

2010 年度の主な成果

●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」

微小領域に光で超高速記録するための、円偏光モードを発生できるアンテナ構造を複数見いだした。このアンテナ構造の特許を出願し（特願 2010-161996）、その内容を 2010 年 11 月に開催された国際会議（55th Annual Conference on Magnetism & Magnetic Materials）で発表し好評であった。これは、毎月 1~2 回の頻度で開催した、情報班の超高速超高速記録グループと量子理論・計算班の大貫との合同の班会議での検討の成果である。

量子情報分野では、**1550 nm 帯における量子もつれ配送レートの世界記録 2.8 kHz** を達成した。この偏光量子もつれ光源と高速単一光子検出器を用いたシステムを用いて 200 km の伝送実験を行う予定である。超伝導光子数識別器に関して、**波長 850 nm において世界最高の検出効率 98.4% を実現**した。さらに、超伝導細線単一光子検出器に関して、**世界初の Nb 超伝導ナノ細線を用いた単一光子検出器の開発に成功**した。

情報班の量子情報処理グループでは、平成 22 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。超分子・自己組織班の大月と共同で試料の作製および全反射蛍光顕微鏡の作製を行った。超伝導ナノ細線単一光子検出器の設計は、量子理論・計算班の大貫が計算を担当して、共同で進めた。

●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

色素増感型インバースオパール電極による光電変換効率向上のメカニズムに関する知見を得た。本成果は **Korean-Japan Joint Forum** にてポスター賞を受賞した。

水から水素を発生させる新しい方法として、光増感部位と触媒部位が自己集合する均一系光水素発生触媒を開発した。本成果は *Chem. Commun.* に掲載されたが、その後、光増感部位と触媒部位を兼ねる大幅に性能のよい系を見いだした。さらに純粋な水溶液で働く金属錯体触媒や、貴金属に替わりうる金属錯体など今後の展開が期待される触媒が見つかった。また、微生物による水素発生について、水素吸蔵合金を共存させると水素の生産量が多くなることを発見した。

燃料電池開発のため、高温かつ様々なガス雰囲気強度測定が可能な装置を製作した。今後、これまでに開発した電解質材料、電極材料およびインターコネクター材料について *in-situ* 評価を実施する。水素イオン導電体については、焼結特性が良好で相転移フリーかつ電気伝導も高い $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{ZrO}_3$ 系の最適組成を見だし、電極材料については、 $\text{LaNi}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$ で $x = 0.4$ が優れていることを発見した。今後、これらの試料を用いて燃料電池セルの試作を実施し、 600°C 程度で作動する高強度燃料電池の実現を目指す。

●重点課題 3—医療：医療応用のためのナノバイオ技術

特定の遺伝子領域を標的としたピロールイミダゾールポリアミドを合成し、その効果を検討した。（1）MYCN 遺伝子を標的としたポリアミドは NB 細胞株において MYCN の発現を抑制し、また細胞の増殖抑制効果もあった。マウスに移植した細胞株に対しても同様の増殖抑制効果を示す傾向にあった。（2）ヒストン脱アセチル化酵素阻害剤と癌抑制遺伝子を認識するポリアミドを結合させた化合物が、ヒト子宮頸癌細胞株に対し、増殖抑制効果を持つ事を確認した。（3）被嚢性腹膜硬化症に関して、腹腔内への TGF- β 1 に対する PI ポリアミドは腹膜肥厚を抑制した。（4）ヒト TGF- β 1 のプロモーターに関して、7 つの PI ポリアミドを設計しリード化合物を絞り込んだ。

フロリダ大学の Terada と N.研究プロジェクトとの研究試料提供（MTA）契約を行い、TGF- β 1 に対する PI ポリアミドによるヒト iPS 細胞の誘導に関する共同研究に入った。また生物資源科学部の花澤とも TGF- β 1 抑制に加え、E-カドヘリンまたは BMP-7 蛋白による iPS 細胞作成の共同開発を開始した。

光線力学療法で使用され腫瘍親和性のあるポルフィリン化合物に、X 線造影剤として使用されているヨウ素を結合させた化合物を合成し、新たな放射線増感剤としての機能を検証した。培養ヒト膀胱癌株で、33.17 keV の単色 X 線による放射線増感効果が確認された。この成果を医学部の永瀬らと理工学部の大月らが共同で特許出願した（特願 2010-029205）。

医療班では、月に一度のペースでポリアミドミーティングを開き、結果報告およびディスカッションを行った。また班のメンバーは常時行き来し、情報交換や機器・試薬類の賃借を行った。平成 22 年 9 月からそれまでの班長の永瀬の異動に伴い、総合科学研究科の福田が班長となった。

●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」

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た。

ナノ物質系において、大月は、分子運動の可視化に成功し（*J. Am. Chem. Soc.* 2010, 132, 6870），これに基づいた研究計画がプロジェクトメンバー連携による科研費の採択につながった。この仕事は科研費配位プログラミングのニューズレターでも紹介された。鈴木は、ニッケルなどを内包したカーボンナノチューブの成長様式を明らかにし、特許出願した（特願 2010-198325）。また、La と Sr, Ba, Ca などをドープした TiO₂ を用いた可視光での水分解反応による水素発生の効率を 16 $\mu\text{L h}^{-1} \text{cm}^{-2}$ へ向上させることに成功し、レーザ学会東京支部研究会で学生がポスター講演優秀賞を受賞した。

量子理論・計算班では、情報班の中川、伊藤、塚本との共同で、局所的な円偏光モードを発生できるアンテナ構造の検討を進め、その成果で特許を出願し（特願 2010-161996）、*J. Appl. Phys.* などで発表した。また、情報班の中川との協力により、三次元任意形状物体のプラズモン共鳴周波数の推定や過渡応答解析を行うことが可能となった。

量子理論・計算班全員による、電磁場と量子系が相互作用する系について双方の時間発展の計算を可能にする「マックスウェル-シュレディンガー方程式の同時解法」を目指したプロジェクトを新たに立ち上げ、定期的に勉強会の開催を行い、計算コードの作成を開始した。その他の共同研究として、大貫・井上による「プラズモン導波路の電磁界シミュレーション」、大貫・大月による「分子モーターのシミュレーション」、佐甲・石田・藤川による「人工原子の電子構造の解明」等が行われている。

●学部横断共同研究

このプロジェクトを通じて、当初の予想を超えた学部横断共同研究が誕生している。昨年度からの、自己集積に関する伊藤、塚本（理工）と松下（文理）、太陽電池に関する松下（文理）と羽柴（理工）、DNA 医療に関する福田、永瀬（医）、大月（理工）、加野（生物資源科学）および松本（薬）の共同研究は引き続き行われている。

今年度新たに、分子回転子に関する大月、羽柴、大貫（理工）と茶園（文理）、量子理論に関する佐甲、藤川（理工）と石田（文理）、細胞の画像処理に関する加野（生物資源）と伊藤（理工）、細胞培養基材に関する加野（生物資源）と松下（文理→東工大）の共同研究が始められた。

さらに、同じ学部内でも学科をまたいだ非常に多くの共同研究が発展している。

●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 7 名、RA（博士後期課程学生）5 名に経済的援助をした。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、N. プロジェクトシンポジウムへの参加、理工学部/N. プロジェクト共同若手フォーラムへの参加を通じて、若手研究者や学生の学部の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る。