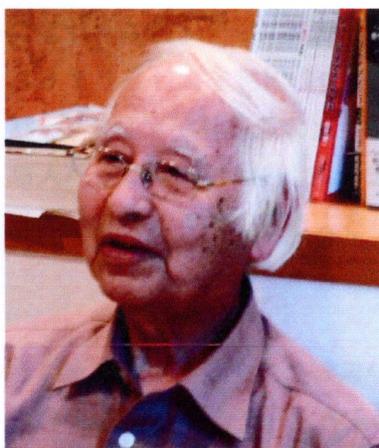


先輩インタビュー

## 「リチウムイオン電池のはじまり」

水島公一（S34）

平成 29 年 5 月 13 日 パイラスにて



### 水島公一 略歴

- 1959 年 東京都立戸山高校卒業
- 1964 年 東京大学理学部物理学科卒業
- 1969 年 東京大学大学院理学系研究科物理学専攻博士過程修了（理学博士）
- 1977～1979 年 オックスフォード大学無機化学研究所にてリチウムイオン二次電池の新電極材料探索
- 1982 年 東芝入社 分子デバイス、高温超電導デバイス、磁性デバイス開発
- 1999 年 加藤記念賞受賞
- 2007 年 応用物理学会フェロー
- 2016 年 NIMS 賞（NIMS：国立研究開発法人 物質・材料研究開発機構）

——水島さんはリチウムイオン電池の研究を長年されてきたそうですが、素人的質問をさせていただきますと、まず、マンガン電池とか、アルカリ電池とかいろいろある中で、どうしてリチウムイオン電池がすごいのですか。

充電して放電するという二次電池は、これまで 100 年以上も鉛電池でした。その後ニッカド電池が数十年続きました。その後、研究されていたものは山ほどありますが、実用化されたものはニッケル水素電池以外ほとんどありません。

リチウムイオン電池は、1990 年にソニーが実用化しました。私が 1978 にオックスフォードで見つけた正極材料を用いた電池でした。私は 1982 年に東芝に入社してからも電池をやっている人たちとディスカッションすることはあっても、私がオーガナイズして実用電池の研究をするということはやっていません。

日本ではどちらかというと、最初のきっかけをつくった人よりも、仕上げた人のほうが高く評価される傾向があります。ですから私のやってきたことはベーシックなことから国内よりも海外での評判がよかったのです。

——リチウムイオン電池は、最初はパソコンや携帯電話など使用電氣量がわずかのものでしたが、最近では自動車を動かすというような、電氣の使用量が桁違いに大きくなりました。

リチウムイオン電池は元々自動車用に開発が始まりました。開発時にはパソコンも携帯もありませんでした。1973年にオイルショックがありまして、私は1977年から2年間、イギリスのオックスフォードにいましたが、ヨーロッパではアラビアやイランから石油がなくなるというので、日本のように「電力危機」というよりも、「自動車が走れなくなる」ということの方が深刻だったのです。日本のように公共交通機関が整備されていませんから、「自動車が走れなくなったら大変だ」というので「電池で自動車を走らせよう」と考えました。そこで、今考えると大変危険なことですが「ナトリウム硫黄（ソディウム・サルファ）電池」というものを使って実際に自動車を動かしていました。少し温度を上げるとナトリウムと硫黄が反応して電氣が起こります。しかしナトリウムは発火の危険性があります。私も実際に見学に行きました。日本人だったら恐らく手を出しません。しかしヨーロッパ人は「先のことはわからなくても、とりあえずやってみよう」という人が多い。そういう民族性の違いを感じさせられました。

——リチウム電池に目をつけたのはどういうことですか。

リチウム電池は私がやる前から、やっている人はたくさんいました。やはりリチウムは、軽くて、比較的蓄えられる電氣量が多いというので、普通に考えるとリチウム電池以上のものはありません。

電氣で自動車を動かすという意味では、もう一つモーターが必要です。最近、磁石の発達が目覚ましく、大変に強力なモーターができるようになりました。

ネオジム磁石といって、ネオジム(Nd)と鉄(Fe)とホウ素(B)を主成分とする強力な磁石ができました。ネオジムは希土類といってレアアースの一つですが、軽くて強力なモーターができたおかげで、最近話題のドローンも飛ばせるようになりました。原理は簡単です。皆さんご存じの「フレミングの左手の法則」どおり、人差し指の方向に磁界がある場合、中指の方向に電流を流すと、親指の方向に力が発生します。これに羽根をつけてヘリコプターにすれば、あとはリモコンで飛ばせるわけです。もしこれがガソリンエンジンだったら簡単にはいきません。特に複数の羽根をコントロールするのがむずかしい。オスプレイを見れば分かります。

しかし最後は何と言っても電池です。軽くて大容量の電池と、軽くて強力なモーターが一對になってはじめて飛ばせるのです。

——リチウムという元素は燃えますね。サムスンのパソコンが発火する事故がありました。あれは技術がまずかったからですか。

技術というよりは、どれだけ丁寧につくるかというつくり方の問題だと思います。日本でも10年くらい前までは、あちらこちらで電池が膨らんでしまったということがありましたが、いまでは電池事故はほとんどなくなりました。

「リチウム電池」ではなく、「リチウムイオン電池」と言っているように、現在の電池では金属リチウムは使っていません。だからだいぶ安全になりました。安全になった一番の原因は電池がショートしなくなったことです。しかし危険性が完全になくなったわけではありません。

私がイギリスにいたころ、エクソン社の人がつくった「リチウム電池」がありました。その時はマイナス極に本当のリチウム金属を使っていました。しかし充・放電を繰り返すうちに、電極にだんだんヒゲのようなものが生えてきます。これがショートの原因になるのです。

いまのリチウムイオン電池は、有機溶媒にリチウムの塩を溶かして電解質として使っています。今よりももっとたくさん電流がとれるようにしたらいいのになぜしないかという、たくさん電流が流れるような電解質（+イオンと-イオンに分かれて電気を通すような溶液）を使うと危ないからです。日本の企業は安全第一ですから、そういうものはつくりません。

私がイギリスに行ったのは、「固体電解質を使ってリチウム電池をつくらないか」と誘われたからです。ですから最初のテーマは「固体電解質の開発」でした。しかしそのころは安全性などそれほど考えられていなかったので、エクソン社が金属リチウムを負極に使った、すごく特性のいい電池をつくってしまいました。そこで数カ月後には我々も「もっとすぐれた特性の電極材料を探す」ということにテーマが変わってしまいました。

——水島さんはノーベル賞候補になっているとお聞きしましたが、どういうことで候補になっているのですか。

現在使われている正極材を最初に見つけたということでしょう。この材料はコバルトの酸化物ですが、なぜこの正極材が大事かという、負極はいろいろな材料で作れるのですが、電圧の高い正極をつくろうとすると、現在より良いものがみつからないのです。

——コバルト酸化物以外にもトライされたのですか。例えばニッケルとか。

私は東大の学長を長年された茅誠司先生の孫弟子です。茅先生の弟子が飯田修一先生（東大名誉教授）、その弟子が私です。茅誠司先生は磁石屋さんです。ですから私も最初は磁石を主に研究していました。「いい磁石をつくろう」ということよりは、「何でこれが磁石の材料になるのか」というようなことばかりやっていました。磁石になるのは遷移金属ですが、元素は大体決まっています。そのなかでも磁石になったりならなかったりいろいろです。例えば、コバルトでも2価のコバルトは磁石になりやすいが3価のコバルトは磁石にならない、なぜか、というような研究をしてきました。

磁石をやっているといっても、電気伝導というようなことにも興味があってやっていました。このような遷移金属酸化物の物性の研究をずっとやっていたので、これがベースになって電池の材料を探すときにコバルトがいいか、ニッケルがいいか、何を使えば電圧が高くなるのか、おおよその予測がつくということで物性研究が役に立ったように思います。その経験のお陰で、電極に適した材料が見つかりました。

——水島さんは、いまは何を研究されているのですか。

私は新しいことに挑戦することは得意ですが、それをきちんと仕上げるのが苦手で、いま実際にやっていることは少し先物の磁気記録をやっています。例えば、HDD（ハードディスクドライブ）も少し行き詰まってきています。今までは記憶容量がどんどん増えても1ビット当りのコストがどんどん下がってきましたが、これ以上、下げられないところまできています。データセンターにおいて使われていて、磁気記録というものが不可欠になってきていますが、面積当たりの記憶容量自体は限界にきています。我々はそこをなんとか乗り越えようとしています。

コンピューターも行き詰まっています。スーパーコンピューターのように、いかにたくさん量の計算をいかに速くやるかとなると、エネルギーを食い過ぎて、チップの温度もそろそろ太陽の表面温度に近づいてきていて、これを冷やすにはものすごい冷却装置が必要で、それにはものすごい電気を使います。普通のパソコンでもそうです。

この10年ぐらい、盛んになってきているのはニューロコンピューターです。今までのノイマン型コンピューターでは解きにくいようなことでも、ニューロンのつながりで、人間の脳のまねをしようとしています。いままでのようにいっせいに動くのではなく、人間のように勝手に動くものを勝手につなぐというようなネットワークです。

——CPU（Central Processing Unit）の場合は、「私は誰」がはじめから決まっていますが、人間の場合はアットランダムにデータがたくさんあって、まとめきれない。

そういうことがありますね。私はSOFTの方の知識は弱いですが、発想したことを実現しようとするときにそれに合ったハードをいかにしてつくるかが大切であり、私はそこに一番興味をもっています。

——インターネットがそれに近いですね。

インターネットのようなものを、もっとスケールを小さく、コストがあまり高くなく。

——そうになると、数学をベースにした理系の頭脳ではなく、ちゃらんぼらん文系人間を引きずりこんでこないと解決しませんね。

そうしないとうまくいかないような気がしますね。数学というものは文法のように一つの手段ですから、厳密に書くようなときには必要です。しかし発想するときには決して数学なんか使っていません。こんなことを言うと言い過ぎかもしれませんが、日本からなかなか新しい発想が出てこないのは、ものごとにとらわれない自由さが足りないのかもしれませんが。

「発想」と「理解する」ことは相当に違います。そういうことは小さい時から鍛えておかないと、大人になってから急にやろうとしてもうまくいきません。「人はそれぞれ違うのだから、いいところを伸ばせ」というのではないですか。まさにそのとおりです。

——いま、トランプさんが「中国はずるい」と言っています。基礎技術はみんなうちからもって行って、金もうけのところだけやっていると。

私はギリシャ、ローマがヨーロッパ文化の源であるように言われているけれども、その文明はオリエントから教わったのだというよりも、ローマまではオリエントの続きだと思っています。その後、暗黒の時代といわれる中世があって、その後ルネッサンスがあって、「文

芸復興」といわれていますが、そうではない。ルネサンスの最初はモンゴルだと私は思っています。モンゴルがシリアを征服して、そのシリアの難民がヨーロッパに流れた。ダビンチの曾祖父はシリア人かもしれない。ルネッサンスといっても14~15世紀はまだ本物ではない。16世紀になると、こんどはオスマントルコです。キリスト教を脱するような本当のルネッサンスは、今度はオスマントルコが発端です。ビザンチンの優秀な人間がヨーロッパに流れてきました。化学のことをケミストリーといいます。これはオリエントの錬金術からきています。ニュートンは最後に何をやってたかという、錬金術です。物理をやめてしまった。物理は理屈はもっともらしいのですが、化学はモノをつくらなければ話にならない。

——水島さんが高校のとき、化学の先生は誰でしたか。

近藤先生でした。私は大学では化学はやっていません。物理を選びました。私は化学でいろいろな賞をもらいましたが、大学ではずーっと物理学科でした。

私の親戚には化学をやっている人が多いので、最初は私も化学に行くつもりでした。ところが駒場で授業を聞いているうちに、物理の方が面白そうだなと思うようになりました。元々私はベーシックなことが好きでしたから、2年の後半に進学の学科を決めるころには物理に決めました。

——中学のときは国語が好きでしたか、数学が好きでしたか。

ほんとうは国語の方が好きでした。今も俳句をやっています。やっているといっても、研究室の仲間6~7人で、月一回集まって一杯やりながらの会で、まだ3~4年ですから、趣味といえるかどうかわかりません。

趣味としてはもう一つ、ゴルフクラブを休みのたびに振っています。

——今日はノーベル賞候補の大先生にお会いできるというので、少し予習をしてきました。雑誌をみていたら、テキサス大学のグッドイナフ教授が、今までの何倍ものエネルギーの電池を考案したと出ていました。

あれはホラですよ。もう93才のお年寄りですから。あれくらいのことを言わないと研究費をもらえないからです。

私も研究者のはしくれとして思うのは、最近は一入こつこつやるような研究は評価されなくて、一流といわれるような研究所で、世界中同じような先端的装置を使って、早く発表した者が勝ちという傾向です。イギリスの「ネイチャー」とか、アメリカの「サイエンス」といった学術雑誌に論文を掲載するということをしないと評価されません。アングロサクソンというのは商売がうまいなと感じます。その点、日本の「ジャーナル」のような雑誌のほうがよほど真面目ですが、評価が低いです。

ですから、高価な装置を使って、論文を世界の一流学会誌で発表しないと評価されないというように、20~30年前から研究そのものが変わってきています。マージャンでいうところの役満狙いになっている。経営者もそういう人でないとなれなくなっています。もう少し、一人でやるような研究を増やしていかないと、新しい研究は出てこないように思います。今、研究費がどこから出てどこにゆくかといえば、内閣府が決めて一流研究機関へ出て行きま

す。もちろん、そこにぶら下がれば一人でもやってゆけるのですが、そうなると思えるようなテーマで、お金さえかければ何でもできるというような根性がいつの間にか身についてしまいます。いま世界中がそうになっています。GoogleとかAppleにしても、最初は一人とか数人で始めたものです。それが今日のように発展したのです。今は高価な装置を使って、お金をかけてということですが、そんなことは一人ではできません。これでは新しいことはなかなかできません。皆がいいと思っているようなことではダメです。それより、「恥ずかしくて人には言えないけど、面白い」「人にはうまく説明できないけれど、私はこう思う」ということをやっていかないと、新しいものは出てきません。そういう環境をつくっていかないといけないのではないかという気がします。

——ニューロコンピューターというものがずいぶん昔からあって、話としてはあってもほとんど表面に出て来ていません。これはニューロンとニューロンをシナプスでつなぐという研究があまり進んでいないからではないですか。

IBMなんかは新しいチップをつくったりしています。人間の脳は瞬時に判断して、瞬時に伝えていますが、それを今のコンピューターでやろうとすると、大変な時間と電気代がかかります。IBMでは少ない電力で速くできるようにニューロチップと称する物を、一昨年に発表しています。本当はもっと基礎的研究をきちんとやらなければいけないかもしれませんが、いま、このようなチップづくりが走り出しています。

今までの中央演算装置のようなものを持たない小さなチップです。論文として「サイエンス」に発表されていますが、まだ売り出されてはいません。しかし現在のような省エネ型ニューロコンピューターよりも従来型コンピューターをパワーアップするためのニューロコンピューターが主流です。ただ、大規模なニューロコンピューターを半導体のCMOSだけでつくろうとすると大変なことになります。スイッチや分岐のお化けみたいなものになってしまう。

——人間のように記憶したものがなぜよみがえってくるのかというような研究は、複雑すぎていまの技術では辿り着かないということですか。

ある種の問題に対していまのコンピューターの一万分の一くらいのエネルギーで、千分の一くらいの時間で答えを出すことはある程度はできています。

人間がどうやって考え、どうやって判断し、どうやって交信しているのか、ニューロン同士がどうやって交信しているのかくらいはある程度わかっています。ある問題に対してはすぐ有効だということころまではきています。ただしハードづくりを今の半導体技術のシリコントランジスタのコンプリメンタリーMOSトランジスター、略して「CMOS」といっていますが、これで全部やろうとすると、むずかしいのではないかと思っています。私はいま、半導体だけでなく、磁性も使って、違った考え方のニューロコンピューターをつくってみてもいいのではないかと思っています。いまそこに一番興味をもっています。

——これから先、どんどん大容量の電池ができ、コストもどんどん下がっていくでしょうが、ものごとには限界というものがあります。電池についてはどこまで行くのでしょうか。

私にはわかりません。しかし私がこの先も電池の研究をやれといわれたら、まず、リチウムをやめます。ナトリウムにします。ナトリウムの方がずっと安い。コバルトなんてとんでもない。めちゃくちゃ高い。これからレアメタルの取り合いになると、石油のように輸出国機構ができて、値段がつりあがります。

実は私はナトリウムを少し研究し始めていました。それまでリチウムやコバルトに集中してきたことが禍して、経済性のほうが疎かになっていました。ナトリウムとか、鉄とかマンガンを使った方が、多少性能は落ちても、格段に安く自動車を走らせることができます。

ただ、いまの日本の企業は余力がありません。ですから大学の研究室でやるしかありません。その大学も、学生さんが就職を考えるとめんどろな研究よりも、とりあえず前のものよりよければいいじゃないかという極めて安易な考えをしがちです。それでもまだ今の日本の企業の弱さに比べれば、まだ大学の方が見込みがあります。大学の先生がたにここはひと踏ん張りしていただきたいと思っています。



当日の参加者（敬称略）：

岡田、斉藤、於保龍郎、於保洋生、堀口、白石、仲野、後藤、兵頭、安井