

研究室探訪 ①

電子システム工学部門

園田 早紀准教授

物質の本質を探究し、 クリーンエネルギーを実現する



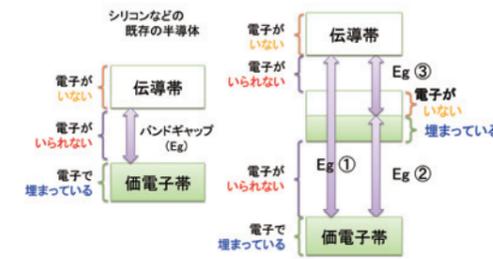
それぞれの電荷の存在しやすい半導体を接合しておく、光が当たれば、その境目で生まれた電荷はそれぞれ存在しやすい領域に自然に移動し、その接合の両側に導線を付ければ電力が取り出せます。」園田先生によればこれが一番シンプルな太陽電池です。「しかし、どんな光でもプラスとマイナスの電荷が生まれるわけではありません。バンドギャップと光のエネルギーの大小関係によって決まります。バンドギャップとは電子がいることのできないエネルギー領域であり、これがあるのが半導体の特徴です。バンドギャップエネルギーより小さなエネルギーの光が入ってきた場合、プラスとマイナスの電荷は生じません。逆に大きすぎるエネルギーを持っている場合には無駄が生じてしまいます。太陽光は、紫外線、可視光線、赤外線と広い範囲にまたがったエネルギーの光を含んでいますが、既存の半導体は一つしかバンドギャップがありませんので、特定のエネルギー領域は効率的に電流に変換できますが、それ以外はうまく変換できません。太陽電池の発電効率はバンドギャップエネルギーという素材物質固有の性質に依存してしまうわけです。この問題に如何に対処するのか。解決策の一つとして異なるバンドギャップをもつ半導体の接合をたくさん積み重ねることが考えられます。これはタンデム型太陽電池と言います。しかし製造が困難で、コストがかかってしまう問題があります。」

太陽電池の発電効率を上げるために

環境問題がクローズアップされている現在、高性能な太陽電池や燃料電池の開発が求められています。園田早紀准教授はその課題に挑戦しています。先生は自らの研究テーマを「既存の物質の有するバンド構造を全体的に作り変え、全く新しい機能を示す物質を創成し、それを太陽電池や、水を分解して水素を取り出すための光電極などに利用することです」と語ります。

園田先生の研究テーマのひとつである太陽電池ですが、その仕組みはどのようなものでしょう。「半導体に光を当てるとプラスの電荷とマイナスの電荷が発生します。そ

マルチバンドギャップ物質の特徴



バンドギャップの物質をどうすれば実現できるか90年代後半に理論が発表され、2000年代以降、特定の物質が、マルチバンドの性質を有するのではないかという理論研究論文が出始めます。」

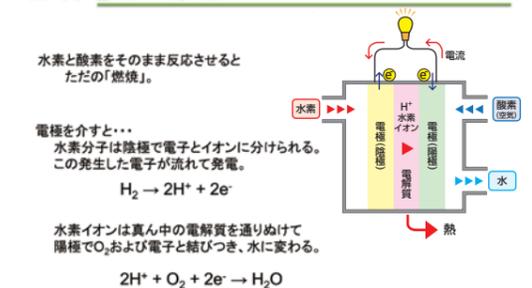
このマルチバンドギャップ物質の創成が、園田先生の研究テーマです。園田先生は、元々は企業でスピントロニクス分野の材料開発を手掛けていました。その研究過程で新たな材料の開発に成功しましたが、この材料がマルチバンドギャップの性質を偶然有していたと言います。「窒化ガリウムという青色LEDの材料にマンガンを少し混ぜてやりますと、磁石にならないはずの半導体が磁石になります。その材料はガリウムマンガンナイトライドといい、世界で最もキュリー温度（強磁性の性質が失われる温度）の高い物質として注目されました。この材料のバンド構造を何年も研究してきて、偶然、マルチバンド関連の論文を読んでいたら、同じバンド構造が書いてありました。試しに蛍光灯で電流に変換できるかやってみましたところ、見事に電流測定器がふれました。しかし、それからが大変でした。マルチバンドギャップ物質であることは実験事実を総合的に考えると自然でしたが、万人に認められるデータがなかなか出せませんでした。とても苦しみましたが、自分が作っている物質の本質を明らかにするのは自分にしかできないと考え、なんとかやり遂げることができました。以来、より効率の高いマルチバンドギャップ物質の探索研究をしています。」マルチバンド型太陽電池は、理論的には60%の変換効率を実現可能とのこと。その実現を目指して園田先生は研究を継続しています。

マルチバンドギャップ物質の 燃料電池水素製造デバイスへの応用

園田先生によれば、マルチバンド化された窒化ガリウムは、他にも利用の可能性もあります。それは、水を分解して

水素を取り出すための光電極としての利用です。「燃料電池は、水の電気分解の逆に、水素と酸素を反応させて電気を作り出します。水素と酸素を使って水しか出さないのが究極のクリーンエネルギーとも呼ばれています。しかし水素は自然にはほとんど存在しません。現在は、化石燃料で作った電気を使って水素を取り出しています。そうである限り、真の意味でクリーンとはいえないでしょう。この問題の解決策は、太陽光で水素をつくることです。この点、1970年代に酸化チタンに光をあてると水が分解され水素ガスが発生することが日本人研究者によって発見されました。これを本多・藤嶋効果と言います。以来、光電極として酸化チタン利用が検討されましたが実用化されていません。酸化チタンは、効率よく電流に変換できない欠点を持っているのです。これに変わる物質が必要となりますが、私は実験の結果、窒化ガリウムをマルチバンド化した物質が、ちょうどいいエネルギー位置を持っていることを発見しました。添加元素をうまく選べば、太陽光全体を使って効率よく水を分解する半導体光電極となる可能性が大きいと考えています。選択肢が広いので、これからは理論予測をどんどん取り入れたいと思っています。自分が作った物質の本質は、世界で誰も知らないことであり、自分が初めに知ることができます。そのわくわく感を学生にも体験して欲しいです。」

燃料電池の原理



大学院工学科学研究科 電子システム工学部門 園田 早紀 准教授