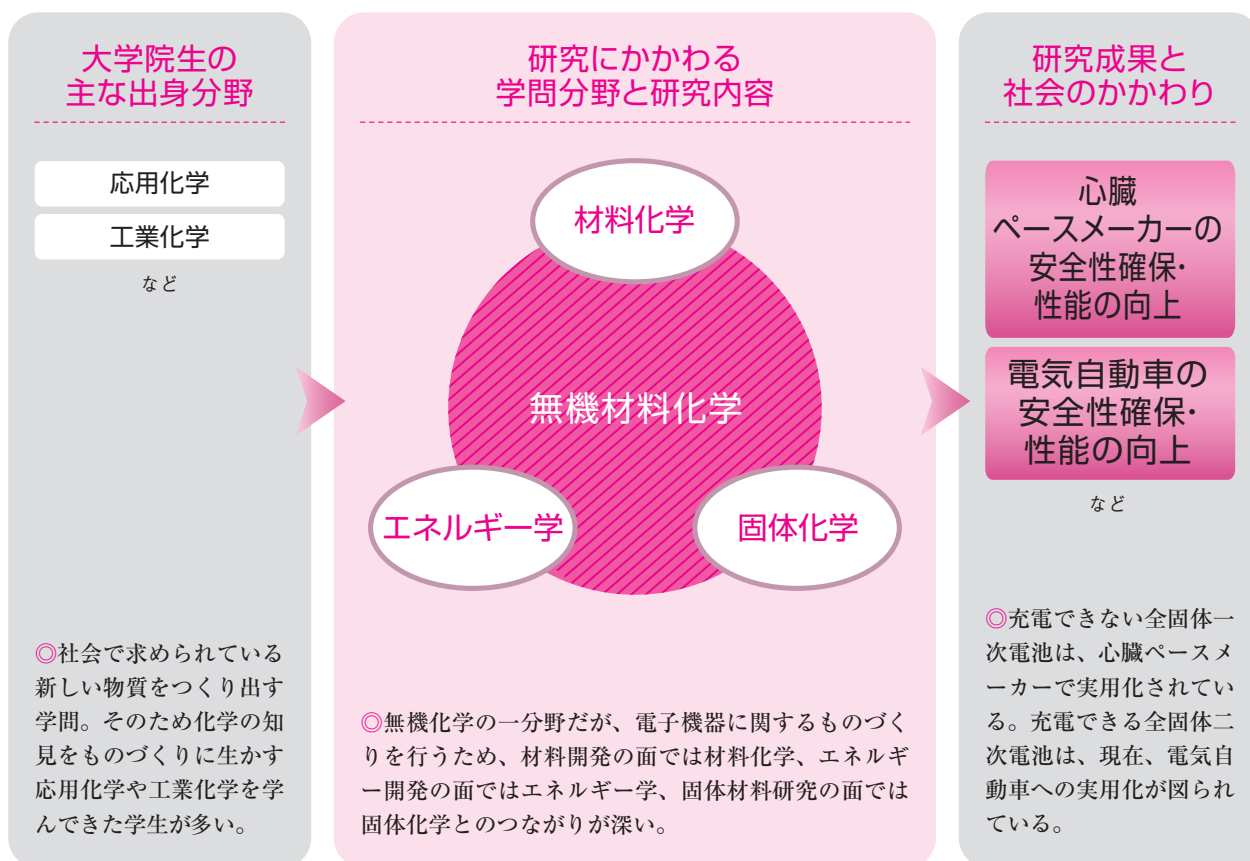


「全固体二次電池」の実用化を進め 電子機器の安全性と性能を高める

大阪府立大大学院 工学研究科 ^{たつみさご}辰巳砂昌弘研究室

発火の恐れがなく、品質を長く維持でき、更にガソリンに匹敵するエネルギーを保持させられる可能性もあるというように、「全固体二次電池」はまるで夢のような機能を備えている。全固体二次電池の開発は難しく、以前はSFの世界でしか実現できないと考えられていたが、近年、日本で研究が急速に進み、実用化の一手前まで至った。これを可能にした無機材料化学の第一人者である大阪府立大大学院工学研究科の^{たつみさご}辰巳砂昌弘教授に、最新の研究とその成果を聞いた。

フローチャートで分かる辰巳砂昌弘研究室



常に新たなアイデアを出し、検証しようとする姿勢が必要

無機材料化学が求める学生像

柔軟な思考力

粘り強く取り組む姿勢

旺盛なチャレンジ精神

無機材料化学は、今までにない性能を備えたものをつくり出す学問です。どうすれば実現できるのかが誰にも分からない研究に取り組むことが多いので、既存の定理や公式をただ身に付けているだけでは太刀打ち出来ません。自分で考えて工夫し、時には定められた手順を破る必要もあります。そのため、常識にとらわれない、柔軟な思考力が求められます。

新たなひらめきがあれば、それを検証するために実験を行います。しかし、実は予想したような結果が得られることは、ほとんどありません。新しい物質やそれを作る技術を開発しようとしているのですから、簡単に実現できるわけがないのです。失敗の要因が、実験の方法にあることも、自分のアイデアにあることもあります。なぜ仮説と異なる結果になったのかを冷静に検討して、改善策を立て、改めて実験に臨む根気強さが欠かせません。

今研究している全固体二次電池は、私が大学院生だった頃は開発が不可能だと考えられていました。だからといって諦めてしまえば、技術の進歩はありません。「この手で不可能を可能にしたい」という、チャレンジ精神にあふれた皆さんに学んでほしいと考えています。

高校生へのメッセージ 研究では、正解がいくつもある問題や正解のない問題に取り組みますから、ものごとを多面的に見る力が求められます。そこで、自分と異なる考えに多く触れ、それを受け入れる練習を高校時代におきましょう。地域の活動やボランティアなど、幅広い年齢層の大人と交流する機会をつくってみてはいかがでしょうか。



辰巳 砂昌弘 教授

たつみ さしひろ 大阪府立大学大学院工学研究科長、教授。同大工学部部長。同大大学院・大阪府立大学大学院博士課程教育リーダーインテグレーション「システム発想型物質科学リーダー養成学位プログラム」コーディネーター。大阪府立大学工学研究科博士前期課程修了。大阪府立大助教などを経て、現職。国際ガラス委員会ゴッタルディ賞などを受賞。主な著書に、『全固体電池開発の最前線』（シーエムシー出版）などがある。

研究概要

安全性が高く 寿命も長い 究極の電池を実用化

無機材料化学とは、ガラスやセラミックスなどの無機材料を用いたものづくりを行い、コンデンサーや半導体などの機能を向上させる学問です。

私は、電解質にも電極にも固体を用いる充電可能な電池、全固体二次電池の研究に取り組んでいます。

充電の可否を問わず、電池は内部で化学反応を起こすことでエネルギーを生み出します。化学反応は、マインナス極にたまる陽イオンが電解質を通り、プラス極に移動することで生じます。そのため従来の電池には、固体に比べてイオン伝導性が格段に高い液体の電解質、特に有機溶媒の電解質が用いられてきました。

ただ、電池は液漏れが起きればショートしますし、有機溶媒は可燃性です。つながる危険性もあります。また、液体の中では陽イオンだけでなく陰イオンも動くので、電池内部ではエネルギーを生む化学反応と共に、電池が劣化する要因の副反応も起きま

す。充電を繰り返すと二次電池の寿命が縮まるのは、そのためです。

全固体二次電池は、こうした液体の電解質に起因する課題を根本的に解決し、高い安全性と長寿命を実現する、いわば究極の電池です。しかし、開発が難しく、実用化は夢物語だと、以前は考えられていました。

開発の最初のハードルは、電解質として使用できるほどのイオン伝導性を持つ固体がないことでした。しかし、2000年代になると、日本でイオン伝導性の高い固体が開発されます。私も、ガラスなどの固体の無機材料に、有機電解液に近いイオン伝導性を付与することに成功し、更にイオン伝導性を高めようと、固体の無機材料を新たに加工する方法の開発に取り組むようになりました。

続く課題は、固体の電解質と電極との界面をうまくつくれないことでした。電池内部の化学反応には、電解質と電極とが接触している必要があります。接触する面積が大きいほど多くのエネルギーが得られます。従来のように電解質が液体であれば、電極の表面に満遍なく広がり、広い界面が出来ますが、電解質に固体を



写真 空気中の水分などと化学反応を起こさないように、特殊なガスを充満させたグローブボックスという箱の中に固体の電解質を入れ、実験を行う

用いると、電極との界面が限定されてしまうのです。方法として、電解質と電極とを粉末にして混ぜ、そこに圧力を加えれば、広い界面をつくれることが分かっています。液体の電解質に比べると界面が狭く、コストも掛かるといふ問題があります。それでも、この方法で全固体二次電池は実用化一歩手前の段階までに、現在は至っています。

私は長年、電極にリチウムを用いた全固体二次電池を研究してきましたが、近年は電極にナトリウムを用いた全固体二次電池の研究にも力を入れていきます。産出量が少なく、高価なりチウムと異なり、海水から作れるナトリウムは安価なため、全固

体二次電池の生産コストを下げることにつながります。電極にナトリウムを用いれば、固体の電解質にもナトリウムイオン伝導性が重要です。私は最近、ナトリウムイオン伝導性が高い固体電解質を開発し、従来は困難だった室温での稼働に、世界で初めて成功しました。これは、全固体二次電池の低コスト化と大量生産

実現に向けた、大きな前進です。私は全固体二次電池の研究に取り組み始めたきっかけは、90年代後半から、全固体二次電池の開発を目指す日本学術振興会プロジェクトに参画したことです。参加していた複数の電池メーカーの研究者は、全固体二次電池の開発について、「現状では実現の可能性は低い、研究を進めていき、将来的には積極的に支援したい」と口をそろえました。それまで私には、従来の製品を否定することになりかねない全固体二次電池に、電池メーカー

研究の展望 エネルギー問題や 環境問題の解決にも 貢献できる

はさほど関心を抱いていないのではないかという思い込みがありました。しかし、実は電池メーカーも全固体二次電池の開発に期待していたのです。そして、私はそれを用いた。それから15年ほどの間に、全固体二次電池の開発は急速に進みました。固体電解質のイオン伝導性は液体の電解質を既に上回っていますし、電極との界面を低コストで広げるとい

う課題も、私を含めた多くの研究者によって改善されつつあります。また、液漏れによるショートの心配が全くない全固体二次電池の優れた安全性は、近年、電気自動車の開発に熱心な自動車メーカーから注目され、実用化を進める共同研究が盛んに行われるようになりました。

内燃エンジンに匹敵するエネルギーを持つ全固体二次電池が開発されれば、エネルギー問題や環境問題の解決にも貢献できるでしょう。

日本の全固体二次電池の研究水準は、世界最高レベルです。「最先端の研究で世界を牽引したい」。こうした熱意のある皆さんが参加してくれることを、心から願っています。

用語解説

- 1 **電解質**
本来は、液体に溶かした時にプラスとマイナスのイオンを生じさせる物質を指す。ここでは、プラス・マイナス両電極の間でイオンを通す、電池内部の物質を指す。
- 2 **イオン**
電気を帯びた原子または分子。プラスの電気を帯びたものを陽イオン、マイナスの電気を帯びたものを陰イオンという。
- 3 **イオン伝導性**
イオンを通す性質。
- 4 **有機溶媒**
水に溶けない物質を溶かす、液体の有機化合物の総称。エタノールやベンゼンなど。
- 5 **充放電**
充電と放電、つまり、エネルギーを蓄えることとエネルギーを放出すること。
- 6 **界面**
接触する2つの相の境界面。物質の物理的・化学的性質が等しい領域を相といい、気体、液体、固体の相を、気相、液相、固相という。全固体二次電池では、電解質の固相と電極の固相との界面形成が課題となる。
- 7 **内燃エンジン**
燃料を燃焼させてエネルギーを得るエンジン。

全固体二次電池の効率的な実用化のために



伊東 裕介さん

いとう・ゆうすけ 大阪府立大大学院工学研究科博士後期課程2年。奈良県立奈良高校卒業。日本学術振興会特別研究員 (DC 1)。

Q なぜこの研究分野に進んだのですか

A 私は高校時代、化学が好きでした。それは、使い捨てカイロが空気に触れるとなぜ温かくなるのかなど、子どもの頃からの疑問に答える知識が得られたからです。

そして、社会に役立つものづくりがしたいという気持ちが高まり、大学では化学を学ぼうと決めました。

大学では、電池の研究に没頭しました。高校の授業でも、イオンの動きをイメージするのが楽しく、電池

の実験が好きでしたが、大学で専門的な知識を身に付けると、夢中になりました。そこで、究極の電池である全固体二次電池の研究に携わりたいと考えるようになったのです。

Q 辰巳砂教授の研究室での研究内容を教えてください

A 全固体二次電池の実用化を進める上で最大の課題となるのは、電解質と電極との界面形成であるといわれています。しかし、それが解決されても、高品質の全固体二次電池をすぐに安価で量産できるとは限りません。そこで私は、界面形成以外の課題を洗い出す研究に取り組んでいます。

研究には、界面形成を克服した全固体二次電池を用います。コストが掛かるので実用化には適しません。電解質の被膜で電極を覆う方法であれば、理想的な広い界面をつくれるのです。そして、作製した全固体二次電池の性能を、出力量や寿命など様々な面から、液体の電解質を用いた従来の電池と比較します。

その結果、全固体二次電池は従来品よりも充放電に時間が掛かることが分かりました。これは、固体の電

解質のイオン伝導性が低いことに起因します。つまり、既に開発された、イオン伝導性の高い固体の電解質は、私が見ている方法ではうまく界面をつくれないうのです。界面形成の方法が進歩してコストが削減されたとしても、この課題は残りますから、固体の電解質を新しく開発することも検討する必要がありますでしょう。

一方、生み出すエネルギーは、従来品に匹敵していました。私が研究で用いる界面形成方法では、実用化された全固体二次電池の界面形成方法よりも電解質の量を減らせます。その分、電極の量を増やせば、更に高いエネルギーが生み出せます。

この研究は、全固体二次電池を効率的に実用化するための大きな足掛

かりになると期待しています。

Q 高校生へのメッセージをお願いします

A 私は大学に入ってから、物理学や生物学と化学との関連性など、学問同士のつながりが把握でき、興味の幅が広がりました。高校時代にそれに気付いていたら、もっと勉強が楽しくなっていたでしょう。皆さんには高校時代から、学問への視野を広げてほしいと思います。そこで、自分の興味がある学問が大学でどのように研究されているかを、研究室のホームページで調べることをお勧めします。分からないところは、高校の先生に質問しましょう。学問の関連性が見え、好きな教科・科目が増えると思います。

私の高校時代

文化祭の練習で身に付けたコミュニケーション能力

●高校時代の一番の思い出は、毎年9月に行われた文化祭です。3年間クラスごとに企画を立て、出し物をしました。準備は夏休み中に始めるのが恒例でした。例えば、校庭でダンスを踊った1年生の時は、夏休み後半から毎日のように登校し、事前に選んでいた曲に合う振り付けを考えながら、練習を重ねました。決まりかけた振り付けでも、曲調に合っていないと言う友人が1人でもいれば、全員で考え直しました。「クラスの誰もが納得する出し物にしたい」という気持ちが一人心にあってからでしょう。出し物が変わっても、それは同じです。クラスの友人たちと意見を交わす中で、他者が分かりやすいように、自分の意見を整理して話せるようになったと思います。

文化祭の準備での経験は、多くの人とコミュニケーションを取って進める必要がある大学での共同研究にとても役立っています。