OKAZAKI

研究所だより

大学共同利用機関法人　自然科学研究機構
●基礎生物学研究所　●生理学研究所　●分子科学研究所

No. 71
2023.2

出前授業

金属から「電子」を取り出してみよう!

● 岡崎市立三島小学校
● 分子科学研究所　瀬川 泰知 准教授

瀬川准教授の出前授業

金属から「電子」を取り出してみよう!

■ 岡崎市立三島小学校

■ 分子科学研究所　瀬川（せがわ） 泰知（やすとも） 准教授

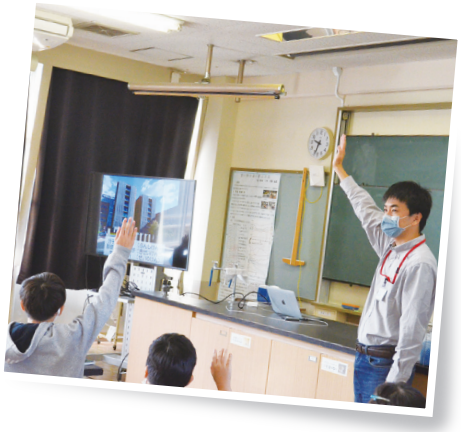
岡崎市立三島小学校

2022年10月26日に分子科学研究所 瀬川 泰知 准教授による出前授業が岡崎市立三島小学校で行われました。

瀬川准教授は、炭素や酸素などの元素を自由自在にくっつける技術を使用して新しい有機物をつくる研究をしています。

授業では、身の回りの物の名前に「電子」とつくものはどんなものがあるか？といった問いかけからはじまり、2つの実験を行いました。「強い酸を使って銅や金を溶かすことができるのか？」という実験では、興味津々に試験管の様子をのぞく姿が見られました。「金属から取り出した電子を使って電気を流せる？」という実験では、食塩水にアルミニウムと銅を入れて実際に組み立てを行い、オルゴールを鳴らす実験を行いました。生徒の皆さんはとても楽しそうに実験に取り組んでいました。

生徒の皆さんからは、実験を通して科学への興味が高まったといった声が多く聞かれました。



瀬川准教授の授業を受けて　～岡崎市立三島小学校 生徒さんの感想～

今回の授業で私たちが身近に感じている「電子」について、くわしく学ぶことができて楽しかったです。私は9教科の中で一番理科が好きで、その中でも科学の実験は興味があるので、金属をしょう酸や塩酸で溶かしたり、金属と水よう液を使って、電子オルゴールをならした実験にはとてもわくわくしました。私は科学は好きだけど、まだまだ知らないことは多いので、こういった授業を受ける機会があるなら、また受けたいです。

青山 結衣

今日の授業で、アルミニウムは塩酸で溶けるのは知っていたけど、硝酸というものがあるのは、はじめて知りました。硝酸で溶けない物が王水で溶けることは驚きました。でも、疑問があって、なんで塩酸と硝酸を混ぜ合わせると強い酸になって、溶けにくい金属が溶けるのかと思いました。この授業を通して、もっとくわしく調べてみたり、授業を受けてみたいと思いました。

松林 嘉彰

金がとけることにびっくりしました。強い酸を使った実験はしたことがなかったので、とても楽しかったです！なぜ銅をとかすと青色になってしまうのかすごく気になりました。もっとオルゴールの音を大きくするにはたくさんビーカーをならべれば大きくなると思いました。とけたものを蒸発させるともとの金属じゃないのか気になりました。他の金属もたくさんとかしてみたくなりました。王水よりも強い酸はあるのか知りたいです。

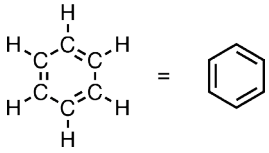
江間 菜々子

瀬川准教授の研究内容

新しい有機分子をデザインし複雑な合成法を駆使して創り出す

◆ベンゼン環だけでできたベルト型の分子の合成に成功

図1



ベンゼン環

6つの炭素原子が正六角形を成して結びついた構造をベンゼン環（図1）と呼びます。瀬川准教授は、このベンゼン環を組み合わせて新しい分子を合成する研究をしています。そして、できあがった分子の構造が持つ性質を調べています。

2017年には、パラキシレンと呼ばれる安価な石油成分を使い、ベンゼン環12個が輪になったカーボンナノベルトを合成しました（図2）。ベンゼン環6個がつながれた分子にニッケルを反応させて、後で取り除き、ベンゼン環を筒状に組み上げる11段階もの化学反応を要します。炭素のみでこういう構造が作れるであろうということは1960年代に提唱されていましたが、それまで誰も作ることができなかったのです。

半導体や燃料電池などの材料として期待されるカーボンナノチューブは、従来の合成法では直径、長さ、巻き方などが単一の構造にならず、機能も安定しないことが多いため、瀬川准教授らが開発したカーボンナノベルトを積み重ねることで均一のカーボンナノチューブが合成できる可能性があります。このカーボンナノベルトは企業が市販し、すでにさまざまな研究に使われ始めています。

◆狙った3次元構造を成形するための新しい分子を作りたい

2022年には、メビウスの輪の形状をもつ分子ナノカーボン「メビウスカーボンナノベルト」を合成することに成功しました（図3）。メビウスの輪は、帯を半分ひねって環状につないだ形で、裏と表の区別のない特異なトポロジー構造として知られています。この構造をもつ分子ナノカーボンは古くから興味をもたれていましたが、環状構造とひねりの両方からなる大きなひずみを克服する合成法がなかったために、これまで誰も成功していませんでした。

メビウスの輪をベンゼン環で作るには、輪とひねりの両方を同時に実現させる必要があります。この難題に取り組むにあたり、瀬川准教授らはスーパーコンピューターによる構造予測を活用しました。先のナノカーボンを組み合わせつつ、ひねりを加えるにあたって、瀬川准教授らは炭素原子や結合部分にかかるひずみをスーパーコンピューターで解析し、そのひずみを作り出すにはベンゼン環が38個以上連なる必要があると推定しました。そして、ベンゼン環50個を14段階の工程で加工することにより、メビウスカーボンナノベルトの合成に成功しました。

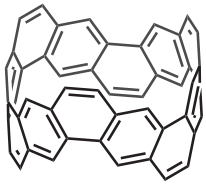
瀬川准教授は今後、新しい分子を作るだけでなく、その分子を単独で、あるいはいくつかの分子をパズルのように並べて3次元化し、固体にしたいと話します。「作りたい固体の形を先に決めて、うまく並ぶ性質を持つように分子を設計し、できた分子を結合させるという、これまでの研究とは逆のアプローチに挑戦します。固体は幾何学的にあり得る構造が決まっています。例えば、ベンゼン環の結合をひずませて正方形の分子を作れば、組み上げて固体にすることが可能です」。瀬川研究室から世界の誰も見たことがない分子や固体、新しい機能が生まれるのが待たれます。

図2

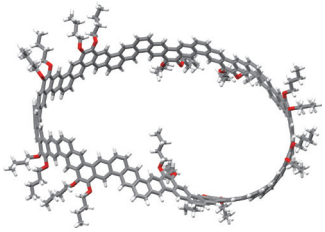
ベルト

図3

メビウスの輪



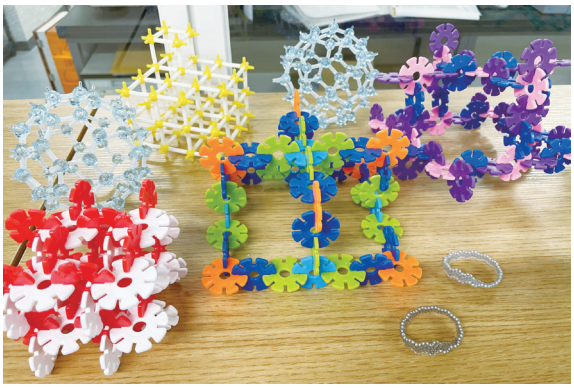
カーボンナノベルト



メビウスカーボンナノベルト

図２のカーボンナノベルトはベンゼン環12個がつながっている。直径は約0.8nm（ナノメートル=10億分の1m）で。紫外光を当てると赤い蛍光色を発する特徴がある。図３のメビウスの輪はカーボンナノベルトを基本にしたが、ひねった構造にするためにはベンゼン環50個が必要だった。

図4



瀬川准教授の研究に欠かせない分子模型。模型を触りながら、反応段階を頭の中でたどって実現可能な構造化を考える。市販のおもちゃのほか、設計した分子構造を3Dプリンターで出力したものも。ベンゼン環による結び目の構造は分子模型を触っているときに偶然できたことが実際の合成につながった。

（取材・構成　サイエンスライター　小島あゆみ）

瀬川泰知准教授からのメッセージ

大学2年生で有機化学の研究を始めてみたら、好きな化学、数学、物理が生かせるし、研究者になるのもいいかもと思うようになりました。スポーツは開示されたルールに従ってプレイしますが、研究はすでに知られている自然界のルールをたどりながらも、未知のルールを類推し、見つけていく作業です。合成は不可能かもしれないとされている分子構造について、こうすればできるかもしれないと仮説を設けて粘り強く研究するのは大変だけれど、楽しいですね。

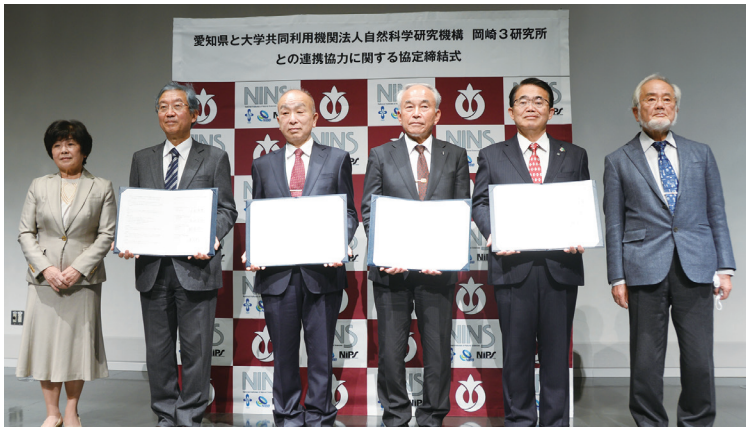
NEWS

基礎生物学研究所・生理学研究所・分子科学研究所が愛知県と連携協定を締結

「科学の大切さと研究の楽しさ」
大隅 良典 博士 特別講演
https://www.youtube.com/watch?v=z74WgkwyNdA

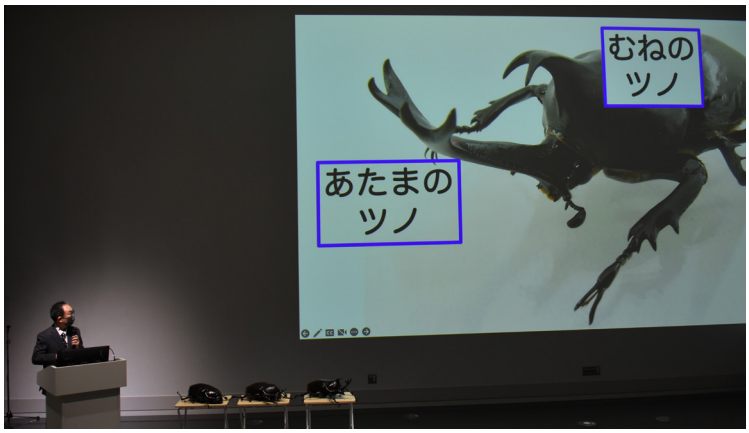
基礎生物学研究所・生理学研究所・分子科学研究所は、愛知県と連携に関する協定を締結しました。この協定は、基礎科学における人材の相互交流、研究成果の普及、人材育成などの取組を行い、地域における科学技術の発展、産業の振興に寄与することを目的とするものです。2022年12月25日、あいち・なごやノーベル賞受賞者記念室（名古屋市科学館生命館地下2階「サイエンスホール」）にて連携締結式がおこなわれました。締結式に引き続き、大隅基礎科学創成財団理事長大隅良典博士（基礎生物学研究所名誉教授・自然科学研究機構　特別栄誉教授）による「科学の大切さと研究の楽しさ」をテーマとする特別講演会、3研究所の研究者による基礎科学講演会が開催されました。

「MRIで分かる脳の情報伝達経路」
生理学研究所　教授 竹村 浩昌



渡辺 芳人 分子研所長、鍋倉 淳一 生理研所長、阿形 清和 基生研所長、
大村 秀章 愛知県知事　立会人：川合 眞紀 機構長、大隅 良典 博士

「“ねじれた光”で見る鏡写しの世界」
分子科学研究所　教授　岡本 裕巳



「カブトムシのツノの作りのなぞにせまる」
基礎生物学研究所　教授　新美 輝幸

バックナンバーはこちら　▶▶▶▶▶　http://www.orion.ac.jp/pbl/okazaki/

広報誌「OKAZAKI」に対する御意見等は、手紙、ファクシミリ、電子メールでお寄せください。

〒444-8585　岡崎市明大寺町字西郷中38
自然科学研究機構岡崎統合事務センター　総務部総務課企画評価係
TEL 0564-55-7123･7125　FAX 0564-55-7119
E-mail　r7123@orion.ac.jp

本誌の一部または全部を無断で複写、複製、転載することは法律で定められた場合を除き、著作権の侵害となります。

古紙パルプ配合再生紙使用

OKAZAKI編集委員
基礎生物学研究所　倉田　智子（編集委員長）
生理学研究所　西尾亜希子
分子科学研究所　片柳　英樹

印刷　株式会社 イヅミ

Homepage Address
自然科学研究機構　https://www.nins.jp/
基礎生物学研究所　https://www.nibb.ac.jp/
生理学研究所　https://www.nips.ac.jp/
分子科学研究所　https://www.ims.ac.jp/

発行／自然科学研究機構（基礎生物学研究所、生理学研究所、分子科学研究所）