研究活動の動き Annual Review 2014

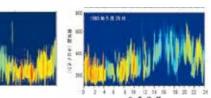
# 世界レベルの研究で豊かな未来を創造

## 最先端の研究で、新しい社会を切り開きます

#### 地球の自転に同期して放射される電波の発見

地球は宇宙にむかってハミングする電波惑星

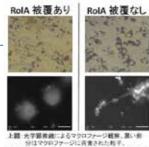
本学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センターの研究グ プ(森岡昭名誉教授、栗田怜大学院生、笠羽康正教授、三澤浩昭准教 授)は、日本が打ち上げたジオテイル(Geotail)衛星の長期データの解



析から、連続した電波が地球の極地方から宇宙へ放射され、その電波は地球の自転とともに旋律(周波数)が変化する特徴を持つこと を発見しました。これにより、惑星である地球は、電波灯台のように光り続ける電波星であると言うことができます。

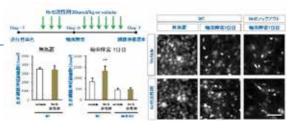
## 糸状菌由来の免疫回避機能性素材を用いた 新規医療用ナノ粒子の開発

本学未来科学技術共同研究センター(NICHe)・阿部敬悦教授、原子分子材料科学高等研究機構・ 阿尻雅文教授、医学系研究科・川上和義教授、加齢医学研究所・福本学教授らの共同研究により、新 規医療用ナノ粒子の開発に成功しました。ナノ粒子の表面を免疫系に見つからない(ステルス)物質で コーティング。白血球等に感知されないようにしたことで、体内に投与したナノ粒子は白血球等につか まらず、効率よく臓器・器官に届けることが可能になりました。



#### 緑内障の神経保護治療への新しいアプローチ

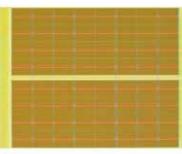
本学医学系研究科の中澤徹教授、丸山和一講師、檜森紀子助教らは、 酸化ストレス防御機構において中心的な役割を担う転写因子であるNrf2 (NF-E2 related factor2) の網膜神経節細胞死に対する関与、Nrf2活 性剤の神経保護作用を解明しました。Nrf2が欠損したマウスの緑内障動



物モデルを作成し、Nrf2の関与状況を解析することで明らかにしました。今後、Nrf2は緑内障における新規治療ターゲット分子となる 可能性が期待できます。この研究結果は、5月30日にJournal of Neurochemistry(電子版)に掲載されました。

## 世界初、低エラー率と高速書き込みサイクルを実現する 大容量不揮発性メモリの動作実証に成功

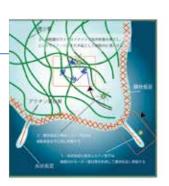
本学省エネルギー・スピントロニクス集積化システムセンターの大野英男教授(電気通信研 究所)と遠藤哲郎教授(工学研究科)の研究グループは、スピントロニクス技術であるスピン注 入磁化反転型磁気トンネル接合(MTJ)デバイスとシリコン技術を組み合わせ、ロジック混載 用の1Mビット不揮発性メモリを開発しました。本メモリは、標準シリコンCMOS回路上に独 自のMTJ試作技術を用いて微細スピントロニクスデバイス部分を作製したもので、その原理 動作実証に成功しました。



ロジック混載田不揮発性メモリチップ

#### ウイルス由来のペプチドでナノロボットを作成

東北大学病院の鈴木康弘講師らの研究グループは、「量子ドット」と呼ばれる蛍光ナノ粒子上にウ イルス中来のペプチドを8個、固層化することで、ナノ粒子にナノロボットとしての性質を付与できる ことを発見。局所的な刺激を加えることで、個々の粒子が細胞膜上で方向性を持って移動し、その後 に細胞膜上から細胞内に取り込まれて侵入する性質を示すことを明らかにしました。この成果は、ナ ノ粒子を用いた医療技術の発展に貢献するものと言えます。



#### 細胞のための極薄カーペットを開発

細胞の高密度な組織化を実現し再生医療に貢献

本学原子分子材料科学高等研究機構(AIMR)の藤枝俊宣助手、カデムホッセイニ主任研 究者らの研究グループは、ハーバード大学などと共同で、細胞が組織化する際の足場となる「基 底膜」を、世界で初めて人工的に作成。プラスチック素材と極細炭素繊維(カーボンナノチュー ブ)を用いて作成したナノ薄膜(ナノカーペット)は、血管や消化管などの生体組織の再生や移 植への応用が期待されます。この成果は、アメリカ化学会誌 NanoLetters オンライン版に 掲載されました。





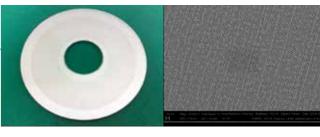




#### ナノパターンを短時間かつ安価に創製

レーザ照射による大面積転写技術を確立 –

明昌機工株式会社(兵庫県)、(財)素形材センターの西山信行 特別研究員、本学金属材料研究所の加藤秀実准教授らの研究グ ループは、東北経済産業局からの委託を受けて、レーザ照射によ る急速・局所加熱方法を採用した熱インプリント(転写)装置を新



たに開発。短時間で安価に、大面積ナノパターンの創製技術を確立しました。この成果は、「工機器、医療、触媒などの広範な先端工業 分野におけるナノパターンの実用化への貢献が期待されます。

## 高品質リチウムイオン電池開発に新指針

- 薄膜作製中のリチウム欠損メカニズムの解明

本学原子分子材料科学高等研究機構(AIMR)のダニエル・パックウッド助教、白木将講師、一杉 太郎准教授の研究グループは、マンガン酸リチウム薄膜を合成する際に、薄膜中のリチウムが欠損 するメカニズムを数学的に解明しました。これは、リチウム原子が酸素分子に強く散乱さ れて欠損することを、明らかにしたもの。この成果は、高品質な薄膜を合成し、リチウムイ オン電池や機能性酸化物を用いた高性能デバイスの開発への道を拓くものです。





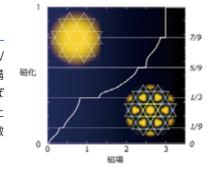
### 高脂血症治療薬スタチンの新作用を発見

高脂血症治療薬であるスタチンは、コレステロールの低下作用のほか心血管病の予防効 果も見出され、「多面的作用」が注目されます。本学大学院医学系研究科循環器内科学分 野の下川宏明教授らの研究グループは、その分子機序としてSmall GTP-Binding Protein DissociationStimulato (r SmgGDS, スマッグジーディーエス)という分子が中心的役割を担 うことを、世界に先駆けて発見しました。この研究成果は、SmgGDS を増加させ、心血管病を 改善する薬剤の開発や、心血管病を予測するマーカーの開発への可能性を拡げます。



### <sub>2013.</sub> カゴメ磁性体モデルで世界初の <sup>D8.06</sup> 磁場に反応しない磁化プラトーを発見

京都産業大学理学部・堀田知佐准教授、本学大学院理学研究科・柴田尚和准教授は、IFW 理論研究所(ドレスデン・ドイツ)・西本理研究員との共同研究で、世界で初めてカゴメ格子構造をもつ磁性体モデルの磁化過程を正確に同定することに成功。5つの磁化プラトーと呼ばれる、磁場に反応しないスピン状態の存在を明らかにしました。カゴメ磁性体に磁場を加えた時に現れる磁化曲線を理論的に解明したことから、多彩なスピン液体の発現機構やその特徴を明らかにする突破口になるものと期待されています。



## 013.

#### ヒトゲノム上に遺伝子重複砂漠を発見

一病気に関る遺伝子探索の新手法に期待-

本学大学院生命科学研究科生物多様性進化分野の牧野能士助教と河田雅圭教授は、アイルランド・トリニティカレッジのイーファ=マックライザット博士との共同研究で、特定タイプの遺伝子群が周辺の遺伝子のコピー数多型を抑制することを発見しました。脊椎動物の全ゲノム重複に由来する遺伝子「オオノログ」に着目。コピー数多型はオオノログと離れている遺伝子に多く、近くの遺伝子は少ない傾向にあり、またオオノログが高密度の領域は遺伝子が増えない遺伝子

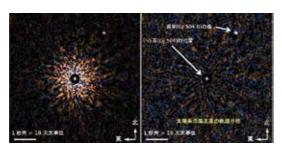


重複砂漠であることも明らかにしました。この研究成果は、英科学誌 "Nature Communications" に掲載されました。

#### 2013. 08.08

### すばる望遠鏡 SEEDS プロジェクト、 「第二の木星」の直接撮影に成功

すばる望遠鏡による、太陽系外の惑星や原始惑星系円盤などを直接撮像 観測するプロジェクトSEEDSが2009年にスタート。本学理学研究科の天文 学専攻・山田亨教授が加わる国立天文台、東京工業大学、京都大学、大阪大 学、プリンストン大学(米)、マックスプランク研究所(独)、チャールストン大学 (米)、NASAゴダード(米)他からなる研究チームは、おとめ座の方向、地球

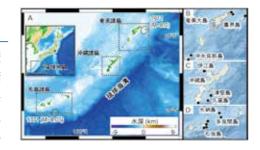


から約60光年離れた太陽型の恒星(GJ504)を周回する惑星 GJ504bを、世界で初めて直接撮像法で発見することに成功しました。

# 2013. **2**09.13

### 津波石分布に基づく琉球列島全域における 巨大津波の頻度と規模の地域性を解明

本学災害科学国際研究所災害リスク研究部門の後藤和久准教授、今村文彦教授らの研究グループは、琉球列島全域を包含するように奄美諸島、沖縄諸島、先島諸島の10の島々で調査地域を設定し、サンゴ礁上や沿岸部に分布する「津波石」と呼ばれるサンゴ巨礫の有無を地質学的に調査。琉球海溝沿いにおける、巨大地震と津波の発生頻度や規模の特徴を評価しました。その結果、台風の高波に起源する

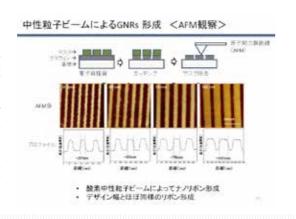


巨礫は琉球列島全域に存在するのに対し、津波石は先島諸島にしか分布していないことを明らかにしました。

#### 2013. 09.24

### 中性粒子ビーム加工技術により世界初、 無欠陥エッジ構造のグラフェンナノリボンを作製

本学原子分子材料科学高等研究機構 (AIMR) と流体科学研究所の寒川誠 二教授の研究グループは、寒川教授が独自に提案した超低損傷中性粒子ビーム加工プロセス技術を用いてグラフェンシートに損傷を与えず、無欠陥エッジ 構造を持つグラフェンナノリボンを作製。世界で初めて104以上の高いON/OFF 比をもつ電気特性を実現しました。この研究成果によって、グラフェンナノリボントランジスタの実用的な製造プロセスが見通せるようになり、超高速 グラフェンナノデバイス開発への道が拓かれます。



#### 2013. 19.26

### 多数の連続的な動作をグループ分けし 符号化する細胞を発見

本学大学院医学系研究科の虫明元教授(生体システム生理学)らの研究グループの中島敏助手は、サルを用いた実験で、多数の連続的な動作(順序動作)をグループに分けて効率よく符号化する、神経細胞活動を発見しました。これは、随意的行動調節においての、脳の効率的な符号化原理を解明。今後、脳









ナル脳写真 外側面 P (赤:前補足運動野、緑:補足運動野)

の障害や治療へのアプローチ、ヒューマン・マシン・インターフェースなどへの応用の可能性が期待されます。この研究成果は、米国北 米神経学会誌 "Journal of Neuroscience" のオンライン版に掲載されました。

#### 2013 09.27

#### 新・熱処理プロセスによる結晶粒の異常成長現象を発見

一形状記憶合金の大型部材への適用が可能に一

本学大学院工学研究科金属フロンティア工学専攻の大森俊洋助教、貝沼亮介教授らの研究グループは、新しい熱処理プロセスによる結晶粒の異常成長現象を発見しました。実際に、銅系形状記憶合金を900℃以下の温度域での冷却・加熱のサイクル熱処理によって、数cmの結晶粒を得ることに成功。これにより、数cmの断面サイズの部材として銅系形状記憶合金を利用することが可能になり、工業製品などへの内部が関係されます。この時間は2012年0月27日はのアメルカ科学振りな会会の



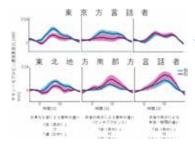
応用が期待されます。この成果は2013年9月27日付のアメリカ科学振興協会発行の学術雑誌 "Science" に掲載されました。

## 2013.

#### 東京方言と東北の南部方言の言語処理の違いを発見

一脳は育った地域方言によって音声を処理する一

理化学研究所脳科学総合研究センター言語発達研究チームの馬塚れい子チームリーダーらと、名古屋大学の宇都木昭准教授、本学大学院文学研究科の小泉政利准教授らの共同研究グループは、日本語における単語のピッチアクセントを処理する際の脳活動における左右の半球の反応差が、東京方言話者と東北地方南部方言話者間で異なることを突き止めました。これは、脳反応を近赤外分光法を用いて測定して判明しました。脳と言語発達の関係の解明

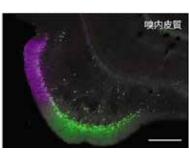


に寄与する研究成果は、米国の科学雑誌 Brain and Languageの掲載に先立ち、オンライン版(10/18付)に掲載されました。

#### 013. 1.05

### 空間的記憶や情動的記憶をつかさどる海馬を 中心とした神経ネットワークの解明

本学大学院生命科学研究科の飯島敏夫教授らのグループは、ニューロン(神経細胞)からニューロンへ伝播する遺伝子組換えウイルスを用いて、ラットの海馬に情報を送る神経ネットワークの構造を調べました。約3分の2をなす背側と、残り3分の1の腹側はそれぞれ、空間的記憶と情動的記憶に関与しますが、今回の研究でそれぞれ脳領域から入力を受けて、情報の干渉がなく独立していることを世界で初めて直接的に証明しました。海馬を中心とした記憶形成メカニズムの



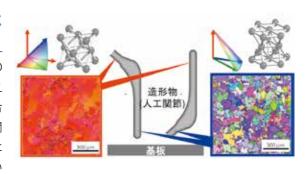
解明に貢献する研究成果は、米国科学誌 Public Library of Science(PLoS ONE)オンライン版(11/5付)に掲載されました。

#### 2013. 11.08

#### 3Dプリンターで原子配列の方向の操作を可能に

―国産オーダーメイド人工関節の実現に加速―

本学金属材料研究所の千葉晶彦教授らの研究グループは、金属用3Dプリンター(電子ビーム積層造形装置)で原子の周期配列を一方向に揃えられることを、人工股関節などに用いられている医療用コバルト-クロム合金を用いた実験で発見しました。これにより、国産のオーダーメイド人工関節の実現が加速します。この現象はコバルト合金以外の合金でも生じると考えられ、ジェットエンジン用タービンブレードなど、3Dプリンターを用い



た金属製品の開発に重要な影響を与えます。この成果は、米国の学術雑誌 Acta Materialia に掲載されました。

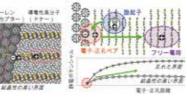
15

## 2013

#### 有機薄膜太陽電池の電荷損失を防ぐ要因を解明

-光電変換効率の向上へ大きな進展-

本学原子分子材料科学高等研究機構 (AIMR) の田村宏之助教は、ドイツ・ゲーテ大学との共同研究によって、有機薄膜太陽電池において電荷損失を防ぐ要因を明らかにしました。具体的には、有機半導体の結晶性が高いと、光エネルギーで励起した電荷が高速

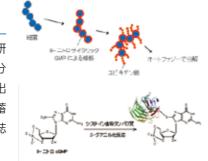


移動し損失が抑制されることを、計算機シミュレーションによって解明しました。この研究で活用した計算機シミュレーションは、光電変換機構の理解を助け、より変換効率の高い太陽電池の材料をデザインする際に、有力な手段になっていくことが期待されます。この研究成果は、米国化学会誌 Journal of the American Chemical Society に掲載されました。

## 2013

#### 細胞から細菌を排除するための鍵分子を発見

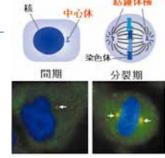
本学大学院生命科学研究科の有本博一教授は、東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科の中川一路教授、本学大学院医学系研究科の赤池孝章教授と協力し、シグナル伝達分子:8-ニトロサイクリック GMP が、細胞内からの細菌排除を促進する鍵分子であることを見出しました。この成果は、細菌感染症の新たな治療法の可能性を拓くもので、さらに「異物」の蓄積が引き金となる他の疾患の治療にも役立つと期待されます。この研究は、米国の科学雑誌Molecular Cell オンライン版(11/21付)に掲載されました。



## 2013.

### 遺伝性乳がん・卵巣がん症候群の原因となる BRCA1の新規結合分子OLA1を発見

本学加齢医学研究所の研究グループ(松澤綾子、菅野新一郎、仲山真弘、望月寛徳、魏雷震、島岡達朗、古川裕美子、加藤慧、柴田峻、安井明、石岡千加史、千葉奈津子)は、がん抑制遺伝子の一種でありその変異により遺伝子不安定性を生じ、最終的には乳がんや卵巣がんを引き起こすBRCAIの、新しい結合分子Obg-likeATPase1(OLA1)を発見しました。OLA1の機能解析の結果から、OLA1の細胞分裂における機能の破綻が発がん機構に関与することを解明しました。OLA1のさらなる解析は、難治性がんの新しい診断や治療法の開発にも貢献できることが期待されます。



## 2013.

#### 絶食とインスリン投与が膵島移植の効果を増大

糖尿病治療のための細胞移植の成績向上へ

本学未来科学技術共同研究センター(大学院医学系研究科兼務)の後藤昌史教授、本学大学院医学系研究科先進外科の大内憲明教授、神保琢也医師らのグループは、糖尿病を対象とする細胞移植治療である膵島移植において、移植後の短期間の絶食とインスリン投与が膵島移植の効果を劇的に増大することを明らかにしました。この絶食とインスリン投与を組み合わせる新しい膵島移植手術法は、今後の膵島移植治療の成績向上へ向けた戦略を構築する上で、極めて有用な知見になると期待されます。この研究成果は、米国の国際学術誌 Transplantation オンライン版(11/25付)に掲載されました。

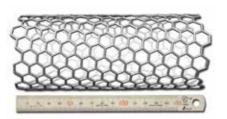


## 01.22

#### 有限長カーボンナノチューブ分子の幾何学指標

一カーボンナノチューブの長さと充填率を定量化-

本学大学院理学研究科・原子分子材料科学高等研究機構(AIMR)の磯部寛之教授らの研究グループは、有限長カーボンナノチューブ分子の新しい幾何学的指標を提案しました。1992年に提唱されて以来使われてきた幾何学的指標は、有限の長さと一義的な構造を持つ「分子性物質」としての指標を欠いており、有限長カーボンナノチューブ分子



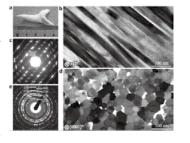
の登場によって、長さや原子・結合の充填率に関する新・指標の必要性が高まってきました。 今回、提案された新しい幾何学的指標は、分子性物質としての有限長カーボンナノチューブ分子に関する、科学・技術の発展の基礎となることが期待されます。

## 2014.

#### サメの歯の原子構造の可視化に成功

─フッ素が歯を強くする原理を解明─

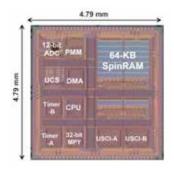
本学原子分子材料科学高等研究機構(AIMR)の幾原雄一教授(東京大学教授併任)と陳春林助手、東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科の高野吉郎教授の研究グループは、世界最先端の超高分解能走査透過型電子顕微鏡を駆使し、生体材料として最高硬度を持つサメの歯の最表面にあるエナメル質(フッ化アパタイト)の原子構造を、世界に先駆けて可視化させました。さらにスーパーコンピューターで計算し、エネメル質内部のフッ素の強固な化学結合が、高い機械強度と優れた脱灰性を持った虫歯になりにくい構造を自己形成させていることを発見しました。



## 2014

# NECとの共同研究で、無線センサの電池寿命を約10倍に延ばす新技術を開発

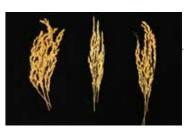
本学とNECは、スピントロニクス論理集積回路技術を応用した無線センサ端末向けマイクロコントローラ回路(以下MCU)を新たに開発。その動作実験において、従来と比較してMCUの消費電力を1/80まで削減することを実証しました。これにより、MCUを搭載したセンサ端末の電池寿命を約10倍まで延ばします。従来、高性能なMCUは消費電力の大きさが課題でした。今回、MCU内の論理回路とメモリを不揮発化することで、MCU全体の待機電力を削減。本MCUを無線センサ端末に適用することで、消費電力を大幅に抑えながら高度なデータ処理が可能となります。



## 2014

### イネ冷害の発生メカニズムを解明し被害の緩和に成功

本学大学院生命科学研究科の東谷篤志教授らの研究グループは、古川農業試験場、名古屋大学、理化学研究所、農研機構の協力を得て、農林水産省新農業展開ゲノムプロジェクトの一環として、イネ冷害の発生メカニズムを解明。花粉を作る葯(やく)にあるジベレリン(植物ホルモンの一つ)の生合成が低温で抑えられ、活性型ジベレリン含量が低下することを明らかにし、さらに、



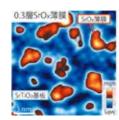
外部からジベレリンと糖を同時に与えることで、冷害の被害を緩和させることに成功しました。この成果は、米国植物生理学誌 Plant Physiology のオンライン版で公開されました。

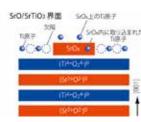
#### 2014 03.17

## チタン酸ストロンチウム薄膜の成長過程を解明

最先端顕微鏡を用いた原子スケールでの観察に成功-

本学原子分子材料科学高等研究機構(AIMR)の大澤健男助教(独立行政法人物質·材料研究機構(NIMS)主任研究員)と一杉太郎准教授の研究グループは、超高分解能顕微鏡と酸化物薄膜作製装置を組み合わせた装置を開発。チタン酸ストロンチウム(SrTiO3)単結晶表面上で金属酸化物薄膜が成長する様



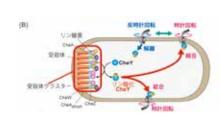


子を原子レベルで観察することに初めて成功しました。その結果、チタン原子が薄膜表面に浮かび上がる、薄膜成長メカニズムを明らかにしました。この成果は、界面物性の起源の解明や新材料開発によるエレクトロニクスデバイスの創製につながります。

## 2014

### 大腸菌シグナル伝達タンパク質による 生体回転ナノマシーン制御のイメージング

本学多元物質科学研究所の福岡創助教と石島秋彦教授らは、大腸菌の走化性シグナル伝達系において、シグナル伝達を担うタンパク質(CheY)の大腸菌のべんモモーターへの結合・解離が、モーターの回転方向を制御することを、生きた細胞の中で証明



しました。細胞応答とそれを担う情報伝達タンパク質を同時に捉えることで、大腸菌の情報伝達メカニズムの一端を、タンパク質の動態として理解できるようになりました。今後、同様の手法で細胞の振る舞いと細胞内のタンパク質動態を同時に捉えて、細胞内の情報伝達メカニズムの解明に近づけると期待されます。本成果は米国科学誌 Science Signaling 2014年4月1日号に公開されました。

17