



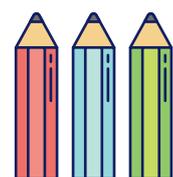
国立研究開発法人

量子科学技術研究開発機構（量研）

高崎量子応用研究所

第36号

# 高崎研だより



**ご案内** 「高崎研 施設公開 オンライン開催！」

**成果紹介**

「光ファイバーを利用した遠隔レーザー分析」  
「腫瘍イメージング用ペプチドナノ粒子」

**役立つ科学**

「測定対象の中の欠陥が測定器に！」

**量子のつぶやき** 「量子の入り口 ～コバルト 60 とガンマ線～」



ご案内

令和3年4月4日(日) 10:00~

# 高崎研 施設公開 オンライン開催!



新型コロナウイルス拡大防止のため、  
令和3年度の施設公開はオンラインで開催します。



## オンライン施設公開の開催挨拶

### 〇特集動画

- ・コバルト 60 ガンマ線照射施設
- ・未来を変える不思議なダイヤモンド
- ・ミラフル RI (放射性同位元素)

### 〇バーチャル施設見学

- ・イオンビーム照射施設 (TIARA)

### 〇研究最前線

### 〇量子生命クイズ「1枚の写真」

### 〇研究部紹介



### 〇手作り動画

- ・「高分子機能材料研究」の取り組み
- ・放射線グラフト重合実験と燃料電池試験
- ・環境にやさしい燃料電池自動車
- ・通貨を構成する金属!?
- ・宇宙用半導体素子の放射線照射効果
- ・不思議な布で金属を捉まえる
- ・未来の医療への架け橋
- ・次世代ネットワーク社会に貢献
- ・イオンビームで遺伝子を変える
- ・イナゴの目さを観る (PETIS)
- ・線虫と放射線
- ・がん診断・治療に役立つ放射性同位元素
- ・レーザーで溶液中の微量元素を見つけ出す



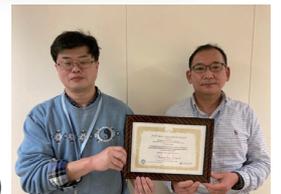
## 成果紹介

※PJ = プロジェクト

### 〇日本原子力学会英文論文誌 *J. Nucl. Sci. Technol.* 「Most cited article award 2020」受賞

「Development of a fiber-coupled laser-induced breakdown spectroscopy instrument for analysis of underwater debris in a nuclear reactor core」

光ファイバーを用いて試料にパルスレーザーを照射して得られるプラズマ発光を遠隔で解析し、試料中の元素をオンサイトで調べる技術を開発した。本分析法は、東京電力福島第一原子力発電所の廃炉措置に貢献する分析法である。(東海量子ビーム応用センター PJ「元素分析・分析研究」佐伯盛久、大場弘則)



### 〇日本原子力学会関東・甲越支部 「第14回学生研究会発表会 - 原子力・放射線分野 -」奨励賞

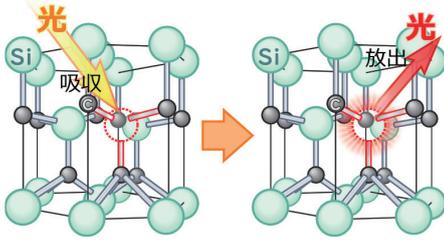
「腫瘍イメージングを目指した量子ビーム架橋によるペプチドナノ粒子の開発」

量子ビーム架橋に適したアミノ酸を配列させたペプチドを合成し、照射によりナノ粒子化して腫瘍細胞への取り込みを評価することで、腫瘍をイメージングする薬剤の開発に道を拓いた。

(先端機能材料研究部 PJ「生体適合材料研究」実習生 群馬大学 新井唯史)



## Q1. 欠陥のある材料とはどのようなものですか？

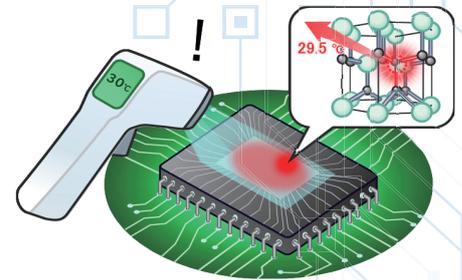


SiC 中のスピン欠陥は、光を吸収すると、しばらくして発光する。

炭化ケイ素 (SiC) という材料を利用します。炭化ケイ素などの半導体は原子が規則正しく並んだ結晶ですが、その中には原子が存在しない(空孔)、別の原子に置き換わっている(不純物)などの「欠陥」と呼ばれる不完全な部分が必ずあります。通常、欠陥は好ましくないのですが、近年不思議な特性を示す「欠陥」(スピン欠陥と呼ぶ)が見つっています。このスピン欠陥は光を吸収すると、ある時間経過した後光を放出しますが、周りの温度、磁場、電場などのわずかな変化に応じて、その放出光の強度が変わるため、測定器すなわちセンサーとして利用することができます。これが量子センサーです。

## Q2. 実際にはどのような研究を行っていますか？

炭化ケイ素 (SiC) 中のシリコン (Si) 空孔について研究しています。最新のパワーデバイスに使われている炭化ケイ素の中にもシリコン空孔というスピン欠陥が発見されています。我々はシリコン空孔をデバイスの中に生成させれば、デバイス内の温度や磁場(⇒電流に変換可能)を高空間分解能で直接測定することが可能になると考えています。



SiC パワーデバイス中の局所的な温度変化により、スピン欠陥から放出される光の強度が変化します。

## Q3. 炭化ケイ素 (SiC) デバイスとは、どのようなものですか？



半導体デバイスは電気(電流や電圧)を制御することができます。シリコン (Si) を用いたデバイスは様々な分野で使われていますが、高電流・電圧を扱うパワーデバイスとしては性能が低く、高性能化が難しい状況でした。炭化ケイ素はシリコンよりも性能が高いため、より高パワー・高効率(電気のロスが少ない)のパワーデバイスを作製することができます。既に実用化もされており、家電や電車に使われています。新幹線にも搭載されることが決まっています。

## Q4. 量子センサーは温度・磁場・電場等を測定可能とお聞きしましたが、具体的にどのようなことに応用できますか？

炭化ケイ素 (SiC) パワーデバイスをさらに高性能化するためには、複雑な設計が必要になります。設計にはコンピューターを用いたシミュレーション技術が欠かせませんが、実験で得られるデバイス内部のデータが多いほどシミュレーションも正確になります。しかし、とても小さい(1 mm<sup>3</sup> 以下)デバイス内部を高空間分解能で直接測定できる技術はないのが課題です。シリコン (Si) 空孔を用いた量子センサーは測定対象であるデバイス内部の好きな場所に埋め込むことが可能であり、またその原理から高精度な測定も可能です。量子センサーが実用化されれば、高精度かつ高分解能のデータが入手可能となり、炭化ケイ素パワーデバイスの高性能化に貢献できると考えています。

## Q5. 今後、この研究はどのように発展していきますか？

現在は、簡易的な自作デバイスを使って量子センサーの原理検証を行っています。次の段階として、実際に企業の研究開発で作製されたデバイスを用いた実証研究を考えています。

# 量子のつぶやき

## 「量子の入り口 ～コバルト 60とガンマ線～」



初めまして！ 高崎量子(りょうこ)です。この名前が縁で量子(りょうし)の話をして3連載することになりました。私、正直戸惑ってます、量子がよく分からないので(汗)。とりあえず、量子は「超極微の世界の象徴」と表現しておきますね。とても小さいことを極微(ミクロ)と言いますが、ミクロンは1千分の1mm。超極微はこのミクロンよりさらに小さい原子や原子核の世界の大きさです。私たちの日常と全く違うその世界を垣間見てみましょう。

第1回は高崎研のガンマ線照射施設のコバルト 60( $^{60}\text{Co}$  と書く)とガンマ線を取り上げます。まず、コバルト 60。その原子核には陽子と中性子が合わせて60個あります。自然界のコバルトは中性子が一つ少ない $^{59}\text{Co}$ で、これに原子炉から出る中性子1個を吸収させて $^{60}\text{Co}$ にします。

ある時1個の中性子が電子を出して陽子になることで $^{60}\text{Co}$ は $^{60}\text{Ni}$ (ニッケル)に変わり、直後に放出されるガンマ線がいろいろな研究に利用されます。この「ある時」が大変なんです。個々の $^{60}\text{Co}$ をじーっと観てると、これは7秒後に、それは8日後に $^{60}\text{Ni}$ に変わったのに、あれは9年待っても…同じ原子核なのに全然違うんですもの。でも、10億個をみ

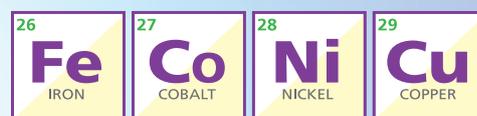
てると、初めは毎秒5個くらいずつ $^{60}\text{Ni}$ に変わって5.3年後に $^{60}\text{Co}$ は半分の5億個に減って、その後も5.3年毎に半減していきます\*。まるで、「あなたは直ぐに、あなたは6秒後に $^{60}\text{Ni}$ になって」なんて $^{60}\text{Co}$ 奉行がいるかのようですが、個々は予測不能な確率的現象なんです。(※個数が半分になる時間を半減期といいます。原子核の種類により1秒以下から1兆年超まで。)

そして、ガンマ線。光や電波と同じ電磁波ですが、女性の大敵UV(紫外線)より波長が短くて、高SPFの日焼け止めも素通りして体の奥の細胞も傷つけます。(イヤ～) ガイガーカウンターってご存知ですか？ ガンマ線の一つ一つ感知できる装置で、感知のたびにピッ、ピッと鳴ったりするの。エッ！電磁波って波なのに数えられるのって?!

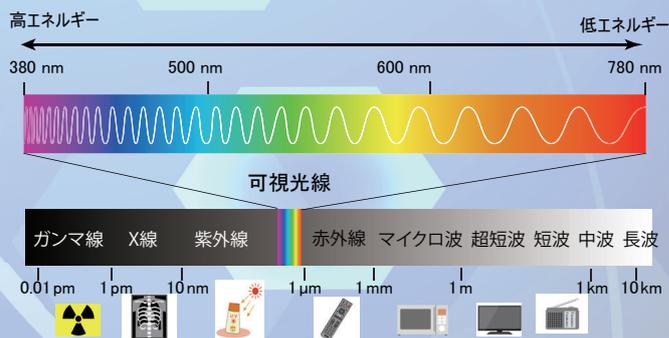
そう、粒でもあるんですよ。逆に「すべての物質粒子は、波の性質を持っている」と約100年前にド・ブローイってひとが大胆にも提唱して、電子を用いた実験で実証されちゃったんです。確率的で波でも粒でもある不思議を見事に説明する量子力学の基礎です。次回は量子力学について触れますね！

エッ！電磁波って波なのに数えられるのって?!

そう、粒でもあるんですよ。逆に「すべての物質粒子は、波の性質を持っている」と約100年前にド・ブローイってひとが大胆にも提唱して、電子を用いた実験で実証されちゃったんです。確率的で波でも粒でもある不思議を見事に説明する量子力学の基礎です。次回は量子力学について触れますね！



原子番号(=陽子数)27のCoコバルトの次が原子番号28のNiニッケルです。両隣は原子番号26のFe鉄と原子番号29のCu銅です。



電磁波の波長と分類。目に見える可視光線はわずかな範囲。nm(ナノメートル)は $\mu\text{m}$ の1千分の一、pm(ピコメートル)はnmのさらに1千分の一

## Qメッセージ

令和3年度がスタートしましたが、新型コロナウイルス感染症はまだ収束にはほど遠い状況ですので、感染防止に引き続き十分留意しながら研究開発を着実に推進していきたいと思っております。また、恒例の高崎研施設公開はオンラインで開催することといたしました。バーチャル施設見学や手作り動画等での研究紹介など盛り沢山ですので、是非アクセスして下さい。(高崎研所長 伊藤久義)