

研究代表者による報告

- はじめに
- 研究構想
 - 情報
 - エネルギー
 - 医療
 - ナノ物質基盤
- 研究経過と成果
 - 情報：超高速・超高密度記録
 - 情報：量子通信の鍵技術
 - エネルギー：太陽エネルギーと水素
 - 医療：遺伝子認識創薬
 - ナノ物質基盤
 - 超分子・自己組織によるナノ構造
 - ナノ物質の合成，ナノデバイスの作製と特性解析
 - 量子理論とナノ構造電磁界のシミュレーション
- 業績のまとめ
 - 課題と達成状況一覧
 - 業績データ一覧
 - 受賞
- プロジェクトの活動
 - 若手支援：研究員，リサーチ・アシスタント
 - 社会への発信：専門的な発信
 - 社会への発信：一般向けの発信
- 今後の発展



はじめに

2008（平成 20）年のはじめごろ「日本大学・学術研究戦略プロジェクト」の募集があった。離ればなれに存在している日本大学の各学部が、力を合わせて一つのことをやれば、存在感を示すことができるし、それによって、国の科学技術政策や社会的ニーズにこたえ、他の国・公・私立大学との競争にも勝ち抜いていくことにつなげよう、という意欲的な構想であったと思われる。

私達はそれから学部横断のチーム作りを始めた。理工学部ではそれまで伊藤彰義教授を中心として、COE やグローバル COE への応募を行っていたので、そのグループがあり、また、私の属する物質応用化学科を中心とした文科省の「ハイテク・リサーチ・プロジェクト」として、2008 年度を最終年度とする「アトムテクノロジーを指向したナノ構造融合材料の創製」が進行していた。それらのメンバーを中心にチームをつくり、さらに文理学部、医学部に声をかけて、三学部の共同研究チームとしてミーティングを重ね、研究計画を練り、2008 年 5 月、「計画研究」に応募した。書類審査、ヒアリングを経て、五つの計画研究チームのうちの一つとして採択された。その後、生物資源科学部、薬学部から新たにメンバーを迎え入れ、さらに研究説明会、計画書提出、ヒアリングを経て、2008 年 10 月に唯一の「指定研究」として採択された。2009 年度から本格的に始動する準備として、2009 年 2 月に熱海の温泉でリトリート（合宿）を行い、朝から晩まで研究計画発表とディスカッションを行ったのは懐かしい思い出である。

研究構想

提出した研究課題要旨は、以下のようなものである。

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。

テーマの設定は、それまでにメンバーの実績のある内容であり、それを格段に発展させることという観点から行った。また、社会の問題の解決に貢献し、ニーズに答えるために、情報、エネルギー、医療というもっとも重要な対象に正面から取り組もうとした。一見非常に幅広いテーマにみえ、実際にもそのとおりであるが、技術的な側面をたどると、それぞれに関わる物質の性質を決めているのは、原子のつながりかたや、光との相互作用のしかたとい

う極微な世界の性質であるので，そこから解明して技術を作り上げていく必要があることに気づく．そして，原子や分子が集まった程度のサイズであるナノメートルの科学や技術が共通のテーマとして浮かび上がってきた．ナノメートル（nm）は，

$$1 \text{ nm} = 0.000\ 000\ 001 \text{ m}$$

である．

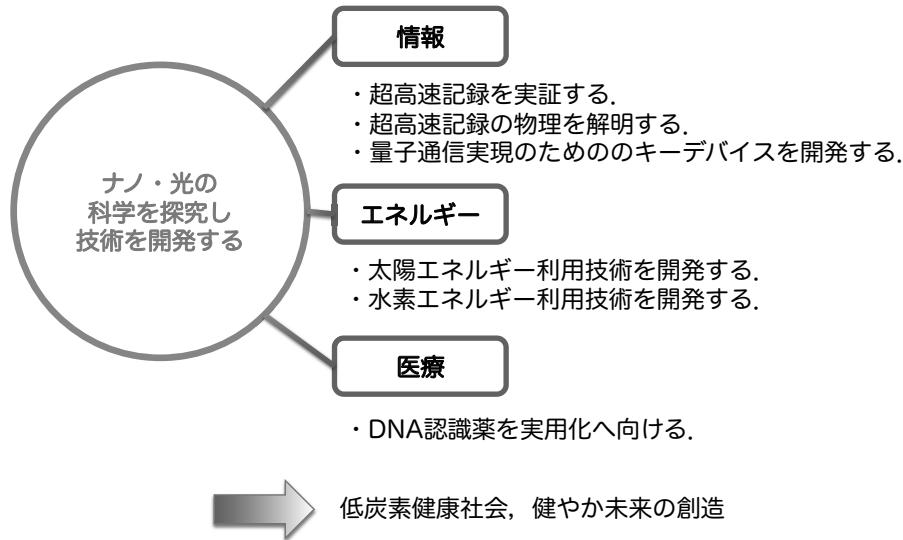


図. 本研究プロジェクトの研究目標

情報 ますます大容量化する情報社会に対応するためには，より多くの情報をより速く，より小さな領域に書き込む，あるいは読み出す新しい方式が求められる．また，大容量通信の安全性も保証されなければならない．本プロジェクトでは，より速く，より小さく，より安全に，をめざして研究を進めた．

エネルギー 人類数千年の文明の歴史の中で，化石資源を中心としたエネルギーを大量に使って生活しているのはごく最近の 100 年間の人たちだけである（図参照）．研究開始時にはもちろん予想していなかったが，2011 年 3 月 11 日福島原発の重大事故があった．その後シェールガスの開拓もあるが，将来にわたって持続可能なエネルギーは太陽エネルギーだけである．本プロジェクトでは，太陽エネルギー利用とエネルギーキャリアとしての水素エネルギーのより有効利用をめざして研究を進めた．

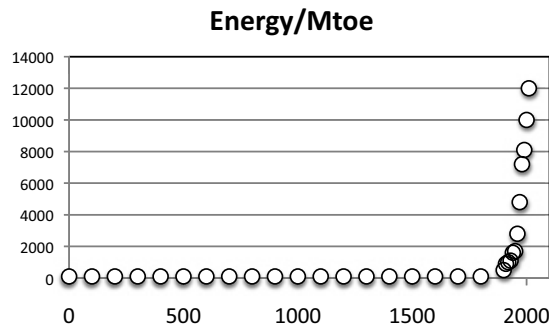


図. 人類のエネルギー使用量（縦軸単位は megaton oil equivalent, 横軸は西暦，データは国連，BP, WEO)

医療 日本人の死因の 1 / 3 は癌である。癌は遺伝子の発現が異常をきたして、細胞の増殖がコントロールできなくなった状態であるので、遺伝子の発現をコントロール下に置くことができれば、その治療の可能性が高くなる。日本大学医学部ではしばらくピロールイミダゾールポリアミドという遺伝子の配列を認識できる人工化合物の研究の蓄積があった。本プロジェクトでは、この化合物をもちいた創薬をめざして研究を進めた。

ナノ物質基盤 上記の課題のいずれも、ナノ物質を基盤とした科学と技術を必要としている。ナノ領域の少しでも小さい範囲に情報を書き込む必要があり、太陽電池は光を電子の流れに変換するナノ領域の物質の特性が効率を握っており、DNA 認識化合物は、ナノ領域の DNA の形や特性を識別する。これらのナノ物質の科学、技術への独自のアプローチも行った。

ナノサイズの物質を作るためには、半導体加工で有名なトップダウン方式と生命が実現しているような自己集合によるボトムアップ方式がある。本プロジェクトでは、トップダウンを得意とする研究者とボトムアップを得意とする研究者の両方が一緒に研究を進めた。また、光や電磁場とナノ物質との相互作用を理論的に予測、シミュレーションすることも重要であり、実験と合わせて、理論的な研究も進めた。

研究経過と成果

本プロジェクトの研究成果の、科学としてのインパクトの大きさ、新しさ、意義は、Nature および Nature の姉妹紙である Nature Communications, Nature Photonics, Nature Materials を始め、J. Am. Chem. Soc. などの一流紙に論文が掲載されたことが示している。一方で、技術的な新しさは、31 件の特許出願等が示している。研究員や学生を含めての受賞が 35 件あり、若手育成にも貢献できたことがわかる。

ここでは主な研究成果の概略を紹介する。より詳細な内容については、後に述べる班ごとの報告、および各メンバーの報告を参照されたい。

情報：超高速・超高密度記録 ハードディスクは、微小な磁石が並んだような性質をもっており、その一つ一つの磁石（「磁化」という）が「上向き」か「下向き」かによって「0」か「1」かというデジタル情報が記録される。したがって、記録するためには磁化の向きを反転させなければならない。現在の技術では、磁場を与えて磁化を反転させており、速度は 1 秒間に 0.25 Gbit である（0.25 Gbit = 250 000 000 個のゼロか 1 の情報）。本プロジェクト開始前、塚本、伊藤らはオランダの大学のグループなどと共同で、物理学的に新しい現象を発見し、注目されていた。光は振動する電磁波であり、電磁場が右回りや左回りに回転する光を「円偏光」というが、円偏光のパルスを塚本らの材料に照射すると、磁化が反転するという現象である¹²³。この現象を塚本らは「光誘起超高速磁化反転」と名付けた。この方式は、磁化を反転させる今までの方法と全く異なる新しい方法であり、原理的に、現在の 10 万倍の速度で情報が書き込めることになる。

ところが、新しい現象なだけに、なぜそのようなことが起こるのか物理的な機構が不明であった。そこで本プロジェクトでは、実際の書き込みに使うことを念頭におきつつも、そのメカニズムの解明に取り組んだ。

塚本、伊藤らはまず、パルスで磁化を一時的に壊して向きを反転させ、次のパルスで磁化

¹ 塚本、伊藤ら、*Phys. Rev. Lett.* **2007**, 99, 217204.

² 塚本、伊藤ら、*Phys. Rev. Lett.* **2007**, 99, 047601.

³ 塚本、伊藤ら、*Phys. Rev. Lett.* **2007**, 98, 207401.

の向きを読み出すことに成功した⁴。この全プロセスにかかった時間が 30 ps (0.000 000 000 03 秒) であり、すでに現在の技術を凌駕している。この結果は、アメリカ物理学会の *Physics* 誌の *Spotlighting Exceptional Research* (2009, 2, 73), *Nature* 誌の *Research Highlights* (2009, 461, 318), また、*Nature Photonics* 誌の *Research Highlights* (2009, 3, 606) として取り上げられた。

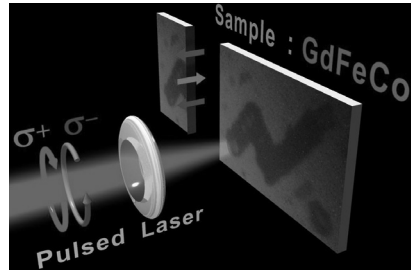


図. 「光誘起超高速磁化反転」によって書いた「エヌドット」

そして、極短時間で磁化が反転する挙動を計測することに成功した⁵。鉄とガドリニウムからなる材料にレーザーパルスを照射すると鉄の磁化は 300 fs (0.000 000 000 000 3 秒) で反転し、ガドリニウムの磁化はそれより遅い 1.5 ps (0.000 000 000 001 5 秒) で反転することを明らかにした。このような早い時間の磁化の挙動はほとんど知られておらず、科学的に新しい発見である。

さらに新しい磁化反転の機構として、ピコ秒以下のレーザーパルスを吸収することによる超高速加熱によって磁化が反転することを見いだした⁶。

X 線レーザーを用いることによって、磁化反転を極短時間領域だけでなく空間的にも極微小領域の挙動を明らかにすることに成功した⁷。その結果、ガドリニウムが多いナノ領域と鉄が多いナノ領域との間に磁気的な相互作用がはたらき、磁化の変化が影響をうけていることが明らかとなった。したがって、物質のナノ構造を制御することによって、磁化の挙動のコントロールが可能となることが期待される。

光で情報を書き込むことができると超高速にはできるが、一方で光は、その波としての性質から波長程度以下には絞れないという問題がある。可視光だと波長が 500 nm 程度なので、最大でも 500 nm 四方に 1 bit という情報密度になる。そこで「近接場光」による集光の検討を始めた。ナノサイズの金属に光を照射すると、あたかもそこに光が集中するような状態になり、これを近接場光という。近接場光によって波長よりはるかに小さい領域に光を照射したのと同じ状況をつくりだせるので、超高密度記録を実現できる可能性がある。実験と理論、計算（シミュレーション）の両面からこの問題にアプローチした。現在までに、62 nm × 67 nm の最少の磁区（磁化の上向きした向きが揃っている領域）を生成することに成功した。

情報：量子通信の鍵技術 記録とともに通信の情報量も指数関数的に増加しているが、プライバシーの保護などその安全性は、現在のところ、暗号化技術によって保たれている。これは現在のコンピューターが素因数分解の計算が苦手である（つまり時間がかかりすぎる）という特徴を利用している。ところが最近 200 桁を超える数の素因数分解が報告されるようになり（NTT, 2010 など）、暗号の安全性に危機感が強まっている。

そこで原理的に盗聴や解読が不可能な、量子力学の原理に基づく「量子暗号通信」に期待

⁴ 塚本, 伊藤ら, *Phys. Rev. Lett.* **2009**, 103, 17201.

⁵ 塚本, 伊藤ら, *Nature* **2011**, 472, 205.

⁶ 塚本, 伊藤ら, *Nat. Commun.* **2012**, 3, 666.

⁷ 塚本ら, *Nat. Mater.* **2013**, 12, 293.

が寄せられている。その実現のためには多くの技術的課題が残されているが、行方、井上らのグループは

- ・国内初の既設ファイバー（学内 LAN）を通じた量子暗号実験⁸
- ・世界最高速の単一光子検出器（通信波長帯用）⁹
- ・世界最高速の量子暗号実験¹⁰

というように、世界トップクラスの実績をあげていた。本プロジェクトではさらにキーとなるデバイス技術の開発を進め、性能の実証実験を行った。



図. 国内初、理工学部キャンパスの LAN を利用した量子暗号実験。

量子情報のための最重要基盤技術は単一光子検出器である。光は波であると同時に粒子であり、1個、2個と数えられる。量子情報では光のこの粒子としての性質を利用するので、光子が1個到着した、ということを検出しなければならない。そして、その検出を高速にできなければならない。

行方、井上らは、光検出器である「なだれフォトダイオード」に独自の工夫をすることで、繰り返し周波数が、従来の3桁近い改善となる2 GHz（1秒間に2 000 000 000回）で動作する「単一光子検出器」を開発した¹¹。さらに光子が何個到着したかを数える性能の良い「光子数識別器」を開発し、従来の100 kHz（1秒間に100 000回）を桁違いに上回る80 MHz（1秒間に80 000 000回）を達成した。それをを用いて量子情報処理のデモンストレーションとして「非ガウス状態」の生成に成功した¹²。

開発したデバイスを用いて、量子暗号の「量子鍵」配送実験を行った。長距離の鍵配送（160 km）や、高速の鍵配送（1 Mbps = 1秒に1 000 000回）を実証した¹³。さらなる長距離の通信を実現するために必要な「量子中継」技術の開発も行った。量子中継に必要な技術のひとつに、「量子もつれ光子対」を発生させること、そしてそれをを用いた「量子もつれ交換」がある。通信波長帯の波長（1550 nm）の光を用いた実験において、それまでの記録（約0.75）を大きく更新する高い「量子もつれ純度」約0.9を実現した。また、量子受信機で「ビット数誤り率」の限界を打破する結果を得た¹⁴。この成果は、より長距離の通信につながるものと期待される。

⁸ 行方、井上ら、*Opt. Express* **2005**, *13*, 9961.

⁹ 行方、井上ら、*Opt. Express* **2006**, *14*, 10043.

¹⁰ 行方、井上ら、*Appl. Phys. Lett.* **2007**, *91*, 011112.

¹¹ 行方、井上ら、*IEEE Photo. Tech. Lett.* **2010**, *22*, 529.

¹² 行方、井上ら、*Nat. Photon.* **2010**, *4*, 655.

¹³ 行方、井上ら、*Opt. Express* **2011**, *19*, 10632.

¹⁴ 井上ら、*Phys. Rev. Lett.* **2011**, *106*, 250503.

これらの結果は社会的にも注目を集め、多くの新聞などに取り上げられた（巻末参照）。

- ・日刊工業新聞 2010年2月12日
- ・日刊工業新聞 2010年7月8日
- ・Laser Focus World 2011年6月28日
- ・Fuji Sankei Business i 2011年6月28日
- ・日刊工業新聞 2011年5月16日
- ・電経新聞 2012年2月27日
- ・電波タイムズ 2012年3月5日

量子中継の実現のためには、上記の量子もつれ交換に加えて、量子メモリが必要になる。これに関する桑本らの「ボーズ・アインシュタイン凝縮」に関する論文が *J. Phys. B.* の Highlights of 2011 に選出された¹⁵。

エネルギー：太陽エネルギーと水素 エネルギー分野では、太陽光のエネルギーを用いるエネルギーシステムの構築を目標にした。太陽光を利用した発電や水素発生、水素の貯蔵、そして水素から発電する燃料電池、という、「太陽光」と「水素」をキーワードとして、図に示す太陽光利用サイクルのエネルギー変換、貯蔵に関するそれぞれの要素プロセスの研究を進めた。

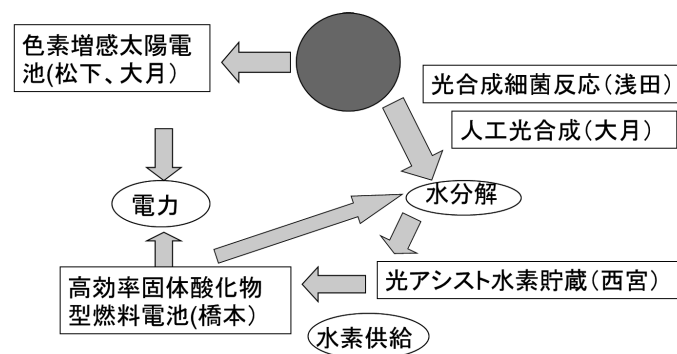


図. 太陽（赤丸）光エネルギー利用サイクルの要素プロセス

太陽光による発電では、「色素増感型太陽電池」とよばれる太陽電池が次世代太陽電池として期待されている。これはシリコン太陽電池と異なり、最初に光を吸収するのは分子であるので、分子構造の設計ができ、吸収波長や電位などのチューニングができるという特徴がある。この特徴をいかした新規色素の開発では、「ペリレンジカルボン酸ジイミド」という化合物の誘導体を系統的に検討し、分子構造と効率の関係を明らかにした。なおこれまでの色素で得られた太陽電池としての最大効率は3.1%であった。

また、「フォトニック結晶」による発電効率の向上の検討を行った。その結果、フォトニック結晶を用いることで、近接場光の効果によって、色素分子1個あたりの光電変換効率が向上するというシナリオを実証するデータを得ることができた。

太陽光を一旦電力にかえずに、貯蔵できるエネルギーとして水素を生産するという方式も考えられる。合成分子による触媒を用いる方法と、光合成細菌を利用する方法の両方を検討した。合成化合物による方法では、光吸収部位と触媒となる部位が自発的に集合するような設計を行い、自発的な集合のない従来の系よりも水素発生効率が2倍になることを見いだした¹⁶。光合成細菌による水素発生では、系内に水素貯蔵合金を共存させるという方法によ

¹⁵ 桑本ら, *J. Phys. B* **2011**, *44*, 075302.

¹⁶ 大月ら, *Chem. Commun.* **2010**, *46*, 8466.

って、細菌からの水素発生量が増加することを見いだした¹⁷。湿気の高い環境中で劣化しない水素吸蔵合金の技術を用いた結果である。

水素からの電力生産には「燃料電池」が用いられる。燃料電池にはいくつかタイプがあるが、「固体酸化物型」は高い変換効率をもつ素子として期待されている。この実用化のためには現状の作動温度の 800°C から 1000°C を 600°C から 800°C に低下させることが必要とされている。そのためには、従来と異なる新しい材料が必要であり、本研究ではその開発を行った。

橋本らは、新しい材料の探索を、ナノスケールで原材料が十分混ざりあう「ペチーニ法」による材料合成によって系統的に詳細な組成の検討を行い、当初の目標をクリアする特性をもつ材料を見いだした。燃料電池には「空気極」と「水素イオン導伝体」が必要であるが、空気極は、 $\text{LaNi}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_{3-\delta}$ の組成をもつ材料¹⁸、水素イオン導伝体は $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Zr}_{0.9}\text{Y}_{0.1}\text{O}_{3-\delta}$ の組成をもつ材料が最適であった¹⁹。これらの材料を用いて燃料電池を試作し、性能を評価している。

医療：遺伝子認識創薬 遺伝情報は、4種類の塩基の配列として DNA という巨大分子に保存されている。デスタマイシンは、ピロールという一つの窒素 (N) を含む五角形構造をもつ分子で、DNA と結合することが知られていた。1990 年頃 Dervan らによって、ピロールに加えてイミダゾールという二つの窒素を含む五角形構造を分子内に導入した人工分子 (ピロールイミダゾールポリアミド、以下 PI ポリアミド) が、DNA の塩基配列を区別して結合することが明らかにされた。医学部では本プロジェクト開始前から、PI ポリアミドの研究を進めていたが、本研究では、PI ポリアミドを臨床に応用することを目指し、さらに進展させた。

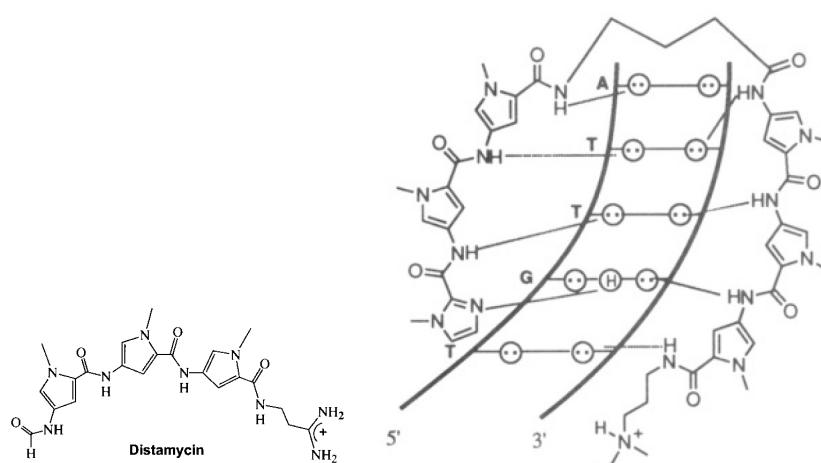


図. デスタマイシン (左) と PI ポリアミドの例 (右) .

ヒト骨肉腫、慢性骨髄性白血病、ヒト BWS 繊維芽などの細胞株に PI ポリアミドを投与し、遺伝子発現および細胞増殖の検討を行い、遺伝子発現抑制、細胞増殖抑制を確認した。さらにマウス皮下に移植したヒト骨肉腫の成長についても調べ、PI ポリアミドの抑制効果を確認した。PI ポリアミドの体内での薬物動態についても検討した。相馬、福田、松本らの PI ポリアミドに関する論文が、日本薬学会誌平成 24 年優秀論文に選出された²⁰。

「トランスフォーミング増殖因子 TGF」というタンパク質は、遺伝子に結合してその遺伝

¹⁷ 浅田, 西宮ら, 特願 2011-124597.

¹⁸ 橋本ら, *Solid State Ionics*, **2010**, *181*, 1771.

¹⁹ 橋本ら, *Solid State Ionics* **2012**, *206*, 91.

²⁰ 相馬, 福田, 松本ら, *Biol. Pharm. Bull.* **2012**, *35*, 2028.

子の発現を制御する。TGF は大別して $TGF\alpha$ と $TGF\beta$ に分けられる。 $TGF\beta$ は、細胞の成長と発生を調節する蛋白質であり、種々の組織で産生され、細胞の増殖、細胞外マトリックスの形成、免疫能の調節作用をもつ。福田らは「 $TGF\beta 1$ 」の DNA 結合部位に結合する PI ポリアミドを種々設計し、リード化合物を決定した。創薬を促進するために、まず手術後などに行ける「皮膚肥厚性瘢痕」の治療薬としての検討を開始した。哺乳動物であるマーモセットで試験を行い、瘢痕形成の抑制を認めた。さらにこの化合物を軟膏化し、塗り薬としても瘢痕が抑制されることが認められた。この結果は日本経済新聞（2013 年 10 月 18 日）に取り上げられた（図、拡大判は巻末）。



図. PI ポリアミドによる瘢痕抑制の動物実験（日本経済新聞，2013 年 10 月 18 日）。

PI ポリアミド以外にも、加野らが見いだした脱分化脂肪細胞 *Dedifferentiated fat cells* (DFAT)や舩廣らが見いだしたタンパク質の安定性を向上させる *Stabilon* というアミノ酸 16 個からなるオリゴペプチドなどに関する、オリジナリティの高い研究も進展した。さらに、加野らは脂肪細胞の分化のさいの遺伝子発現と細胞の形の変化の関係を明らかにした²¹。大月、藤原、永瀬らの合成化合物「ポルフィリン」類の癌の光線力学療法への試験、浅井、福田らのプラズマの医療への応用も合わせて検討した。

また、永瀬らは、遺伝子発現ネットワークの解明を行い、腫瘍感受性や皮膚の炎症に関わる遺伝子の関連を明らかにした²²。

ナノ物質基盤 プロジェクトに参加した多くの研究者がそれぞれの分野で実績のある「得意技」をもっている。本プロジェクトでは、それらの研究者が密に情報交換することによって、互いの共同研究を発展させること、さらに、情報、エネルギー、医療分野へ、知識、材料、技術を提供することを狙った。

内容によって次の三つの班からなる研究体制をとった。

超分子・自己組織班：ボトムアップ手法によるナノ物質，ナノ構造の構築と特性

ナノ物質・ナノデバイス班：トップダウンを含めたナノ物質，ナノ構造の合成と物性

量子理論・計算班：ナノ物質と光の関わる量子力学やシミュレーション

ここでは、本研究で得られたさまざまな「ナノ」構造やその特性について紹介する。それ

²¹ 加野ら, *Nat. Commun.* **2014**, in press.

²² 永瀬, Balmain ら, *Nature* **2009**, 458, 505.

単独で科学的に興味深いものから、情報、エネルギー、医療への応用が図られるものまで幅広い成果が得られた。

超分子・自己組織によるナノ構造 大月らは、分子の自己集合構造の構築とその分子レベルでの構造解明を行っていた。図に示すのは「ポルフィリン」という化合物であるが、分子構造を変えてあり、「水素結合」という他の分子と相互作用する部位を分子構造の中にもたせてある。この水素結合部位の位置の違いによって、分子を二列に並べせたり、あるいはジグザグに並べせたりなど、二次元的な構造を制御できることを見いだしていた²³。本プロジェクトでは、更に三次元的な分子からなる構造制御を検討した。

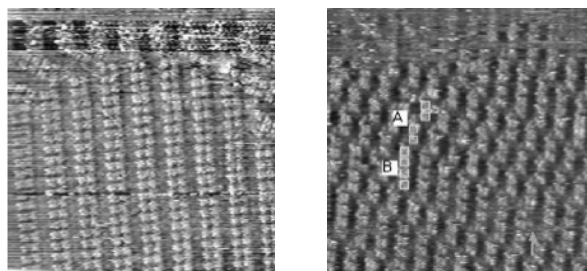


図. 分子構造の違いにより二列（左）あるいはジグザグ（右）に配列したポルフィリン分子。

天然の光合成では、「クロロフィル」という分子が集合体をかたちづくって光エネルギーを集める「光捕集アンテナ」として働いている。大月らは、クロロフィルの分子構造を改造し、自己集合構造を検討した。ある種の改造クロロフィルは、DNA を思わせる二重らせん構造に集積することがわかった²⁴。第一に、ナノ物質をこのような三次元的に複雑な形にくみ上げられたことに意義がある。それだけではなく、このようなクロロフィルの集合構造を構築できたということは、光捕集アンテナとして望みの構造体を構築するためのヒントが得られたということでもある。

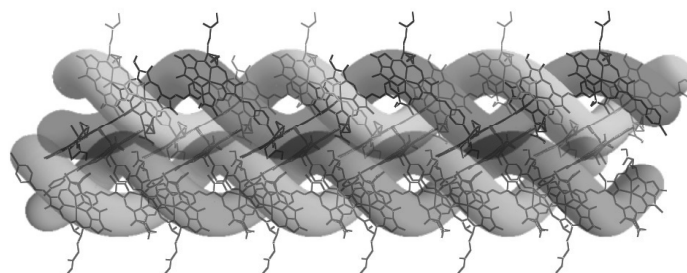


図. 改造クロロフィルの二重らせん集合構造。

分子の動きを1個1個のレベルで観察するために、「ダブルデッカーポルフィリン錯体」という分子を合成した。この分子は分子内のセリウム原子1個の周りに回転することが予想されたので、この分子を基板上に配列させ、走査トンネル顕微鏡で観察した。その結果、分子が時間とともに向きを変える様子を記録することができ、この種の分子運動を初めて「可視化」することに成功した成果となった²⁵。

²³ 大月ら, *J. Am. Chem. Soc.* **2005**, *127*, 10400.

²⁴ 大月ら, *J. Am. Chem. Soc.* **2013**, *135*, 5262.

²⁵ 大月ら, *J. Am. Chem. Soc.* **2010**, *132*, 6870.

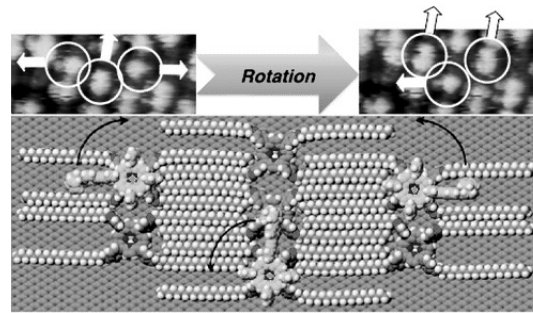


図. 分子回転を単一分子レベルで捕らえた像.

伊藤，塚本らは，超高密度磁気記録媒体作製のために，5 nm 程度のサイズのシリカの球や孔を配列する方法を開発し，それを利用して磁性ナノ粒子からなる材料を作製することに成功した．得られた密度は目標を超える $5.4 \text{ T particle/inch}^2$ (1 平方インチあたり 5 400 000 000 000 000 粒子) である．松下らはボトムアップ手法に局所的な熱変形を促す新しい方法によって，「星型」や「リング」などのナノ構造体の作製に成功した²⁶．伊掛らは，植物由来の高分子材料であるポリ乳酸について，立体異性体を複合化することによって透明性の高いフィルムが得られることを見いだした．

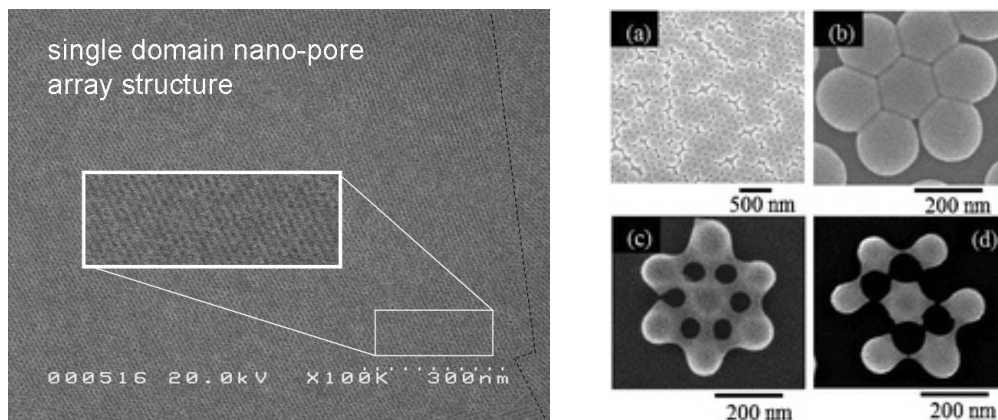


図. 伊藤，塚本らのナノ孔配列（左）と松下らの「六芒星」（右）．

ナノ物質の合成，ナノデバイスの作製と特性解析 本プロジェクトメンバーにはそれぞれ独自の合成，作製，評価，解析手法をもつ研究者が集まっている．例を挙げると，手法としては，電子線および X 線回折による精密結晶構造解析，超伝導特性評価，単一光子検出，プラズマ制御，一分子ナノ計測，材料としては，超伝導を示す二次元層状物質，金属酸化物ナノ粒子，カーボンナノチューブ，カーボンナノロッド，ヘテロ構造半導体などがある．

これらの材料と手法を生かした研究を共同研究によって格段に発展させるとともに，情報，エネルギー，医療分野への応用を図ることを目標として研究を進め，以下のようなナノ物質，ナノ構造，ナノデバイスを作製し，その特性，物性を評価した．

- ・強磁性金属（磁石）を内部に含むカーボンナノチューブ．
- ・カーボンナノチューブ（ナノロッド）とダイヤモンド状炭素によるダイオード
- ・水素吸蔵合金の薄膜
- ・高結晶性酸化亜鉛薄膜
- ・鉄ヒ素系超伝導体の中で 1111 系および 111 系超伝導体

²⁶ 松下ら，*Chem. Commun.* **2012**, 48, 1668.

- ・ペチーニ法を用いた超高密度ターゲット
- ・超高密度ターゲットを用いた超格子
- ・自由電子レーザー照射によるカイラリティの制御された単層カーボンナノチューブ
- ・色素増感太陽電池効率向上のための酸化チタンのフォトニック結晶
- ・「銀トリルアセチリド」分子のナノリボン
- ・酸素吸蔵物質のフォトルミネッセンス特性

以下の装置, 手法を開発した.

- ・歯周病菌殺菌用のプラズマ照射装置
- ・ナノバブル発生装置²⁷
- ・磁化同軸プラズマガンによる高融点金属の合金薄膜生成法²⁸
- ・腫瘍治療のための大気圧プラズマ装置
- ・THz 帯単一光子検出器
- ・筋肉の分子運動と ATP 分解反応の分子レベルでの機構解明
- ・生きた細胞の走査型電子顕微鏡観察手法

量子理論とナノ構造電磁界のシミュレーション 実験グループと共同して, 量子理論・計算グループは, 理論的な検討とシミュレーションを行った. ナノメートルサイズのような微小な領域では, 物質は「量子力学」という原理に従ってふるまう. したがって, ナノ物質の挙動を理解するためには, 量子力学の未解決問題を解決すること, そして, ナノ物質に光が当たったときにナノ物質と光がどのように相互作用するかシミュレーションによって予測できることが同様に重要である. 本プロジェクトでは, これらの課題に取り組んだ.

ナノ物質は量子力学に従って振る舞うが, 量子力学自身にもまだ理解されていない問題点がある. その内の一つにフント則がある. これは, 二つの異なる軌道にそれぞれ電子が一つずつあるとき, それぞれの電子の「スピン」は同じ方向を向いた状態が安定であり, 逆を向いた状態はより不安定である, という規則である. 佐甲らは, スピンが逆を向いた電子対には存在できない空間があることを見つけ, その結果エネルギーが上昇し不安定になることを明らかにし, 長年の謎であったフント則の起源を解明した²⁹. この仕事は英国物理学会が選出する IOP セレクトに選ばれ, 欧州物理学会が発行する *Europhysics News* で紹介された.

応用の観点からも重要な系に固体表面がある. 表面は本質的にナノスケールであり, その特性は表面に量子力学を適用することで得られるはずである. 石田らは以下のような表面を対象として量子理論的解明を行った^{30,31,32}.

- ・金属と「Mott 絶縁体」の界面
- ・金属電極を架橋する単一分子
- ・金属結晶表面

本プロジェクト情報分野では, 上述したように, 近接場光を利用して局所的に情報を書き込むという課題に取り組んでいる. 大貫, 中川らは, シミュレーションからその課題に取り組んだ. 従来法に比べて 100 倍以上高速であり, また高精度な電磁界時間応答解析法を開発した³³. また種々のナノ構造をもつフォトニック結晶についてシミュレーションを行い光閉込め効果を検討した.

²⁷ 鈴木ら, 特願 2012-204982.

²⁸ 浅井, 鈴木, 西宮ら, 特願 2012-195690.

²⁹ 佐甲ら, *Phys. Rev. A* **2011**, 83, 032511.

³⁰ 石田ら, *Phys. Rev. B* **2010**, 82, 045107.

³¹ 石田ら, *Phys. Rev. B* **2012**, 85, 045112.

³² 石田ら, *Phys. Rev. B* **2012**, 86, 205115.

³³ 大貫, 中川ら, *J. Electromagn. Waves Appl.* **2012**, 26, 997.

電磁波がナノ物質との相互作用をシミュレートするために、大貫、佐甲らは、電磁波の方程式である Maxwell 方程式と物質の方程式である Schrödinger 方程式を同時に解く手法を開発した³⁴。ナノサイズのプレートに光が照射された状況は、従来の手法では正しい解を得られず、提案手法でのみ正確な解析が可能であることを見いだした。

業績のまとめ

課題と達成状況一覧。 以下、本プロジェクト開始時に掲げた班別の具体的な目標と達成度の概略の一覧を示す。

表. 重点課題 1 —情報：(1) 超高速・超高密度記録技術の達成目標。

項目	現状	◇ 本研究の独創的技術によって ◇	目標
①書き込み速度	0.25 Gbits/s	光直接磁化反転	25000 Gbits/s (10 万倍)
②媒体記録密度	0.2 Tbits/inch ²	自己組織転写ナノ磁性体	2 Tbits/inch ² (10 倍)
③書き込み密度	0.6 μm ² /bit	熱近接場書き込み	0.003 μm ² /bit (200 倍)

- ① 40 fs の単一パルスで磁化反転を実証した = 250000 Gbits/s 相当. 連続記録が課題.
- ② 粒子密度 5.4 Tbits/inch² (目標の 2.7 倍) を達成. 粒子サイズ, 特性の均一化が課題.
- ③ 0.004 μm²/bit を達成. さらに微細化を検討中.

表. 重点課題 1 —情報：(2) 量子情報処理技術の達成目標。

項目	現状	◇ 本研究の独創的技術によって ◇	目標
①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%
②単一光子検出器	量子効率 1%, 暗計数~10 ⁻⁸	超電導細線による単一光子検出	50%, 10 ⁻⁸
③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
④量子もつれ交換実験	忠実度<0.7	高忠実度量子もつれ交換	忠実度>0.9
⑤量子メモリー	1 ms	極低温原子集団・ボース凝縮体	10 ms
⑥量子ビットデバイス	量子効率~1%, <0.3K	THz 帯光プラズマ励起量子ビット	>5%, 室温-1.8 K

- ① 単一光子発生を確認した段階.
- ② InGaAs/InP-APD で検出効率 6%, 暗計数 10⁻⁸ を達成.
- ③ 効率>80%, 分解能 0.2 eV, 繰返し 80 MHz (目標の 80 倍) を達成.
- ④ 忠実度~0.9 を達成.
- ⑤ ~0.3 ms の保存時間と 100%の保存効率を達成.
- ⑥ 1.1 K 以上の動作が期待できる結果. 検出器の受光感度は従来より 1 桁向上.

³⁴ 大貫, 佐甲, 中川ら, *Int. J. Numer. Model.* **2013**, 26, 533.

表. 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達成目標.

項目	現状	◇ 本研究の独創的技術によって ◇	達成目標
①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
②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%
③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
④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%
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

- ① 超分子化で水素発生の効率 2 倍. 完全光分解は未達成.
- ② 量子収率 0.01 程度, 2 質量%の合金で容量 2 倍化達成. 3 質量%の合金へ適用中.
- ③ 有望なカソード材料, 電解質材料を発見. テストセル評価装置完成の段階.
- ④ 光閉込め効果で色素あたりの光電変換効率は 1.7 倍を確認.
- ⑤ アナベナ-ZrVFe 系で 7 倍の水素増収を達成.

表. 重点課題3—医療：医療応用のためのナノバイオ技術の達成目標.

項目	現状	◇ 本研究の独創的技術によって ◇	達成目標
①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
②生体蛍光・発光物質の開発	安全性, 感度に関する問題	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
③ex 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
④in 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
⑤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

- ①, ② 研究推進中.
- ③ テロメア標識技術が共同研究者により確立. 実用化研究推進中.
- ④ 動物実験で腫瘍細胞の蛍光発色が可能に. 診断への応用には更に研究が必要.
- ⑤ 実験動物レベルでの前臨床試験で期待されるデータ. 臨床応用は今後. 癒痕治療薬としては, 軟膏化し, 哺乳動物実験で効果確認.

業績データ一覧. 以下, 表に論文, 著書, 特許出願, 学会発表, 受賞, 外部資金獲得についてまとめた. カッコ内の数値 (A, B) は, A が複数のメンバーの共著研究, B が学部を超えたメンバー間の共著研究である. また, 共同研究の相関をネットワーク図に示した. 密な共同研究がデータとして示されていることがわかる. また, 特許出願等の一覧も示した.

表. 研究成果

	2009	2010	2011	2012	2013
論文	117(20,6)	108(15,4)	121(20,3)	112(22,5)	128(18,11)
特許出願等	8(1,0)	9(4,1)	8(2,0)	3(2,0)	3(1,0)
招待講演等	80	45	66	29(5,2)	68(6,2)
学会発表	323	327(51,10)	281(57,6)	277(126,16)	391(104,29)
著書	17	11	19	5	17
受賞	4	4	5	9	13
外部資金	30(11,0)	33(13,2)	27(10,2)	27(7,1)	30(3,0)

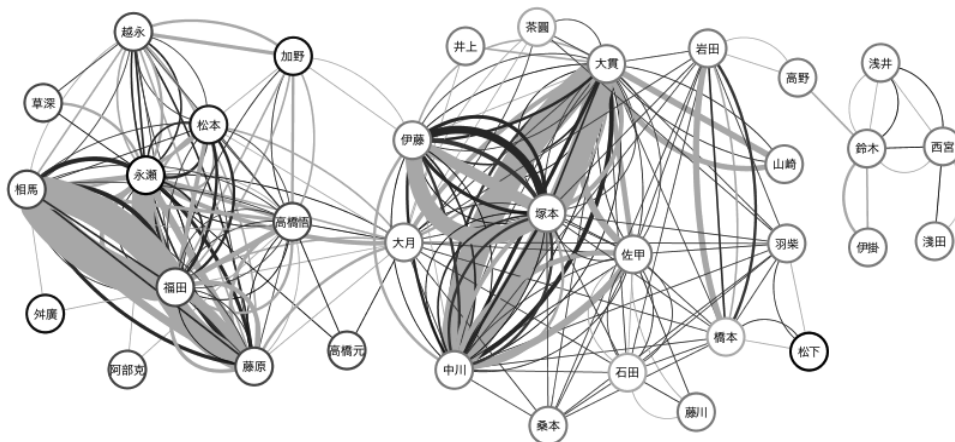


図. 共同研究相関. 線は共同研究を表し, 太さが件数に対応する. 黒線: 論文, グレー線: 特許, 学会発表, 外部資金. カラーデータでは, メンバー (理工: オレンジ, 医: 緑, 文理: 黄緑, 薬: 紫, 生物資源科学: 青, 他: 黒) と共同研究 (論文: 赤, 特許: 青, 学会発表: 緑, 外部資金: ピンク) の区別がある.

表. 特許出願等一覧.

発明の名称	出願番号等	発明者
ドライバーオンコジーンの遺伝子変異を標的にアルキル化する新規アルキル化剤	2013-214044	永瀬
新規PIポリアミド	2013-048126	高橋悟, 藤原
磁化同軸プラズマ生成装置	2013-138533	浅井
新規PIポリアミド	2012-106382	高橋悟, 藤原, 福田
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	2012-204982	鈴木
合金薄膜生成装置	2012-195690	浅井, 鈴木, 西宮
タンパク質療法や抗体療法に応用可能なプロテアソームによるタンパク質分解を阻害する酸性アミノ酸からなるモチーフの確立	2011-514288	舛廣
シアノバクテリアが産生する水素の水素吸蔵合金による効率的回収方法および水素の増収方法	2011-124597	西宮, 浅田
消霧方法及び装置	2011-234153	鈴木
定常プラズマ生成装置	2011-068129	浅井
プラズマ光源とその紫外光発生方法	2011-501691	浅井
標的遺伝子特異的ヒストン修飾制御剤	特許番号 4873510	永瀬

MYC下流遺伝子を標的とした配列特異的発現調節剤、及びMYC下流遺伝子の標的又は標的群を決定する方法	2011-503644	永瀬
DNA配列特異的結合化合物を含む局所用眼科疾患治療薬	2011-503643 US 13/256012	永瀬, 福田
HIGH-SPEED PULSED HOMODYNE DETECTOR IN OPTICAL COMMUNICATION WAVELENGTH BAND	WO/2010/035 533	井上, 行方
組立式の分光器用型紙	意匠 2010- 026455	浅井
磁性体内包CNTの析出装置、磁性体内包CNTの析出方法、磁性体内包CNT、磁気力顕微鏡、スピン・トランジスタ、スピン・ダイオード、スピン電界効果トランジスタ、スピンpinダイオード	2010-198325	鈴木
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	2010-161996, PCT/JP2011/0 66148	中川, 大貫, 伊藤, 塚本
血中HDL増加剤または抗動脈硬化剤	2010-146985, PCT/JP2011/0 64696	福田, 永瀬
ポルフィリン誘導体および放射線力学療法におけるその使用	2010-029205, PCT/JP2011/0 53054	永瀬, 高橋 (元), 高橋 (悟), 大月
標的遺伝子特異的ヒストン修飾制御剤	2010-519093, PCT/JP2009/0 62054	永瀬
増殖性疾患の検出方法	2010-508220, PCT/JP2009/0 57524	永瀬
マトリックスメタロプロテナーゼ9遺伝子選択的発現抑制剤	2010-508268, PCT/JP2009/0 57801	永瀬
タンパク質療法や細胞の分化/未分化制御、抗体療法に応用可能な細胞内でのタンパク質の安定化を可能にする酸性アミノ酸からなるモチーフの確立	PCT / JP2009 / 070081; N002P08005	舩廣
タンパク質療法や抗体療法に応用可能なプロテアソームによるタンパク質分解を阻害する酸性アミノ酸から成るモチーフの確立	2009-122552	舩廣
レチノイン酸受容体 α を含む融合タンパク質	2009-077375	舩廣
Myc 下流遺伝子群を標的とした配列特異的 DNA 結合化合物による疾患治療薬候補探索と疾患治療化合物	2009-061321, PCT/JP2009/0 66111	永瀬, 草深
CO ₂ 固定化方法及びCO ₂ 固定化用藻類培養装置	2009-185042	浅田
カーボンナノチューブのカイラリティ制御	2009-131857	岩田
LFプラズマジェット生成方法及びLFプラズマジェット生成装置	2009-080683	浅井
同軸磁化プラズマ生成装置	2009-171864	浅井

受賞 以下、メンバーあるいはメンバーの研究室でプロジェクト研究に携わった研究員、学生の受賞記録である。メンバー受賞 12 件、若手研究員、学生の受賞 23 件であった。

表. メンバーの受賞.

受賞者	賞	年月日
大貫進一郎	平成 25 年度日本大学理工学部学術賞	2013 年 11 月 21 日
伊藤彰義, 大貫進一郎, 塚本新, 中川活二	平成 25 年度日本磁気学会論文賞	2013 年 9 月 4 日
山崎恒樹	電気学会優秀論文発表賞 (基礎・材料・共通部門表彰)	2013 年 9 月
松下祥子	平成 25 年度日本化学会コロイドおよび界	2013 年

	面化学部会科学奨励賞	
伊藤彰義, 中川活二	静電気学会進歩賞	2012年9月13日
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
相馬正義, 福田昇, 松本宜明	日本薬学学会誌平成24年優秀論文	2012年
松下祥子	第86回日本セラミックス協会優秀論文賞	2012年
青山隆彦, 松本宜明	「TDM研究」優秀論文賞	2011年6月18日
浅井朋彦	平成22年度日本大学理工学部学術賞	2011年5月
山崎恒樹	電子情報通信学会学術奨励賞	2010年3月
伊藤彰義, 塚本新	MORIS2009, Best Poster Awards	2009年6月

表. 研究員, 学生の受賞.

受賞者	賞	メンバー	年月日
吉川大貴	Best Poster Awards, 国際会議 MORIS2013	塚本	2013年12月
石原隆一	放電学会優秀ポスター発表賞, 放電学会若手セミナー	鈴木	2013年11月30日
岸本誠也	平成24年度電気学会優秀論文発表賞	大貫	2013年9月12日
杉本隆之	日本セラミックス協会第26回秋季シンポジウムベストポスター発表賞	橋本	2013年9月4日
影山雄一	平成25年度電気学会東京支部学生優秀発表賞	大貫	2013年9月3日
長澤和也	平成25年度電気学会東京支部学生優秀発表賞	大貫	2013年9月3日
加藤司	電子情報通信学会平成24年度電磁界理論研究会学生優秀発表賞	大貫	2013年6月14日
竹内嵩	平成24年度電子情報通信学会学術奨励賞	大貫	2013年3月20日
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	大貫	2013年3月20日
加藤司	平成23年度電気学会優秀論文発表賞(基礎・材料・共通部門表彰)	大貫	2012年9月20日
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	大貫	2012年5月25日
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	大貫	2012年5月25日
岸本誠也	平成23年度電子情報通信学会学術奨励賞	大貫	2012年3月21日
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	大貫	2012年3月21日
杉本隆之	第27回日本セラミックス協会関東支部研究発表会優秀賞	橋本	2011年9月29日
北岡優弥	平成22年度電磁界理論研究会学生優秀発表賞	大貫	2011年5月28日
平野正樹	平成22年度電磁界理論研究会学生優秀発表賞	大貫	2011年5月28日
Joji Kato	Korea-Japan Joint Forum, Excellent Student Poster Award	松下	2010年8月22-25日
岸本誠也	電子情報通信学会平成21年度電磁界理論研究会	大貫	2010年5月29日

	学生優秀発表賞		
野々村光浩	第 10 回レーザー学会東京支部研究会ポスター講演優秀賞	鈴木	2010 年 3 月 3 日
高村絢子	2009 年放電学会年次大会優秀ポスター発表賞	鈴木	2009 年 11 月 14 日
望月崇久	電子情報通信学会平成 20 年度電磁界理論研究会学生優秀発表賞	大貫	2009 年 5 月 23 日
岡田辰一郎	電子情報通信学会東京支部学生奨励賞	大貫	2009 年 5 月 23 日

プロジェクトの活動

各年度ごとに、全員で集まるイベントとして、年度始めに研究計画報告会、年度中盤に公開シンポジウム、年度末に研究成果報告会を開催した（下記表参照）。それ以外に理工学部先端材料科学センター主催の若手フォーラムの共催、理工学部学術講演会での特別セッションの開催を行った。その他随時、講演者を招いての講演会などを開催。

表. 共同研究促進・成果発信企画一覧.

2008 年度	2 月 27 日	平成 21 年度計画報告会（リトリート，熱海）
2009 年度	9 月 7 日	平成 21 年度中間報告会（理工学部）
	9 月 18 日	第 1 回シンポジウム（医学部）
	10 月 31 日	サイエンスアゴラ（お台場）
	11 月 28 日	学術講演会特別セッション（理工学部）
	1 月 15 日	平成 21 年度成果報告会（理工学部）
2010 年度	2 月 13 日	先端材料科学センター若手フォーラム（理工学部）
	5 月 10 日	平成 22 年度計画報告会（理工学部）
	9 月 8 日	第 2 回シンポジウム（理工学部）
	1 月 8 日	平成 22 年度成果報告会（理工学部）
2011 年度	2 月 5 日	先端材料科学センター若手フォーラム（理工学部）
	5 月 27 日	平成 23 年度計画報告会（理工学部）
	8 月 24 日	平成 23 年度中間報告会（理工学部）
	11 月 26 日	学術講演会特別セッション（理工学部）
	1 月 7 日	平成 23 年度成果報告会（理工学部）
2012 年度	1 月 28 日	先端材料科学センター若手フォーラム（理工学部）
	2 月 20 日	第 3 回シンポジウム（本部）
	5 月 26 日	平成 24 年度計画報告会（理工学部）
	9 月 15 日	第 4 回シンポジウム（文理学部）
	11 月 28 日	学術講演会特別セッション（理工学部）
2013 年度	1 月 12 日	平成 24 年度成果報告会（理工学部）
	2 月 9 日	先端材料科学センター若手フォーラム（理工学部）
	5 月 18 日	平成 25 年度計画報告会（理工学部）
	6 月 11 日	JST 新技術説明会（科学技術振興機構 JST）
	12 月 21 日	第 5 回シンポジウム（本部）
	2 月 15 日	先端材料科学センター若手フォーラム（理工学部）

若手支援：研究員，リサーチ・アシスタント 若手支援，そして研究推進のための戦力として，研究員，ポストドクトラル（PD）研究員を雇用した．また，多くの大学で博士後期課程の学費の減免が行われている中，博士後期学生を，経済的支援として，リサーチアシスタント（RA）として雇用した．プロジェクトの研究グループ中から，学術振興会 DC に採択された者が 2 名いる．

表. 研究員およびリサーチ・アシスタント

	2009	2010	2011	2012	2013
PD 等研究員	3	7	9	10	10
RA（博士後期学生）	5	5	3	4	5

既に契約が終了した研究員，学生は，以下のように，世界の大学，企業，医療機関などで活躍している．

Gandhigram Rural Institute 准教授（インド），チッソ（株），内科開業，阿伎留医療センター，日本大学文理学部若手研究員，益川塾特任研究員，日本大学文理学部助手 A，千葉県がんセンター，筑波大学助教，慶応大学医学部特任助教，Alcaliber（スペイン）

社会への発信：専門的な発信

シンポジウム 毎年，公開シンポジウムを行なった．2009 年初回は英語で国際会議，2010 年第 2 回は若手講演を中心に行い，2012 年第 4 回は文理学部の私立大学戦略的基盤形成支援事業「構造制御および電子状態制御に基づく新物質の開発」と共同で開催，2013 年最終シンポジウムは一般向け企画として高校生とのクロストークを行った（社会への発信：一般向け参照）．

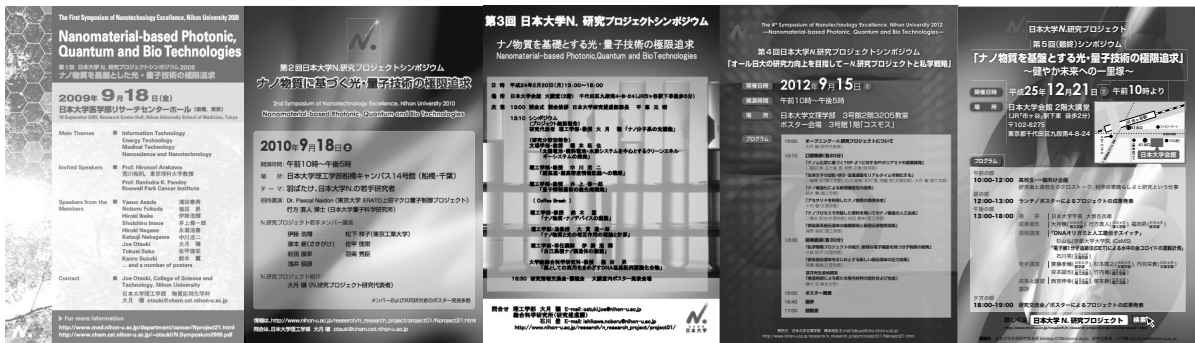


図. シンポジウムポスター（2009-2013）.

新技術説明会 科学技術振興機構（JST）は，大学，公的研究機関および JST の各種事業により生まれた研究成果の実用化を促進するため，「新技術説明会」を開催している．本プロジェクトの成果を発信するために，2013 年 6 月 11 日，プロジェクトの特許技術 6 件の説明会を開催した．

発表した特許出願技術は以下の通り．

- ・局所円偏光を利用した超高速磁気記録 （中川）
- ・ナノ・マイクロバブルの粒径を均一に可変制御する吐出ノズルと発生装置の開発 （鈴木）
- ・磁化プラズモイドの繰り返しパルス生成による新奇製膜法の提案 （浅井）
- ・水素吸蔵合金カプセルの共存による生物的水素生産の効率化 （西宮）

- ・タンパク質の寿命を延ばす方法の開発
～遺伝的に安全かつ簡易な iPS, 分化細胞誘導法の開発に向けて～ (舩廣)
- ・新規バイオ医薬ピロール・イミダゾールポリアミドの創薬開発 (福田)

新技術説明会の開催に関しては、研究推進部・研究推進課、知財課、Nubic にお世話になりました。



図. 新技術説明会(2013).

研究ジャーナル 理工学部発行の論文誌「日本大学理工学部理工学研究所研究ジャーナル」に理工学部メンバーの解説記事を掲載した。この論文誌は、J-Stage を経由して無料で全文閲覧可能である。内容は以下の通り。

- ・超短パルスレーザーによる超高速磁化制御と計測
塚本, 伊藤, No. 122, p. 25-33
- ・量子暗号通信の実用化を目指した単一光子検出器の開発
井上, 行方, No. 123, p. 1-10
- ・Fiddling with Electrons and Photons Using Metal Complexes at the Molecular Scale
大月, No. 124, p. 26-35

日本化学会年会特別企画 日本化学会では、産・官・学の意見交換、新分野・新領域の開拓、他分野への発展、学際領域を積極的に開拓、研究最先端のトピックスなどの企画を公募している。メンバーが企画責任者となって2件の特別企画を開催した(1件は予定)。

- ・2009年3月27日, 第89春季年会
持続可能な「健やか未来」を構築する化学 □総合力の中心をになう□ (西宮)
- ・2014年3月27日, 第94春季年会
光と物質の相互作用: 基礎から光材料・デバイスへ (大月)

社会への発信: 一般向けの発信

ホームページ ホームページを作製し、日本大学本部のトップページにバナーを作ってもらい、そこをクリックすると見られるようにした。随時、一流誌への論文掲載や受賞やなどのニュース、シンポジウム、セミナーなどのお知らせを掲載した。

サイエンスアゴラ プロジェクト開始年である2009年、お台場で開催された「サイエンスアゴラ」で藝術学部・木村政司教授デザインのパネル展示を行った(図、拡大判は巻末に掲載)。サイエンスアゴラは、日本最大級のサイエンスのイベントであり、一般の人たちがサイエンスをテーマとして集う広場として毎年開催されている。

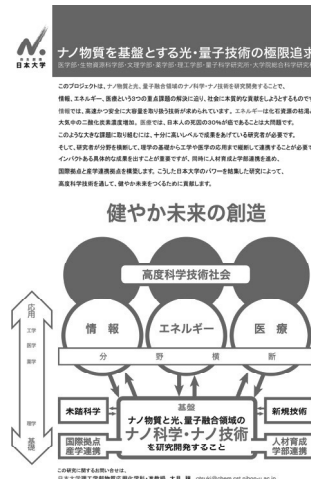


図. サイエンスアゴラ (2009) .

高校生とのクロストーク 2013年12月21日、最終シンポジウムに合わせて、高校生とのクロストーク「科学の素晴らしさと研究という仕事」を行った。メンバーの研究者（大月、塚本、松下）が研究内容を紹介し、附属高校の生徒4名がステージ上で対談、会場からの質問もあり、という企画を行った。（高校生の参加者23名、シンポジウム全体で144名）。このショーは、藝術学部木村政司教授、研究推進課大和田恭成課長によって企画された。司会は藝術学部学生の栗原萌子さん。

出版 このプロジェクトで、「ナノ物質」という共通のキーワードで研究した情報、エネルギー、医療分野について、それぞれの研究の内容や研究者の思いを、高校生にもわかりやすくサイエンスライターが取材してまとめた本を出版する（2014年3月発行予定）。

「未来への6つの約束～日本大学N.研究物語～」，リバネス出版

- ・究極のマイクロマシンをつくり上げる（大月）
- ・プラズマを安定化させ、エネルギー問題を解決する（浅井）
- ・量子の世界と光の世界が手をつなぐ（佐甲）
- ・人の輪を広げ、次世代を担うメモリー技術と人材を育む（中川）
- ・新物質のレシピで夢を叶える（橋本）
- ・次世代創薬研究で、難病で苦しむ人を救う（福田）

メディア 日本大学の外のメディアへの発信を以下に紹介し、コピーを巻末に載せた。なお、多くのメディア発信は、研究推進部（研究推進課ならびに知財課、Nubic）のお世話になりました。

- ・2009年、日刊工業新聞 2009年4月17日号
- ・2009年、東洋経済 2009年6月29日号
- ・2010年、2011年度版卓越する大学、大学通信
- ・2013年、大学の約束、リクルート



日本大学

〒118-8501 東京都千代田区文京4-24 学務部入学課 TEL:03-5278-8001 http://www.nihon-u.ac.jp

研究力 日大ならではの総合力を発揮し 世界へ向けて先端研究を発信

日本大学は、14学部11学科・短期大学部を擁する、わが国屈指の規模を誇る私立総合大学です。人文・社会科学から自然科学まで、多岐にわたる専門分野で構成された学部・学科は、あらゆる学問領域を網羅しています。その日大の“総合力”を発揮して誕生したのが「日本大学学術研究戦略プロジェクト」です。自主財源による大型プロジェクトの実現は、まさに日本大学ならではのスケールと言えるでしょう。複数の学部間をまたぐ“超学際連携”により、社会のニーズに応えた世界最先端レベルの研究を推進。日大独自のインパクトある研究成果の社会への還元が、大いに期待されています。

大田 雅彦 学術研究戦略プロジェクト

研究費 自主財源で最大

ナノ物質を基礎とする光・量子技術の極限追求

ナノテクノロジーで世界の先端を走る 世の中を変える研究が 低炭素で健やかな未来を創造する

日本大学

図. 日本大学 N.研究プロジェクトの記事

大学内への発信 2010 年には、学内の新聞である日大新聞にプロジェクトの特集を組んでいただき、プロジェクトの各分野の記事を学生記者に取材してもらって掲載された（図参照. 拡大判は巻末）。

その他、日大広報や各学部の冊子など随時掲載された。



図. 日大新聞 2010 年, 4, 5, 6, 7, 8月号.

今後の発展

本プロジェクトの目標の一つに、5年間の研究成果をつぎに活かすことによって、研究拠点を形成することを挙げた。その意味で、理工学部のプロジェクトメンバーを中心として、平成 25 年度「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」（代表・塚本）に採択されたので、

研究拠点として資金的、人的にも継続して、さらに新しい研究を、今後4年間、進められることになった。また、メンバーが新しく大型の研究プロジェクトに参画することになったので紹介しておく。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業
機関：日本大学，期間：2013年度～2017年度 研究課題「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」研究代表者：塚本
文部科学省科学研究費補助金「新学術領域」
期間：2013年度～2017年度 研究課題「分子アーキテクトニクス：単一分子の組織化と新機能創成」 計画班班員：石田，佐甲
経済産業省再生可能エネルギー貯蔵・輸送等技術開発（エネルギーキャリアシステム研究）
期間：2013年度～2017年度 熔融塩を用いた水と窒素からのアンモニア電解合成 研究参画：西宮