

国立研究開発法人

量子科学技術研究開発機構（量研）

高崎量子応用研究所

第53号

# 高崎研だより

役立つ科学

未来の宇宙旅行を支える研究

My favorite

私のおすすめラーメン

日本/世界見聞録

極寒の首都 オタワ

研究装置紹介

高速多光子共焦点レーザー顕微鏡



## Q1. どのような研究を行っているのですか？

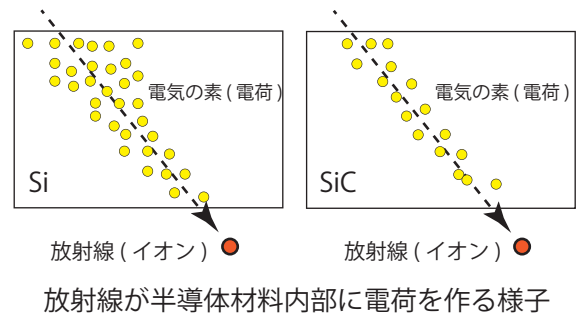
「宇宙でも安心して使える半導体デバイスはどうしたらできるか？」といった研究をしています。半導体デバイスと聞くと、難しいイメージを持つ方もいるかもしれませんが、半導体デバイスは電気を正確に目的の形にしてくれる電子部品で、それらの組み合わせ次第でより高度な処理ができます。

半導体デバイスは、例えば、皆さんの持っているスマホや USB メモリ、果ては新幹線がパンタグラフから受け取った電気をモーターに伝える部分など、生活のありとあらゆるところで活躍しています。そして、人工衛星にも多くの半導体デバイスが使われています。宇宙では地上と異なり、1秒間に  $1\text{ cm}^2$  当たり 10 万個の放射線が飛び交っています。そのような中、半導体デバイスに放射線が 1 発当たるだけで、場合によってはうまく作動しなかったり、壊れたりします。未来の宇宙旅行用の船でこんなことが起こったらどうでしょうか？ この突然の不具合や故障を「シングルイベント効果(単一現象効果)」と呼んでおり、この現象がどのようにして起こるのか調べています。

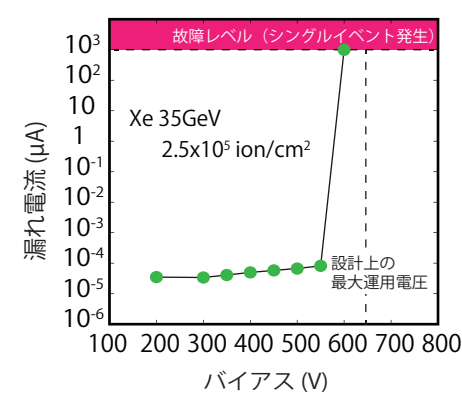
## Q2. どのような半導体の耐放射線性を調べているのでしょうか？

現在、身の回りにある半導体デバイスの 99.9% がシリコン (Si: ケイ素) という材料で作られています。最近では炭化ケイ素 (SiC) を使った半導体デバイスも市場でみかけるようになってきました。

シングルイベントは、放射線と半導体デバイスの材料の相互作用によって、デバイス内部の電気状態が瞬間的に変動することが原因です。半導体に入って放射線は、その通り道に沿って電気の素である電荷を作りますが、Si に比べて SiC のほうがその相互作用に対して鈍感であるため、現在は、この SiC を材料とする半導体デバイスについて、どのような放射線をどのような条件で当てたら、シングルイベント効果で故障が起こるか調べています。



## Q3. 耐放射線性の研究について、具体的に教えてください。



放射線が当たってもびくともしない半導体デバイスが理想ですが、半導体デバイスの高性能化と耐放射線性は反比例の関係にあります。いま注目しているのは、高い電圧をかけて使う SiC パワーデバイスです。

放射線照射下でこのデバイスを使用すると、左図のように設計した動作電圧 (650 V) より低い電圧 (600 V) をかけた状態でシングルイベント故障を起こしてしまいます。照射に利用した重イオン (Xe イオン) は宇宙線の 1% 程度しか存在しませんが、シングルイベント故障を起こしやすいことから、重イオン照射環境下でも設計した電圧で問題なく動作することが求められます。

## Q4. 今後、この研究はどのように展開するのでしょうか？

放射線が引き起こす半導体デバイス中の瞬間的な電気状態の変動に注目しています。この変動は、発生から 1 ナノ秒 (10 億分の 1 秒) で終わる現象で、測定は非常に困難ですが、この中に多くの物理情報が含まれてるのも事実です。今後は、この速い変動を測定し、そこに含まれる複雑に絡み合った物理現象を一つ一つ整理して、シングルイベントが起こらない SiC 半導体デバイスの開発につなげたいと考えています。

## My favorite

## 私のおすすめラーメン

皆さん、ラーメンは好きですか？ 私はラーメンが大好きで外食をするときはほとんどラーメンを食べに行きます。ラーメンを食べると日々の疲れも吹き飛びます。

群馬は小麦の産地で、焼きまんじゅうやパスタなどが有名ですが、群馬ラーメンの世界としてテレビで取り上げられるほどラーメンの美味しいお店がたくさんあります。今月号は私のおすすめラーメンを紹介させていただきたいと思います。

まずは、王道醤油ラーメン。高崎市某店の黒醤油ラーメンです。スープは煮干しの風味がして、細ストレート麺でさらりと食べられるラーメンです。こちらのお店は調理の様子がカウンターから見られるようになっているので、舌だけでなく眼でも楽しむことができます。



黒醤油ラーメン

次は、ボリューム満点のラーメン、濃厚タンメンです。こちらは県内に何店舗かあります。濃厚な豚骨ベースのスープで、もちもちの中太麺のラーメンです。たっぷり乗っているシャキシャキの野菜炒めとの相性も抜群です。



濃厚タンメン

この他にも、行ってみたいラーメン屋さんが桐生市にあります。こちらのお店は3種類のラーメンを食べられるメニューが人気です。こだわりのある小麦のうまみや食感を楽しめる麺が主役のラーメンだそうです。何度も食べに行こうとしたのですが、いつも行列であきらめてしまうので、いつか開店前から並んで食べてみたいと思います。ぜひ、皆さんも群馬ラーメンを食べに行かれてみてはいかがでしょうか。

ラーメン大好き (ペンネーム)

## 日本/世界見聞録

## 極寒の首都 オタワ

2019年4月、カナダのオタワで開催された「11th International Symposium on Targeted-Alpha-Therapy」に参加しました。本会議では、医療に有用な $\alpha$ 線放出核種の製造や $\alpha$ 線放出核種を利用した放射性薬剤の開発、ヒトへの応用に関する研究について4日間にわたって議論が行われました。

オタワは五大湖の東部に位置するカナダの首都で、連邦政府の行政機関が集中する都市ということもあり、会議が開催されたフェアモントホテルの周囲には国会議事堂や連邦庁舎、各国大使館が点在していました。4月という日本では桜も咲き、暖かい気候となりますが、オタワは寒さの厳しい都市として知られ、滞在期間中は日中でも $-10^{\circ}\text{C}$ という極寒で、近くを流れるオタワ川も凍結していました。



カナダ国会議事堂

寒さ対策をしっかりと行っていたにも関わらず、オタワの寒さに負けてしまい、会議最終日に発熱する事態に見舞われ、現地ドラッグストアで購入した解熱剤を服用しながら海外研修中のドイツへ帰国することとなったことを覚えています。



カナダ国立美術館

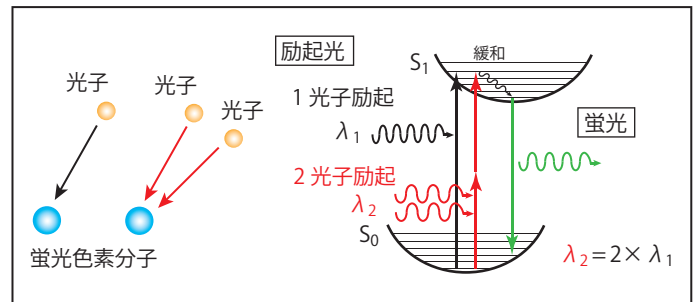
会議3日目の夜には、参加者が集うディナーがカナダ国立美術館で開催され、全面ガラス張りの壮観な大ホールの外にオタワ川とライトアップされた夜の国会議事堂を眺めながら食事を楽しみました。会場周辺には、博物館やマーケット等も多数ありますので、読者の皆様がオタワを訪れた際にはこれらのスポットでカナダ文化に触れ、見聞を広めていただくのも良いかもしれません。

放射線生物応用研究部 大島 康宏

## 【原理と特徴】

高速多光子共焦点レーザー顕微鏡は、細胞や生体組織などにレーザー光を照射して、その蛍光画像を「深くまで」、「きれいに」、そして「速く」撮影するための装置です。

細胞や組織内の分子に光を照射すると、分子は光子を吸収して励起状態に遷移し、その後、光（蛍光）を放出して基底状態に戻ります。通常は、この励起光に可視光を用いて1つの光子で蛍光を発する1光子励起を利用しますが、本装置では励起光に可視光よりもエネルギーの低い近赤外光を用いて、2個以上の光子が吸収される多光子励起により放出される蛍光を利用します。近赤外光を利用するため、生体試料を透過しやすく深部まで観察することができます。



2光子励起

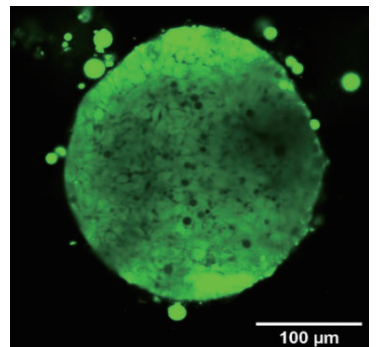
一般的な蛍光顕微鏡では、見たい横断面（焦点面）以外からの光が混入し、ボケた画像になります。この問題を克服する技術が「共焦点観察」で、ピンホールと呼ばれる穴に焦点面の光だけを通すことで、焦点面以外からの光を遮断してボケのないきれいな画像を得ることができます。

携帯カメラで連写するとその動きが良くわかるように、顕微鏡でも撮影が速いほど細胞の活動を詳しく観察することができます。本装置では励起光を高速で照射することにより、広い視野（1024×1024画素）で15枚/秒、狭い視野（512×16画素）で700枚以上/秒など、通常の10倍以上の速度で画像を撮影することができます。

## 【使用例】

現在、私はヒト iPS 細胞からミニ臓器を作製し、それを連結した人体モデルを用いて薬剤応答を調べる研究を進めています。第一段階として、原料となるゼラチンに量子ビームを照射して開発した細胞培養用ゲルを用いて、ヒト iPS 細胞を立体的な細胞の塊に育てられるか、高速多光子共焦点レーザー顕微鏡を用いて調べてみました。

右の画像は、ゲル上に培養した直径約 0.2 mm の球状細胞塊を、生きた細胞が緑色に発光する蛍光色素で染色し、球体表面から深さ 0.1 mm のところを 2 光子励起で観察したもので、中心部分の細胞も生きている様子が観察できます。



ヒト iPS 細胞の球状細胞塊

細胞の構造を青、緑、赤など複数の蛍光色素で染め分けして、多色同時撮影することも可能です。本装置のレーザー光源は 700 ~ 1080 nm の範囲で波長可変であるため、色素に合わせて励起光の波長を選択することができます。

## Q メッセージ

この夏は連日猛暑日が続き、どこそでその日の最高気温を記録したなどニュースがお茶の間をにぎわせていました。群馬県はその最高気温になることが多いのですが、ちょっとした差で近県に及ばなかったときなど、「2 位じゃダメなんですか！」という国会の質疑を思い出します。記憶に残るのは1位のみで、2位以下はほとんど忘れ去られます。記憶に残るような研究成果がどしどし出るように、基盤となる量子ビーム照射技術を磨いていきたいと思えます。（放射線高度利用施設部長 齋藤勇一）



コバルト棟に虹がかかっているのを発見しました。キラキラした太陽やゲリラ豪雨で、空を見上げる機会が減ってしまいましたので、ラッキーでした。何かと忙しい毎日、上を向いて歩くと良いことが起こるかしら！？

