

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で情報が記録されており、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。この新しい物理科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

高純度量子もつれ光源

電経新聞

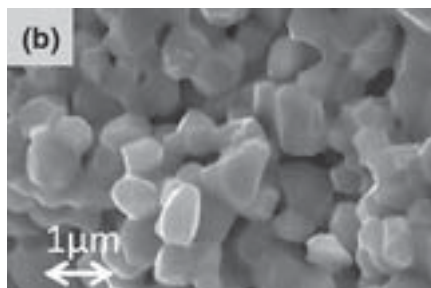
OKIと大 世界最高純度量子もつれ光源  
実用的な次世代量子暗号技術の開発

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ると、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

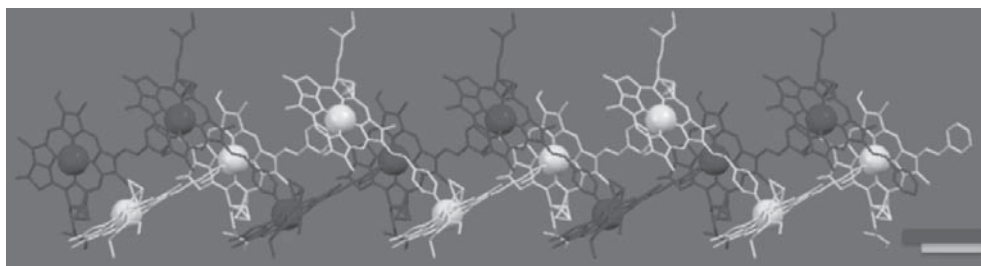
Tokuei Sako<sup>1</sup>, Josef Paldus<sup>2</sup>, Atsushi Ichimura<sup>3</sup> and Geerd H F Diercksen<sup>4</sup>

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

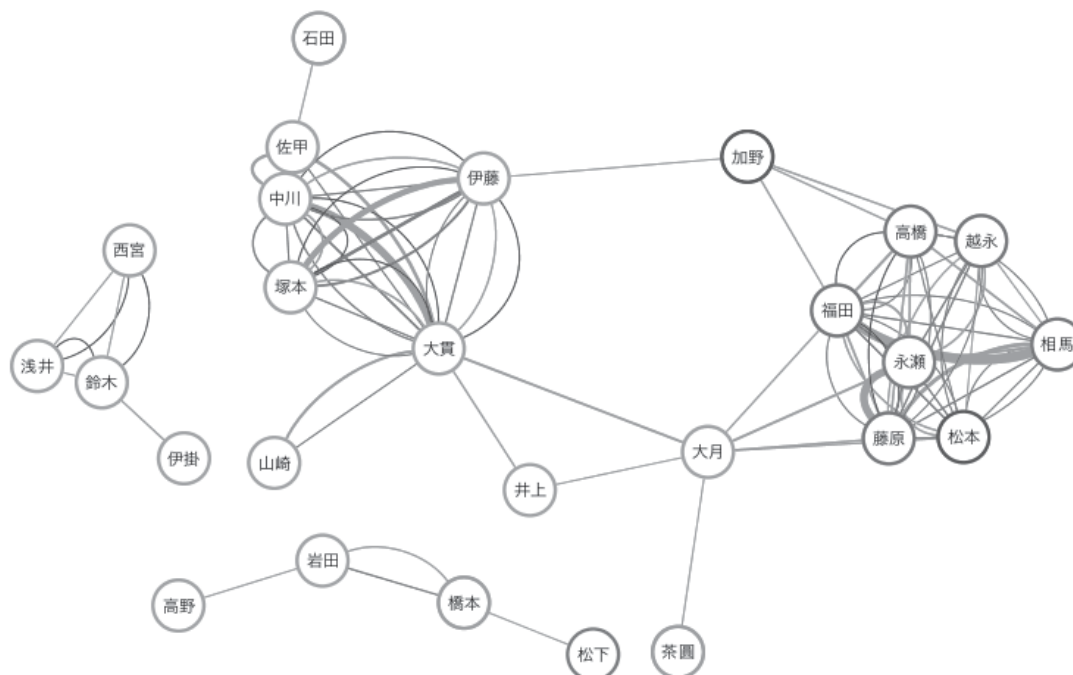
分子の自己集合に関して、大月らは、光合成をつかさどる分子であるクロロフィルを人工的に改造した分子が二重らせんを形成することを発見しました。クロロフィル分子が互いに連結して、ねじれあった2本鎖が巻きあって、まるで遺伝子 DNA のような構造になります。分子レベルで分子の配列を制御する技術開発は次世代の高機能材料やデバイスの開発につながる重要なテーマです。



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。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)