

オノマトペ 材料図鑑

“ぐにやり”と曲がったスプーン。

“びしっ”ときまったスーツ姿。

“じわじわ”心に染みる歌——

私たちの五感をゆさぶる魔法のことば、「オノマトペ」。

実は、材料のエッセンスをつかみとるのによってつけです。

それは、どんな材料にもかたちや質感、機能があり、

オノマトペならその様子をいきいきと、まざまざと描きだすことができるから。

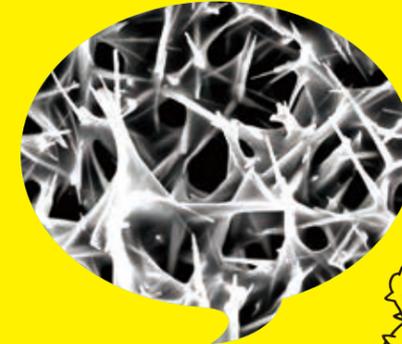
さあ、ことばの感触を道しるべに、

肩のちからをスツとぬいて、NIMSの材料の世界をのぞいてみましょう。

びしっ



びびーん!



じわじわ

じわじわ



びよ



びび

ねばねば



するり



ぐにやり

ねばねば

01

機能性液体

Functional Organic Liquids

暗闇に浮かびあがる“ねばねば”としたこの液体。光を当てると青色に発光するというユニークな機能を持っています。

一般的に、電気や光に関する機能を持つ材料は、固体がほとんど。そんな中、中西尚志博士が目ざしているのは“ねばねば”した「液体」です。液体は、成分が均一に分散しているのでムラなく機能を発揮できるうえ、“ねばねば”具合を調整すれば、粘土細工のように手で成形したり、布地に染みこませて柔らかく端末をつくったりと自由自在。アイデア次第で使い道は無限に広がります。

光をためる“ねばねば”

青い光の源は「アントラセン」という色素分子。これを、柔らかい「アルキル鎖」で包めば、色素分子が隣り合った分子と反応したり、酸化したりするのを防ぎ、本来の輝きをキープできる。色素分子を変えることで、黄、緑、赤と、色のつくり分けも可能。



電気をためる“ねばねば”

「液体エレクトレット」と呼ばれる材料は、電圧をかけて発生させた電気を半永久的に保持できる。これを、電極（銀メッキ繊維）を織り込んだ布地に染みこませれば、伸縮可能・電源いらずのセンサや発電端末に。



02

がん切除後のキズ被覆材料

Wound Dressing Materials for after Cancer Removal

手術でがん細胞を切除したら、当然、キズを塞ぐ必要があります。「被覆材料」の出番です。このとき大切なのは、キズ口にしっかり接着しつつ、身体の動きに合わせて伸び縮みすること。つまり、被覆材料は“ねばねば”するほど良いのです。そして、炎症を起こさないこともまた重要。その点、市販のシート状の被覆材料の能力は、まだ十分とはいえません。

そんな中、西口昭広博士と田口哲志博士はブタ由来のゼラチンを原料に、格段に“ねばねば”する材料をつくりました。接着能力は、市販材料の約10倍。しかも、炎症を起こすことなく、やがて身体の一部になっていきます。シートではなく粒子状なので、内視鏡を使って患部まで運ぶのもカンタン。切除から修復まで、開腹不要の手早いがん治療を実現できる可能性を、この“ねばねば”材料は秘めているのです。



開発した被覆材料を使った接着試験の様子。

03

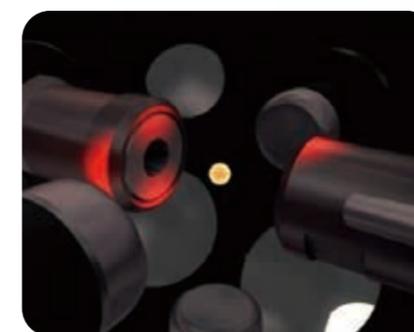
ガラス

Glass

一見、“ねばねば”とはかけ離れているように思える「ガラス」。でも、「固体ではなく、液体である」という説も。ゆっくり流動をつづける、超“ねばねば”物質だということです。実際、数百年という長い時間を経たガラスには変形の痕跡がみられるといいますが、いまだガラスの正体は分かっていないのが実情です。

今、解明の舞台は宇宙にまで広がっています。国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」にある装置を使い、重力の影響を最小限に抑えた中、物質の構造を解析するプロジェクトが進行中。小原真司博士もその一員です。

調べているのは、液体にして冷やし固めてもガラスにならない物質「酸化エルビウム (Er₂O₃)」。これが“なぜガラスにならないのか”を調べることによって、かえってガラスの正体を浮かび上がらせようというわけです。2020年には、宇宙と地上での実験結果をもとに、Er₂O₃の原子配列と電子状態の解明に成功しています。



「きぼう」に設置された解析装置「静電浮遊炉」内部のイメージ。重力はごくわずかなので、液体の試料（中央の玉）を宙に浮かせて解析できる。



するり



04

オイル浄化フィルター

Oil Purification Filter

「フィルター」はご存知、物質から余計な成分を取り除くのに活躍する材料です。孔の大小によって通したい物質だけ“するり”と通し、それ以外をブロックします。一ノ瀬泉博士が開発しているのは、炭素材料でできた「オイル浄化フィルター」。採掘した石油に混じる、人体に有害な物質を取り除きます。

つくり方は、不織布の表面にポリマーを塗布。そしてポリマーが直径約20ナノメートルの孔を形成した上から、わずか数ナノメートルという微細な孔を持つ炭素の膜を蒸着させれば、薄くて丈夫かつ、うんと目の細かいフィルターの完成です。手のひらサイズのフィルターによる試験では、ガソリンや軽油といった抽出したい分子は“するり”と通す一方、これまで分離が困難だった、それよりわずかに大きな有害物質の除去に成功しています。ただし、一度にたくさんの石油をろ過するには、フィルターの大型化が必要です。今は、ポリマーをムラなく大面積塗布できる装置の開発に取り組んでいます。



性能試験用に切りだしたフィルター。



開発中の大型成膜装置。

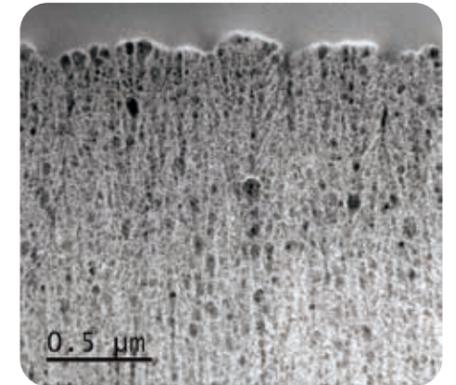
05

全固体電池の負極材料

Anode Material for All-solid-state Batteries

リチウムイオン電池の電解液を固体に置きかえた「全固体電池」は、安全性の高い蓄電池として実用化が待ち望まれています。負極材料の有力候補が、シリコン(Si)です。理論上、負極容量の大幅アップが可能、資源が豊富とメリットの多いSiですが、ひとつ大きな欠点があります。充放電でリチウムの出入りを繰り返すうちに膨張し、わずかに数サイクルで壊れてしまうのです。

太田鳴海博士は、ならばSiを“すかさすか”な構造にすればいい、と考えました。細かい孔をたくさん散りばめれば、膨張しても応力がすばやく逃げていくので、壊れにくくなるはずです。実際、電池に組みこんで試験したところ、充放電を100サイクル行えるまでに耐久性が向上。Siはその“すかさすか”な構造によって、負極材料としての実力を証明したのです。



直径10～50ナノメートルの孔があいた“すかさすか”なSi。しかも、孔を隔てるSiの壁が極薄なので、膨張時に発生する応力を低減できるという利点も。

すかさすか



06

エアロゲル

Aerogels

ふわふわと綿のように軽い「エアロゲル」は、体積の90%以上が空気。ミクロな孔がたくさんあいた、とても“すかさすか”な材料です。空気は熱を伝えにくい性質を持つので、“すかさすか”で空気をたくさん蓄えたエアロゲルの断熱性能は、一般的な断熱材「グラスウール」の約3倍に達します。でも、その構造をつくるには高圧をかけながら乾燥させる特殊な装置が必要でした。

そんな中、ラダー・ウー博士は圧力をかけず、“すかさすか”な構造を保ったまま乾燥させることに成功しました。原料はなんと、米のもみ殻。環境にやさしく低コスト、高い断熱性もバッチリ備えたエアロゲルの誕生です。



ウー博士が作製したエアロゲルの主成分、二酸化ケイ素(シリカ)は、もみ殻を焼いて簡単な処理を施すだけで得られる。



完成したエアロゲルを砕いて微粒子状にし、溶媒に溶かせば、断熱性のある塗料になる。

表面に塗布

じわじわ

07

エレクトロクロミック・ディスプレイ

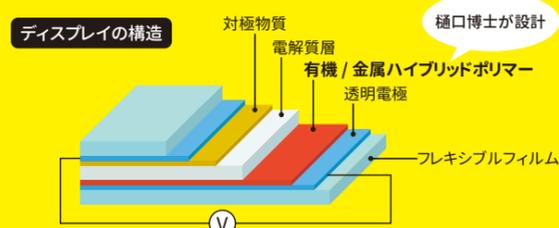
Electrochromic Displays

新緑から褐色へと表情を変えていく葉っぱ。実はこれ、ディスプレイなんです。樋口昌芳博士が設計した、電気を流すと色が変わっていくポリマーでできています。

注目はなんといっても、「じわじわ」と変わりゆく色のにじみ。ピクセルがきっちり並ぶ液晶ディスプレイとは違って、ポリマーの中には色の变化を担うイオンがあちらこちらに散らばっているから、ホンモノの葉っぱさながらに「じわじわ」紅葉していきます。しかも、ポリマーから電極まで柔らかい材料を組み合わせでできているので、折り曲げたり穴をあけたりと加工性もバツグン。アート界も大注目の材料です。



わずかな電気を流すだけで色がゆっくり変化していき、逆向きに電気を流すともとの色に。電気を切ると色ついた状態がキープできる。多摩美術大学、早稲田大学と共同で開発。



08

ナノファイバーメッシュ

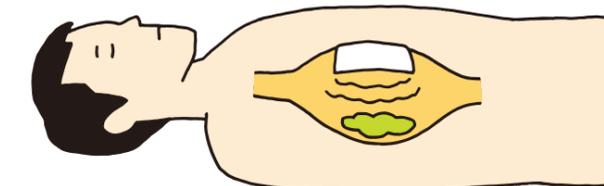
Nanofiber Mesh



がん細胞の苦手なものといえば「抗がん剤」と「熱」。抗がん剤をゆっくり「じわじわ」と与えると同時に、一定の温度で一定の時間「じわじわ」加熱していくことで、副作用を抑えつつ、がん細胞を激減させることができると分かっています。

それを手軽に施すことができるのが、荏原充宏博士が開発中の「貼るがん治療薬」です。使いかたは簡単。手術で患部に直接貼りつけたら、あとは治療したいときに体の外から磁力をかけるだけ。するとシートが熱を帯び、がん細胞を「じわじわ」温めると同時に、抗がん剤を「じわじわ」放出しはじめます。

そのヒミツは「スマートポリマー」という特殊な糸。糸には、磁力に反応して熱くなるナノ粒子が封じこめてあり、さらに、糸自体も熱に応じて収縮して、抗がん剤を放出するように設計してあるのです。



09

温泉ガス放出パッチ

Gas Releasing Patches

温泉特有のニオイのもと、硫化水素 (H₂S) ガスは、皮膚炎や高血圧に効能を発揮します。でも、一度にたくさん吸うと中毒を起こす危険も……。まさに、薬と毒は紙一重。これを安心して医療に使うには、低濃度のガスを少しずつ「じわじわ」患部に届ける方法が必要です。

その点、石原伸輔博士と井伊伸夫博士が開発した「ガス放出パッチ」は、密封袋から取りだすと、適切な濃度のH₂Sガスの放出が「じわじわ」つづく優れモノ。ガスのもとを封じこめた「粘土」が空気と反応して、H₂Sガスを放出していきます。使い捨てカイロのようにいつでも手軽に使える、このパッチ。今、医療機関との共同開発が進んでいます。近い将来、この「じわじわ」粘土によって、ガスによる医療はぐっと身近なものになるに違いありません。



合成した粘土の粉体(右)とガス放出パッチ(左)。粘土の設計次第で、ガスの濃度と放出量をコントロールできる。

詳しい研究内容は→『NIMS NOW vol.20 no.3 粘土の快進撃』p10

10

磁気冷凍システム

Magnetic Refrigeration Cycle System

電子は自転の運動、「スピン」を持っています。上向き、下向き、はたまた斜め……普段バラバラなその向きも、磁石を近づけると、一方に「びしっ」とそろいます。

このとき、温度にも変化が起こります。バラバラなとき、電子たちは動き回るのにたくさんのエネルギーを使いますが、磁石を近づけて「びしっ」とそろって自由に使えるエネルギーが少なくなるので、余った分を「発熱」して逃がします。反対に磁石が遠ざかると、バラバラになろうとして周りから必要なエネルギーを奪うので「吸熱」が起こるのです。

“びしっ”からバラバラ、そしてまた、“びしっ”——。このときの温度変化を利用してモノを冷やすのが「磁気冷凍システム」。沼澤健則博士らが開発中の冷却装置です。目指すは、次世代エネルギーの大本命「水素」が気体から液体に変わる、超低温。その実現は、電子たちの活躍にかかっているのです。

詳しい研究内容は→『NIMS NOW vol.19 no.4 水素、液化革命』



MOVIE



11

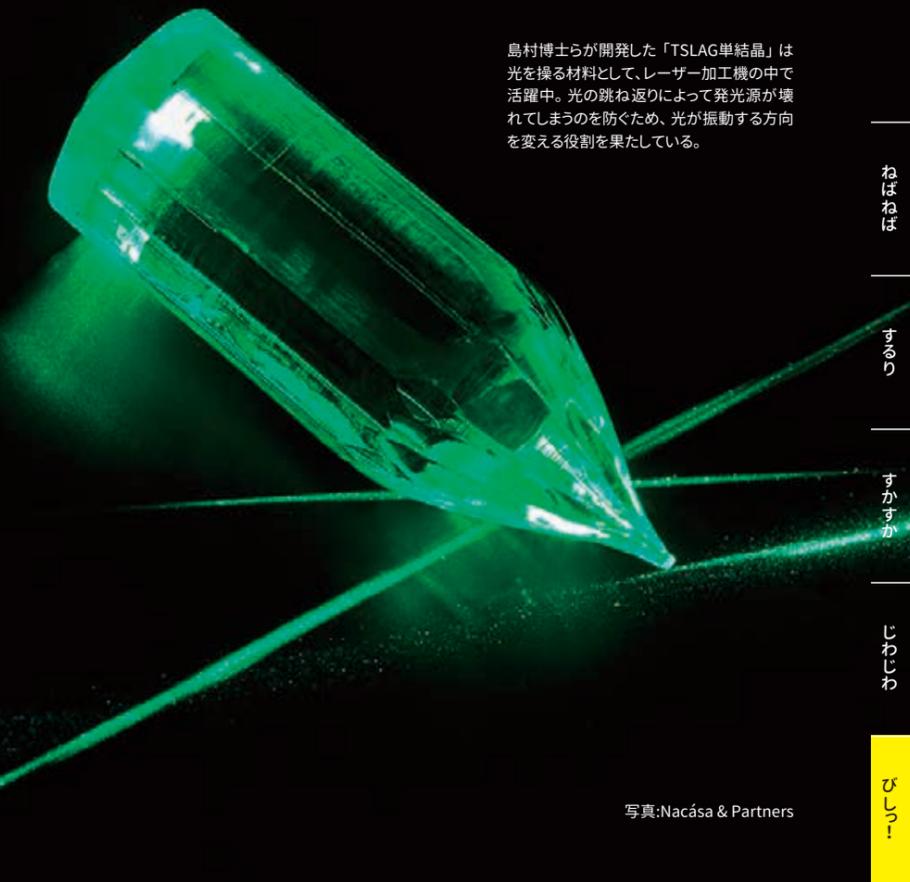
単結晶

Single Crystal

固体の金属やセラミックスは、ほとんどの場合、場所によって結晶の向きがバラバラです。でも、特別な製造方法によって、結晶の軸を“びしっ”とそろえることができます。それを「単結晶」と呼びます。

結晶軸を“びしっ”とそろえると、物質の性質に変化が現れます。実は物質の中には、ある特定の結晶軸に限り、優れた能力を発揮するものがあります。結晶軸をそろえると、たとえばある方向に電気がよく流れるようになり、光を透過しやすくなったりするのです。

ここで重要なのは、どれだけ美しく“びしっ”とそろえることができるか。不純物や原子配列の乱れが少なければ少ないほど、物質の能力はますます研ぎ澄まされていくからです。NIMSでは島村清史博士とガルシア・ビジョラ博士を中心に、究極の単結晶づくりに挑んでいます。



島村博士らが開発した「TSLAG単結晶」は光を操る材料として、レーザー加工機の中で活躍中。光の跳ね返りによって発光源が壊れてしまうのを防ぐため、光が振動する方向を変える役割を果たしている。

写真:Nacása & Partners

12

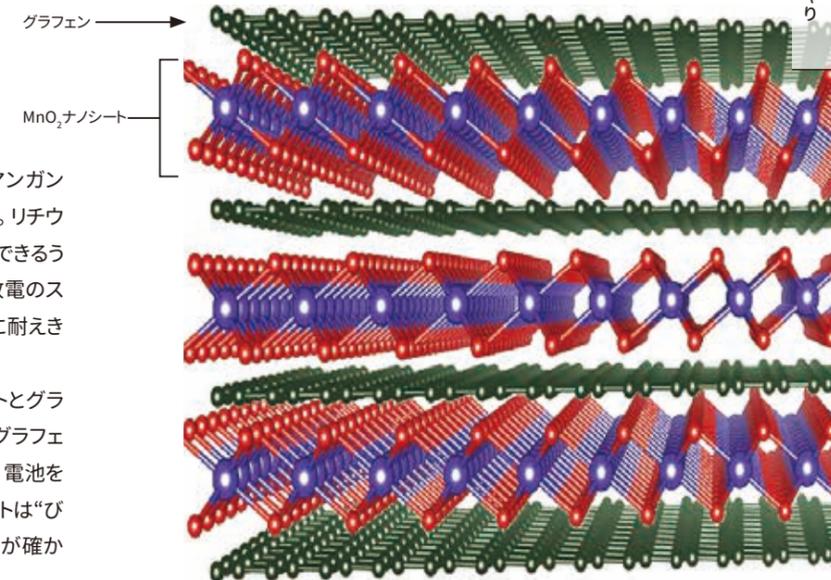
ナノシート

Nanosheet

厚さ原子1個から数個分、究極の薄膜「ナノシート」。酸化マンガン(MnO₂) ナノシートは、電池への応用が期待されている物質です。リチウムイオン電池の負極に使えば、現行の約3倍の負極容量が期待できるうえ、うんと表面積が増えて化学反応が起こりやすくなるので、充放電のスピードアップにつながります。でも、薄いだけに活発な化学反応に耐えられず、団子状に丸まってしまうことが課題でした。

佐々木高義博士と馬仁志博士はこの課題を、MnO₂ ナノシートとグラフェンを“びしっ”と互い違いに重ねることによって解決しました。グラフェンでMnO₂ ナノシートをはさんで、丸まってしまうのを防いだのです。電池をつくって試験したところ、充放電を5000サイクル繰り返しても、シートは“びしっ”と整列した状態をキープ。その性能はほとんど劣化しないことが確かめられています。

詳しい研究内容は→『NIMS NOW vol.18 no.6 ナノの秩序を操れ』p12



“びしっ”と重ねる方法は、二種類のナノシートを溶液に入れて軽く攪拌するだけ。まるで手品のように交互に積み重なっていく。あらかじめ、グラフェンが正、MnO₂ ナノシートが負の電荷を帯びるよう、コントロールしておくのがポイント。



とげとげ

13

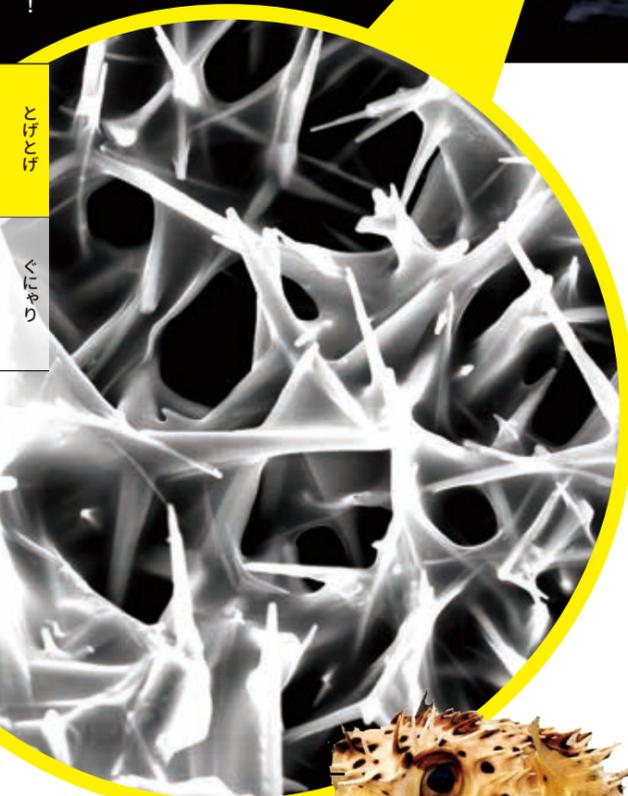
超撥水材料

Super Water-Repellent Material

物質の表面の凹凸によって水を弾く現象、「超撥水」。スプレーで疎水性の微粒子を吹きつけて微細な凹凸をつくれれば、モノに超撥水の機能を持たせることができます。でも、表面をこすったり、曲げたりするとすぐに凹凸が壊れて、その機能を失ってしまいます。

一方で内藤昌信博士らが開発した超撥水材料なら、こすっても曲げても、たとえ切っても、超撥水の機能はそのまま。スゴい能力のヒミツは、ぎゅっつまった「とげとげ」にあります。

内藤博士らがお手本にしたのは「ハリセンボン」。トゲは硬く、よく見ると4方向に針が突きでた消波ブロックのような形をしています。これとよく似たトゲをたくさんつくり、柔らかい樹脂に練りこんだのがこの材料。ダメージを受けても表面から針が次々に飛びだし、「とげとげ」をキープするので、超撥水の機能を失わないのです。



ぎゅっつまったトゲの形はハリセンボンのトゲとわり二つ。



ぐにやり

14

衝撃吸収性マグネシウム合金

High Energy Absorbability in Magnesium Alloy

実用金属の中で最も軽く、自動車の軽量化に最適な「マグネシウム(Mg)合金」ですが、大きな力が加わるとすぐに割れてしまうという弱点を抱えています。でも、染川英俊博士が開発したMg合金なら、このとおり。ゆっくり上から押しつぶしていくと、まるで飴細工のように「ぐにやり」と曲がります。この「ぐにやり」とした姿こそ、高い衝撃吸収性の証です。

衝撃を吸収できるようになったワケは、Mgに添加したマンガン(Mn)。ほんのわずかなMnを、結晶と結晶の間隙(結晶粒界)に配置したことで、市販のMg合金の3倍以上の力をかけても割れないまでに進化を遂げました。今、より早いスピードでの衝撃に耐えるMg合金を目指して改良をつづけています。



市販のMg合金は、力を加えたとすぐ上部にき裂が……。

ねばねば

01 **機能性液体**
中西尚志
Takashi Nakanishi
国際ナノアーキテクトニクス研究拠点 (WPI-MANA)
ナノマテリアル分野 フロンティア分子グループ
グループリーダー

02 **がん切除後のキズ被覆材料**
西口昭広
Akihiro Nishiguchi
機能性材料研究拠点 ポリマー・バイオ分野
バイオポリマーグループ
主任研究員

田口哲志
Tetsushi Taguchi
機能性材料研究拠点 ポリマー・バイオ分野
バイオポリマーグループ
グループリーダー

03 **ガラス**
小原真司
Shinji Kohara
先端材料解析研究拠点 光・量子ビーム応用分野
シンクロトロンX線グループ
主幹研究員

04 **オイル浄化フィルター**
一ノ瀬 泉
Izumi Ichinose
機能性材料研究拠点
副拠点長

すかすか

05 **全固体電池の負極材料**
太田鳴海
Narumi Ohta
エネルギー・環境材料研究拠点
全固体電池グループ
主幹研究員

06 **エアロゲル**
ラダー・ウー
Rudder Wu
構造材料研究拠点 設計・創造分野
超耐熱材料グループ
主任研究員

07 **エレクトロクロミック・ディスプレイ**
樋口昌芳
Masayoshi Higuchi
機能性材料研究拠点 ポリマー・バイオ分野
電子機能高分子グループ
グループリーダー

08 **ナノファイバーメッシュ**
荻原充宏
Mitsuhiro Ebara
機能性材料研究拠点 ポリマー・バイオ分野
スマートポリマーグループ
グループリーダー

09 **温泉ガス放出パッチ**
石原伸輔
Shinsuke Ishihara
国際ナノアーキテクトニクス研究拠点 (WPI-MANA)
ナノマテリアル分野 フロンティア分子グループ
主幹研究員

井伊伸夫
Nobuo Iyi
国際ナノアーキテクトニクス研究拠点 (WPI-MANA)
ナノマテリアル分野 ソフト化学グループ
NIMS特別研究員

びしょ!

10 **磁気冷凍システム**
沼澤健則
Takenori Numazawa
エネルギー・環境材料研究拠点
液体水素材料研究センター
NIMS特別研究員

11 **単結晶**
島村清史
Kiyoshi Shimamura
機能性材料研究拠点 光機能分野
分野長

ガルシア・ビジョラ
Garcia Villora
機能性材料研究拠点 光機能分野
光学単結晶グループ
主任研究員

12 **ナノシート**
佐々木高義
Takayoshi Sasaki
国際ナノアーキテクトニクス研究拠点 (WPI-MANA)
拠点長

馬 仁志
Renzhi Ma
国際ナノアーキテクトニクス研究拠点 (WPI-MANA)
ナノマテリアル分野
機能性ナノマテリアルグループ グループリーダー

どげどげ

13 **超撥水材料**
内藤昌信
Masanobu Naito
統合型材料開発・情報基盤部門 (MaDIS)
データ駆動高分子設計グループ
グループリーダー

ぐにゃり

14 **衝撃吸収性マグネシウム合金**
染川英俊
Hidetoshi Somekawa
構造材料研究拠点 設計・創造分野
軽金属材料創製グループ
グループリーダー

材料科学をもっと知りたくなったら

広報特設サイト「材料のチカラ」



美しい写真・映像を入り口に、材料の世界にどっぷり浸れるスペシャルサイト。大人気映像シリーズ「未来の科学者たちへ」のほか、読み物コンテンツも充実。

<https://www.nims.go.jp/chikara/>

YouTubeチャンネル「まてりある's eye」



「あっ!」と驚く最新研究や現場のリアルを、それぞれ数分間に凝縮したムービーライブラリ。お手軽カンタンな科学実験のアイデアも盛りだくさん。

<https://www.youtube.com/user/nimspr>

「使える!メールマガジン」 2020年8月リニューアル!

“使えるメルマガ”をモットーに毎月一度(第2水曜日)お届けするメールマガジン。材料研究の最新ニュースや研究ウラ話など、メルマガでしか手に入らない情報満載!

【登録方法】下記アドレスに空メールを送信
nims.mailmag@fofa.jp



ねばねば

奇抜奇抜

びよ〜ん

じわじわ

ぐにゃり

とげとげ

びよ〜ん!

びよ〜ん!

奇抜奇抜

する

ねばねば

びよ〜ん

ぐにゃり

びよ〜ん

びよ〜ん!



じわじわ



ぐにゃり



する

ねばねば

