ構造の人工合成」**  
○橋本 拓也(文理学部)、岩田 展幸(理工学部)
- 「鉄硫素系超伝導体の機構解明と新超伝導物質探索」**  
高野 良紀(理工学部)
- 13:30 **招待講演(各30分)**
- 「私学戦略プロジェクトの紹介、新規な電子機能を持つ分子物質の開発」**  
小林 昭子(文理学部)
- 「鉄系超伝導体をはじめとする新しい超伝導体の圧力効果」**  
高橋 博樹(文理学部)
- 望月先生追悼講演**  
**「構造制御による新たな蛍光材料の設計および合成」**  
藤代 史(東北大学)
- 15:00 **ポスター発表**
- 16:45 **講評**
- 17:00 **懇親会**

問合せ 日本大学文理学部 橋本拓也 E-mail:takuya@chs.nihon-u.ac.jp  
[http://www.nihon-u.ac.jp/research/n\\_research\\_project/project01/Nproject21.html](http://www.nihon-u.ac.jp/research/n_research_project/project01/Nproject21.html)

平成24年度 N.プロジェクト招へい研究員セミナー

## **Development of ellipsometry and its applications in nanoscale materials**

**Yu-Xiang Zheng 教授**

中国・復旦大学光科学技術学科/中国教育部マイクロ・ナノフォトニック結晶重点研究室

Key Laboratory of Micro and Nano Photonic Structures, Ministry of Education,  
Department of Optical Science and Engineering, Fudan University, Shanghai, China

**2012 年 10 月 1 日(月)15:00-16:30**

日本大学工学部船橋校舎

先端材料科学センター2 階セミナー室

～教員, 学生とも自由にご参加ください～

問合: 日本大学工学部電子情報工学科 塚本新

平成24年度 N.プロジェクト招へい研究員セミナー

**Laser-induced magnetization dynamics and reversal:  
the role of angular momentum**

**Andrei Kirilyuk 教授**

オランダ国ラダバウト大学 分子材料研究所 固体/界面分光学科

Radboud University Nijmegen, Institute for Molecules and Materials,

**2012 年 10 月 17 日(水) 14:00–15:30**

日本大学理工学部船橋校舎

先端材料科学センター2 階セミナー室

～教員, 学生とも自由にご参加ください～

問合: 日本大学理工学部電子情報工学科 塚本新

## オール日大の研究力向上目指し

### N研究シンポ

本学学術研究戦略プロジェクト（N研究プロジェクト）の「オール日大の研究力向上を目指して」N研究プロジェクトと私学戦略」と題するシンポジウムが9月15日に文理学部3号館で開か

れ、6人の研究者が医療分野や基礎的なナノ科学・技術の成果など進捗（しんちよく）状況を中間報告した。写真。

シンポジウムは、ナノ（10億分の1）レベルの革新的な科学技術の実用化を目指して、理工、文理、医、生物資源科、薬の5学

部が横断的な共同研究をスタートさせてから毎年開催しており、今年で4回目。遺伝子をターゲットにした薬開発を進める医学部を皮切りに、報告が相次いだ。

さらに今回は文理学部が文科省の支援事業として進める私学戦略プロジェクトとも連携。同プロ



ジェクトの「構造制御および電子状態制御に基づく新物質の開発」研究を紹介する招待講演など、他、相互に活発な意見交換が続いた。



Nihon University N. Research Project Presents

インフォォーマルセミナー

# Pyrazinacenes: Synthesis and Self-Assembling Properties of Nitrogen-Rich Acene Analogues

## Dr. Gary Richards

College of Science and Technology, Nihon University

2012年11月12日(月), 17:00-  
日本大学理工学部駿河台8号館831教室

ご自由にご参加ください。

問合先: 大月穰(日本大学理工学部) [otsuki.joe@nihon-u.ac.jp](mailto:otsuki.joe@nihon-u.ac.jp)

# 本学発DFAT再生医療の主役へ

## iPSより簡単で安全 脂肪細胞が骨や筋肉になる

手足が切断しても、また生える。扁平動物のフナリアは切り刻むとそれぞれ別の個体となる。人類はその不思議に舌かきかきしてしまっている。

——医学的に見ると、松本 下等な生物では再生能力が非常に高い。しかしヒトなどの哺乳動物では心臓や腎臓など機能が失われる。基本的には戻らない。とされている。だから治療は、薬で補うか機能が廃絶するのを遅らせる。廃絶した細胞を移植している。

山中先生のiPS細胞（人工多能性幹細胞）が再生する話がある。イメージで言うと、イメージは細胞の初期化、再生とは逆の方向にすすむ。

加野 キリシヤ神話にはハゲタカについてはまだラノメテウスの肝臓が再生する話がある。イメージで言うと、イメージは細胞の初期化、再生とは逆の方向にすすむ。

2013年は巳年で、ヘビが西欧で象徴するのは医学・医療。山中伸弥京都大学教授のノーベル賞受賞で、「細胞の初期化」による医学革命「再生医療」が待たれる年でもある。わが日本大学でも、DFAT（ディーファット、脱分化脂肪細胞）という細胞の脱分化技術を応用した画期的な研究が進んでいる。共同研究者の医学部・松本太郎教授と生物資源科学部・加野浩一郎准教授が、医療新時代を語る。

### 初夢 対談



生物資源科学部 加野浩一郎准教授  
医学部 松本 太郎教授

加野 浩一郎准教授 日大農獣医学部卒。神戸大学大学院、神戸大助手、生物資源科学部講師を経て平成19年准教授。専門は細胞・発生生物学。群馬県出身。50歳。

松本 太郎教授 日大医学部卒。スウェーデン・ウプサラ大一大助手などを経て平成21年に細胞再生・移植医学分野教授。東京都出身。50歳。

脂肪の細胞に着目されたい。脂肪の細胞に着目されたい。脂肪の細胞に着目されたい。

加野 組織にはいろんな細胞が混在している。脂肪組織をばらばらにする。油を落とす。脂肪細胞だけが簡単に採れる。それを培養して脱分化させれば未熟な段階に逆戻りし（初期化）できる。仮説した。つまり体細胞クローンの発想です。卵細胞は次々と分裂する。それに脂肪細胞の核を入れる。初期化する。同じように脂肪細胞を増殖すれば初期化する。脂肪細胞は、体中にあり、単一に採れ、たくさん増やすことができる。その脂肪細胞が別の細胞、組織になる。

松本 iPS細胞やES細胞を使う方法もある。DFATにされた。松本 iPS細胞やES細胞を使う方法もある。DFATにされた。

加野 理想は、再生医療にはiPS細胞が非常に重要である。安全である。再生医療にはiPS細胞が非常に重要である。安全である。



細胞は、体中にあり、単一に採れ、たくさん増やすことができる。その脂肪細胞が別の細胞、組織になる。

松本 iPS細胞やES細胞を使う方法もある。DFATにされた。

加野 理想は、再生医療にはiPS細胞が非常に重要である。安全である。再生医療にはiPS細胞が非常に重要である。安全である。

再生医療にはiPS細胞が非常に重要である。安全である。再生医療にはiPS細胞が非常に重要である。安全である。

## 全学的なプロジェクトに 臨床応用で競争に勝ち抜く

学部を超えた共同研究で展開が期待。松本 DFATを開発された加野先生にいろいろなお話を聞きました。

加野 生物資源科学部には獣医学部がある。最近は何回動物に対する再生医療のニーズが出てきた。DFATを使い、やネコを治療の動きが盛んになっています。

再生医療のシステム

加野 生物資源科学部には獣医学部がある。最近は何回動物に対する再生医療のニーズが出てきた。DFATを使い、やネコを治療の動きが盛んになっています。

再生医療のシステム

加野 理想は、再生医療にはiPS細胞が非常に重要である。安全である。再生医療にはiPS細胞が非常に重要である。安全である。

再生医療にはiPS細胞が非常に重要である。安全である。再生医療にはiPS細胞が非常に重要である。安全である。

加野 DFATは巨大な

加野 DFATは巨大な

加野 理想は、再生医療にはiPS細胞が非常に重要である。安全である。再生医療にはiPS細胞が非常に重要である。安全である。

再生医療にはiPS細胞が非常に重要である。安全である。再生医療にはiPS細胞が非常に重要である。安全である。

加野 理想は、再生医療にはiPS細胞が非常に重要である。安全である。再生医療にはiPS細胞が非常に重要である。安全である。

再生医療にはiPS細胞が非常に重要である。安全である。再生医療にはiPS細胞が非常に重要である。安全である。

加野 理想は、再生医療にはiPS細胞が非常に重要である。安全である。再生医療にはiPS細胞が非常に重要である。安全である。

再生医療にはiPS細胞が非常に重要である。安全である。再生医療にはiPS細胞が非常に重要である。安全である。

加野 理想は、再生医療にはiPS細胞が非常に重要である。安全である。再生医療にはiPS細胞が非常に重要である。安全である。

再生医療にはiPS細胞が非常に重要である。安全である。再生医療にはiPS細胞が非常に重要である。安全である。