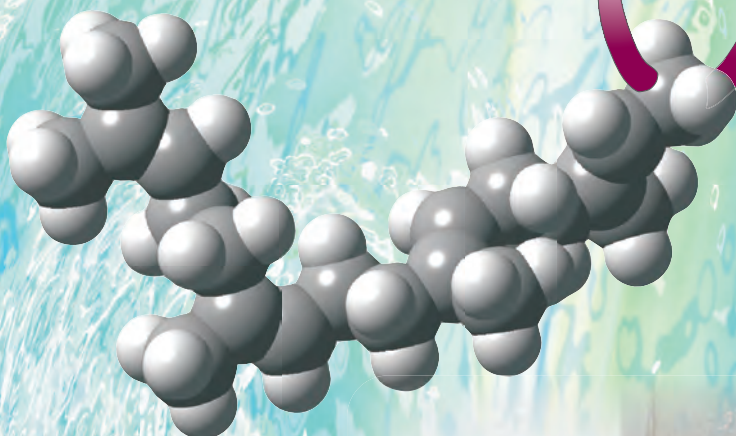


低燃費エコタイヤも 免震ゴムも 原子分子から



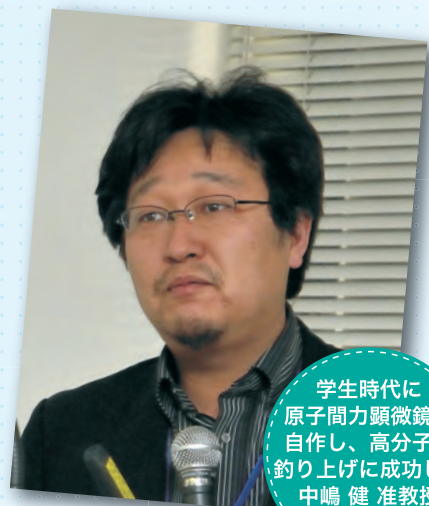
ナノフィッシングによる ゴムの最先端研究紹介

TOHOKU WPI通信vol.3をお届けします。今回は原子・分子の視点からゴムの性質を研究している西 敏夫教授・中嶋 健准教授の研究室を紹介します。様々な種類の高分子や混合材の配合によって用途に合ったゴムが開発されていますが、その手法は経験的で、もっと科学的に予測可能な開発技術が求められています。ゴムは高分子（ポリマー）と呼ばれる紐のように長い分子が集まってできています。ゴムの性質は、当然その高分子の性質を反映しているに違いありません。西・中嶋研究室では、世界に先駆けて、ゴムの高分子一本の性質を測定できる技術を開発し、微小な世界でのゴムの姿を解明しています。そしてこのような技術は低燃費タイヤや免震ゴムの開発に寄与しています。（写真は㈱ブリヂストン提供）

さあ、知られざるゴムの微小な世界へご案内しましょう。

西・中嶋研究室

ゴムを
物理学の視点から
追究する
西敏夫教授



学生時代に
原子間力顕微鏡を
自作し、高分子の
釣り上げに成功した
中嶋健准教授

ナノフィッシング!?



西先生、中嶋先生、こんにちは。
今日はどんなお話を伺えるか、
わくわくしています。



NISHII

びいくん、私たちの研究室へようこそ。
ゴムはみなさんの身近にあって親しみのある材料けれど、
みなさんが存じないような不思議な性質もいっぱいあり
ます。私たちはこのゴムの性質を、最も小さな基本単位
である原子・分子から見直して、より生活の役に立つ材料作
りに貢献しようと研究しています。

ナノウナギ?

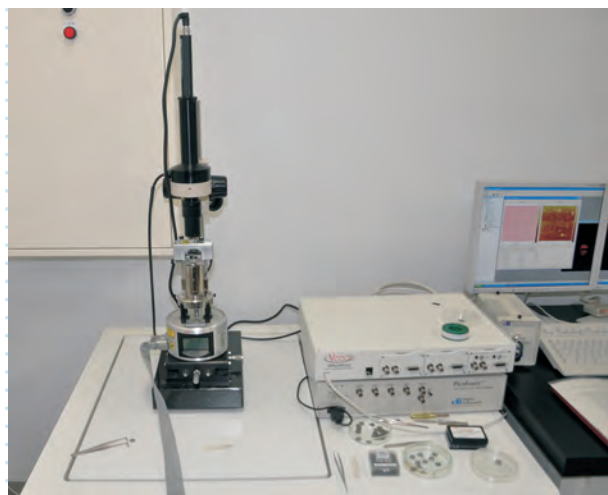


先生、この装置は何ですか?
顕微鏡のように見えるけれど、
でもちょっと違うような・・・?



NAKAJIMA

顕微鏡というのは大正解。でも普通の顕微鏡とは仕組みが
だいぶ違います。
この装置は原子間力顕微鏡 (AFM) と言って、先端が鋭い
針で物質の表面をなぞり、原子や分子の様子を直接観察で
きる顕微鏡です。私たちは、もちろん、これを使ってゴムの
表面の構造を見たりもするのですが、分子1本を釣り上げ
る「ナノフィッシング」という技術で、ゴムを作る微小
基本単位である高分子の性質を調べているのです。
今日は、このAFMを使って初めてわかった、微小な世界で
のゴムの姿をご紹介します。

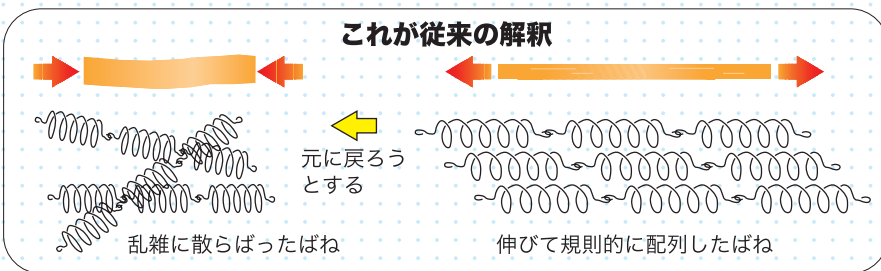


ゴムの微小な姿を探る

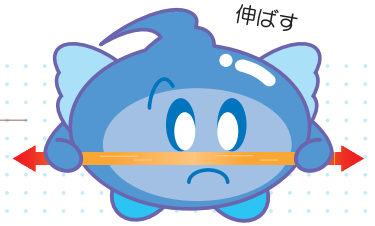
次ページの解説のように、ゴムは分子がいくつも長くつながった紐状の分子、すなわち高分子（ポリマー）できています。かつて、高分子の紐は直接見る事ができず、伸び縮みする理由も含め謎に包まれた世界でした。

科学者たちは、ゴムを伸ばしたり縮めたりしたときの熱の出入りから、熱力学や統計力学などの学問の知識を使って、縮んでいるときは高分子が不規則に散らばり、引っ張った状態では、規則的に配列しているという予想をたてました。この考えは現代科学の視点からも正しそうです。しかし、ひとつ重要な間違いをしていたのは、その高分子は小さな「ばね」のようなものであるかと考えていたことです。

1980~1990年代に原子間力顕微鏡（AFM）が発明・改良され、高分子を直接見る事ができるようになりました。そして、ついに、「ナノフィッシング」で高分子が「ばね」かどうか、調べられるようになったのです。



鼻の下あたりにゴムを当てて伸ばしたり戻したりすると...



あっ、温かい！



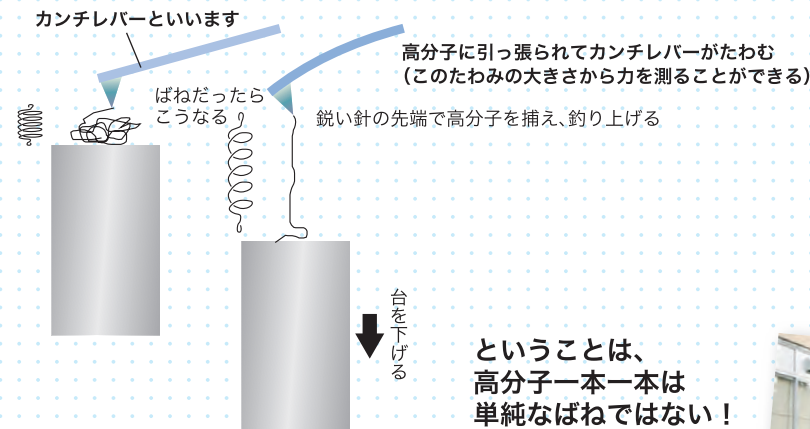
あっ、冷たくなった！



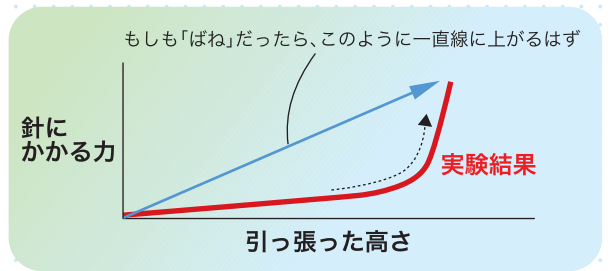
熱すると縮む (空気と逆)

「ナノフィッシング」でゴムの高分子が「ばね」かどうか調べてみた

AFMを用いたナノフィッシングの実験で、ゴムの高分子一本一本は、従来考えられていたような「ばね」でないことが明らかになってきました。現在、ゴムは元の長さの7倍くらいしか伸びませんが、個々の高分子をナノフィッシングのように完全に伸ばしきることができれば、何十倍も伸びるはず。すなわち、この研究の成果は、そんな夢のような未来のゴムづくりへとつながっていくのです。



ということは、高分子一本一本は単純なばねではない！



西先生、中嶋先生、今日は案内をありがとうございました。毎日何気なく使っているゴムの中に、こんな不思議が潜んでいるのを知ってびっくりしました。目には見えない原子・分子レベルの基礎研究がとても重要なのですね。

ゴムのようにはずみそうな、朗らかな雰囲気の中嶋先生、西先生、みなさん



今回はナノフィッシングの最も基本的な技術を紹介しましたが、更に発展させて、従来ではできなかった、高分子一本の粘弾性を測定することもできます。それらを総合してゴム全体の性質を解明していくのが私たちの目標です。そしてそれによって、ゴム性能改善、新しい機能を持ったゴムの創製ができるようになるはず。すなわち、この研究の成果は、そんな夢のような未来のゴムづくりへとつながっていくのです。

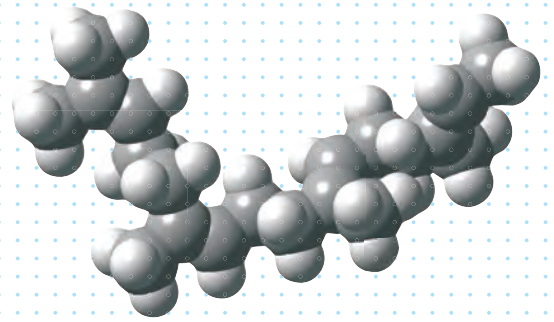
ポイント解説



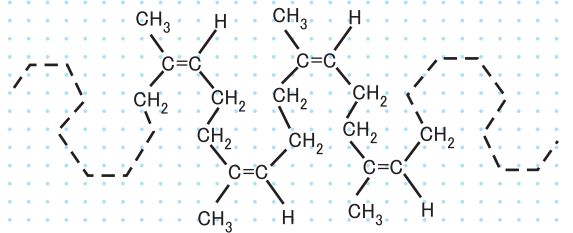
Point 1 ゴム

伸ばしても縮んで元通りになるゴム。弾力で衝撃を吸収してくれるゴム。輪ゴム、ゴム風船、ゴム手袋、消しゴム、ボール、タイヤ、ベルト、ホース、窓枠のシール材、油圧ポンプのシール材、機械の防振……。書ききれないくらい、私たちの身の回りでは多くのゴムが使われ、生活を支えてくれています。19世紀の偉大な科学者ファラデーは、天然ゴムが炭素と水素が5：8の割合で結合したものであることを示しました（化学式で書くと C_5H_8 ）。その後、 C_5H_8 がいくつも長くつながった紐状の分子、すなわち高分子（ポリマー）が最小単位になっていて、それが集まってゴムができていることが分かってきました。現在では化学合成技術の発展によって、様々な種類の合成ゴムが作られています。いまだに天然ゴムと同じものはできないのだそうです。現代の科学技術でも作れないものを自然が作っているということにも驚かされますね。

さて、ゴムの木の樹液から得られる生ゴムはそれほど弾力性がなく、硫黄を加えることによって弾力性のあるゴムになります。それから、自動車のタイヤのゴムがなぜ黒いかご存じですか？ゴムに炭素の粉を加えるとタイヤに適した硬質ゴムができます。そのため、タイヤは黒いのです。ゴムに性質を変える物質を加えることが、新しいゴムづくりの基本的な方法ですが、加えたものとゴムの関係は不明な点が多く、これらはまさに、本誌で特集したAFMを使ったナノの世界の測定で明らかになっていくでしょう。



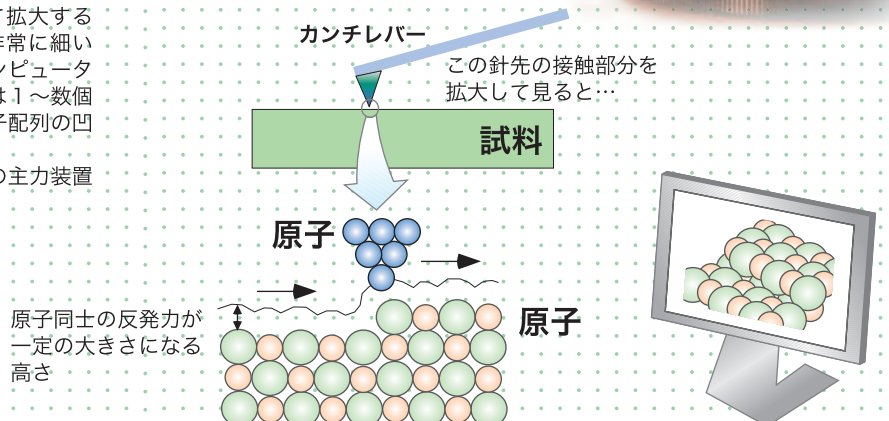
天然ゴムを作る高分子の構造



(注意) 一見、分子がばねのような構造をしています。でもこれがばねのように伸び縮みするわけではありません。

Point 2 原子間力顕微鏡 (AFM) とは？

英語でAtomic Force Microscope、頭文字をとってAFMです。顕微鏡というと、レンズを使って拡大することを想像してしまいがちですが、AFMでは、非常に細い針の先端で試料の表面をなぞり、その形をコンピュータのディスプレイに描き出すのです。針の先端は1～数個の原子でできているため、条件が良ければ原子配列の凹凸まで見ることができます。原子・分子レベルから材料を研究する当機構の主力装置の一つになっています。

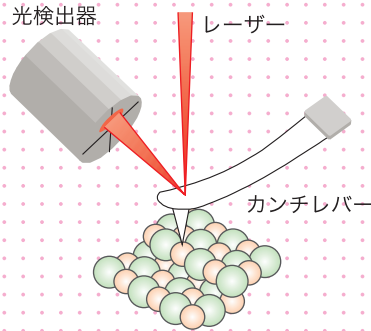


Point 3 AFMで力を測る原理

ちょっと細かな話になりますが、原子・分子レベルの世界を探るために欠かせないAFMのことをもう一点紹介します。前ページでAFMの仕組みを紹介しましたが、AFMでは試料の原子・分子と針先の原子の間の力を感じたり、高分子一本を釣り上げたりという、ものすごく小さな力を感じて測りとっています。カンチレバーには常にレーザーが当たっているのですが、カンチレバーが力を受けて上や下にたわむと、それに応じてレーザーが反射する角度が変わり、その変化を光検出器がとらえます。カンチレバーのたわみ方と力の関係が予めわかっているならば、レーザーの反射方向の変化から、かかっている力を導き出すことができるのです。

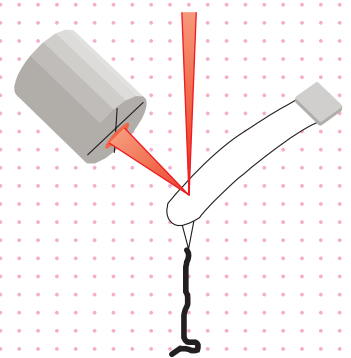
表面観察

カンチレバーが上にたわむ



ナノフィッシング

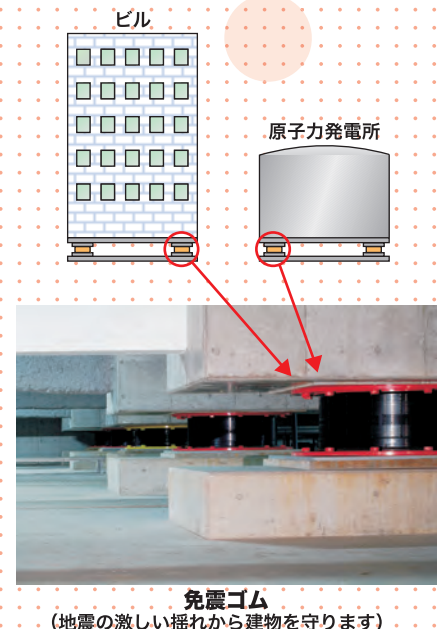
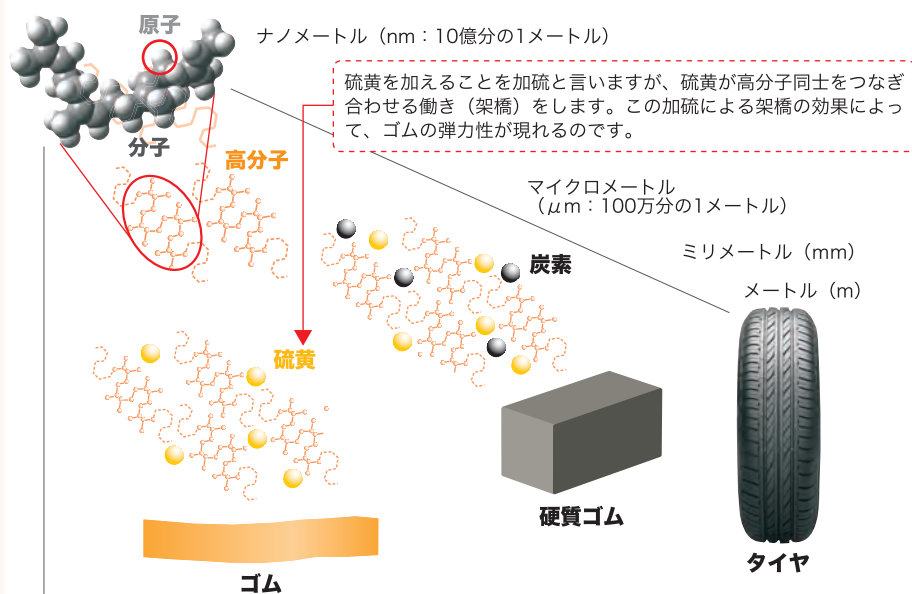
カンチレバーが下にたわむ



Point 4 原子・分子の理解から未来のゴムの開発へ

ゴムは私たちの生活を支える、不可欠な材料となっています。現時点で既に十分に役立つ材料です。では、もう研究の必要はないかといううと、そんなことはありません。未来の私たち人類の生活、そして地球環境を守るために、絶えずゴムも進化していかなくてはなりません。

例えば、自動車の**タイヤ**は「乗り心地」を良くするために、地面と柔らかく接する分、抵抗が大きくなり、燃費を犠牲にしています。「乗り心地」を保ちながら抵抗を下げ、環境に優しい低燃費のタイヤを実現するにはどうしたらよいのでしょうか？地震の多い日本では、ビルや原子力発電所、橋梁などを地震から守る**免震ゴム**の使用が増えていますが、このような人の命を守る重要な部分に使われるゴムの安全性、耐久性は、どのようにすれば確保できるのでしょうか？これらの課題は、経験だけに基づいて考えたり、偶発の発見に期待するのは不十分で、ゴムの一番小さな構成要素である**原子**、**分子**、**高分子**の性質からきちんと把握し、設計したり、評価することが必要です。これによって、科学的な裏付けをもってゴムの性能を高めたり、新しい機能をもったゴムを開発したりできるのです。



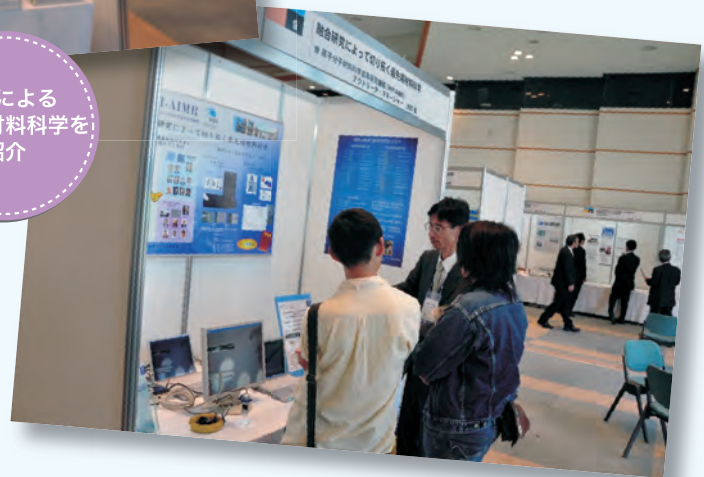
写真は(株)ブリヂストン提供

1 東北大学 イノベーションフェア2010 in 仙台

10月18日（月）、原子分子材料科学高等研究機構が、東北大学のイノベーションフェアに出展しました。当機構では、材料科学に関係する様々な分野の世界トップレベル研究者が集い、融合により研究上のブレークスルーを達成することを目指しています。今回の出展では、「融合研究によって切り拓く最先端材料科学」と題して、機構内でどのような融合研究が行われているのかを紹介しました。ブースにお立ち寄りくださった皆様に御礼申し上げます。



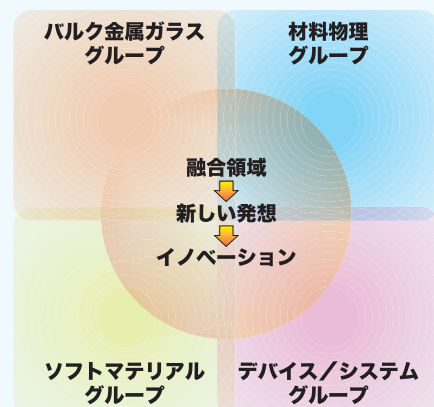
融合による
最先端材料科学を
紹介



WPIの融合研究について

世界トップレベル研究拠点プログラム（WPI）では、イノベーションを生み出すための柱の一つに「融合領域の創出」を掲げています。複数の基礎分野にまたがる融合領域の研究から、従来の学問では期待できなかったようなブレークスルーやパラダイムシフトとなるような研究が生まれることを期待しているからです。当機構は、「バルク金属ガラスグループ」、「材料物理グループ」、「ソフトマテリアルグループ」、「デバイス/システムグループ」の4つのグループで構成されています。当機構では、これらの異なるグループ間で年間30件程度の融合研究を企画し、知識の融合、技術の融合を積極的に行い、これまでには思いつかなかったような発想で、新しい学問領域を開拓しています。

WPI-AIMRでの融合



2

サイエンスアゴラ2010

11月20日（土）、サイエンスアゴラ2010（会場：東京国際交流館）において、WPI全拠点と日本学術振興会が合同で「一緒に考えよう！ 日本の未来戦略」と題したワークショップを開催しました。国家プロジェクトであるWPIを題材に、日本が科学技術立国として、世界をリードしていくためには何が必要かをあらためて考えるディスカッションの“場”です。

進行は、元NHK解説委員で現在多摩六都科学館館長の高柳雄一氏にお願いし、当機構の一杉太郎准教授を含む4名の話者提供から、それぞれの視点でプレゼンテーションして頂いた後、参加くださった会場の方々からも意見を募り議論を進めました。世界の研究拠点との対比、WPIが今後整備していくべき環境、人材育成、イノベーションを創出するための一般市民との関わり的重要性など、活発に意見が交わされました。

進行

高柳 雄一 氏 多摩六都科学館 館長

話題提供

銅谷 賢治 氏 沖縄科学技術研究基盤整備機構（OIST）代表研究者
福永 雅喜 氏 大阪大学免疫学フロンティアセンター（IFReC）助教
春日 匠 氏 大阪大学コミュニケーションデザイン・センター特任助教
一杉 太郎 氏 東北大学原子分子材料科学高等研究機構（AIMR）准教授

司会

池田 進（AIMR）



ワークショップの様子をまとめたものが、
日本学術振興会のホームページで公開されていますので、
是非ご覧ください。

<http://www.jsps.go.jp/j-toplevel/index.html>

NEWS ニュース

幾原 雄一 客員教授 フンボルト賞受賞決定

ドイツのアレキサンダー・フォン・フンボルト財団は、当機構主任研究者である幾原雄一客員教授にフンボルト賞を贈ることを発表しました。「材料界面の超微細構造と物性に関する研究」の卓抜した業績が評価されたもので、材料科学分野における日本人としては3人目の受賞者となります。授賞式は本年3月に行われます。

朝日小学生新聞でも紹介

2010年9月29日の朝日小学生新聞に当機構の研究成果が掲載されました。これは、東京工業大学の細野秀雄教授グループが2002年に発見した電気を通すセメント鉱物の電気伝導メカニズムを、当機構の相馬清吾助教（高橋 隆教授グループ）が光電子分光法を用いて解明したものです。

山本機構長インタビュー

当機構長の山本嘉則教授が科学に関して語ったインタビュー記事が「宮城の新聞」に掲載されました。是非、ご覧ください。
<http://shinbun.fan-miyagi.jp/>
「科学って、そもそもなんだろう？」

AIMResearch RESEARCH HIGHLIGHT2010刊行

Macmillan社の協力を得て、WPI-AIMRの優れた研究成果を紹介した冊子体のAIMResearchが刊行されました。

INFORMATION インフォメーション

WPI-AIMR Annual Workshop開催

2月22日から24日まで仙台国際センターで開催され、200名の内外の優れた研究者がグリーンイノベーションに資する先端的な機能材料について議論します。ノーベル賞受賞者であるペドノルズ博士、グリュンベルク博士、文化勲章受章者である飯島澄男博士の特別講演も行われます。

編集後記

私たちが毎日お世話になっているゴムですが、その微小世界の姿が分かり始めたのがここ10~20年の出来事だとは、意外でした。今後、それらが一つ一つ解明されて、これまでの常識を覆すようなゴムができる可能性が十分にあると予感しました。この分野の研究に、大いに期待したいと思います。

最後になりましたが、表紙の写真を提供くださった株式会社ブリヂストンに御礼申し上げます。

過去のWPI通信 (vol.1、vol.2) は、お届け先をご連絡いただければお送りいたします。

当機構のホームページ ▼

http://www.wpi-aimr.tohoku.ac.jp/jp/modules/kenkyu/index.php?content_id=22 からダウンロードすることもできます。

SQUARE

読者の皆様との

“交流スクエア”



WPI-AIMRマスコット PI(ぴい)くん を紹介します。

TOHOKU WPI通信vol.2から、読者の皆様に当機構の情報をお届けするインタビュアーとして活躍しているマスコットキャラクターPI(ぴい)くん。WPIのロゴマークにも似ているけど、どんな子なのでしょう？デザイナーの方に紹介していただきました。

名前 PI (ぴい)

敬称 男の子なので「くん」

年齢 まだ子供

国籍 無国籍

趣味 AIMRの先生たちにいろいろ質問をして世界最先端の技術や研究を教えてください

特徴

- ★ 背中ので世界を飛び回る
- ★ 体は柔らかく、触るとプニプニしている
- ★ いつも少し飛んでいる（浮いている）
- ★ 手には赤い星を持っている
- ★ 実は双子で「AI(あい)ちゃん」という妹がいる
- ★ 好きなものは「小さいもの」



みなさん、
よろしくお願いします。



紙粘土で作ったぴいくん。
家族も想像して作ってみました。
当機構のことを皆様にお伝えする
ぴいくんファミリーの今後の
活躍をお楽しみに。