

複数の材料を多段階積層した 高効率太陽電池開発に挑む

太陽光発電は再生可能エネルギーの中でも特に有望と考えられている。

だが、一段の普及にはコストの低減が不可欠。

新しい材料、新しい構造の太陽電池開発で、田辺克明さんはブレークスルーを目指す。

京都大学
工学研究科化学工学専攻准教授

田辺克明

たなべ・かつあき 1978年生まれ、愛知県出身。東京大学工学部化学システム工学科卒。同修士課程修了後、カリフォルニア工科大学修士課程に留学し、応用物理を専攻。博士課程を修了した。東京大学ナノ量子情報エレクトロニクス研究機構特任助教、同特任准教授を経て2015年より現職。危険物取扱者、毒物劇物取扱責任者、電気主任技術者、アマチュア無線技士、エックス線作業主任者などの資格を持つ。イリオモテヤマネコ検定初級も。趣味は、将棋とテニス。休日は2歳の子どもの面倒を見て過ごすことが多い。「イクメンというほどではありませんが、まあまあ頑張っているほう」と言う。

「第34回松籟科学技術振興財団研究助成 受賞」

寝る時間も削って勉強

——経歴を拝見すると、東京大学で修士課程を修了された後、カリフォルニア工科大学の修士課程にお入りになっています。なぜ博士課程ではなかったのですか。

すべての大学がそうではないかもしれませんが、アメリカでは修士課程と博士課程がはっきり区切られているわけではなく、2年+3年の5年間でワンセットなのです。だからもう一度修士課程から始めたわけです。

——なぜ、アメリカの大学に？

もともとアメリカの研究や教育に興味がありましたし、英語のスキルを磨きたいという気持ちもありました。アメリカの大学は授業料が高いことで知られていますが、理系の大学院は授業料が免除され、サラリー

まで貰えるところが多いんです。もちろんその分厳しく、成績が悪いと辞めさせられることもあります。アメリカでは化学ではなく応用物理を専攻しました。なじみのない分野でしかも講義は全部英語ですから、ダブルで大変でした。最初のうちは365日まったく休む暇なく、寝る時間も削って勉強しました。

——化学から応用物理に変更したのはどうしてですか。

エネルギーと資源問題にずっと興味があり、太陽光発電を研究テーマにしています。この研究には材料の性質を調べたり合成をしたりするのに化学の知識が不可欠です。しかし電気を流す機器ですから、光と電子ということで量子力学や固体物理学も関わってきます。

その他にも光学などいろいろな知識が必要なテーマなので、電気や物理寄りのことも学んでおいたほうが良いと考えたからです。

——化学のベースの上に物理も学べば、研究者としての強みになるという考えもあったのですか。

まさにそうですね。知識の幅が広がればそれだけより広いことが理解できますし、いろいろな観点からアイデアを生み出しやすくもなると思います。研究をより効率的に進められるようにもなり、研究の質とスピード

が上がりました。

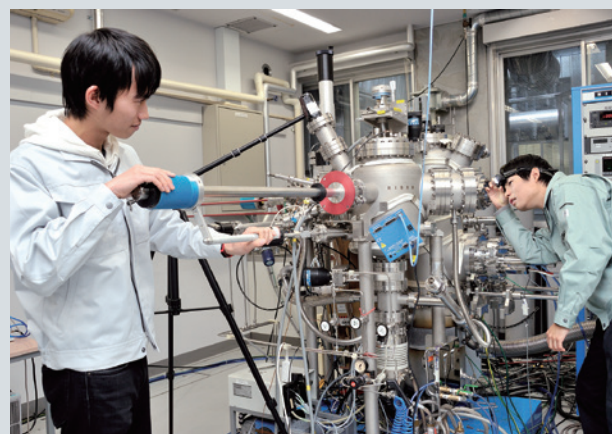
新材料・新構造の 太陽電池を研究

——エネルギーと環境問題に興味を持つようになったのはいつ頃からですか。

問題意識を持つようになったのは高校生の頃からです。NHKのドキュメンタリー番組を見て、世界的な環境問題の解決に貢献したいという気持ちが芽生えました。小学生のとき横浜に住んでいて、光化学スモッグ注意報が出てサイレンが鳴り、外に出てはいけないと言われたとき、これは大変だ、なんとか解決できないのかと思ったことも覚えています。

——それで太陽光発電を研究テーマにされたのですか。

太陽光は持続性のあるエネルギー源です。太陽が燃え尽きるのはずっと先のことでしょうし、地球上にも



水素貯蔵の核融合実験

のすごい量のエネルギーが降り注いでいるわけで、それを活用するのは極めて妥当なことですし効率的だとも思います。発電の過程で太陽電池を使えば有害な物質も出ませんし、エネルギーという観点からも環境問題という観点からも有望なデバイスだと思います。世界各地に太陽光パネルを敷き詰めたら、人類全体が使うエネルギーをすべて賄えるはずですが、そこまで普及していないひとつの理由は、コストにあります。太陽光パネルを買って発電するコストと、既存の電力会社から電気を買うコストを比べると、電気代としては太陽光のほうが高くなってしまいます。それでは企業としても消費者としても、太陽光発電を導入しようというモチベーションは起きにくいんですね。だから私はより低コストで太陽光発電ができる新しい材料や新

しい構造の太陽電池を研究しています。

世界最高の変換効率を実現

——コストは発電の効率とも関係してきそうですね。

はい。パネル面積当たりの発電量が2倍になれば、コストは2分の1になりますからね。発電効率を高めることは非常に重要な課題です。

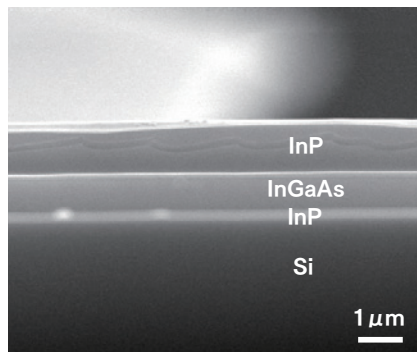
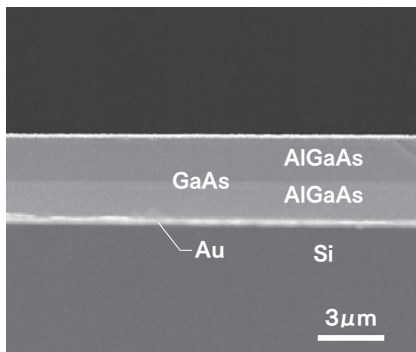
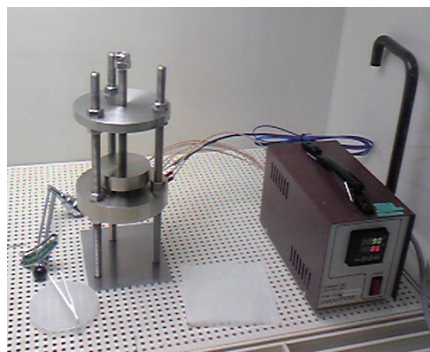
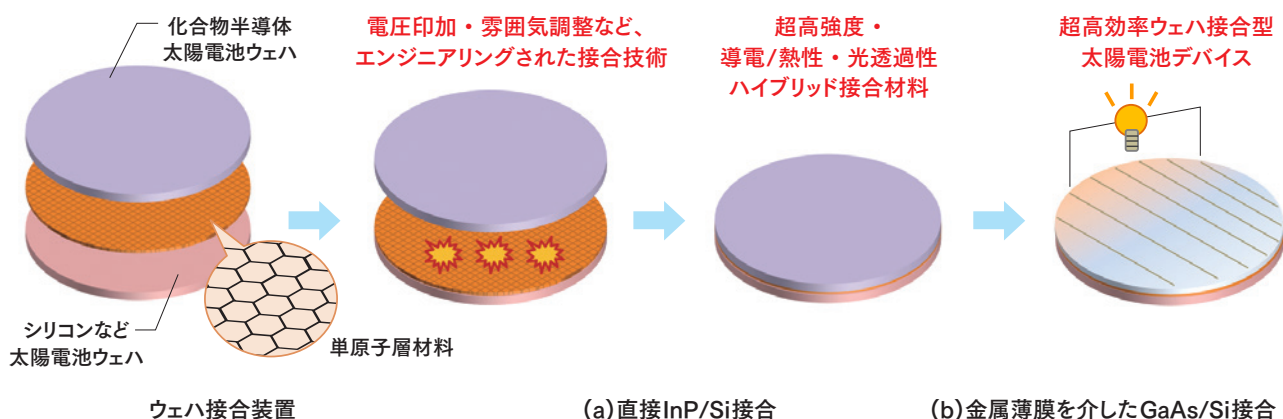
従来の太陽電池は、1種類の化合物半導体を使ったものが主でした。ただ、材料にはそれぞれ得意とする光の波長領域があります。また太陽光は幅広い領域の波長を持っています。したがって材料が1種類だと、たくさんある波長の中のごく一部の光しか電気に変換できません。それに対して得意な波長領域がそれぞれ異なる材料を複数組み合わせることに

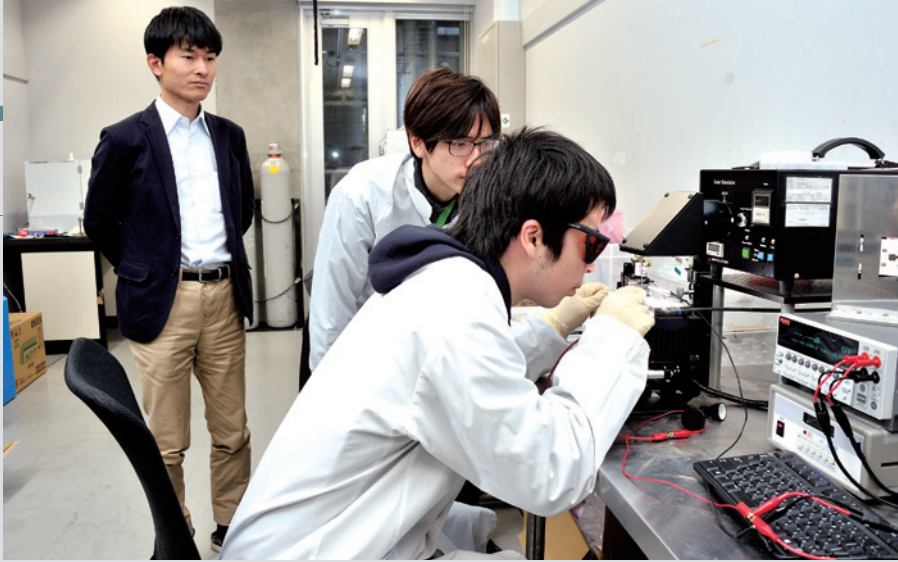
より、より幅広い波長領域の太陽光を電気に変換できるようになります。

こうしたアイデア自体は以前からありました。ただ複数の材料を組み合わせた積層構造をつくるのが簡単ではありません。異なる材料同士が接合するところでどうしてもロスが生じてしまうのです。単純に材料を増やせば性能が上がるというものではないのですね。

そこで10年ほど前に新しい積層の仕方を提案して実証しました。それまでは3積層までは何とかあったものの、4積層以上になると界面のロスが大きくなり、変換効率が悪くなってしまっていたのですが、私の提案した方法だと4積層でも性能が上がるのです。3つの材料を組み合わせた太陽電池だと変換効率は41%くらいが最高でしたが、私たちの提案した方法によりドイツの研究所

新規高性能半導体ウェハ接合技術を用いた超高効率太陽電池デバイスの作製プロセス





太陽電池の測定

が4積層で46~47%という世界最高の効率を実現しています。

10年後には効率60%を実現したい

——接合の技術とともにどういう材料を使うかも重要になると思いますが、先生がお使いになっている材料は何ですか。

シリコンと化合物半導体です。化合物半導体はすごく薄くてもたくさんの太陽光を吸収する性質があります。化合物半導体にもいろいろな種類があり、希少なインジウムの半導体を使うとコストが高くなってしまいます。環境への負荷なども考慮して基本的にベースはシリコンにしています。

——接合はどのような方法ですか。

加圧しながら加熱する極めてシンプルな方法です。ただ、接合する前に化学的な表面処理を施す必要があります。

——その方法に行きつくまでが難しかったのですか。

ずいぶん試行錯誤しました。たとえば大気中に含まれている微粒子が接合面の表面に付着していると、接合の阻害要因になりますからそういう微粒子をいかに少なくするかとか。

——そのためにクリーンルームを使う？ それもひとつの解決方法です。し

かし企業の方から、クリーンルーム内ではない普通の環境でできるものがないとお聞きし、いま私の研究室では普通の環境でも接合できるようになっています。大気中の微粒子は帯電しているため材料に付着しやすいので、電荷を中性化する化学的な薬液処理をするなどいろいろな工夫をしています。

——変換効率はどれくらいまで高めることができるのでしょうか。

界面のロスを見れば、理論的には積層する材料が多いほど変換効率は高くなります。しかし今はまだ5積層にするとロスが多くなってしまいます。目標としては4積層で60%ですね。そうすると今市販されている太陽電池の3倍くらいの変換効率になり、同じ電気を得るために必要な面積は3分の1になります。このパネルなら一軒家の南側の屋根に敷き詰めるだけで、その家が使う電気をほぼ賄えるようになるはずで、10年後くらいまでには60%にしたと考えています。

異分野の情報にもアンテナを張る

——研究でブレークスルーが生まれるのはどういうときですか。

他の分野で使われている技術を新たに持ち込むとか、違う分野同士の技術を融合させると、ブレークスルーが起きることが多いと思います。

たぶんそれは私の研究に限らないことでしょう。私が提案した接合の方法は、もともとカリフォルニア工科大学の先生が持っていたアイデアがベースになっています。この先生は、太陽電池とは違う分野でそういう技術の組み合わせがあることを知り、それを太陽電池にも応用したらいいのではないかと思いついたそうです。

——では、そういうブレークスルーを増やそうとするなら、いろいろな分野の情報に目配りしたほうがいいと？

だから私は別の分野の学会に行ったり論文を読んだりしています。視野を広げることはとても大事だと思います。そういう意味で工学系の分野が集まっているこのキャンパス（京都大学桂キャンパス）はとてもいいですね。欲を言えば医学系とか薬学系の研究室もあるといいのですが…。

——社会科学系の人ともコミュニケーションはあるのですか。

残念ながら今のところありません。でも当然、それもあったほうがいいでしょう。私は核融合の研究もしているのですが、核と言うと危険だと思われてしまいます。実際にはクリーンでほぼ無尽蔵に得られる有望なエネルギーなのですが、基本的に私たちは口下手なのでそのことをうまく一般の人に伝えられていない面があると思います。私たちの努力不足もあるのですが、そういう意味でも社会科学系の方たちとのコミュニケーションは必要ですね。

——最後にこれからの抱負をお聞かせください。

エネルギーの心配のない、人が安心して暮らせる社会の基盤づくりに少しでも貢献することです。環境への貢献ももちろんしたいと思います。