

関西光科学研究所(平成29年5月31日発行)

所長メッセージ

量研としての関西研がスタートして1年と少し経過しましたが、優れた研究成果も順調に出始めています。そのいくつかを簡単にご紹介します。

まず、これまで水素と反応しにくい金属とされていたモリブデンやタングステンなどに1つの原子あたり9つもの水素を結合させることに成功した研究があげられます。理論計算と高圧合成技術を融合し、放射光や中性子を駆使して行われた研究で、水素貯蔵材料や高速イオン伝導材料、超伝導材料などへの発展・応用が期待されています。東北大学、KEK、豊田中研らとともに、関西研からは放射光科学研究センターの齋藤寛之上席研究員らが参加しました。また、東京大学、トヨタ自動車、豊田中研のグループがSPRING-8の量研ビームラインBL11XUで実施してこられた研究成果「燃料電池の白金ナノ粒子正極触媒上で、酸素が水と共存することにより酸化が促進され、燃料電池の性能低下に繋がることを解明」が、4月6日の日刊工業新聞1面に大きく掲載されました。これには、石井賢司上席研究員が大きく寄与しています。

生命科学分野においても、重要な発表がありました。早稲田大学が中心となった大学共同研究グループが、染色体の新規の構造ユニットである「オーバーラッピングダイヌクレオソーム」の立体構造を世界で初めて明らかにしたもので、Science誌に掲載されるとともに、新聞一般紙にも取り上げられています。遺伝子発現制御に重要な役割を果たしていると考えられており、この分野の研究に大きな影響を与えるとともに、癌をターゲットとした創薬開発にも重要な基盤情報を提供するものです。量子生命科学研究所の河野秀俊グループリーダーらが計算機シミュレーションを担当しました。

さらに、5月15日には、Physical Review Letters誌のオンライン版掲載に合わせて、「光子と光子の相互作用の検証方法を提案 - 量子電磁力学が20世紀に予測した現象の理解が期待される -」をプレス発表しました。20世紀に予言され現在も未解明の問題であり、光子と光子の合体や散乱などの相互作用の一つである「デルブリュック散乱」を選択的に計測できる条件を理論計算で求めたもので、光量子科学研究部のジェームズ・コーガ上席研究員と高崎研(東海)の早川岳人上席研究員の共著論文です。物理学の基礎的理論のひとつである量子電磁力学の発展に貢献するものであり、未知の素粒子の発見や宇宙で起きている現象の理解につながることも期待されます。

【内海 渉】

5月の主な動き

- 5月9日(火)-10日(水) 光・量子ビーム科学合同シンポジウム2017(於:大阪大学銀杏会館)
- 5月11日(木) 第1回QST播磨・機械学習研究会 上野哲朗主任研究員(磁性科学研究Gr)
- 5月19日(金)ニザミア アンダルシア中学校(インドネシア)見学(木津)
- 5月23日(火) 第22回KPSIセミナー 岩田夏弥特任研究員(大阪大学レーザー科学研究所)
- 5月31日(水) 第23回KPSIセミナー Maxence Gauthier研究員(High Energy Density Science, SLAC, USA)
- 5月31日(水) 石川エネの会見学(木津)

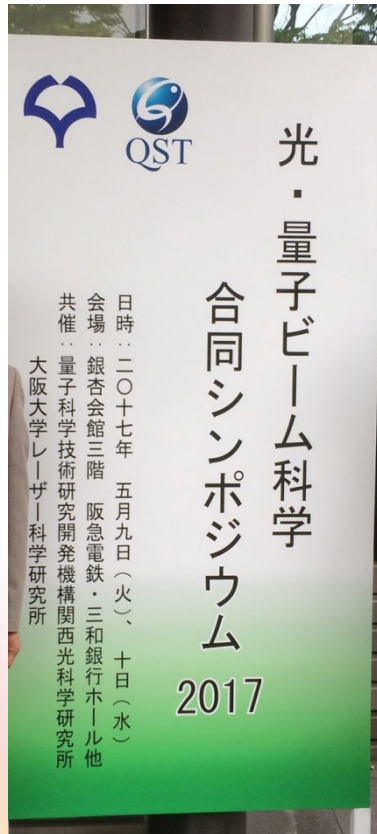
今後の主な予定

- 6月15日(木) 第24回KPSIセミナー S. V. Bulanov (QST fellow)

イベント紹介

光・量子ビーム科学合同シンポジウム2017

Opto 2017 Symposium on Photon and Beam Science 開催報告



看板(阪大銀杏会館1階)

5月9日(火)、10日(水)の2日間、大阪大学銀杏会館にて光・量子ビーム科学合同シンポジウム2017を大阪大学レーザー科学研究所と共同開催いたしました。

2日間の延べ参加人数は395名となり、特別講演1件(「光を使った素粒子研究:真空と時空をさぐる」浅井祥仁(東京大学)、招待講演5件、口頭発表13件、ポスターセッション168件の発表が行われました。

関西研・阪大のメンバーのみならず、多くの大学・企業からの参加者の皆様との交流を行うことができました。また、利用者会議として、量研・関西光科学研究所と阪大レーザー科学研究所からそれぞれの報告が行われました。多くの質疑・コメントがよせられ、大変活発なシンポジウムとなりました。

プログラムの最後には、2日間にわたって行われたポスターセッションについて、投票によるベストポスター賞(37歳以下対象、2件)の選出と表彰を行わせていただきました。

来年度は、関西研(木津地区)で開催予定です。是非ご参加ください。



関西研・内海渉所長の挨拶



ポスターセッションの様子



浅井祥仁先生(東大)による特別講演の様子

第25回SPring-8/SACLA施設公開への展示イベントの出展

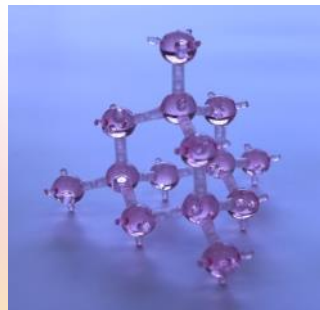
4月30日、第25回SPring-8/SACLA施設公開(理研主催)が開催されました。天候にも恵まれ、家族連れ、中高生等、約6000人もの方々がSPring-8/SACLAを訪れました。”Meet the Scientists”のテーマで開催された今年の施設公開では、来場者が、特定の研究者(ポイント研究者)を見つけ、入場証のバーコードを読み取ってもらい、ポイントを貯めるといった、ユニークなイベントが行われました。貯めたポイント数が増えるほど、交換できる景品の数も増えることから、来場者も積極的にポイントを集め、ポイント研究者はバーコードを読み取るのに大わらわとなりました。

量研は、上記イベントに参加するとともに、この施設公開に合わせて、分子模型の製作、手回し発電機等を用いた発電実験、3Dプリンタのデモ等の展示・イベントを出展しました。これらの展示・イベントでは、子供達を中心に、多くの来場者が集まり、ダイヤモンドの分子模型の組み立てに没頭したり、温度差で発電するペルチェ素子等の実験を面白そうに体験していました。また、3Dプリンタのデモでは、立体のオブジェクトが作られている過程に興味深そうに観察し、研究者に積極的に質問していました。

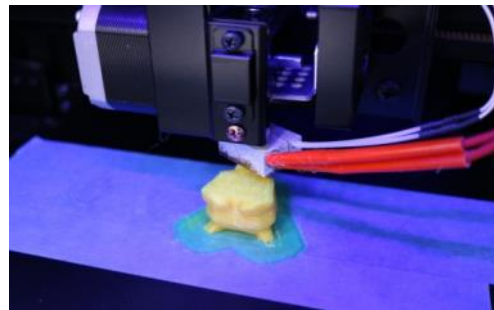
量研のスタッフは、これら展示・イベントの説明等で大忙しでしたが、来場者の方々との交流を心から楽しんだ、充実した一日となりました。



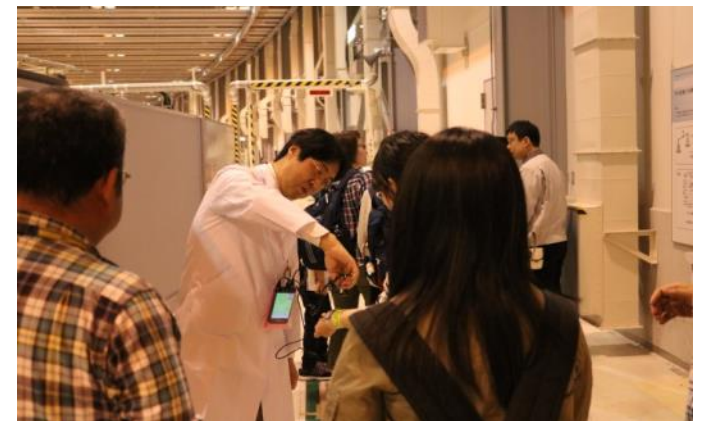
発電実験に来場者に説明するスタッフ



ダイヤモンドの分子模型



3Dプリンタのデモ



来場者のバーコードを読みとる量研のポイント研究者

放射光で燃料電池触媒の性能低下原因を解明

掲題に関する記事が2017年4月6日(木)の日刊工業新聞とその電子版に掲載されました。東大物性研とトヨタ自動車、豊田中央研究所の研究チームを、QST放射光科学研究センターがナノテクノロジープラットフォーム課題として支援して得られた成果です。QST専用ビームラインBL11XUに設置している共鳴非弾性X線散乱装置(図1)が活用されました。

燃料電池の電極内の白金系ナノ粒子触媒の酸化状態を、1気圧の実環境で詳しく調べた結果、水と酸素の共吸着による触媒の酸化促進効果があり、燃料電池の性能劣化の原因となることが実験的に初めて明らかにされました。電極の酸素雰囲気中の水分量が増えると、燃料電池の実効電圧が降下して、発電性能が数%低下することが知られています。今回の研究により、これが触媒の酸化によるものであることが実験的に裏付けられました。従来のX線吸収分光法では、その小さな酸化状態変化を識別できなかった(図2(a))のに対して、共鳴非弾性X線散乱装置での高分解能HERFD-XAFS法では、放出されるX線のエネルギー選別を行えるため、水の酸化促進効果が明瞭に検出されました(図2(b))。

白金量が少ない白金コバルト合金では酸化しにくいことも分かりました。水を排除する非水系の物質で覆った触媒を使ったり、白金コバルト合金粒子で白金粒子を代替することで酸化を抑えれば、燃料電池車(FCV)のコスト削減と走行性能のカギとなる燃料電池の性能向上につながります。

本成果は5月3日に英科学誌サイエンティフィック・リポートズにオンラインで掲載されました。Wetting Induced Oxidation of Pt-based Nano Catalysts Revealed by In Situ High Energy Resolution X-ray Absorption Spectroscopy
Yi-Tao Cui(東大), Yoshihisa Harada(東大), Hideharu Niwa(東大), Tatsuya Hatanaka(豊田中研), Naoki Nakamura(トヨタ自動車), Masaki Ando(トヨタ自動車), Toshihiko Yoshida(トヨタ自動車), Kenji Ishii(QST), Daiju Matsumura(JAEA), Hiroshi Oji(JASRI), Hironori Ofuchi(JASRI), Masaharu Oshima(東大)

Scientific Reports, Vol. 7 (2017) 1482

CC-BYライセンス:

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ja>

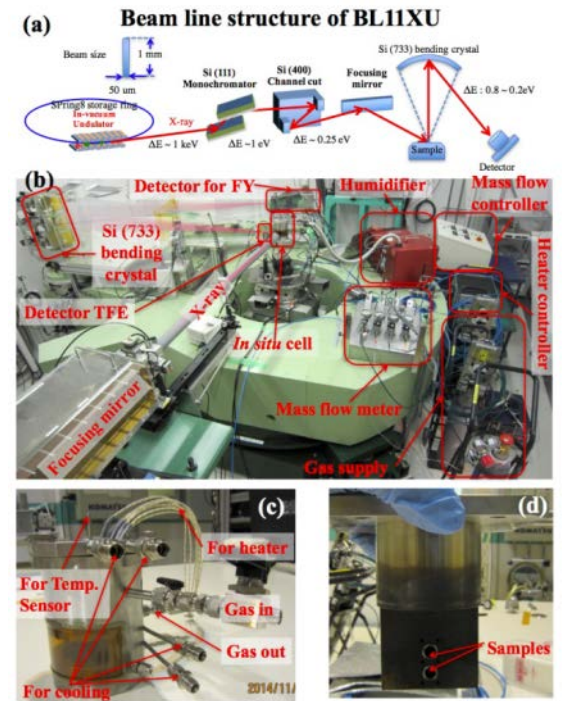


図1 QST専用ビームラインBL11XUでの高分解能HERFD-XAFS測定に用いた実験装置。(論文のSupplementary informationのFig. S6から)

(a)BL11XUの光学系、(b)実験装置構成、(c)その場合観察用セル、(d)試料ホルダー。

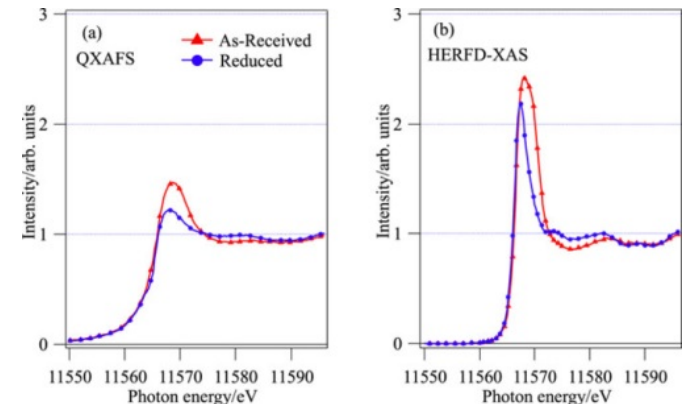


図2 従来のXAFS法(a)ではPtの詳細な酸化状態変化(エネルギー位置の変化)は観測できなかったが、BL11XUの高分解能HERFD-XAFS法(b)では明瞭に識別が可能。(論文のFig.3から)

第一原理分子動力学による粘土鉱物へのセシウムの吸着機構の解明

【1】研究の背景と目的

福島環境回復に向け、除染により発生した膨大な除去土壌の減容のために、粘土鉱物から放射性セシウム(Cs)を効率的に脱離させる処理法が必要となっている。本研究では、除去土壌の処理法の開発に資するため、福島に多く含まれる粘土鉱物の膨潤層間におけるアルカリ金属イオンの吸着状態を、第一原理に基づいた分子動力学によりミクロスケールで解明する。

【2】計算手法

- (1) Parrinello-Rahman定温 - 定圧第一原理分子動力学を用いて粘土鉱物結晶の構造モデルを作成(図1参照)。
- (2) Car-Parrinello第一原理分子動力学に基づいたmetadynamicsシミュレーションにより自由エネルギーを計算(図2の上図参照)。
- (3) Born-Oppenheimer第一原理分子動力学シミュレーションによって動的性質を解析。
- (4) 第一原理電子状態計算によって相互作用を解析(図2の下図参照)。

【3】得られた知見

- (1) セシウムの吸着の強さは粘土鉱物の組成に依存する。
- (2) セシウムと底面酸素間の相互作用は共有結合性を含む。
- (3) 膨潤層間に吸着したセシウムは層間の脱水を促進する。
- (4) セシウムはサポナイトやパーミキュライト等の3八面体型粘土鉱物の底面酸素に強く吸着し、膨潤層間に吸着したセシウムは層間の脱水を促進するため閉層を誘起する。

【4】今後の展望

- (1) 効率的なセシウム脱離法の開発のため、基礎データを蓄積する。
- (2) 粘土鉱物からのセシウムの効率的な脱離法の開発をサポートする。
- (3) 除去土壌の減容化により福島環境回復に貢献する。
- (4) 原子力機構と「廃炉及び福島環境復興のための技術開発」を共同研究する。

構造モデル

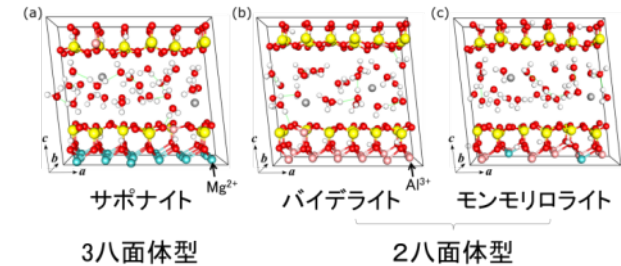


図1 各種粘土鉱物の構造モデル

赤丸は酸素、黄色丸はシリコン、白丸は水素、水色丸はマグネシウム、桃色丸はアルミニウム、灰色丸はアルカリ金属の各原子。上下の層間に水分子が多数存在する様子を表している。

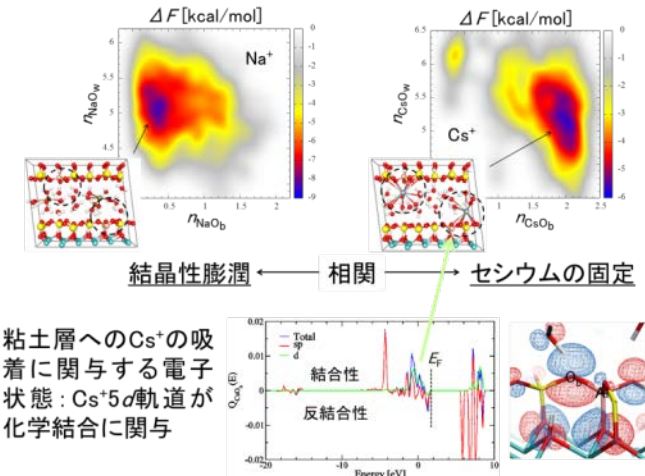
Na⁺とCs⁺の粘土層間における吸着状態の自由エネルギー面の比較

図2 粘土鉱物の組成と吸着イオン種の選択性の関係
CsはNaに比べて水酸素(O_w)との相互作用は大差ないが、多くの底面酸素(O_b)と5d軌道を使って相互作用している。

日本物理学会の英文誌JPSJの「2016年最もよく引用された論文」に選定

2015年に日本物理学会の英文誌:Journal of the Physical Society of Japan誌に出版された論文のなかで、2016年に最も多く引用された論文 (Most Cited Articles in 2016 from Vol. 84 (2015))が10件選定されました。

<http://journals.jps.jp/page/jpsj/mc1y>

放射光科学研究センター量子シミュレーション研究グループの坂井徹客員グループリーダー(兵庫県立大学大学院物質理学研究科教授)の論文も選定されました。

Magnetization Process of the Spin-S Kagome-Lattice Heisenberg Antiferromagnet

Hiroki Nakano and Tôru Sakai

Journal of the Physical Society of Japan, 84, 063705 (2015)

本論文は、高温超伝導の起源のひとつである量子スピン液体が実現することで知られるカゴメ格子反強磁性体について、京コンピュータによる世界記録となるシステムサイズの数値対角化を実現し、磁化過程に現れる量子現象である磁化プラトーの大きさと、スピン量子数の関係を理論的に解明したものです。

Magnetization Process of the Spin-S Kagome-Lattice Heisenberg Antiferromagnet

Hiroki Nakano¹ and Tôru Sakai^{1,2}

¹Graduate School of Material Science, University of Hyogo, Kamigori, Hyogo 678-1297, Japan

²Japan Atomic Energy Agency, SPring-8, Sayo, Hyogo 679-5148, Japan

(Received February 25, 2015; accepted April 13, 2015; published online May 25, 2015)

The magnetization process of the spin-S Heisenberg antiferromagnet on the kagome lattice is studied by the numerical-diagonalization method. Our numerical-diagonalization data for small finite-size clusters with $S = 1, 3=2, 2,$ and $5=2$ suggest that a magnetization plateau appears at one-third of the height of the saturation in the magnetization process irrespective of S . We discuss the S dependences of the edge fields and the width of the plateau in comparison with recent results obtained by real-space perturbation theory.



May Photons Festival 2017

のぞいてみよう！不思議な光の世界

親子工作（小さなお子様から） 各定員 10名

| | | | |
|---|--|--|---|
| ドレミファPON♪ 5月20日(土) ①10:30～11:00 ②15:00～15:30 | ダイナソーショット★ 5月21日(日) ①10:30～11:00 ②15:00～15:30 | ミニミニスコープ 5月27日(土) ①10:30～11:00 ②15:00～15:30 | ふおとん こま 5月28日(日) ①10:30～11:00 ②15:00～15:30 |
|---|--|--|---|

親子工作（小学生・中学生対象） 各定員 10名

| | | | | | |
|---|--|--|---|---|--|
| イライラふおとん君 5月3日(水祝) ①10:30～11:00 ②15:00～15:30 | 金太郎スーパーボール 5月4日(水祝) ①10:30～11:00 ②15:00～15:30 | こいのぼりレジン 5月5日(金祝) ①10:30～11:00 ②15:00～15:30 | こいのぼり万華鏡 5月6日(土) ①10:30～11:00 ②15:00～15:30 | こいのぼりキラキラ棒 5月7日(日) ①10:30～11:00 ②15:00～15:30 | 母の日レジン 5月14日(日) ①10:30～11:00 ②15:00～15:30 |
|---|--|--|---|---|--|

親子工作について

- ★整理券要→期間中の工作は整理券が必要です。当日の朝、先着順にて受付致します。空欄前にお並び下さい。
- ★親子参加→期間中の工作は保護者同伴となります。申し込み時必ず保護者といっしょにお並び下さい。

Festivalは大賑わい！

5月「Photons Festival」では、5種類の親子工作と並行して、外部からお呼びした先生による実験工作や関西研の研究者による実験教室、「夕日をつくろう」、「光のマジックショー」、「暗闇の中の光」を開催しました。大いに楽しんでいただくとともに、関西研の研究者を少し見(魅)せる？ことができました!! 5月14日の母の日レジンも大好評で、子供たちは思い思いにお母さんへのメッセージを書き込んでいました♪

月の後半には、小さなお子様にも楽しんでもらえる工作を用意しました♪ また、光の映像ホールにおける新コンテンツ「宇宙～その大きさを感じてみよう～」の上映を開始し、女性スタッフがライブ解説を行う「今日の星空」ともども大盛況でした



毎日楽しい日替わり実験!

1F QST Lab 2F Laser Lab 3F 映像ホール

入館 駐車場 工作 映像 ラボ

5月毎週土曜日 14:00～上映!

いつも無料です。

休館日のお知らせ 2017年 5月

| | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| 31 | | | | | |

連絡先 〒619-0215 京都市木津川市南宮町1丁目1番6
TEL: 0774-73-3180 (FAX: 0774-71-3190)

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構関西光科学研究所

第十四話 DNA損傷生成から修復へ(その1)－「もの」の科学から「いきもの」の科学へ

これまで、数回にわたってDNAの“こわれたかた”、そして、こわれたDNAが「いきもの」の能力によって「修復」される、というお話をしてきました。“こわれたものを修復する”、というのは、人間社会ではよく行われていることですが、実際に「いきもの」の中で起こる“DNAの損傷と修復”とは大分意味が違ってきます。その違いを知ることは、自然科学の解説書を読んだり報道番組を視聴したりする上で極めて重要ですので、本題に入る前に少し補足説明しておきたいと思います(また話が脱線しますが、ご勘弁ください……)。

自然科学の研究者が、自然について理解したことを一般の人に伝えるためには“言語”が必要です。しかし、研究者同士で用いる言語－専門用語－は、いわば“オタクことば”なので、日常経験や日ごろよく使う言葉に置き換えて表現することがよくあります。翻訳、あるいは比喩といってもよいでしょう。筆者もこのコラムの中で多用してきました。例えば、DNAが“化学変化”した、というより、DNAが“こわれた”のほうが、イメージが伝わりやすいと思います。しかし、化学者が伝えたい化学変化の本当の意味を伝えることはできません。ですからイメージだけで会話をつづけるとどこかで食い違いがでてきます。この種の食い違いは日常的な会話でも起こりがちで、漫才のネタにもなっているくらいです。また最近では動画技術も発達しているので、自然科学をナレーションに合わせて映像で伝える、という方法もよく使われるようになってきました。伝える手段としては、こちらのほうが有効です(伝えられる側からすると、“読む”という面倒くさい作業が不要ですから)。ただ、“イメージ映像”をそのまま真実かのように受け取ってしまうと思わぬ誤解が生じます。筆者のコラムはもちろん、自然科学の話を読んだり聴いたりするときは、こういった専門用語にまつわる問題を心に留めておいてほしいと思います。専門用語を弄んだ“あまい言葉”に誘惑されないためにも。

さて、今回のタイトルは「DNAの損傷生成から修復へ」ですが、そこには自然科学的な意味で大きな変化が起こっています。それは、「“DNA損傷の生成”という『もの』の科学が“修復”という『いきもの』の科学」に代わる、ということです。また、こわれたDNAを酵素が修復するわけですが、酵素も“タンパク質”と呼ばれる「もの」－物質－であって、「修復したい！」という“意志”をもった「いきもの」－私たちのような－ではないということです。酵素の機能を説明するため、次回からも適宜“擬人法”などの比喩表現を使いますが、酵素が何らかの意志をもって、「汗をかきかき働いて」いるわけではないことに気をつけてください。



トキワツユクサ(山の辺の道・桜井市)

雲ひとつない初夏の休日、「山の辺の道」散策にでかけました。日本最古の道といわれるだけあって、周辺には歴史的な墳墓や神社がたくさんあります。記紀にも歌われているように、古来よりここが「まほろば」であったことがうかがえます。

三輪山の麓、狭井(さい)神社の「くすり水」で喉を潤したあと、三ツ鳥居で有名な檜原(ひばら)神社をこえてさらに北上すると少し山の中に入っていきます。そこで、指先ほどに小さい花が目にとまりました。三枚の花弁に六本の雄しべ、そして白髪ネギのような雌しべ。筆者にとっては初めて見る花で、しばし見とれた次第です。調べてみると、この植物は南アフリカから日本に持ち込まれた外来種だそうで特に珍しくはないようです……。

真空四方山話

真空の必要性

「平均自由行程」とは、ある分子が他の分子と衝突してから次に衝突するまでの平均的な飛行距離です。例えば、窒素ガスの場合、 10^{-1}Pa では約7cmです。 10^{-6}Pa では約7kmに伸びますので、実験室に入る程度の大きさの真空チェンバであれば、内部は無衝突状態になります。

残留ガスが試料表面に吸着して表面を汚染してしまうことを避けるため、表面に入射する分子数を見積もることも重要です。酸素ガスの場合、 10^{-1}Pa では1秒で 1cm^2 当たり 3×10^{17} 回も表面に衝突します。固体表面には 1cm^2 当たり 10^{14} - 10^{15} 個程度の原子がありますので、あっという間に表面は酸素分子で覆われてしまいます。 10^{-6}Pa では 3×10^{12} 回まで低下しますので、100秒から1000秒の猶予ができます。とはいえ、表面科学の研究や原子層レベルで薄膜を作製する場合には、さらに真空度を上げる必要があります。

真空チェンバの中に電極を設置して、イオンや電子の運動を電場で制御する必要があります。真空度が悪いと放電が起こって不都合です。図1に真空放電の例を示します。T字型のガラス管の中に対向電極を設置したものをガイスラー管といいます。10cm程度離れた電極の間に1万ボルトの電圧をかけて、ガラス管内を真空排気していくと残留空気の放電で紫色に光ります(主に窒素)。図1では真空度が上がるにつれて色が薄くなる様子が分かります。近年では 10^{-8}Pa 程度の超高真空を得るのは容易です。そのような超高真空では放電は起こらず、平均自由行程も600km以上で、表面被覆時間も3時間から30時間程度まで長くなって、表面汚染がかなり抑制できます。

このように、荷電粒子ビーム(イオンビーム、電子ビーム)応用機器、加速器(各種イオン、陽子、電子、陽電子)、プラズマ応用機器(核融合炉、半導体プロセス装置)、表面分析装置(荷電粒子ビーム・X線をプローブに使用)などの製作に超高真空は不可欠です。

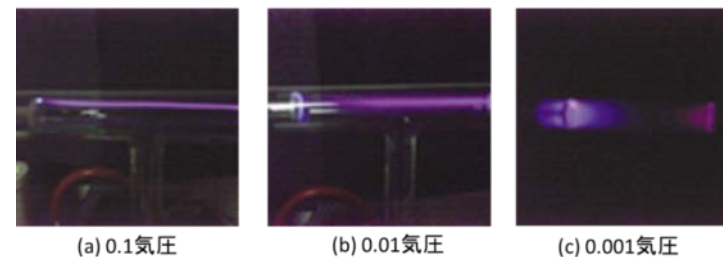
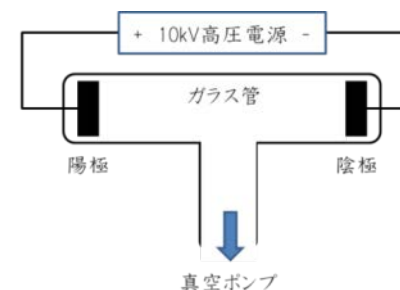


図1 ガイスラー管の模式図(上)と管内での放電の様子(下)
(写真提供:日本真空工業会殿、機材協力:株式会社島津理化殿)

人事往来(転入)

山本 稔 業務補助員(任期制非常勤職員)

放射光科学研究センター 高圧・応力科学研究グループ

平成29年5月1日採用

5月よりお世話になっています、山本です。45歳より、職業訓練で1年間パソコン全般を学び、その後、津山高専で2年間科目履修生として、物理、数学、情報の勉強をやり直しました。何か研究のお手伝いがしたいと思っていたので応募しました。宜しくお願い致します。



最近の山本稔さん

人事往来(転出)

辻本 陽子

量子ビーム科学研究部門研究企画室(木津地区)

平成29年5月31日ご退職

3年間お世話になりました。色々とはらないこともあったと思いますが、皆さまが良くして下さいのおかげで楽しく仕事をさせていただくことができました。本当にありがとうございました。これからも関西研のさらなるご発展をお祈りしています。



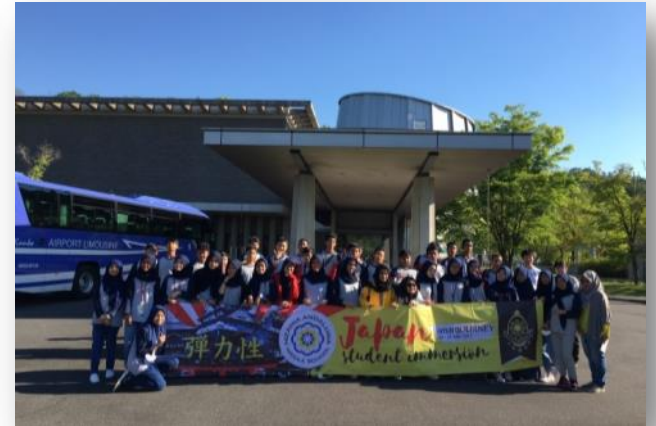
研究企画室のメンバーと



晴天の関西研(木津地区)



正門付近に咲くミヤコグサ(木津地区)



ニザミア アンダルシア中学校の皆様
はるばるのご来所ありがとうございました(木津地区)

【撮影: 関西研】



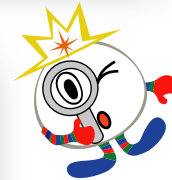
相生ペーロン花火大会
(相生市)



ヤマサ蒲鉾の芝桜
(姫路市)



さくらんぼ
(木津地区)



編集後記:

風薫る五月は京都観光に最適です。関西研(木津地区)でも修学旅行等で来所される学生の方が増えてきました。日中暖かく活動しやすい時期ではありますが、熱中症や夜間の冷え込みには十分ご注意ください。(庶務課)