



プロフィール

学歴	1983年 京都大学 工学部 電子工学科 卒業 1985年 京都大学 大学院 工学研究科 修士課程 修了 1988年 京都大学 大学院 工学研究科 電気工学第二専攻 博士課程 修了
受賞歴	2014年 日本学術振興会 科学研究費助成事業 平成26年度審査委員表彰 2016年 応用物理学会 第10回 フェロー表彰 ビスマス系半金属半導体の高品質単結晶成長とバンド構造制御

職歴	1988年 京都大学 工学部電気電子第二工学科 助手(～1995年) 1994年 カリフォルニア大学 サンタバーバラ校 客員研究員 1995年 京都大学 大学院 工学研究科 電子物性工学専攻 講師(～1997年) 1997年 京都工芸繊維大学 電子情報工学科 助教授(～2004年) 2004年 京都工芸繊維大学 地域共同研究センター 教授(～2007年) 2007年 京都工芸繊維大学 電子システム工学部門 教授(～2018年) 2012年 京都工芸繊維大学 学長補佐(～2015年) 2012年 財団法人京都高度技術研究所 副所長 2015年 京都工芸繊維大学 副学長 2018年 京都工芸繊維大学 理事 2018年 公益財団法人京都高度技術研究所 理事
----	---

よしもと まさひろ
吉本 昌広 先生

京都工芸繊維大学 副学長・理事

今回のSamco-Interviewは、京都工芸繊維大学の松ヶ崎キャンパスを訪ね、吉本昌広副学長に、ビスマス系III-V族半金属半導体などのご研究についてお話を伺いました。

▶ 吉本先生のご研究について
ご紹介ください。

現在は、ビスマス系III-V族半金属半導体の創製とデバイスへの応用や、シリコン半導体の微細構造の物性評価などを行っております。他にもいくつかの研究をしておりますが、主な研究はこの2つが両輪となります。

▶ ご研究を始めたきっかけと現在に
至る経緯についてご説明ください。

学生の頃は、京都大学の松波弘之研究室に在籍しており、大学を卒業後も薄膜関係の研究をずっと続けております。印象に残っているエピソードとして、大学院生の頃の話ですが、普段使っていた段差計が故障して困った時、サムコさんがお持ちだという話を聞き、サムコさんの研究開発センターにお邪魔して段差計を使わせていただいたことがあります。とても有難かったことを今でもよく覚えております。

京都工芸繊維大学には1997年に来まして、当時は分子線エピタキシー法(MBE)で半導体の単結晶材料を成長させる研究をしていました。その後、ガリウム砒素(GaAs)にビスマスを入れた材料の研究を始めたのが2003年でした。民間企業から本学に移ってきた先生と一緒に研究した結果、デバイスを作れることは分かりましたが、そのデバイスの性能をどこまで上げられるかは未知数でした。当時、MBEを用いたビスマス系化合物半導体の研究は、世界中の誰もやってないと思い込んでいましたが、私と同じ考え方を持つ研究者が世界にもう1人だけいました。カナダのブリティッシュコロンビア大学の先生から、私と全く同じ内容の論文が僅差で出たことがあり驚

きました。そんな世界中の誰も取り組んでいないような手探りで始めた研究でしたが、何をやっても新しい知見が得られるという意味では、非常に面白かったです。そして、2008年にはビスマス系化合物半導体を用いたレーザーを試作し、レーザー発振をするところまで持っていくことができました。この時の論文は私の方が先に出せました。その後は、レーザーダイオードなどの電子デバイスへの応用を模索しておりますが、製品化には電流駆動の課題などもあります。これもドイツや米国にライバルとなる研究者がおり、常に競争しております。

2014年に、赤崎勇先生、天野浩先生、中村修二先生がノーベル賞を受賞されて以降は、国内の研究者は化合物半導体でも特に窒化物の研究に集まっています。代わりに、ビスマス系化合物半導体の研究は日本では珍しいものとなり、海外との付き合いの機会が増えています。2010年からは、この分野の研究者を集めたワークショップ(International Workshop on Bismuth-Containing Semiconductors)を、年1回開催しております。総勢50名程の国際会議で、最近まで日本からの参加者は私だけでした。2018年には京都工芸繊維大学で開催しました。今年はコロナ禍で中止となりましたが、米国や欧州の珍しい場所で開催されるため、毎年楽しみにしている学会です。

ビスマス系化合物半導体の展望についてお話ししますと、レーザーダイオードを試作し、かつ発振波長の温度依存が少ないことを実証しました。ただ、実際の部品として製品化するのは非常に難しく、今は基本に戻って改めて物性を調べております。昨今は、世界中で光通信の需要が増加しており、光ファイバーや通信線のほか、クラウド用のデータセンターのサーバー間

の接続が非常に重要になっています。発振波長が温度によらずあまり変わらないレーザーを製品化すれば、温調機器が簡素化でき、省エネに繋がり、私どもの研究が貢献できるのではと期待しているところです。

また、ビスマス系化合物半導体の研究のか、シリコン半導体の微細構造の物性評価に関する研究も行っております。この研究を始めた経緯をお話ししますと、米国サンノゼにいる大学の同級生から「シリコンプロセスのインライン検査で、特に基礎的な部分の物性評価をしてほしい」という依頼を受けたことがきっかけでした。その同級生は、シリコンプロセスで用いるRTA(Rapid Thermal Anneal)装置などを販売するベンチャー企業を経営しており、私に協力を依頼してきたのです。この依頼に応えるため、私どもは学内でチームを組み、シリコン半導体の極浅接合の電気的測定や、フォトルミネセンス法、ラマン分光法を用いた評価を始めました。それ以降、長年に渡り主に東アジアのさまざまな国のマイクロ、ナノプロセスの評価を行うことで、じっくりと半導体の本質を学び、同時に多くの知見を得ることができました。シリコン半導体の極浅接合を実現させるには、まずイオン注入後にアニールをしなければPN接合になりませんが、長時間アニールすれば不純物が拡散するため浅い接合にはなりません。また、短時間のアニールなら生焼けのような状態になってしまうため、シリコン半導体の極浅接合には極めて複雑な材料の性質を理解する必要があります。

これらの研究から得られた知見を元に、2010年以降はシリコン半導体のPN接合に関する論文をいくつか書いております。シリコンは昔から使われている材料ですが、前述の

フォトルミネセンス法、ラマン分光法を使って再評価するという新たな切り口を開拓してきたつもりです。その狙い通り、私たちの手掛けた論文は、年を追うごとにじわじわと引用数が上がっており、私たちの研究が役立っていることを実感しております。最終的には、得られた知見をオンライン検査装置に応用することが目標になります。

▶弊社の装置をご使用いただいておりますが、ご感想をお聞かせください。

満足しております。学内の共同のクリーンルーム内に、CVD装置(PD-220N)とドライエッティング装置(RIE-400iPB, RIE-101iPH)があり、主力装置として稼働しております。3年前に購入したCVD装置は、液体原料TEOSを用いたシリコン酸化膜(SiO₂膜)の形成に使わせていただいております。私自身、学生の頃からアモルファスシリコン系の材料を研究しており、SiO₂膜を形成する難しさは理解しております。サムコさんの装置がトラブルになった話は聞いたことはなく、学内のさまざまな研究者が使っており、いつも助けられています。また、学生でも簡単に操作できることもあります。

▶日頃のご研究において心掛けておられることはどのようなことでしょうか？

大学では新しい分野の開拓をしていくことが最も重要であると考えております。私の研究を、次の世代に渡せるまでは開拓していきたいです。言葉で言うのは簡単ですが非常に難しいことです。

また、かつての師匠から『3種類をやりなさい』と言われたことを今でも実践しております。1つ目は『やりたい研究をやりなさい』でした。2つ目は『やらなければならない研究をやりなさい』で、これは社会的要請や時代によって変化してきました。半導体材料は、かつてシリコンがメイン材料でしたが、今は化合物半導体の領域も広がっており、大きく変化しております。教育者として、学生を育てる以上は、その分野の基本的な知識を兼ね備えてもらいたいため、その時代に合わせた教育を行ってきました。3つ目は『お金を稼ぐ研究をやりなさい』でした。研究費を稼ぐことも必要であり、この3つをバランスよく行うことを心掛けてきました。

▶理事・副学長を務められる京都工芸繊維大学や、理事・副所長を務められる京都高度技術研究所(ASTEM)のご紹介、近況などについてお聞かせください。

京都工芸繊維大学では、コロナ禍の中、学生にとって厳しい環境が続いております。学校生活や授業、試験まで全てを大きく変える必要がありました。また、将来的には少子化により子供の数自体が減ることを危惧しております。そのような中、どういう人材を育て、社会に送り出すかが求められます。規模は決して大きくない工学系の単科大学ではありますが、京都の産業界と

密接に連携し、優秀な人材を輩出していきたいと考えております。

京都高度技術研究所(ASTEM)は、科学技術の振興や企業経営に関する支援を通じて、地域産業の発展と市民生活の向上に寄与することを目的に運営しております。京都市成長産業創造センターには、サムコさんからも参画をいただいている、京都市ベンチャー目利き委員会での活動にも理事である辻会長にご支援いただいております。今後も京都の持続的な発展のための支援を続けていきたいと考えております。

▶座右の銘をお教えください。

『知る喜び』・『作る喜び』・『共に咲く喜び』という3つの言葉を大切にしております。まず『知る喜び』は、大学でさまざまな知識を得て、喜びを感じるということです。続いて『作る喜び』は、やはり工学系の大学として、自らモノを作れば面白いですし、常に新しい特性や性能が出るという喜びを感じることができます。これが工学系の研究の原点ですね。最後の『共に咲く喜び』は、京都大学名誉教授の平尾一之先生から教えていただいた言葉であり、実は武者小路実篤の水彩画に書かれた言葉がモデルになっております。何か1つのモノを作ろうとすれば、当然1人ではできませんので、多くの人の協力が必要になります。成果が出れば、皆で共に咲く喜びを実感できますが、損得勘定が出てくるとできるものもできなくなります。そのため、お互いを認め合うことや、連携することがとても大切になります。1994年、カリフォルニア大学で客員研究員をしていた時、この連携がとても上手く回っていたことを覚えております。それ以降は、お互いを認め合い、連携することを常に念頭に置いて研究してきました。

▶休日などはどういうふうにお過ごしでしょうか？

以前はスポーツジムや水泳に行っていましたが、コロナが流行りだしてからは行くことができていません。今は、のんびり休日を過ごすか、平日の仕事の残りを休日にこなしている状況です。そろそろ水泳をしたいですが、足元でコロナの感染者が増えてきたので心配しているところです。

▶最後にサムコに対して一言お願いします。

サムコさんは、高い技術力に基づき、新規分野を開拓され、着実に成長されている会社というイメージを持っております。半導体工学分野に関わる者として、長い間、産業の盛衰を見てきました。また、同級生や自分の教え子を通じて、激変の業界であることを感じております。そのような環境の中、成長を続けてこられた姿や、サムコ科学技術振興財団の活動などを通じて全国の学者、研究者の皆様を支援されていることには改めて感心している次第です。

お忙しいところ貴重なお時間を頂き、誠にありがとうございました。