

(2018年7月7日国大化学会総会)

科学分野の偉人たちに学ぶ

文化勲章受章記念講演会

ただいまご紹介いただきました藤嶋です。

横浜国大を出て東大大学院に行った時、その1年ちょっとの間に光触媒の基本的なことを見つけることができました。1967年ですので今年で51年になりますが、当時東大で実験をしておりまして、酸化チタンを電極にしてそれに光を当てると、水を分解できることを見つけたことができました。その時使ったのが、光触媒になる元になる材料の酸化チタンです。最初私は親指くらいの単結晶を苦労して切ってそこからリード線を出して、電極として使い、これを水の中に入れて光を当てる実験をしました。なぜこの実験をしたかという、同じような光を感じるもの、代表的な物はシリコン、ゲルマニウムだったのですが、ちょうどそれを水の中に入れてどのようなことが起こるかをアメリカ、ドイツの方が始めたのです。何が起こるかという、実際はゲルマニウム、シリコンの場合は溶けてしまう。光反応がちょっとはあるのですが、溶けてしまうという論文が出ていまして、それを追試して、やはり溶けるのだな、では溶けない物はないのかと探したわけです。

そうしたら偶然にも酸化チタンを使うことができた。そして水の中に入れて光を当てたら、実際は溶けなくて、ほかの半導体は全部溶けるのに、酸化チタンだけは溶けないのです。しかも表面からガスが出てくる。表面は変化せず、ガスが出てくる。当然このガスを集めて、ガスクロで分析して酸素だと、水が分解して酸素が出た、酸化チタン自身その物は変化しないということを見つけました。これを学会で発表したのですが、皆さんに信じてもらえなかった。そんなこと聞いたことがない、水が光を当てて分解する、水は電気分解しかないよということだったのです。実際の自然界では植物の葉っぱの表面に太陽の光が当たると、葉緑素が光を受けて光合成反応が起きて、酸素が出ている。そして炭酸ガスを還元して植物が成長するという一番大事な光合成反応があります。その一番大事な初期過程、葉っぱの中の葉緑素が光を受けることによって水を分解するのと同じことを葉緑素の代わりに酸化チタンがやって



藤嶋 昭先生（電化昭和41年卒）
東京理科大学前学長
光触媒国際研究センター長
横浜国立大学名誉博士

いるのではないかということに気がつきました。私が一番感動した時でした。

今お話ししているのが、この酸化チタン表面での酸素の発生です。抵抗を通して白金につなげておきますと、今度は酸素と水素と電気エネルギーも取れる。こんな簡単な形でできることがわかりましたのでこれをNatureに送りました。Natureはこれを即採択、即印刷に回すと言ってくれました。簡単な反応ですし、光だけで水が分解できて、酸素と水素と電気エネルギーも取れるということで評価してくれたのでしょう。それがNatureの1972年の論文です。この論文が今でも光触媒の基本の論文であるということで沢山の方がこれをベースにして研究し、論文を今も出しています。

光触媒研究で発想の転換

太陽エネルギーを使って実際水から水素を取るのがどのくらい実現可能性があるのか。私自身は1メートル四方の酸化チタン板を焼いた物を使って1～2年間連続的に実験を一日7リットルの水素を取り続けました。その結果を論文で出しました。しかし、7リットルの水素を燃やすのは一瞬です。エネルギー変換効率としてはたった0.3%しかない。エ

エネルギー変換というのは非常に難しい、量が取れないといけなさと感じてきたのですが、今でも世界的にも私たちがやったことを実際にもっと効率を上げてできるのではないかと、というのが人工光合成の研究です。世界中の人が、日本人でも沢山の大学でも研究しています。私自身はこれは難しい反応だと最初から認識しました。なぜかと言いますと水1モル18グラムがあって太陽の光で分解して、水素を取るということを考えると効率が100%、つまり太陽の光を全部うまく利用して水を分解して水素を取るとしても、光の数は例えば太陽の中で酸化チタンに感じるのは 10^{15} 個です。一方で水1モルの中にある分子の数はアボガドロ数です。 6×10^{23} です。9桁の差があります。光の数が少ない、これが難しいわけです。効率100%でも、長時間が必要になる、大面積が必要になる。それに比べて、水が分解できるのならば、ほかの化合物でも分解できる可能性がある。その強い酸化力を使って微量で困っているものを相手にしようと、発想を転換したのです。

例えば、表面に大腸菌が100万個ある。100万は 10^6 です。光の数は 10^{15} 個ですから、今度は逆に9桁も多いわけです。1つの光子（光子）が1つの大腸菌を殺すことができれば、もう十分です。微量で問題になっているものを相手にすれば、すぐに応用できるのではないかと。エネルギー変換は量を取れないと意味がない。しかし、微量で困っているものに対してはすぐに応用できるだろうと発想を転換したのです。殺菌系がうまく行くようになった最初の例です。酸化チタンを透明にガラス上にコーティングしました。その上に大腸菌、MRSAを培養し、それに光を当てると、簡単に全部殺せました。微量なものはすぐに分解できるということになり、環境問題ならすぐ応用できると気づきこの分野をやってみようと思いました。

酸化チタンというのは資源的には問題ない、安い材料です。ちょっと工夫して透明にコーティングしたりして、それに光を当てると強い酸化力がその表面で出る。色々な物を分解できる、水を分解できるし、有機物を分解できるし、水になじみやすくなってしまふというこの2つの現象が同時に起こってしまう。これが酸化チタン特有の現象で、他の物にはない性質です。

私どもが1972年に発表した光触媒のNature論文がどのくらい引用されているかというデータですが、最初はほとんど引用がないんですが、それが急に2000年くらいから増えてきます。超親水性効果を見つけることができ、Natureに発表したのが1997年

ですから、それによって光触媒の効用がぐっと広がって汚れない家ができきた。それによって皆さんに関心を持ってもらえたということで論文の引用が増えてきたのではないかと思います。私たちの論文をまず引用して研究が始まっているようで、年間1600本くらいが引用しています。

皇居松の間での文化勲章受章

昨年11月3日に文化勲章をいただくことができました。皇居の一番大きな部屋、松の間ですが、そこで天皇陛下から、文化勲章をいただくという儀式がありました。毎年文化勲章は5名がいただけるということです。私がお一緒したのはバイオの大阪大学名誉教授の松原先生でした。私は科学技術の分野でいただきました。その3日後に天皇、皇后両陛下、皇太子夫妻、秋篠宮夫妻と一緒に食事をいただきました。

その時の様子ですが、天皇、皇后、受章者、文部科学大臣、副大臣、皇太子夫妻とお話ししたのですが、私たちのところのナイフ、フォークは4本セットとあるのですが、天皇陛下のところには1セットしかありません。なぜかという、お皿がひとつずつ変わる度に天皇、皇后の方が移動していただくんです。その間に15分か20分ずつお話しさせていただくという食事会でした。この時も天皇陛下も皇后陛下も前から光触媒のことはご存知で、何回かお目にかかっておりますので、最近光触媒で何をやっているんですかとお質問いただき、私は光触媒蚊取り器を作っていますとお答えしました。その時天皇陛下にご質問したんですが、蚊を普通は1匹、2匹と数えますね。ところが、アース製薬と共同研究を進めて来て、そこで教えてもらったのが、蚊は1匹、2匹と呼ぶのではない、1頭、2頭と呼ぶのだということでした。それを聞いてびっくりしたのですが、それを天皇陛下、皇后陛下にお話ししたら、もうご存知でした。昆虫はそう呼ぶのだということでした。特に皇后陛下は蚕を飼っていらっしゃるの、蚕も1頭、2頭と呼ぶというお話をいただきました。本当に驚きました。

光触媒の6大機能

昨年11月に「光触媒のすべて」という本をダイヤモンド社から刊行し、ちょうど本ができた時に文化勲章の話をしていただいたものですから、帯に文化勲章受章と入れることができました。この本で示しましたが、光触媒とは何かと一言でまとめるとするとキーワードはたった2つです。キーワードの一つは

酸化チタンです。もう一つは光です、光を当てる、太陽の光、蛍光灯の光、LEDの光を当てる。その表面で起こる光触媒反応、これに6大機能がある。①殺菌ができる、ウイルスを殺すことができる、②汚れないようにすることができる、③曇らないようにすることができる、④脱臭ができる、⑤空気をきれいにする、NO_xをきれいにする、⑥水浄化、これが難しいのですが水耕栽培の農業への応用ぐらいの限られた水は応用できますが、大量の水は難しいというのが今の現状です。

特に私たちが一生懸命やっている問題の一つがウイルス問題です。例えばインフルエンザウイルスがありますが、学校の教室で誰か一人インフルエンザになる、そのインフルエンザウイルスが出ると皆が移ってしまう。ウイルスというのは大腸菌よりすごく小さくて培養なども難しい。ウイルスをいかに殺すかが大事な問題です。私たちは今、光触媒フィルターをエアコンの中に入れて、教室で誰か一人インフルエンザになっても、その部屋のエアコンの中に光触媒を入れておけばウイルスを殺すことができる。エアコンの中に光源があって光触媒フィルターがあればウイルス問題も解決できるのではないかと思います。

偉大な科学者は3人一組

「世界の科学者 まるわかり図鑑」という書籍を4月に発行しました。不思議なことに、世界の今までの科学の歴史を見てみると、3人一組で科学者がいる分野を研究し、成果を出していることに気がつきました。その3人の人が研究し、わかったなと思ったら驚いたことに、その後一人3役の人が出てきて、それを全てまとめているわけです。

一人3役の大科学者は誰かということ、皆さんご存

知の方ばかりだと思いますが、例えば、ファラデー、ニュートン、ガリレオ、パスツール、キューリー、アインシュタイン。これらの方々は、素晴らしい成果を3つ以上もあげています。

これらの皆さんは素晴らしい言葉も残しているのです。私が気がついたのは何かと言うと、そういう科学者が素晴らしい成果を出し、素晴らしい言葉を残しているのですが、その言葉を調べてみると、科学者が残した言葉と中国の論語で孔子が残した言葉がほぼ同じではないかと気づいたのです。そこで去年「やさしい科学者のことばと論語」という本を出しました。例えば、論語や中国の古典の中には素晴らしい言葉が沢山残っています。それを読んでみると科学者アインシュタインが言った言葉、ファラデーが言った言葉、キューリー夫人が言った言葉と同じことを孔子も言っている。例えば、論語には「之を知る者は、之を好むものに如かず。之を好む者は、之を楽しむ者に如かず」があります。色々な所で大学生の皆さん、高校生の皆さんに話す時に次のように話します。まずは勉強し、知らなければだめだ、勉強して基本的なことを知る、そしてそれを好きにならなければだめだと思います。よく勉強してよく知って好きになる、それだけではだめで、最後の楽しむような境地になっていなければだめということです。その勉強が楽しくてしょうがなくなる、これでようやく本物になる。身につく。これを論語ではちゃんと言っているのです。

「玉琢かざれば器と成らず」玉は磨けば宝石になりますよね。「人学ばざれば道知らず」人は学ぶことしか成長の道はないということを言ってくれています。

ご清聴ありがとうございました。

藤嶋 昭先生、横国大生と語る

- 池田 龍之介（五東研究室 4年）
- 須永 秀斗（本田研究室 4年）
- 長谷川 悦子（藤井研究室 4年）
- 司会：藪 健一郎（会誌グループ）

7月7日、藤嶋先生が講演後、講演を聞いた横浜国大生3人と語り合った。



——皆さんのまず自己紹介を。

池田 五東研究室に所属しておりまして機械学習を使った物性の予測をテーマに研究をしています。



池田君

須永 本田研究室の須永です。研究内容としては精密有機合成をしています。



須永君

長谷川 藤井研究室に所属している長谷川です。二瓶先生のもとで研究していた藤井先生に習って、分析技術の開発に取り組んでいるところです。



長谷川さん

藤嶋 藤井先生は東京大学応用化学科の二瓶研究室を出ているんですね。二瓶先生とは親しくしています。4年生の皆さん頑張っていますね。

氷が水に浮かなければ、世の中はどうか

——今日は最後に科学を楽しむというのが大きなテーマだったと思いますが、楽しんで研究していますか。

池田 楽しむというより、4年生ということもあり、わからない方がまだ多いので、それを解決するのに苦しんでいるところかなと思います。多分これが解決すれば、一個解決するごとに、やって良かったみたいな、楽しいことが出てくるのかなと。まだ頑張る段階なのかなと。苦しい段階ではモチベーションはどう維持すればよいのかというのは何かありますか。

藤嶋 何しろ卒論でも皆、全く新しいことをやるわけですよね。まずは追試で、前の人はどうやっていたかを文献調査しなけりゃいけないでしょ。もう終わってますか。文献調査は。文献調査して読んで、研究室の先輩の研究もあるし、世界の研究の流れもあるわけだから、それを理解しなければならないし、勉強しなければならない。それと同じことをやるわけではないし、新しいことをやらざるを得ないのだから。うまくいくかどうかは難しいですよ。うまく行くとはい限らないし。うまく行ったなと思ったって、これで皆凄いねって評価してくれるだろうと思ったって、既にやられてしまったことかもしれないですからね。これからですよ。今私も東京理科大の4年生を指導しています。3月までは学長だから時間がなかったけれども、4月からは実験をやる宣言していますから。私が作った研究所に准教授、教授もいますが、私が直接指導しますからと言っています。

長谷川 講演の一番最後の普段生きている時に色々なことに興味を持つということについて、私はもともと興味を持っていることに対しては本を読んだりするんですが、自分が興味を持ちにくいだろうなと思うところになかなか目がいかないところがあるなと今日お話を聞いていて思ったのですが、それはもう興味を持とうと自分で思いながらいる

しかないんでしょうか。

藤 嶋 不思議だ不思議だと常に思っていないとだめですよ。世の中不思議なことばかりですよ。例えば、氷はなぜ水に浮くのか。この不思議さ。これは一番私は感動していることですよ。「水の不思議」という本があります。私も何冊も読んで、一部書いている本もありますけどね。気体が液体になれば小さくなりますね。液体が固体になればもっと小さくなって、密度は大きくなりますね、普通の物は。液体が固体になれば重くなる。これが常識ですね。氷は違いますよ。なぜですか。

長谷川 水の水素結合で、結晶になる時に水素結合で空間を保ったままで固体になるので、固体になると密度が小さくなり氷は浮くでしょう。

藤 嶋 この不思議さ。もしこれが普通の物だったらどうなっていますか。氷が重くなったら今の世の中どうなっていますか。

須 永 海とかで上が氷のところも下から凍ってしまう。

藤 嶋 それよりも生命や人類はなかったと思いますよ。今、南極、北極の氷が全部溶けたら全部陸地はないことになっていますから。だからこの不思議さというか、ラッキーなこと。ここにいるというのが、ああ氷が軽かったからだ。そんな驚くことばかりです。

30分砂時計で時間を大切に

須 永 質問ですが。学生として、横浜国大で一番多いのは4年行ってその後修士2年行って、外に出られて企業とかに行く方が多いのですが、ドクターとかその先まで行ってちゃんと勉強してから外に出た方が良いでしょうか。

藤 嶋 それは人によるけれども、今の4年生から修士マスターまでほとんど一貫になっている、今6年間一貫になっていますよね。横浜国大はどのくらいかわかりませんが、東京理科大学ではほとんど8割、9割ですからね、マスターまで行くのは。6年一貫になっていますね。そのあとはドクターに行くというのは、余り多くないでしょう。その後のことを皆心配するから。就職で、特

に企業に行ったからと言っても待遇がちゃんとしてくれるか心配でしょ。そこが私も政府の委員をした時に、そのディスカッションの時に、ドクターの人に企業はちゃんと優遇しないとダメなんだと主張しました。アメリカの場合は全然違いますよ、アメリカはドクターをもっていないと研究者にしてくれない。マスターは全然相手にされない。日本の場合はマスターを出るのが一番良いということになっている。そこを変える必要があるわけです。変えるにはどうしたら良いかという、企業の方にドクターの人を取って優遇してほしい、それをお願いするわけです。しかし企業の人にとっては使いにくいのだとか言う訳でしょ。だから良い人材はもっとドクターに行かなくてはだめですよ。多くの人がドクターに行けば良いんですよ。優秀な人は皆マスターで出ちゃう。そこが一番問題ですよ。

須 永 3年もさらに成長していった方が良いということですか。

藤 嶋 良いかどうかは本人の能力次第です。ちゃんとした仕事が、良い研究ができるかどうかが一番、全てですよ。制度はどうでも良いんです。いつでも研究はできるんですから。論文はいつでもできるんですから。だから時間を大事にしなければ、だめなんです。今日は何も言わなかったけれど、書いたもので残すのが一番大事なんです。書いて残しておかないとダメですよ。私の場合はスクラップブックを持つこと。

須 永 先ほどノートを書かれた方が良いと言っておられましたが、それは見返したりしているのですか。

藤 嶋 見返さなくても良いんですよ。でも、絶対見返すことになるんですよ。ちょっとしたヒントがあったでしょ。雑誌見てもちょっと新聞読んででも、何でもおもしろいこと、おもしろいと思うことがあるでしょ。そこを破って、あるいはコピーして貼っておけば良いんですよ。絶対あの時あったなとなるに決まっている。私は今までのスクラップブックが沢山ありますよ。それから私は砂時計を持っているんですよ。30分砂時計というのが欲しいなと思ってね。そうしたらある人が探してくれたんですよ、わざわざ。30分の砂時計。30分で一つの仕

事をやろうと。一つの区切りとしては30分ですよね。今日やらなければならぬことを書いておくでしょ、当然。一日の予定を決めて、それをクリアしていかなくちゃいけないわけですね。

研究者で大事なものはセンス

須 永 今までのどのくらい本を書かれたんですか。

藤 嶋 よく自分でわからなかったんだけど、こないだ神奈川県立川崎図書館というのが、KSP（神奈川サイエンスパーク）の1階に光触媒ミュージアムがあるんですが、2階に県立川崎図書館が移転してきたんですよ。そこに藤嶋のブックコーナーができました。そこに、自分で行ってみてびっくりしました。秘書の人がまとめていたんですよ、私の本を。先生の本のリストを作ってありますと言われました。私の本は今ちょうど60冊になりました。私が監修したものもありますけどね。

——先生の本は理工本だけでなく、古典のお話ですとか、非常に幅広いですね。

藤 嶋 勉強しているとおもしろくなるのですよ。今度私は「女性科学者辞典」を作ろうと思っているんですよ。そういう本はないのでね。世界の女性科学者リストを集めようと思ってもなかなかない。編集会議をやってそこからスタートします。猿橋賞をご存知ですか。毎年猿橋賞が出ているんだけど。リストがありますのでその中の何人かをとり上げようと思いますが。そういう風にして女性の科学者、理系に来てくれる人を増やしたいと思っているんですよ。

——女性は増えているんでしょう、学科の中で。

長谷川 昔よりも増えていると、私たちも言われますね。

藤 嶋 私がいた時の横浜国大の電気化学と応用化学はずっとゼロでしたから。東大の大学院に行くとマスターが百何人かいましたが、女性は一人いたかな。今はどんどん増えている。ある時期から急に増えました。

長谷川 横浜国大の化学EPで1割くらいですね。2割はちょっと厳しいかな。他の文系の学部と比べると全然少ないかなと。

——化学の分野は他に比べ多いですよ。理科大はどうでしたか。

藤 嶋 薬学と生物系は多いですよ。最近は建築が多いですよ、デザインの分野で建築が増えてきている。

長谷川 どうして女性を増やしたいとお思いになられたんですか。

藤 嶋 理科大の学長をやっていると、やっぱり優秀な女性の学生が来てくれないと困るんです。増やすにはね。大学のレベルを上げていくには、どうしても女性が大事なんですよ。

長谷川 そうなんですね。知り合いに今中学生の女の子がいるという人がいて、こないだ私が女性で理系ということで、何で理系に進学したのという話をもらったことがあって、先生的には何を基準に理系に進学、好きだから理系に進学するという感覚をお持ちなんですか。

藤 嶋 どうなのかね。今までは女性は小中学校の先生とか、薬学、薬剤師とか、医者とか限られたところが多いですよ。実際ね。普通の技術者っていうのは少なかったから。

長谷川 昔から女性が少なかったから、今も少ないまま進んでしまっているよ。

藤 嶋 それがかんたん増えてきてはいるけれども。もっと能力からいって増えてもらっていいわけですよ。実際ね。ヨーロッパでもキューリー夫人だってソルボンヌ大学の女性第一号ですよ。ヨーロッパなんかもっと閉鎖的ですよ。かつてはね。今はちょっと変わったかもしれないけれど。何しろ研究をやるにはね、一番大事な能力が何かと言うとセンスですよ。センスがあるかどうかということ。だから、これをやってこれをやればどうなるかということのパパッパと思いつかせるようなことをやらなければだめですよ。私はセンスは豊富だと思います。いつでもパパパといつでも応用できる。そして何にでも関心を持つということが大事ですよ。そこが一番のポイントですよ。

皆 ありがとうございます。

藤嶋昭先輩と私

国大化学会会長 横山幸男

藤嶋昭さんは横浜国立大学工学部電気化学科を昭和41年3月に卒業された。続いて4月から東京大学大学院に進学され、酸化チタンの特性が次々と明らかにされていく歴史が始まったのである。藤嶋さんの卒業研究は工学部共通講座の工業分析化学教室、桃木弘三研究室で行われた。この原稿を書いている横山の8年先輩だ。横山が桃木研に配属された当時、金子竹男さんという教務職員が居られた。後で分かったことだが、彼は神奈川大学の藤嶋研究室卒業の第一期生であった。そう、藤嶋さんは東京大学で学位を取得されたのち、昭和46年に神奈川大学工学部の講師に着任されていたのである。その後の展開は皆さんご存知のとおりで、酸化チタンに光を当てることで生じる強い酸化力と超親水性効果によるセルフクリーニング機能は、広く産業界から民生用まで実用され我々の生活を便利で豊かにしている。酸化チタン電極を用いる水の光分解反応（本多・藤嶋効果）の発見から50年余り、この間の顕著な業績により国内外で幾多の賞を受賞されている。もう数年前になろうか、国際的に著名な化学賞の選考委員会から候補者の推薦依頼の手紙が舞い込んだ。当然のことながら藤嶋さんの推薦文を書いて返送したが、残念ながらその後何も起こっていない。横山が会長をしている間に吉報を耳にしたいものである。ともあれ昨年度には、日本国の最高賞である文化勲章を受章された。恐らく本学創立以来の出来事ではなからうか。大学としても藤嶋さんの功績を顕彰すべく、2017年度のプラウド卒業生に認定した。本学付属中央図書館の一角に関連資料の展示ブースが設けられているので、機会があれば覗いてみてほしい。藤嶋さんの業績については、2010年に文化功労者に顕彰された際、解りやすくまとめた特集記事が国大化学会誌9号（本会ホームページ <http://www.chem.ynu.ac.jp/ynuchem/> より閲覧可能）に掲載されている。

ところで、藤嶋さんの卒業論文タイトルは、「キシレノールオレンジの溶出クロマトグラフを用いた分離」である。この色素（通称XO）は分析化学的に有用な錯形成能を有し、ピスマス、鉛、トリウム、亜鉛、ジルコニウムなど金属イオンの直接滴定用指示薬（例えば、弱酸性で遊離XOは黄色、亜鉛錯体は赤紫色）として、また、可視領域のモル吸光係数が高い（感度が高いことを指す）ことから吸光光度定量法などに多用されている。しかし、藤嶋さんは卒業論文の中で、当時の市販XOはかなりの量の不純物を含んでいることを指摘し、種々金属錯体の諸定数は精製XOを用いて再検討する必要があると結論付けている。はからずも、横山の卒業論文タイトル「キシレノールオレンジの精製と金属イオン（鉛（II））とのキレート生成平衡」のもとになっていたことが最近分かったのである。当時は藤嶋さんの卒業論文を知る由もなかったが、横山の卒業研究は藤嶋さんの指摘に基づいて行われたのだということに今更ながら驚いた。私が液体クロマトグラフィーの研究者として今に至ることができたのも、藤嶋さんに原点があったのかと思うといっそう感慨深く、偉大な先輩を大変誇りに思う次第である。

藤嶋さんには、先日開催の国大化学会総会において「科学分野の偉人たちに学ぶ」という演題の文化勲章受章記念講演を頂き、含蓄のあるお話に感銘を受けたところである。この春に東京理科大学学長を退任されたが、引き続き、光触媒国際研究センターのセンター長というお立場にあり、多くの研究者や学生とともに現役バリバリ、光触媒研究のトップランナーであることは今も変わらない。

