

研究室ガイドブック



日本工業大学
基幹工学部
応用化学科

半導体ナノテクノロジー研究室

飯塚完司 教授

飯塚先生 「みなさん、こんにちは。飯塚研究室によろ。当研究室では、新しい半導体材料の研究を行っています。」

高校生A君 「材料の研究って、どのようなことを研究しているのですか？」

飯塚先生 「皆さんの身近にあるもので、ユニクロが販売しているヒートテックという商品は知っていますよね。あれは、生地の製造メーカーが保温性の高い生地の開発に成功したことにより実現できた商品です。ジャージや夏に着る涼しく感じるシャツも同様に汗の発散性が高い生地の発明によるものです。このように我々が手にする商品が機能性を持つ大きな要因の一つは、それを形成する素材(材料)の研究開発の成果によるものなのです。」

高校生A君 「その研究開発のおかげで新しくできた材料ってどんなものがあるんですか？」

飯塚先生 「非常に有名なものに「青色発光ダイオード(青色LED)」が挙げられます。あれは、電流を流すと青く光る材料が開発されたので実現した光素子(光デバイス)です。」

高校生B君 「ノーベル物理学賞を受賞したのは知っていますが、どうやって発見したのですか？」

飯塚先生 「青色LEDの基本材料は、GaN(窒化ガリウム)というものですが、実は、赤崎先生が研究を始められる前から理論的には、この材料が青く光ることは分かっていたのです。ただ、この材料を使ってLEDを実現するためには、p型伝導とn型伝導(これらに関しては、本学の私の講義の中で詳しく説明します)を制御すること、さらには、これらを使ったpn接合をウエハと呼ばれる基板上に結晶性良

く作り上げる必要があります、これらの製造技術の研究の成果が青色LEDの爆発的な発展とノーベル賞受賞につながったのです。」

高校生A君 「半導体の専門用語が出てきて、少し難しくなってきました。質問を少し変えさせていただき・・・飯塚先生は、どのような半導体材料を研究されているのですか？」

飯塚先生 「私は、GaNと同族の元素から構成されるGaAs、InP等を基本とする半導体材料の研究を行っています。これらは、赤色LEDや緑色LED、赤外線LED等の発光素子に応用されていますし、スーパーコンピュータ等に搭載されている超高速演算素子を構成している材料でもあります。」

高校生A君 「これらの半導体材料の研究ということですが、どのような装置を使って研究をするのですか？」

飯塚先生 「装置の写真は[これ](#)です。私がカスタマイズした装置で、「多元化合物半導体研究装置」という名称を付けました。平成10年度に文部科学省(当時は文部省)からの助成を受けて購入した装置です。」

高校生B君 「ごちゃごちゃしていてよく分かりません。」

飯塚先生 「そうですね。この装置は、大きく分けて3つの装置が合体したものです。一つは、半導体の材料を製造する「分子線エピタキシー装置」、中央付近に大きな半球状の部分が見えますが、この装置が「X線光電子分光分析装置」、一番奥が「走査型プローブ顕微鏡」です。」

高校生A君 「それぞれの装置はどのようなものなのですか？」

飯塚先生 「各装置の原理や特徴を詳しく説明していると内容が難しくなりますので、簡単に説明すると、「分子線エピタキシー装置(MBE)」は、超高真空という宇宙空間とほぼ同じ程度の真空度の中で、半導体材料の原料となる元素を加熱して、その蒸気を基板に照射することで半導体材料を結晶の形で成長させる装置です。数秒間で1原子層(基板の表面が1原子の厚さだけ覆われた状態)ずつ成長させることができます。次に「X線光電子分光分析装置(XPS)」は、物質を構成する元素の種類や結合状態を分析できる装置です。周期表の中のベリリウム(Be)以降のすべての元素について、その元素が存在しているか、および、元素同士が結合しているのかを分析できます。最後に「走査型プローブ顕微鏡(SPM)」は、「走査型トンネル顕微鏡(STM)」や「原子間力顕微鏡(AFM)」の総称です。両者とも細い探針を試料表面に近づけて行って、左右や上下に2次元的に走査することで、試料表面の凹凸の状態を原子レベルで観察することができます。トンネル電流を検知するのがSTMで、原子間力(万有引力)を検知するのがAFMです。」

高校生B君 「では、なぜ、3つの装置がつながっているのですか？」

飯塚先生 「いいところに気が付きましたね。これらの3つの装置による成長や分析はすべて超高真空下で行われています。MBE装置での半導体作製とXPSの測定では別々の装置であるため、通常なら試料を一度、大気に出さないとなりません。しかし、大気中に取り出した瞬間に試料の表面は酸化してしまいます。さらには、多少なりともゴミが付着してしまうでしょう。このような表面をXPSで元素分析してもその結果は、酸化○○というようになってしまいます。SPMでの分析も同様です。表面が酸化し

てしまえば、降り積もった雪の上から地表の形状を測定するようなもので、正確な分析ができません。そこで、この装置を申請する段階での一番こだわったのは「大気中に取り出さなくても試料の移動ができるシステムにする」ということでした。そのため、装置が大規模になってしまいましたが、超高真空の試料搬送路で3つの装置をつなげるようにしたわけです。こうすれば、表面の酸化が防げるだけでなく、MBEで成長した試料をXPSで分析し、その後、さらにMBEで結晶成長を続ける、というような研究も可能となります。」

高校生A君 「すごい装置ですね。日本の大学の中にはこのような装置はどの程度あるのですか？」

飯塚先生 「先ほども話しましたが、この装置は私がカスタマイズしたので、全く同じ装置は日本どころか地球上でこれ1台だけです。しかし、同じようなコンセプトで複数の真空装置をつなげたものは数多くあると思います。ちなみに、このように真空装置を複数つなげたものを「真空一貫システム」と呼んでいます。研究する物質や製造手法の違い、どのような分析装置を接続するかによって無限の種類が考えられます。ただ、どの装置も数億円程度の高額になりますので、どの大学にもゴロゴロ転がっているというほどではありません。興味がある人は、是非、他の大学のオープンキャンパスにも参加してみて、当研究室のような真空一貫システムを所有しているかどうか調べてみてください。」

高校生A君 「ありがとうございました。」

高校生B君 「とても勉強になりました。」

先駆物質化学研究室

池添泰弘 教授

池添先生 「みなさん、こんにちは。先駆物質化学研究室によろこそ。当研究室では、磁石を使って物を浮かせたり、手を使わずに物体を操作したり、そんな魔法のような技術を研究しています。」

高校生A君 「そんなこと本当にできるんですか？」

池添先生 「できるよ。例えば、これは磁石で浮かせている物体に光を「当てる」と「消す」を繰り返したときの映像だけど、光を当てると上昇して、光を消すと下降してくるのがわかるでしょ？(ビデオは見やすいようにずっと光が当たっているように見えますが実際は光のON/OFFをしています。)これ、一応言っておくけど、この物体のどこにも触れてないからね。」

高校生A君 「そんなことできるんだ……。知らなかった。」

池添先生 「じゃあ、今日はみんなに見せることができちゃよかったよ。実は、物体を浮かすこの技術を世界で初めて開発したのは僕たちなんだ。最近、この技術をさらに進化させて、浮かせた状態で、光を使って物を動かす技術へと進化させているわけ。もちろんこれも世界初。」

高校生B君 「そうなんです。世界初とか、もっと遠い存在かと思っていました。この装置も、その磁石の実験に使うんですか？」

池添先生 「ううん、それは違う。うちでは、生体分子の研究もしていて、金属のナノ粒子(直径が1cmの100万分の1くらいの粒子)を溜め込むタンパク質の分子を使って、超高密度メモリーを作ろうって研究をしている。この装置はレーザーを液体表面に当てて、そこから出る光を測定する装置。僕と学生と一緒に作った装置なんだけど、分

子が液体の表面に徐々にくっついてくのが分かる。たとえば、[こんな風](#)に液体の表面で分子がきれいに並ぶんだけど、1mm角の四角の中に大体100億個くらいかな

高校生B君 「すご〜い！1個1個の粒が分子のサイズってことですよ？それって、学校にある顕微鏡じゃ見えないうですよ？どうやって見るんですか？」

池添先生 「いい質問だねえ。君の言うとおり、普通の顕微鏡では見ることができない。だから、こういう小さいものを見る時は、「先端材料技術研究センター」と呼ばれる学内の施設の中にある[電子顕微鏡](#)を使うんだよ。センターには、他にも最先端の装置があって、専門のスタッフが学生に丁寧に使い方を教えてくれるから、学生はすぐに使えるようになる。使えるようになったら自由に使ってもらいたいよ。ここだけの話、実はこの装置1つを買うだけでも、家が数件建てられるような金額かかる！こんなにいい装置を自由に使えるような体制を整えているのは、たぶん、うちの大学くらいじゃないかな〜」

高校生C君 「すご〜！ここにあるいろんなものが、どれも面白そうなんですけど、もっと詳しい研究の情報とかは、どこで集められますか？」

池添先生 「例えば、[研究室のHP](#)を見てくれれば、研究の話だけでなく、普段のことまでいろいろ書いているから、研究室のことがいろいろわかって面白いかもしれないな。」

高校生C君 「ホントだ〜。いろいろある〜。バーベキュー楽しそう！」

池添先生 「そうそう、バーベキューとか卒業祝いとか、研究室のイベントもたくさんあるよ。研究室に入ると、学

生と先生が1対1で話すことが多くなるから、先生と学生はすぐに仲良くなれる。卒業生も遊びに来てくれるし、大学にも家があるようなものかもしれないね。」

高校生B君 「ねえねえ、これってさあ、研究室の学生さんが学会発表してる写真じゃない？」

高校生A君 「ホントだ！学会って聞いたことはあるけど、なんか凄そうな感じがするだけで実は中身知らない…。先生、学会ってどんなところですか？」

池添先生 「学会は、企業や大学や国立の研究所などの人たちが、自分たちの研究成果を発表するところだよ。うちの研究室は、応用物理学会で話すことが多いかな。もしかしたら、君たちは、学会で発表をするのは先生だと思っているかもしれないけど、実際は、僕よりも学生が発表することの方が圧倒的に多いんだよ」

高校生C君 「へえ！？そうなんだ！！でも、俺、なんか緊張するけど・・・」

池添先生 「大丈夫。僕がきちんと指導するし、3年生から学会発表をしている学生もいるくらいだから」

高校生C君 「3年生で？あと何年だ・・・？自分が思っていたのと違いました。」

池添先生 「そうかもしれないね！実際のところ、君たちがまだ真面目に考えたことがないようなプランをいろいろ用意しているんだよ。留学とか大学院とか。」

高校生B君 「留学？」

池添先生 「うん、例えば、今、うちの研究室の学生は休学してオハイオ州の大学に行っているけど、彼の写真とか見ると、すごく楽しそうで、正直僕が行きたいくらいだ（笑）」

高校生B君 「外国！なんだかドキドキするなあ」

高校生A君 「先生、さっき大学院っておっしゃっていましたが、大学院って大学の先生になるような人が進学するところじゃないんですか？」

池添先生 「それは僕も知らないような昔の話だよ。今の工学系の学部の卒業生で、大学院に進学しない人は少数派になりつつある。よく考えてごらん。科学技術は日々進歩してるよね。昔は4年間で身につけた知識で社会に出ても何とかやっていけたかもしれない。しかし、これだけ学問や技術が進歩しているのに、大学の勉強期間は同じだと、おかしいことになっちゃうと思わないかい？君が社長だったら知識や技術がある人材を採るでしょ？実際、大学院を卒業した方が給料もいい。世の中は大学院に行くのが普通になりつつある。」

高校生A君 「そうなんですね、もっといろいろ勉強します！」

池添先生 「うん、それがいい。そしてうちの研究室にきなさい。また会える日を楽しみにしているよ。」

資源創回生プロセッシング研究室

内田祐一 教授

内田先生 皆さん、こんにちは。当研究室よろこそ。皆さんはどんな関心を持ってこの研究室を訪れてくれたのかな？」

高校生A君 「溶けた金属の写真に興味を持ったので。」

高校生Bさん 「資源創回生プロセッシング研究室という見慣れない名前が気になって。」

内田先生 「どうもありがとう。創回生という言葉は私が勝手に造ったもので、新しいものを作り出す「創生」と、ものを繰り返し利用する「回生」という言葉を組み合わせた造語です。地球環境のために資源をリサイクルし、さらにそこから新しい資源を生み出すプロセスを提案することを目指しています。」

高校生A君 「リサイクルって、身近なところでは空き缶やプラスチック容器の分別などは僕もしているけど、資源のリサイクルってピンと来ないです。」

内田先生 「そうかもしれないね。生活の中でリサイクルに関わることはとても大事です。もう少し広く考えるために、SDGs*を見てみたいと思います。SDGsという言葉は、最近時々耳にしませんか？SDGsは、2015年の国際会議で採択された、世界の国々が取り組むべき「持続可能な開発目標」のことで、[この図](#)にあるような17のゴールが設定されているよ。」

*エス・ディー・ジーズ、Sustainable Development Goals

高校生Bさん 「あ！このマーク見たことがあるわ！」

内田先生 「“5.ジェンダー平等を実現しよう”や“8.働きがいも経済成長も”などはCMIにも使われていたりするね。SDGsには生活や経済から気候変動、ものづくりに至るまで幅広い項目が含まれています。」

高校生A君 「さっき話したリサイクルはどこに入るの？」

高校生Bさん 「“12.つくる責任 つかう責任”じゃない？」

内田先生 「そうだね。みんなは消費者として、まずは分別回収のような“つかう責任”を果たしていけばよいでしょう。我々は工業大学にいるので、“つくる責任”について考えているんだ。」

高校生A君 「“つくる責任”って、具体的にはどんなことですか？」

高校生Bさん 「環境汚染を引き起こさない、とか？」

内田先生 「それは当たりだね。他にも消費者視点では安全な製品をつくる、などもあるだろうね。我々は、このSDGsのサブフレーズに書いてある“持続可能な消費と生産のパターンを確保する”ための工業プロセスを理想として、原材料として使うものや、副産物として発生するものなどを、有効に使うことを研究対象にしています。」

高校生A君 「工業プロセスというと僕達にはまだ馴染みがないのですが、具体的にはどんなものが対象になりますか？」

内田先生 「さっき、溶けた金属の写真に興味があると言ってくれたけど、例えば鉄鋼材料の製造はとても規模の大きいプロセスで行われて、大きな製鉄所では1日で3万トンもの鉄を生産します。自動車でいえば1日あたり3万台分に相当する、と説明した方がよいかな。」

高校生Bさん 「何となくすごそう。そこでは鉄が溶けているの？」

内田先生 「高校の化学の教科書にも載っていると思うけど、製鉄所では高炉という設備で1500°C近い温度で鉄を熔融させ、続いてさらに1700°C以上にまで温度を上げる処理をします。その状態ではまぶしくて肉眼では見えないほど。ところで鉄は何から作るのか覚えていますか？」

高校生A君 「確か、鉄鉱石とコークス（石炭）だったかな...」

内田先生 「よく勉強しているね。1トンの鉄を作るのに、鉄鉱石を1.4トンくらい使います。そして副産物としてスラグというものが0.3トンほど発生します。つまり鉄を作るとその1/3の量のスラグが出るというわけ。これがスラグです。」

高校生Bさん 「石みたいな感触ですね。」

内田先生 「スラグの主成分は石と似ています。だからスラグは、コンクリートの原料や、道路の舗装材、地盤の埋め立てなどに利用されているよ。でも、スラグには通常の石には含まれない有用な成分が含まれているんだ。」

高校生A君 「それは何でしょうか？」

内田先生 「リンです。リンという元素についてどんなことを知っていますか？」

高校生Bさん 「肥料の成分だったり、遺伝子の成分でもあったり？」

内田先生 「そう。人体には核酸の成分として細胞に含まれ、また歯や骨の成分でもあって、リンは体重の1%ほどを占める必須元素なんだ。人間はリンを食物から摂取します。近年の地球規模の人口増加に伴い、多くの食物が必要になっているけど、食糧となる植物を育てるにもリンが不可欠で、肥料に加えられています。」

高校生A君 「ではリンの話とスラグの話はどう結びつくのでしょうか？」

内田先生 「肥料に加えるリンはどこから来るかというと、大半はリン鉱石を原料として工業的に作られます。日本ではリン鉱石が産出しないので、リン鉱石やリンそのものを全て輸入に頼っている。リンは本来、地球規模では循環する元素ですが、そのサイクルは数億年単位とされ、現在のペースでリンを使っているとあと数十年で資源枯渇するとも言われています。」

高校生Bさん 「そこで、スラグに含まれるリンを活用する、というわけね！」

内田先生 「その通り。リンはもともと鉄鉱石に微量に含まれていて、鉄鋼製造工程では不純物としてスラグ中に除去されています。しかしスラグに含まれているリンは、ほとんど利用されていないのです。もったいないよね。」

高校生A君 「どうやってスラグからリンを取り出すのでしょうか？」

大学院生 「いろいろなやり方が研究されていますが、この研究室ではスラグを1000°C以上の高温に加熱し、リン濃度の高い組織を自発的に分離させる方法でリンの回収を目指しています。この電子顕微鏡写真がリンを分離させた一例です。」

高校生Bさん 「1000°C以上って想像つかないけど、この研究室で出来るってところが驚き。」

大学院生 「この研究室には1000°C以上に加熱できる電気炉が何台もあって、学生の卒業研究でも使いこなしているよ。女子学生でも大丈夫。」

高校生A君 「その他にはどんなテーマがありますか？」

内田先生 「先ほどリンの資源枯渇の話をしたけれど、他にも多くの金属資源で枯渇が懸念されている。我々の身近な金、銅や亜鉛ですら、あと数十年で枯渇するとも言われているんだ。そんな資源のリサイクルも考えています。」

「それから鉄鋼製造のように、現在の工業プロセスは大量の資源とエネルギーを使って製品を作り出すことで、人々の豊かな暮らしを支えています。ただし、まだまだ無駄もあるので、例えば炭素材料を用いた省エネルギー技術や、排熱を回収する技術にも取り組んでいます。これらはSDGsの“13.気候変動に具体的な対策を”に貢献すると信じています。さらに、使用済み材料を用いた水質浄化や、福島原発の事故処理に関わる研究、なども進めています。」

高校生Bさん 「とても幅広く研究が行われていて、一度きちんと話を聞いてみたいな。」

内田先生 「SDGsは“誰も置き去りにしない”持続可能な社会を掲げています。そんな社会に少しでも近づけられるとよいですね。オープンキャンパスにもぜひ訪れてください。」

高校生A君Bさん 「私たちも環境やリサイクルについて少し考えてみたくなりました。」

ハイブリッド材料研究室

大澤正久 教授

高校生A君 「ハイブリッド材料とはどんな材料ですか？」

大澤先生 「無機物である金属イオンと有機物である配位子が結びついた化合物が「ハイブリッド化合物」です。大まかに説明すると、高校化学の教科書でキレート化合物あるいは錯体として学習した物質です。」

高校生B君 「何のための材料なのですか？」

大澤先生 「私たちの研究室では、有機ELやセンサーへの応用が可能な発光材料の開発研究を行っています。」

高校生B君 「どんな金属を使うと光るのですか？」

大澤先生 金属だけが光るのではなく、発光するためには金属と有機配位子の両方が必要です。私たちの研究室では、第11属(周期表)の銅、銀、金を使っています。特に銅は地球上に豊富に存在していますからコストが安いというメリットがあります。また遅延蛍光性材料を合成するには都合が良い金属です。(周期表)

高校生B君 「「遅延蛍光」とはどんな光なのですか？」

大澤先生 「ちょっと難しい話です。蛍光、リン光に続く第三世代の発光材料と期待されており、熱活性型遅延蛍光を示す有機材料、ハイブリッド材料の開発研究が活発に行われています。図1を参考にしてください。もっと知りたいと感じたらオープンキャンパスに来学して質問してください。」

高校生C君 「有機EL(OLED)と液晶ディスプレイはどこが違うのですか？」

大澤先生 「有機ELは自発光する赤、緑、青(光の三原色)の発光材料を用いるのに対して、液晶はバックライトの白色光からカラーフィルターを介して三原色を作る、という

違いで説明されてきました。しかし最近では、白色有機ELをバックライト使ったディスプレイを有機ELと呼ぶ場合もあります。」

高校生C君 「白色光から赤、緑、青色の光が作れるのですか？」

大澤先生 「そうです。小学校の時、赤、緑、青の光を合わせると白色光になるという実験を経験しませんでしたか？逆にフィルターを使って白色光を赤、緑、青の光へ分解(分光)することができるのです。インターネットなどで調べると理解が速いと思います。また、色の違いはそれぞれ光の持つエネルギーが違うことから生じることも理解して下さい。」

高校生Dさん 「センサー材料とはどんなものですか？」

大澤先生 「外部からの刺激あるいは外部環境の変化に対して発光色の変化で応答するような材料をイメージして下さい。例えば、擦ると色が変わったり(動画1)、ある特定の化学物質の蒸気に触れると色が変わったりする(動画2) 応答です。HPには超音波で発光する様子をアップしています。」

高校生Dさん 「どうして発光色が変わるのですか？」

大澤先生 「ほとんど場合、材料の構造変化によって発光色変化が誘起されます。構造変化によって励起状態のエネルギーレベルが変わるのです。図1を参考にしてください。もっと知りたいと思ったら、是非オープンキャンパスに来学して質問して下さい。」

高校生Dさん 「どうやって発光材料を作るのですか？」

大澤先生 「化合物を創ることを「合成」と呼びますが、

まさに地道な有機合成を行って創ります。合成→単離→精製 (写真1) というステップが必要です。例えるなら、料理を作る感覚に近いと思います。合成に成功したときの達成感はひとしおです。」

高校生Eさん 「どんな材料を目指しているのですか？」

大澤先生 「エネルギーロスの少ない発光効率の高いエコな材料を目指しています。例えば電気で発光させる場合、消費した電気エネルギー量と取り出せた光のエネルギー量がほぼ同じになる様な材料です。」

高校生Eさん 「発光効率とはどのようなものですか？」

大澤先生 「材料が発光したエネルギー量」を「発光させるために与えたエネルギー量」で割ることで発光効率を出します。「与えたエネルギーに対してどの程度のエネルギーが光として得られたか？」がこの値から分かります。もしこの値が1になったら、素晴らしい高効率材料です。100を乗じて%で表すこともあります。」

高校生Eさん 「どの様に測定するのですか？」

大澤先生 「写真2の装置 (絶対量子収率計) を使います。球型の装置 (積分球) の中で発光した光を全て集めてエネルギー量を求めることができます。」

高校生A君 「研究室には週何回行けばよいのですか？」

大澤先生 「毎日です。」

高校生A君 「1日何時間ぐらい研究しますか？」

大澤先生 「各学生それぞれのテーマの進行状況にもよりますが、夜遅くまで実験をすることはないです。朝型の研究室です。ただし、物性測定などの場合、二交代で48時間連続測定を行うこともあります。」

高校生Dさん 「研究室では研究を行う以外にどのような勉強しますか？」

大澤先生 卒業研究を行うためには、そのテーマの背景を理解することは必須です。そのためには過去の研究例や、他のグループの研究論文を調べたり読んだりする必要があります。ほとんどの資料は英語です。是非、英語を得意科目にしておいて下さい。

高校生Dさん 「研究室は厳しいですか？」

大澤先生 「厳しいときもあります (笑)。(写真3)」

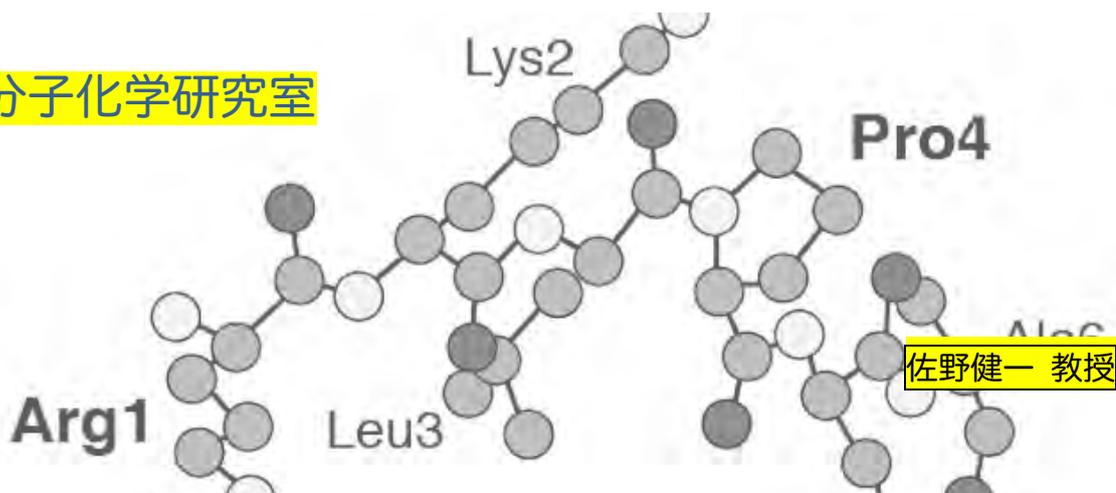
高校生C君 「就職活動のために研究室を休めますか？」

大澤先生 「事前連絡は必須ですが、休めます。」

高校生C君 「卒業後はどんな会社に就職しますか？」

大澤先生 「新しい研究室なので、修士課程卒業者はいません。昨年度の4年生は、全員が化学系製造業へ就職しました。現状、就職の状況は大変好調です。」

生体分子化学研究室



佐野先生 「みなさん、こんにちは。生体分子化学研究室によろこそ。生体分子化学研究室では、生体分子、なかでもタンパク質の構造と機能を遺伝子組換え技術を駆使して、医化学、医工学の分野で役に立つ生体分子を開発する研究を中心に、さまざまなバイオ系の研究をおこなっています。」

高校生A君 「研究室名の「生体分子」にはどのような意味があるのですか。」

佐野先生 「生物由来の分子を生体分子と言います。私たちの研究室では、タンパク質やDNAといった生体分子の中でも分子量の大きい生体高分子を扱っています。これら生体高分子は、低分子の物質や合成高分子材料では実現できない、特有の機能を持っています。私たちは、この生体分子特有の機能について、研究していると言い換えることもできます。」

高校生Bさん 「この装置は何に使うものですか。」

佐野先生 「遺伝子組換えタンパク質の精製や分析に使います。[この装置](#)は昨年、導入されたものです。遺伝子組換えタンパク質を用いる研究では、タンパク質の精製が実験操作上、最も難しいところですが、この作業を容易にします。これまで以上に研究が進むことが期待できます。」

高校生C君 「先生のご研究で自慢できるものを見せていただいでよろしいでしょうか。」

佐野先生 「自慢できるものは、まだありません。きっと私が、引退した後、振り返ってみて考えることではないでしょうか。自慢ではありませんが、達成感のある研究成果として、私が癌研究所で最初に書いた論文があります。ペプチドアプタマーと呼ばれる生体分子と無機材料表面の

結合を分子のレベルで[明らかにした](#)ものです。これまで計算機を使った結合構造の予測モデルはありましたが、実験事実に基づいたモデルは、私の論文が世界で最初です。でも論文を出した時は、本当にこれであっているのか、不安で不安でたまりませんでした。その後、自分の研究を含め、世界中の研究者がこの結合構造モデルを検証した結果、このモデルは、ほぼ正解であったことが判ってきました。発表してから8年、ちょうど私が、日本工業大学に着任した2011年に固体NMRによって構造が解かれ、決着がついたのですが、8年越しの達成感はひとしおでした。

高校生Dさん 「先生のご専門は何ですか。」

佐野先生 「よく聞かれますが、私は普段、専門は“自称”細胞生物学と言っています。これは私が、生物を学ぶきっかけになったのが、細胞に興味を持ったこと、また学生時代に所属した研究室が、細胞生物学研究室だったためです。その後、生物物理、生化学、ナノバイオ工学などさまざまなことを学び、経験してきました。今は、“自称”細胞生物学と言いつつ、実際には、面白いと思ったことには、なんでも挑戦しています。現在、主な研究テーマは、細胞内ドラッグデリバリーシステムの開発です。日本工大に移ってから始めた研究で、卒業生が素晴らしい研究成果を残してくれました。これをさらに上回るものを作ったり、実用化に向けて改良を加えたり、細胞膜を通過するメカニズムを調べたりしています。これからも専門という枠に縛られず研究を続けていきたいと思っています。」

高校生Eさん 「他の大学と違ってここでしかできないことは何でしょうか。」

佐野先生 「先ほどのDさんの回答にもありますが、日本工業大学の応用化学科の先生は、専門の枠に縛られず、面

白い、興味があれば学生さんの挑戦をサポートする気持ちがとても強いです。『Science Grit』という、自分がやりたい、やってみたい研究に取り組む科目があるのですが、化粧品の機能評価をしたいという学生がいたので、今、化粧品メーカーにお願いして試料をもらって実験を始めています。多くの大学では、先生方それぞれの専門分野について、学生さんは研究を進めていくのが一般です。本学は、皆さんが、自分で考えたアイデアや夢を実現するには最適な環境だと思います。」

高校生Fさん 「先生の研究室の学生さんはどのような会社に就職されていますか。」

佐野先生 「本当に、学生さんによりけりです。学部で卒業する学生さんは、メーカー系に就職する人が多いです。また本学は、教員になる卒業生が多いのですが、やはり先

生になる卒業生も毎年のようにいます。その他、情報系の会社さんや変わったところでは、広告代理店に就職した卒業生もいます。大学院を修了した学生さんは、化学系メーカーの研究・開発の仕事についています。」

高校生Gさん 「学生さんも海外とかで英語で発表したりするのですか。」

佐野先生 「残念ながら私の研究室の学生さんは、まだ海外で発表した人はいません。その代わりと言っては何ですが、日本で開かれた国際学会で英語で発表した学生はいます。早く、そのような学生さんに出てきてもらいたいです。英語の論文を発表した学生は、何人もいます。大学院に進学した学生は、今のところ全員が英語の投稿論文を出しています。今後も大学院生には、全員、論文を出してもらおうつもりです。」



白木先生 「みなさん、こんにちは。固体電気化学研究室によろこそ。」

高校生A君 「こんにちは。実験室を見て驚きました。とても大きな実験装置ですね。しかも新しい。これは何をするための装置ですか？」

白木先生 「私たちは電池の研究を行っています。[この実験装置で電池をつくり、電池の性能を調べています。](#)」

高校生A君 「あの電池ですか？知ってます。乾電池やスマートフォンに入っているバッテリーのことですよ。」

白木先生 「その通り。乾電池のように使い切ったら終わりの電池を1次電池。パソコンやスマートフォン、車のバッテリーのように充電して何度も繰り返し使用できる電池を2次電池と呼んでいます。」

高校生A君 「電池をつくる装置を初めて見ました。でも、どこにも電池が見当たらないのですが、なぜでしょうか？」

白木先生 「この装置では、商用の電池とはまったく異なる電池を作製しています。電池メーカーと違い、大学では電池を作って販売してはいないのです。電池の基礎研究を行っています。」

高校生A君 「具体的にはどのような基礎研究をされているのでしょうか？」

白木先生 「全固体電池の基礎研究を行っています。みなさんは、全固体電池を聞いたことはありますか？」

高校生A君 「いいえ、ありません。電池はすべて同じものと思っていました。全固体電池とはどのような電池なのでしょう？」

白木先生 「全固体電池に限らず、[電池は大きく正極、負極、電解質の3つで構成されています。](#)電解質を通して、リチウムイオンが正極と負極の間を行き来することによ

り、充電と放電の反応が起きているのです。正極と負極は固体ですが、電解質には可燃性の液体が使用されています。そのため液漏れや発火の危険性があり、重大な事故につながることもあります。」

高校生A君 「電池って危ないんですね。そういえば、スマートフォンが発火したという事故のニュースを見たことがあります。」

白木先生 「そうですね。ですから、全固体電池は、発火の原因である可燃性の液体電解質を不燃性の固体電解質に変えた電池なのです。正極、負極、電解質の3つすべてが固体であることから、全固体電池と呼ばれています。そして、固体の電解質を利用した全固体電池は、安全性に優れ、電気自動車などの大型バッテリーへの応用が期待されているのです。」

高校生A君 「全固体電池には、安全性が高いこと以外にもメリットはあるのでしょうか？」

白木先生 「もちろんあります。出力が大きい。劣化しない。電池の持ちが良いなど、良いことばかりです。まさに究極の電池ですね。」

高校生A君 「すごいです！そんなに素晴らしい電池なら早く普及すればいいと思います。全固体電池を作るのは難しいのでしょうか？」

白木先生 「その通り。電解質を液体から固体に変えるだけなのですが、その実現にはたくさんの課題があるのです。そして、その課題を解決するために私たちはこの実験装置を使って日々実験を行っています。」

高校生A君 「先生が作っている電池を見たいです。」

白木先生 「はい、これが私たちが作っている[全固体電池](#)です。5ミリ角の基板上に4つの電池が作製されています。」

高校生A君 「すごく小さい！」

白木先生 「これは**薄膜型の全固体電池**です。直径0.5ミリ、厚さは300ナノメートルしかありません。厚さ100ナノメートルの正極、固体電解質、負極の3つの薄膜を重ねて作製しました。電池の基礎研究を行うときは、乾電池やコイン電池などの普段私たちが利用している電池ではなく、このような小さな電池を作製し実験を行っています。」

高校生A君 「電池を作った後は何をやるのですか？」

白木先生 「電池の性能は、電圧の大きさ、電気容量や充放電のサイクル特性で決まります。ですから、充電することによりどれだけの電気を貯められるのか、そして充電を繰り返して電池の劣化がどれだけ進むのかを調べます。電池の出力が何で決まるか知っていますか？」

高校生A君 「出力はパワーのことですよね。電圧と電流の掛け算で決まると思います。」

白木先生 「その通りです。スマートフォンやパソコンで使用されているリチウムイオン電池は、約4ボルトの電圧を発生しています。4ボルト以上の高い電圧では、液体の電解質が分解して電池が壊れてしまうため、高電圧の電池を作製できなかったのです。一方、全固体電池では、4ボルトを超える高い電圧を発生する電池が可能になります。そして現在、私たちはまず、5ボルトの電圧を発生する全固体電池の作製に取り組んでいます。」

高校生A君 「出力を上げるには、電流も大きくする必要がありますね。」

白木先生 「電池を使うときの電流の大きさは重要ですが、充電するときの電流の大きさも大事なポイントです。充電するときの電流を大きくすれば、短時間で充電することができます。電気自動車を考えてみましょう。スマートフォンやパソコンのバッテリーを充電するときのように、電気自動車のバッテリーを充電するのに1時間もかかっているのは不便です。」

高校生A君 「確かに、ガソリンスタンドでガソリンを満タンに入れるのに1時間もかかっていたらたいへんなことになりますね。たくさん電流を流して、短時間で充電したいです。」

白木先生 「確かにそうなのですが、短時間で充電しようとして大きな電流を流すと、大きな問題が発生してしまいます。それは電気を貯められない。さらには電池の劣化が進行するということです。また、大電流を流して電池を使うとすると、溜まっている電気をほとんど利用することができません。これはすべての電池に当てはまる現象です。ですから、私たち電池研究の目標は、高い電圧を発生させ、短時間で充電してもきちんと電気を貯められる。さらには充電を繰り返しても劣化しない安全な電池を作ることなのです。」

高校生A君 「全固体電池ができるのが楽しみです。」

白木先生 「現在、全固体電池を作るために、世界中でたくさんの企業や大学が研究開発を行っています。その競争は熾烈で、実現する日も近いでしょう。全固体電池を搭載した電気自動車の普及によって、エネルギー・環境問題の解決につながることも期待されています。その中で、私たちの研究室では、他の誰も真似のできない、薄膜型の全固体電池を作製して研究を行っています。そして大きなブレークスルーを起こしたいと考えています。」

高校生A君 「白木先生、どうもありがとうございました。電池のことが良く分かりました。知っているようで、電池のことをまったく知らなかったことも分かりました。そして、全固体電池の開発に必要なことも理解できました。大学に入学したら、全固体電池の研究をしたいとも思いました。安全で高性能な全固体電池を開発してみたいです。」

白木先生 「もちろん大歓迎です。私たちの研究室は、できたばかりの新しい研究室です。最先端の新しい実験装置を導入して、本格的な全固体電池の研究もこれからです。一緒に研究できるのを楽しみにしていますね。」

ナノ機能デバイス研究室

新倉謙一 教授

新倉先生 「みなさん、こんにちは。応用化学科、ナノ機能デバイス研究室ようこそ。ナノ機能デバイス研究室ではナノ粒子を医療やライフサイエンスに応用する研究をしています。まだ出来たばかりの新しい研究室です。」

高校生A君 「ナノ粒子って何ですか？」

新倉先生 「ナノ粒子は、大きさがナノメートル（100万分の1ミリメートル）スケールの微小な粒子です。私たちの研究室で主に使っているのが金のナノ粒子です。インフルエンザウイルスの大きさが約100ナノメートルです。今は合成技術が進み、色々な形状のナノ粒子が作られています。」

高校生Bさん 「ナノ粒子ってどんなところで応用されているのでしょうか？」

新倉先生 「目に見える大きさの物質と、目に見えないナノスケールの物質では物質の性質が異なることがしばしば起こります。この特性を利用してナノスケールの物質は、化学反応の触媒として利用されています。その他にも電子・光学などの工学分野、そしてライフサイエンス分野などで広く利用されています。」

高校生C君 「ナノ粒子をライフサイエンスに応用するってどういうことでしょうか？」

新倉先生 「「ナノメディシン」という言葉があります。これはナノテクノロジーをライフサイエンス、すなわち病気の診断や治療に活用しようということです。ナノ粒子の大きさ、形状、そして時に集合状態などを制御し、ナノ粒

子を診断や治療に役立てるように設計します。

私たちは特にナノ粒子を使ったワクチンの基礎研究をしています。ワクチンはウイルスなどの抗原タンパク質をあらかじめ接種することですが、ナノ粒子と抗原を結合させることでワクチンの効果が高くなることが分かってきました。（[ナノメディシンに関する本](#)、3-3を執筆しています。詳しくはオープンキャンパスの時に、話を聞きに来てください。）」

高校生Dさん 「研究ってどんなところが面白いですか？」

新倉先生 「自分の専門分野だけでなく、別の専門を持つ人（例えば免疫や生物を専門にしている研究者）と話しながらか進めていくことができることです。人と話すことで広い視野で物事を捉えられるようになり、色々なアイデアが生まれてきます。また研究をしていると予想外のことがしばしば起こります。金ナノ粒子がカプセル状に並んだりします（[写真1](#)）。そういった色々な未知を楽しみながら、広い視野に立って新しいことに挑戦できることが研究の面白さだと思います。」

高校生Eさん 「化学には興味はあるのですが、覚えることが多く苦手なのです・・・」

新倉先生 「化学は決して暗記科目ではありません。それで嫌いになるのはもったいないですよ！今は化学が苦手でも、生物や化学が好きで、研究や開発に興味があればぜひ応用化学科にチャレンジしてください。応用化学科では1年生のときに化学の基礎をしっかりと勉強できるカリキュラムになっています。」

植物生産工学研究室

芳賀健 准教授

芳賀先生 「こんにちは。ようこそ、植物生産工学研究室へ。ここでは、植物を材料にして、光に対する反応を調べています。」

高校生Aくん 「こんにちは。植物と光の関係ですか。というと光合成の研究ですか？」

芳賀先生 「そうですね。植物のはたらきで一番大切なのが光合成ですね。でも、光合成をするには効率よく光をとらえる必要があります。」

高校生Bさん 「植物は動けないから、日陰になっていたりすると、あまり光を吸収できなかつたりするということですか？」

芳賀先生 「良い点に気が付きましたね。植物は動いてはいますが、ヒトのように足がありませんので、すぐには移動できません。なので、日陰に生えてしまった植物は、そこで何とかしないとイケません。」

高校生Cくん 「植物は、どうしているのですか？」

芳賀先生 「色々やっていますが、例えば植物は光の方向に向かって成長する性質があります。」

高校生Bさん 「確か、昆虫とかも光に向かって飛ぶ性質があるって聞いたことがあるわ。」

芳賀先生 「そういう性質を走光性と呼びます。植物は、羽が生えていませんので、光の方に向かって飛ぶことはありませんが。でも、先ほど説明したように光の方向に成長する性質があり、それを光屈性と呼びます。」

高校生Aくん 「あまり聞いたことがないな。」

芳賀先生 「一応、生物の教科書には載っていますが、馴染みがないかもしれませんね。[動画](#)があるので見てみましょう。」

高校生Aくん 「本当だ。光に向かって成長して伸びていますね。」

芳賀先生 「早送りしているのですが、実際はこんなに早くはないですよ。」

高校生Bさん 「この光屈性っていうのは、どういう性質なのですか？」

芳賀先生 「実は光屈性については、かなり古くから研究されているんですよ。」

高校生Cくん 「どれくらい古くからですか？平安時代とか？」

芳賀先生 「もちろん、光屈性は道端の雑草でも見られるので、現象としてはそれくらい昔から分かっていたとは思いますが、科学的にしっかりと研究されたのは、そこまで昔ではないですね。」

高校生Cくん 「実際はどのくらい昔なんですか？」

芳賀先生 「古くはダーウィン父子からと言われていました。」

高校生Bさん 「ダーウィンって、あの進化論で有名な人ですよ？」

芳賀先生 「そうです。良く分かりましたね。ダーウィン父子は進化論で有名ですが、植物学の研究者でもあります。光屈性の基本的な性質を解き明かしています。」

高校生Cくん 「基本的な性質というのは、どういう性質なのですか？」

芳賀先生 「植物が光に向かって成長するとき、つまり、光の方向に曲がるわけですが、その時、植物の先端部から運ばれてくるある物質が、光の当たっている側では少なく、影側では多くなるということを提唱しました。このある物質とは植物の成長を促進させる働きを持っています。」

高校生Aくん 「そのある物質というのは、どういう物質か分かっているのですか？」

芳賀先生 「今ではどういった物質か分かっています。皆さんは植物ホルモンというのを知っていますか？」

高校生Cくん 「聞いたことあるかもしれないけど、詳しくは知りません。」

芳賀先生 「植物には、植物ホルモンという低分子で植物の成長や分化に働く化学物質が含まれています。」

高校生Bさん 「何となくおぼえているわ。確かその中にオーキシンというのがあったような気がします。」

芳賀先生 「そうですね。オーキシンもその中の1つで、まさに光屈性に働くある物質はオーキシンです。」

高校生Aくん 「よく知っていたね。」

芳賀先生 「オーキシン以外にも、サイトカイニン、ジベレリン、エチレン、アブシジン酸、ブラシノステロイド、ジャスモン酸、サリチル酸、ストリゴラクトンがあります。」

高校生Aくん 「なんだか呪文のようで、頭が痛くなってきた。」

芳賀先生 「確かに日常生活では出てこないから、良く分からなくても当然だと思います。」

高校生Bさん 「先生の研究は、その光屈性とオーキシン関係についてですか？」

芳賀先生 「そうですね。植物は太陽の光エネルギーを効率的に吸収するために光の方向に伸びます。でも、その詳しい仕組みは分かっていないことが多くあります。」

高校生Cくん 「古くから研究されていても、分かっていないことが多いのですか？」

芳賀先生 「いわゆる植物生理学と呼ばれる分野では、遺伝子レベルでの解明が進んでいますが、光屈性についてはまだまだですね。」

高校生Aくん 「遺伝子レベルの研究かー。具体的にはどういう研究になりますか？」

芳賀先生 「ちょっと分かりにくいかもしれませんが、まずは、光屈性に関係する遺伝子を見つけてこないといけません。」

高校生Bさん 「どうやって見つけてくるのですか？」

芳賀先生 「遺伝子レベルの研究にはモデル生物というのが使われます。」

高校生Aくん 「モデル生物かー。やっぱりスタイルがいいんですか？」

芳賀先生 「ファッションショーとは違うので、モデル生物と言ってもスタイルがいいわけではないですね。」

高校生Bさん 「確か生物の教科書にショウジョウバエとかマウスとかあったような・・・。」

芳賀先生 「そうですね。昆虫だったらショウジョウバエ、動物だったらマウスがモデル生物にあたりますね。」

高校生Cくん 「じゃー、植物の場合はどうなんだろうな・・・。」

高校生Aくん 「やっぱり食べられるものがないなー、メロンとかイチゴとか。」

芳賀先生 「確かに作物がモデル植物だったら、研究で分かったことが直接農業につながるので良いですね。でもメロンやイチゴは違いますね。」

高校生Bさん 「では、どういう植物がモデル植物として使われているのですか？」

芳賀先生 「具体的には、シロイヌナズナ、イネ、ゼニゴケなどがモデル植物として使われています。」

高校生Aくん 「やったー、食べられるイネが入っていた！」

芳賀先生 「イネもモデル植物で、特に日本ではイネを用いた研究が盛んにおこなわれています。」

高校生Bさん 「では、芳賀先生もイネを使っていらっしゃるのですか？」

芳賀先生 「イネも使っていましたが、残念ながらイネは光屈性の反応が弱いので、今はあまり使っていません。」

高校生Cくん 「ということは、シロイヌ何とかを使っているのですか？」

芳賀先生 「シロイヌナズナですね。日本にも自生しているところはありますが、春に生えるぺんぺん草に似ています。」

高校生Aくん 「日本工業大学周辺には生えているのですか？そのシロイヌぺんぺん草は？」

芳賀先生 「シロイヌぺんぺん草ではなくて、シロイヌナズナですね。この辺には自生していませんね。もう少し寒いところが適しています。」

高校生Bさん 「シロイヌナズナを使う利点はありますか？」

芳賀先生 「良い質問ですね。シロイヌナズナは光屈性の反応が非常によく、先ほどお見せした動画がそうです。」

高校生Cくん 「確かに良く曲がっていたなー。」

芳賀先生 「それから、シロイヌナズナにはたくさんの遺伝的な材料がそろっているというメリットもあります。」

高校生Aくん 「遺伝的材料・・・。」

芳賀先生 「つまり、色々な突然変異体のコレクションがたくさんあつたりするという事です。」

高校生Bさん 「突然変異体というのは、ある遺伝子に変異が入っておかしな形がでたりするものですか？」

芳賀先生 「そうです。例えば光屈性の場合、光をあてても何の反応を示さないような植物体ということですね。」

高校生Cくん 「そうか。その突然変異体を調べて、どこに遺伝子に変異が入っているか分かれば、その遺伝子が光屈性に関係する遺伝子ということが分かるということですか？」

芳賀先生 「良く分かりましたね。私の研究もまさにそのような方法で行っています。」

高校生Aくん 「分かったような、分からないような。」

芳賀先生 「初めは分からなくても大丈夫です。分からないことが分かっただけでも十分です。あとは分からない部分を調べて分かるようになることが大切ですね。」

高校生Bさん 「具体的にはどのような機械を使っているのですか？」

芳賀先生 「植物を育てるには、温度や光を調節する必要があるのですが、ここにある人工気象器(写真1)を使ったりします。無菌的に植物を育てるには滅菌装置のオートクレーブ(写真2)や、無菌的に操作するときはクリーンベンチ(写真3)を使います。」

高校生Cくん 「遺伝子レベルの研究にはこういった機械が使われますか？」

芳賀先生 「少なくとも、DNAを増やすPCRというこの装置(写真4)は必要ですね。」

高校生Aくん 「色々な機械を使うんですね。」

芳賀先生 「そうですね。色々な装置を使いながら、材料となる植物を育てて研究をしています。」

高校生Bさん 「想像すると少しワクワクしてきたわ。」

高校生Cくん 「先生の話聞いて、僕も少し興味がわいてきた。」

芳賀先生 「ところで、皆さんは、なぜ植物の葉が緑色か知っていますか？」

高校生Aくん 「それは簡単ですよ。」

芳賀先生 「いいですね。それではなぜですか？」

高校生Aくん 「葉っぱが緑色だから、緑色に見えるんです！」

芳賀先生 「あまり答えになっていないように思いますが。」

高校生Bさん 「確かにうまく説明できないかもしれませんが。」

芳賀先生 「当たり前すぎて、理屈が良く分からないことは、身の回りに色々あります。葉の色もそうだと思います。」

高校生Cくん 「なぜ緑色なんですか？」

芳賀先生 「ヒントは、色の三原色と光の三原色です。」

高校生Aくん 「三原色って色と光があるのですか？」

芳賀先生 「そうですね。言葉で説明しても分かりにくいかもしれませんが、実習を兼ねて解説する機会があります。日本工業大学では中学生・高校生向けにサイエンススクールというのを年に二回開催しています。」

高校生Bさん 「面白そうですね。」

芳賀先生 「その中になぜ葉に色が緑色に見えるかというテーマを扱ったものがありますので、ぜひ参加してみてください。」

高校生Cくん 「色々なテーマがありそうなので、参加してみようかな。」

高校生Aくん 「先生の話聞いて、良く分からないところもあったけど、何となくわかった気もするな。」

高校生Bさん 「あなたは、もう少し勉強した方が良さそうですね。」

芳賀先生 「まずは色々なことに興味をもって、分からないことがあつたら調べてみるということが大切だと思います。」

高校生Cくん 「今日聞いて分からなかったところを自分で調べてみます。」

芳賀先生 「ぜひそうして下さい。」

高校生 「今日は色々と説明をしていただいて、ありがとうございました。」

芳賀先生 「それでは、またサイエンススクールで会いましょう。言い忘れましたが、日本工業大学ではオープンキャンパスも開催していますので、そちらも参加してみてください。」

高校生 「はい。それでは失礼します。」

マイクロ・ナノデバイス研究室

伴雅人 教授

伴先生 「[マイクロ・ナノデバイス研究室](#)によるこそ。ここでは、医療や環境・エネルギー技術に貢献するマイクロ流体チップ（マイクロ化学チップ、 μ TAS（マイクロタス）とも呼ばれます）と呼ばれるデバイスの研究を行っています。LSIやICなどの電子デバイスでは電子（電気）がチップ内に流れますが、[マイクロ流体チップ](#)は、電子の代わりに液体がチップ内に流れる「化学デバイス」です。皆、高校の化学の授業で、ビーカーとかメスシリンダーとか使って実験をしていますよね。このチップは大きさが縦横数cmくらいですが、この中で、皆が化学実験で行なっている溶液の混合、分離、反応、抽出、検出などの一連の化学操作すべてを行うことができます。この映像を見てください。今、このマイクロ流体チップの左の方にある入り口の上から緑、下から赤色の溶液を流していますが、この映像は、その2つの色の違う溶液が流れてきて合流し、そのまま上下に移動しながら流れていくところをマイクロSCOOPで拡大したものです。流路の幅は $200\mu\text{m}$ (0.2mm)で、深さは約 $100\mu\text{m}$ (0.1mm)です。どうですか？」

高校生A君 「あれ？Y字のところで合流してるけど、そのまま進んでいって、いつまで経っても混じってないです・・・わかった。どちらかが水でどちらかが油ですか？」

伴先生 「いえ、両方とも色水です。このような非常に微細な寸法の流路を流れる液体は、マイクロ流体といって、僕らが日常経験している川や水道などの液体の流れとはまったく違った性質を示すのです。マイクロ流体チップは、このようなマイクロ流体の性質を生かすことができるデザインで設計します。」

高校生B君 「このマイクロ流体チップを、医療や環境・エネルギーにどのように使うのですか？」

伴先生 「これは簡単な流れのデモで作ったものだから使えないですね。特に今は医療デバイスということで研究を

進めていますので、それを中心に説明します。[これ](#)を見てください。」

高校生B君 「この直線は寸法ですか？これで $100\mu\text{m}$ です。」

伴先生 「そうです。この丸いものはマイクロ流体チップ内に作り込んだマイクロ容器（チャンバ）で直径は $500\mu\text{m}$ くらいです。左から溶液が流れ込んで右から抜けていく2層構造をしています。このマイクロ容器の中をよく見てください。黒いブツブツしたものがたくさん入っているのが見えるでしょう。これはフラレンC₆₀という炭素でできたサッカーボール形状の分子が作った結晶体です。フラレンは高校の化学の授業でも出てくるから知っていると思います。フラレンに、このレーザーポイントのグリーン光を当てると、細胞にとって毒になる活性酸素を作り出します。それによって、このマイクロ容器内に封入した細胞の毒性評価を行ったり、がん細胞を死滅させたりするようなチップになります。」

高校生B君 「活性酸素っていろんな病気の原因になるのですよね。」

伴先生 「よく知っているね。9割の病気の原因で、老化の原因にもなっています。これは、その細胞への相互作用を評価するために使うことを目的としたチップです。」

高校生C君 「この写真は何ですか。回路みたいにたくさんの溝ができてるように見えます。」

伴先生 「これは一つのマイクロ流路内で溶液に段階的に大きくなっていく濃度の勾配をつくるためのチップの電子顕微鏡（SEM）写真です。この原理はさまざまに応用されていて、この分野では有名なチップです。残念ながら、僕が考えたデザインではありませんが、うちの研究室では、このような複雑なデザインのチップでも、CADで設計し

たあと、2日もあれば完成できる装置や技術があります。だから、こんなものを作りたいというアイデアさえあれば、それをデザイン化して、簡単に短時間でチップにできるということです。」

高校生C君 「CADは僕も高校で勉強をして少し使うことができます。」

伴先生 「マイクロ流体チップは、アイデアやデザイン命！ですが、チップ上のマイクロ容器やマイクロ流路内に、部分的に表面処理などを施して、さまざまな特性をもつ領域を作り込むことで、アイデアを実現することもできます。伴研究室ではそのための研究を主にしています。例えば、[これ](#)を見てください。」

高校生C君 「正方形の中にしわみたいのがたくさん筋になって見えます。」

伴先生 「この正方形の中にだけ、ダイヤモンドライクカーボン (DLC) というダイヤモンドの性質をもった薄い膜 (薄膜) がコーティングしてあります。基板はシリコンというゴムできていて柔らかいのですが、そこに硬いダイヤモンドがコーティングされると、この左上の写真のようにしわしわができます。不思議なのは、このしわしわに細胞がとても付着しやすく、また、このしわしわの方向に沿って細胞が伸ばされるのです。この左下の写真のようですね。それに、この右側の写真の青く光っているのが細胞の核なのですが、この正方形の領域にだけ細胞が集まっていることがわかるでしょう。」

高校生C君 「これをチップに利用するのですか。」

伴先生 「そのとおりです。このしわしわの領域をマイクロ流体チップの一部に作り込んで、細胞の動きやかたちをコントロールし、細胞のいろいろな働きを制御しようと考えています。特に最近は幹細胞といって色々な細胞に変化できる細胞を使って分化というものを誘導する実験をしています。」

高校生C君 「ちょっとよくわからないので勉強してみます。」

伴先生 「[これ](#)は、プリンタに使われるインクジェット技術を使って、100 μm くらいの小さなマイクロ容器を作って、その中に100 μm くらいの細胞の塊 (スフェロイドという) を作ったこともあります。」

高校生C君 「色々なことができるんですね。」

伴先生 「そうですね。研究は色々なことにチャレンジして新しいことがわかってくと本当に楽しいですよ。なか

なか結果が出なくて辛いときの方が多いですが、それはそれでまた楽しい。」

高校生B君 「実際に先生の研究室の学生さんが毎日どんな感じで研究しているのか、教えていただけますか。」

伴先生 「皆いつも忙しそうにしていますね。大学院生は、授業やTA (学部の授業のアシスタント) をこなしながら、学会発表に間に合わせようと、実験のための時間をなんとか捻出してがんばっています。4年生は、春は就活が中心となりますが、秋口からそれまで準備してきた卒業研究がいよいよ本格化して2月の卒研発表会に向けて一気に駆け上がっていくという感じですね。最近、無菌室での細胞培養が多くて、学生は、[このように](#)、白衣、マスク、帽子、手袋で覆われて実験していますね。一番右にいる学生は、顕微鏡で細胞の生きている姿を観察しています。細胞が増えたり形がどんどん変わっていったりするのを間近に見るのはワクワクしますよ。」

高校生B君 「先生の研究室は何学会で良く発表されるのですか。学生さんも発表したりするのですか。海外とかでも？」

伴先生 「学生にもどんどん発表してもらってますよ。うち、[表面技術協会](#)や[バイオマテリアル学会](#)、[化学とマイクロ・ナノシステム学会](#)などで発表することが多いです。大学院生が多いけど、4年生のときに発表した学生も何人もいますよ。講演賞を受賞した[学生](#)もいます。海外で英語で発表した[学生](#)もいますね。」

高校生B君 「英語で海外で発表なんて僕には到底無理だと思いますが、ちょっとやってみたい気もします。」

伴先生 「発表をした学生もそれなりにしっかり勉強や練習をして発表に臨んでいるけど、君だって大学に入って、[英語教育センター](#)などでしっかり英語の体験を積めば無理なことではないですよ。がんばって。」

高校生Dさん 「背伸びをしているようですが論文というものにちょっと興味があります。チャレンジしてみたいと思うのですが、先生の研究の論文は見ることはできますか。」

伴先生 「そのチャレンジ精神は素晴らしいですね！最初は日本語の論文が良いと思いますので、例えば、この「表面技術」という雑誌に掲載された[特集記事](#)かな。」

高校生C君 「研究の話ではないのですが、先生の研究室の学生さんはどのような会社に就職されていますか。」

伴先生 「そうですね。業種、職種ともにさまざまですね。思いつくままに言うと、JR東日本、不二ラテックス、トー

メイダイヤ、トヨタの関連会社、日本コーティングセンタ、能美防災、テクノメディカル、住重環境エンジニアリング、フコク、長野計器、フジキンなどなど。ものすごい倍率を勝ち抜いて警視庁に入った学生もいますよ。高校や中学の先生になった学生も何人もいますね。」

高校生C君 「先生の行なっている研究は友達も興味があると思うのですが、オープンキャンパスの模擬授業や出前授業などで、聞くことができますか。」

伴先生 「ぜひ、聞きにくるように言ってください。今年は、オープンキャンパスでは、[8月24日に模擬授業](#)をすることになっています。出前授業は、[ここ](#)を見てください。今ここでやっているマイクロ流体チップのデモ運転を出前授業でもするつもりです。[サイエンススクール](#)でも実験をしているのでぜひ参加してください。」

高校生全員 「今日はありがとうございました。」

伴先生 「また来てくださいね。」

新素材プロセス研究室

渡部修一 教授

大学院生 「ここが私達の研究室になります。」

高校生 「“新素材プロセス”という名前なんですね。」

院生 「私達の研究室では、今までにない新しい機能をもつ新素材の開発、またその新素材を開発するためのプロセス、つまり過程や方法に焦点を当てています。」

高校生 「みたことがない装置が何台もありますね。しかも大きい。」

院生 「これが新素材をつくるための真空装置(ナノ構造機能膜形成システム)です。これらの装置の中には真空状態をつくり出せる空間があります。真空、つまり酸素や窒素ガス分子の少ない状態をつくり、その中で新素材の合成を行うことで、不純物が少ないものを合成することができます。」

高校生 「どのような素材がつかれるのですか？」

院生 「私達は新素材を薄い膜として形成します。どのぐらいの薄さかという約数 nm(ナノメートル)から数 μm (マイクロメートル)程度です。nm や μm という単位は聞きなれないかもしれませんが、1m の 100 万分の 1 が $1\mu\text{m}$ 、さらに 1000 分の 1 すると 1nm になります。(参考図)。イメージしづらいかもしれませんが、髪の毛の太さは約 10~100 μm とされているので、それよりも薄いことになりますね。この顕微鏡写真をご覧ください。縞々模様が見えますね。この縞々は厚さ約 10nm(ナノメートル)の極めて薄い膜が交互に積み重なった構造をしています。私達はこのようなナノ構造を有する膜の開発を得意としています。」

高校生 「そんなに薄いと、使い物にならないように思えるのですが、そういった薄い膜は実際にはどういうところに使われるのですか？」

院生 「実は身の回りでもたくさん使われています。例えば、メガネのレンズやスマートフォンなどのディスプレイ表面には光の反射を防ぐ膜や傷防止膜、水をはじく膜などがコーティングされています。これらのように薄い膜を表面だけにつくことで新しい機能を付与することができるのです。」

高校生 「この研究室ではこういった種類の膜をつくっているのですか？」

院生 「私たちがメインで開発しているのは超硬質材料とよばれるものです。」

高校生 「ダイヤモンドみたいなものですか？」

院生 「そうですね。ダイヤモンドをはじめ窒化ホウ素、炭化ホウ素、窒化炭素など、超硬質材料とよばれるものはホウ素、炭素、窒素の三元素の組み合わせ(B-C-N系)で構成され、鋼の数倍の硬さをもっています。これら硬い材料を、特に機械部品にコーティングすることで部品同士の摩擦による抵抗や摩耗を抑制することができるのです。皆さんの家の車にも、この技術が使われています。これにより燃費を向上させることができます。」

高校生 「真空の中でつくるといっていますが、具体的にどのような方法なのでしょう？」

院生 「真空の中でプラズマという状態をつくりだします。」

高校生 「雷や蛍光灯の中もプラズマだと聞いたことがあります。」

院生 「よくご存知ですね。プラズマというのは、気体分子が原子やイオン、電子に分解され、活発に動き回っている状態で、物質の第 4 の状態ともいえます。ネオンサインや炎、オーロラや太陽もプラズマの一種と言えます。私達

はこのプラズマの中の主に原子やイオンを制御して、合成を行います。例えば、メタン (CH₄) ガスをプラズマにすると CH_x イオンが生成され、このイオンが表面に堆積すると炭素 (C) の膜が合成できます。実際に合成したものがこちらです。堆積というのは雪が降り積もるようなイメージです。ガスの種類を変えたり、混合ガスをプラズマ化し化学反応を起こすことで、様々な種類の膜をつくることができ、今までにない新素材を合成することができるのです。では、実際にプラズマを発生させてみましょう。[こちら](#)をご覧ください。このようにプラズマは発光を伴い、ガス種によって色が変わります。」

高校生 「きれいですね。」

院生 「見た目はきれいですが、ミクロにはプラズマの中で起こっている反応は極めて複雑であり、十分に理解することは難しいです。ただそれゆえに、プラズマを用いた材料合成プロセスは、まだまだ研究の余地があり、革新的なソリューションを起こす可能性を持った技術であると考えています。」

高校生 「他にも装置がいろいろありますね。あそこずっと回転している装置はなんですか？」

院生 「あれは[摩擦試験機](#)です。今学生があ装置で摩擦試験を行っているところです。さきほど硬い材料を機械部品にコーティングすると摩擦が減ると言いました。この試験機は合成した材料の摩擦力の大きさを測定することができます。仕組みとしては球を膜の表面に一定の強さで押しつけながら膜側を回転させることで球と膜を摩擦させて測定します。私たちの研究室には様々なタイプの摩擦試験機があり、微小な振動を加えるもの ([SRV](#)) や雰囲気や温度など環境を変化させることができるもの ([雰囲気制御型摩擦試験機](#)) があります。」

高校生 「設備が充実しているんですね。」

院生 「研究室以外では大学の研究施設である[先端材料技術研究センター](#)の機器も使用できるので、設備環境の充実度は日本工業大学の強みだと思います。」

高校生 「大学の研究では企業と連携して行うこともあると思いますが、こちらの研究室ではどうでしょうか？」

院生 「私達の研究室でも現在は数社の企業、それからタイのキングモンクット工科大学トンプリ校との共同でいくつかの研究を進めており、学部の卒業研究でそういった研究に携わることもできます。より実用的な研究ができますし、英語の勉強にもなります。」

高校生 「研究内容以外のこともお聞きしたいのですが、

まず研究室のメンバーの人数とその構成を教えてください。」

院生 「現在は3年生が7人、4年生が8人、大学院の修士過程が3人、博士課程が2人が在籍しています。」

高校生 「研究室での過ごし方についてですが、何時までに研究室に来て、何時まで研究を行うというようなことは決まっているのでしょうか？」

院生 「基本的に時間の使い方は自由です。実験の場合は長い時間を要するものもあるので、個人もしくは班で実験のスケジュールを立てて、自主的に研究を行っています。」

高校生 「大学院生もいらっしゃるということですが、学部生との違いはなんでしょう？ 大学院への進学も少し興味があるので。」

院生 「大学院では学部での卒業研究からより深く、発展的に研究を行うことができます。また研究成果を学会発表や投稿論文として外に発信する機会もあるので、プレゼンテーションや論文を書くスキルを磨くことができます。さらには研究室の運営や学部生の指導を行うので、組織をまとめる力や指導能力も身に付くのではないのでしょうか。」

高校生 「研究室の学生さんはどのような会社に就職しているのでしょうか？」

院生 「真空装置や表面処理関連等の研究室での得意分野を活かせる会社へ就職し、活躍している先輩がいます。その他、製造業全般に広く就職しています。」

高校生 「最後に研究室のアピールポイントを教えてください。」

院生 「説明したように、研究室には独自の材料合成装置があり、世の中に存在しないような新しい材料を日々創ることができることが一番の魅力です。また、学生と教員の距離も近く、研究室全員でコミュニケーションをとりながら、充実した研究生活を送ることができます。たまにバーベキュー大会などもしてますよ。研究室配属は3年生からですが、もしやりたいこと、興味があることがあれば1、2年生からでも一緒に実験することもできるので、いつでも遊びに来てください。」