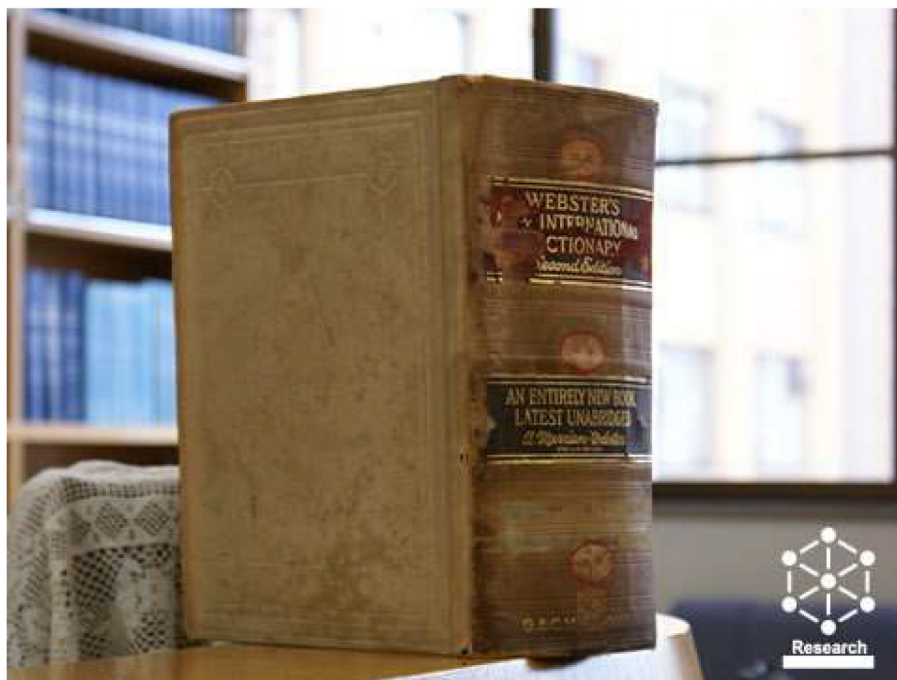




金研で学ぶことの意味、金研で得られるものの重さ、それは学生、研究者個人の個性、感受性、創造性に大きく依ることは言うまでもありません。しかし約100年の歴史を有する金研特有の雰囲気、年数を積み重ねることによって初めて醸成される空気感が、学生の人間形成や研究者人生に与える影響も、少なくないように感じられます。

学生や研究者を以てして研究活動に誘わせるものは、ただ偏に『知りたい』の欲望に尽きるのだと思いますが、その知的好奇心の向かう先、感覚を突き立てる場所は、人それぞれです。

ここでは、学生時代を金研で過ごした、または、最先端を目指して今現在金研で研究活動を展開しているなど、金研という場によって人生の行く先に影響を受けたであろう人たちの肉声を、それぞれの活動を通じて、ご紹介してまいります。

これらを読んでくださった方々に、少しでも『金研で学ぶことの意味』が伝わることを願って止みません。

金研 学びの勧めvol.2

理化学研究所 強相関
量子科学研究グループ
特別研究員 中野 匡規

東北大学金属材料研究所
助教 関 剛斎

東京大学量子相エレクトロ
ニクス研究センター
特任講師 塚崎 敦

切磋琢磨

- Chapter1 千差万別～思うところは人それぞれ～
- Chapter2 金研 学びの勧め(Ⅰ)
～お花見、ビアパーティー、金研講演会～
- Chapter3 試行錯誤～失敗のその先には～
- Chapter4 金研 学びの勧め(Ⅱ)～学生勉強会～

千差万別～思うところは人それぞれ～

広報班：関さん、塚崎さん、中野さんは、大学院生時代やポスドク時代などで同じ時間を金研で共有された方々です。現在、関さんは金研で助教として活動していますが、塚崎さん、中野さんは金研から巣立って、東京大学、理化学研究所で研究活動に邁進しています。今居る場所はいずれも異なりますが、それぞれアカデミックな世界で身を立てて行こうとしている若手研究者です。どうしてこの世界で生きていこうと決意したのか、それぞれお伺いしてみましよう。

中野：僕は、東北大の理学部化学科出身なんですけど、大学院進学の際には金属材料研究所というよりは研究室で選びました。毎年7月頃に化学科で片平キャンパスにある研究室の見学会をやっているんですが(※注1)、そこで見た川崎先生に非常に惹かれました。学問もさることながら、遊びも全力でやるようにと推奨されたんですね。アカデミックな世界にこんなに気持ちの良い考え方をする人が存在するんだと衝撃を覚えました。

川崎研の事を色々と調べて、研究論文の産出数やそれらの論文の被引用数、外部研究資金の獲得額、国際招待講演数などのアクティビティー(※注2)を見て、ここの研究室であれば質の高い研究をすることができるな、と感じて研究室を決めました。それに僕は、学部2年生の頃には、企業に就職するにしても大学や研究機関で働くにしても、「Scienceで生きていこう」と決めていたんです。

きっかけは、たまたま父が持っていた『量子力学の冒険』という本です。この本は『数学も言語だ！』を合言葉に、黒体放射スペクトル解析に始まり、シュレディンガー波動方程式まで理解していく様子を描いた本です。簡単な言葉遣いや数式を利用して、重要な結果（この場合だと公式）をちゃんと導いていて、このような手順で導出した数式は、単なる数字や文字の羅列ではなく、見るだけで意味がわかる数式になる。つまり、数式はただ書かれているだけでなく『生きている！！！』ということをして、20数年生きてきて初めてこの本に自覚さ



せられました。ただ数学それ自体よりも、それを使って自然現象を記述することこそ意味があり物理こそ素晴らしく、自分にとって価値のあるものだという認識を、このころにハッキリと持ちました。それからは、授業はそっちのけで興味の赴くままに自分で勉強をするようになりました。一度きっかけを得るとその後はスムーズに進むもので、以前は理解しがたかったシュレディンガー方程式などが、意味を伴って見えてくるようになりました。そして、勉強を進めれば進めるほど、物理の持つ簡潔さに驚嘆することが多くなり、ああこれを仕事にしたいな、という意識を持つようになったのです。

・・・と言いつつも、今言ったことは全部後づけなんですけどね（笑）。僕は、クリティカルな選択をする際には客観的な根拠が無いと落ち着かないタチなので。

関：私は中野さんの後づけ理由ほどの、明確なきっかけは無いんですが、修士に入ってやりたいと思った研究内容が工学部時代にやっていた研究内容とは少しずれていました。と言うのは、学部時代はバルク磁石（U字磁石に代表される磁力を保持し続ける永久磁石のこと）を研究していたのですが、その頃にスピントロニクスがブレイクしていて、その分野に関するインパクトのある論文がドンドン出て来て、その分野が非常に楽しそうに輝いて見えました。

磁性材料といってもバルクと薄膜では研究のアプローチが違いますし、東北大工学部の材料系では、学部から修士に進む際に、半分は青葉山を下りないといけな。例えば学部4年生が6人いたら、その研究室で受け入れることの出来る修士は3人という塩梅ですね。半分残る人、半分降りる人を決める際に何らかの競争をしないといけないのですが、スピントロニクスをするなら金研の磁性材料学研究部門（高梨研）が良いという理由で今の研究室にきました。



博士に進もうかどうか迷っていたんですけど、材料研究って、当たり前の話なんです**が、今までにない特性を示すmaterialを探すために実験試料を一から全部自分で創る必要があるんです。私、小さい頃にプラモデルも作ったことが無くて、全然そう思ってなかったんですが、試料作りをしている過程で、「あっ、ものづくりって凄く面白い」と感じたんです。**また、周りに幸せそうに研究している博士の人が金研に結構居て、そういった姿を見て博士への進学を決めました。博士時代の研究活動がかなり楽しかったので、もっと先に進みたいと思って、日本学術振興会のPDに応募したところ、SPD（*注3）になり、それを経て今の研究室の助教に至っている、そんな感じです。

塚崎：僕の場合は、東京に出てこられた事が嬉しくて、学部1～3年生時代はひたすら遊んでました。それで4年生になったときに、このままではマズイなと思って、人生をやり直すために学科の中で一番厳しいと言われていた研究室、川崎研を選びました。父親から「勉強、学問をするのだったら、手の届くなかで一番良いところに行きなさい。そこにしか無い出会いが必ずあるから」と言われていて、川崎先生の授業を3年生で受けたときに、「親父

が言っていたのは、このことかぁ」と思いました。

最初から研究者になろうと決意した訳では無く、川崎研に入った頃、幸せそうな博士課程3年生が居たんですね。その方曰く「俺、来年からベル研究所だから」と。モノを知らない学部4年生でも流石にベル研究所の名前は知っていて、物凄く格好良く見えましたね。それと人生をやり直すために川崎研に入ったのに、修士課程の2年間で研究を終えるのが非常に中途半端に思えたんです、僕には。それで博士課程に進もうと。

加えて、興味を持つ→勉強をする→理解が深まる→さらに興味を持つ→さらに勉強する→もしかしたらこのことは僕だけが知っていることかも知れない・・・、このように研究対象に対して深まっていくようなポジティブフィードバックに身を置いているのが、非常に気持ちいいのかもしれない。今はアカデミックな世界に居ることで一応飯を食っていますが、僕はまだ『研究者』になったとは思えないんです。『研究者』になりたい、とずっと思っています



塚崎 敦 Tsukazaki Atsushi

1976年生まれ。2000年3月東京工業大卒
02年東京工業大総合理工学研究科修士修了
05年3月東北大理学研究科博士修了
05年4月東北大学金属材料研究所博士研究員
06年東北大学金属材料研究所JSPS特別研究員(PD)
07年東北大学金属材料研究所助教
10年6月より東京大工学系研究科特任講師
■研究内容：酸化物半導体

が、そのポジティブフィードバックの終着点に立てたときに、初めて「やっと、『研究者』になれたなあ」と思うのかも知れません。もっとも、そんな時は来ないかも知れませんが（笑）。

金研 学びの勧め(1)～お花見、ビアパーティー、金研講演会

広報班：このように金研に来た経路が様々なお三方ですが、どのように学生時代を交差させたのでしょうか。

関：私が塚崎さんと初めてお会いしたのは学会で、いきなり彼のほうから論争を持ちかけて来て、アカデミックな繋がりがまずは初対面です・・・、と言えば格好良いのかも知れませんが、実は金研の中のタバコスペースで一人ボンヤリしていたときに、「ライター貸して。仙台って遊ぶところ少ないよね」と言われたのが最初だったような気がします。

塚崎：僕は修士までは東工大で、博士課程に入るときに仙台・金研に来て、初めての土地だったので、友達が欲しかったんですね。その時は関さんの事はよく知らなかったんですが、とりあえず声をかけてみようかなと。そう言う意味では金研は結構いろんな催事があるので、友達を作りやすい環境だと思います。



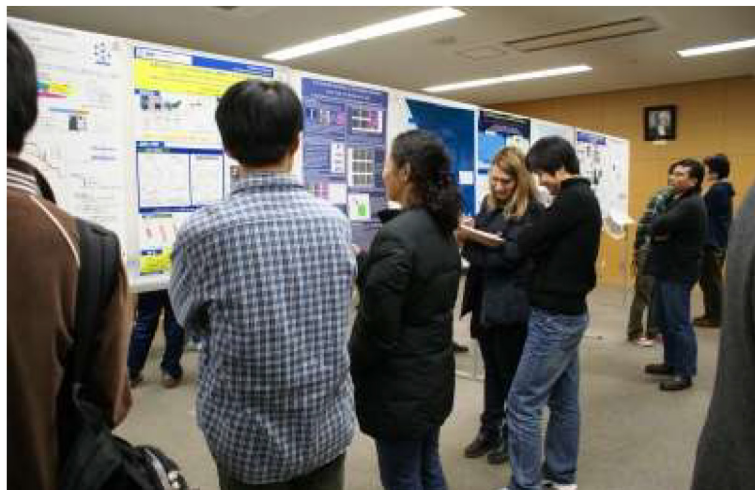
中野：研究室単位で、新歓コンパ、お花見、研究室合宿、芋煮会、スキー合宿、追い出しコンパなどいろんな楽しい催事があるのは、どの大学でも当たり前だと思いますが、金研では全教職員がフル参戦する催事として、お花見と金研ビアパーティーがあります。お花見は毎年4月に開催されるんですが、4月に研究室配属になった当初って、周りは全然知らない人たちばかりで自分の研究室の中でも遠慮がちに振る舞っているのに、そこで他の研究室の陣営に突入するなんて事はまず出来な

い。

塚崎：それに対して、毎年7月に開催される金研ビアパーティーは、大学院生が全ての仕切り、手配をするんですね。その頃になると少しずつ知っている人も増えてきているし、何よりビール、食べ物、生協の手配やパーティーでの出し物の企画など、運営を一緒にすることによって、仲良くなったりするんですね。金研の中だけの催事とは言っても、所長など教授の方々も参加される訳ですから、きちんと段取りを詰めておかないといけない。結構真剣に

やらないといけない。研究でも仕事でも、一緒に一生懸命取り組むって間柄を強くするのに、効果的なんでしょうね、きっと。

中野：それから、金研では、年2回金研講演会というものを開催しています。この講演会、2010年秋の開催で120回を迎えて、都合60年前からやっているんですが、そのプログラムの中に大学院生や若い助教、ポスドクが主に投稿するポスターセッションがあります。もちろん金研の外で開催される学会などには、今や大体ポスターセッションが付きものなのですが、金研の中で実施されるそれには、独特の利点があるんです。



塚崎：外で行われるポスター発表では、あまりよく知らない人が多いですし、自分の専門分野外の事って、その分野の常識なのかそうで無いかすら、良くわからない。そうすると変な事を聞いてバカだと思われるのも嫌なので、発表者に質問するのに、少しばかり躊躇してしまうことがあります。だけど、金研講演会のポスターセッションは、知っている人が多くて、多少バカだと思われてもそれほど困らないので、非常に基

本的な事が聞けるんです。

関：それから、ポスターセッションで同年代から指摘される事って、非常に重たい。先生から厳しい指摘をされても「先生だから、これぐらいは指摘してくるだろうな」と思えるんですが、同い年やちょっと上の先輩から先生の指摘と同レベルな事を指摘されると、「うわっ、この人凄いな！」と感じたりしました。非常に刺激を受けることができます。それに博士に入った頃から海外の学会に参加するようになるのですが、そこでは自分の専門分野だけの話って、まず無い。例えば磁性研究ではあるけど材料が違うとか、物性が異なるとか。その始まり、取っ掛かりとして金研講演会は、非常に良い場だと思います。

関：だけど、私、学生の頃に発表したポスターセッションで、欲張って2枚出していました。金研講演会のポスターセッションでは、准教授以上5名に採点してもらうんですが、その際に採点者の先生から、「関君、2枚出したのは失敗だったね！！！」と言われました。最初は意味が良くわからなかったのですが、点数がその2枚に分散してしまって、結局ポスター賞を取り損ねてしまった。2枚なんて欲張らずに、1枚に凝縮すれば良かったなと（笑）。



試行錯誤～失敗のその先には～

広報班：今、ちょっとした失敗の話が出ましたが、研究活動でこれまでに何か失敗はありますか？

中野：僕が言うまでもありませんが、研究活動自体が直線でゴールに至れるものでは決して無く、紆余曲折して進むモノだと思いますので、失敗は付きものですね。というよりは、Try and Errorの中のErrorは必要なプロセスだと思います。

関：私は、新しい実験装置と初対面の時には、まず、その装置を壊したくなります。壊すと言ってもハンマーなどで粉砕するわけではありませんし、もちろん数千万円もするような非常に高価な装置で試すことはしません。実験装置の特性・能力・限界を実感するために、例えば、電流の限界量を流してコイルなどへの影響を調べてみます。もとより「この程度の故障なら自分で修理できるだろう」という当たりをつけておいて、壊してみます。そうすることで修理する方法も勉強出来ます。実験装置を『実験』すると言うことで、Try and Errorの一つのプロセスかもしれませんから、失敗とは言えないかも知れませんね。

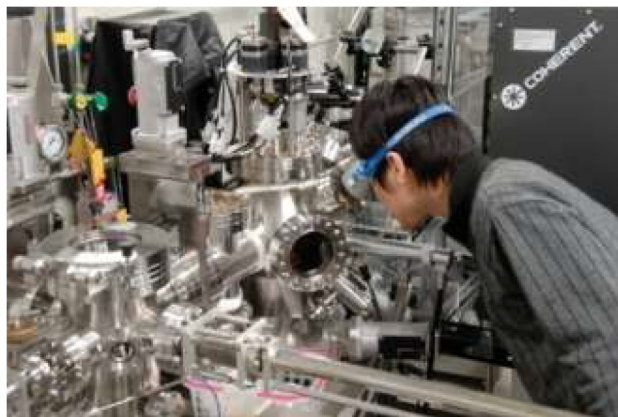
塚崎：僕は、M1の時に本当に笑えない失敗をしたことがあります。『青色発光ダイオードに使うp型の酸化亜鉛薄膜を作る』と言うことが、その当時誰も成功していなくて、私たちの研究分野で非常に熱いトピックスでした。その年の秋の学会の予稿集にp型酸化亜鉛薄膜の作成に成功した内容で、アブストラクトを投稿したんです。投稿した時は「今まで誰も出来なかったことをM1の早い段階で達成した、やったあ！」と思っていたのですが、少し経ってそれを見直してみたら、データの解釈が全然違うことに気がつきました。p型の薄膜なんて出来ていなかったんです。本当に頭が真っ白になりました。

その事を川崎先生に相談したら「アブストラクトの投稿から学会発表まで2、3ヶ月あるので、発表本番までにデータが出るように頑張れ」と。そこから学会発表まで文字通り夜も寝ないで、ひたすら実験、実験、実験でした。夏休みを挟んで



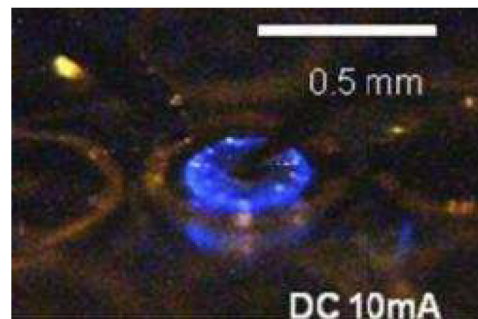
いたのですが、1, 2日ぐらいしか休まなかった。だけどデータは出ない。結局、学会発表の本番では、川崎先生に壇上に昇っていただいて、頭を下げてくださいました。「このアブストラクトの内容は間違いです」と。絶対にあってはならないことをしてしまったし、この時は本当に凹んで、とにかく沈み込んでしまって、研究活動から身を引こうかと本気で思いました。

ちょっと話は変わります。僕は、兵庫県の姫路出身なのですが、現役での大学受験の時に、丁度関西大震災が起きました。あれはセンター試験の日だったと思います。現役では大学に入れず1年間、姫路から三宮まで電車で予備校に通いました。通い始めた4月頃は、その辺りの鉄道沿線は震災の影響で、焼け野原みたいになっていました。だけど季節が進むにつれて建物もどんどん建っていくし、街の風景が短い時間で凄まじい勢いで変わっていく。これを1年間眺めて、『本当に人ってスゴイな』と感じました。



塚崎：沈み込んでいた時期に、そんな予備校時代のことを思い返したりしている内に「弱気な事を言っている場合では無い。やっぱりやるしかない」と思えました。それにこのまま身を引いてしまったら、頭を下げてくれた川崎先生に恩返しする機会も無くなってしまいますよね。間違いアブストラクトの時の実験では、実験条件などを過去の研究例から踏襲していたんですが、一から全部自分の手でやり直そうと。根底からしっかり勉強し直し

て、自分できちんと制御しようと実験に向かう姿勢から見直しました。ただ、心機一転したからと言っても、酸化亜鉛は僕の気持ちなどどうでも良いので、欲しい結果が当然ながらスナリとは出てきませんでした。正に暗中模索で頂上が分からないような登山をしている気分にもなりました。最終的には1000個以上の実験試料を検討したでしょうか。条件探索の地味な実験を繰り返した後、p型酸化亜鉛薄膜を作ることが出来て、それを今度はn型薄膜と接合して青色発光させることに取り組みました。あれは、2003年7月23日の真夜中2時のことでした。その晩もいつも通り夜中実験をしていたんですが、**光っていた**んですね、実験装置の中で酸化亜鉛ダイオードが。嬉しくて震えて泣きそうになりました、本当に。



金研 学びの勧め(2)～学生勉強会～

広報班：さて、こちらで、こういったものを入手しているのですが。今回、皆さんにお越しいただいたのは、編集部としてこれに非常に興味を持ったからです。大学側がお仕着せで勉強会を開催することは、よくあることだと思いますが、大学院生が主体となって、討論・議論の場を設けるのは非常に珍しいなと思いました。この学生勉強会についてお伺いしてみましょう。

塚崎：特別な集まりと言うと、その『学生勉強会』になるんですが、そこに至るまでに、発表者の4人では、所属も研究分野も学年も違いますが、いつつもつるんで研究の話をしていましたね。お酒を呑みに行っても研究の話ばかりしていました。

関：博士のときは、本当に研究の事ばかりを考えていましたね。塚崎さんや中野さんとは研究内容が少しずつずれているんですが、それが非常に良かったのかも知れません。もし、全く同じ研究内容であれば、刺激を受けることも余り無いのかも知れませんね。例えば、川崎研では酸化物の様々な特性を引き出そうとしていたのですが、酸化物というと、それまで誘電体やセラミックスとして扱うものだと思っていて、酸化物で半導体特性を出すとか、発光させるとか言われていてもピンと来なかった。だけど、タバコを吸ったり、お酒を呑みながら塚崎さんや中野さんの話をきいていると、知らない用語が減ってきて、体が慣れてきて、何となく分かったような気になるわけです。私、有機物なんて全然分からなかったんですが、中野さんと話をしていると分かったような気になってきたんですね。本当に理解しているかどうかは置いておいて（笑）。



塚崎：関くんが、 MgO （酸化マグネシウム）の薄膜の上に Fe （鉄）や Pt （白金）の薄膜を成長させて電子デバイスの実験をしているのを見て、本当にビックリしました。僕は酸化物薄膜を専門にやっているの、酸化物の上に酸化物を積むのが一般的なやり方だと思っていた。金属薄膜の組合せ方って、金属薄膜と金属薄膜がノーマルで、せいぜい半導体薄膜と組み合わせるものだろうと思っていた。変な話、僕は酸化物以外を全く知らなかった訳ではなくて、 Si （シリコン）薄膜やガリウムヒ素薄膜も勉強していて、薄膜成長に関してはMOCVD（有機金属気相成長法）も勉強していたわけです。それでも酸化物薄膜の上に、金属薄膜を積むと言うトピックでこれだけ議論が出来る学生がいるんだ！と非常に驚いた記憶があります。

関：今の塚崎さんの発言を聞いて、むしろこっちが驚きました。酸化物薄膜の上に金属薄膜を積むことは、私の研究室においては普通の技術なんです。だから私、その事を最初からごく当たり前としてやってきたのですが、それが実は当たり前でも無かったんだなあ、と。

中野：分野外の意見を聞くと、非常に勉強になるし、刺激になりますね。

塚崎：こういった感じで、日常的に研究の話ばかりしていました。関君とは“薄膜”をキーワードにして繋がっているけれども、材料が違う。千葉大地さんは半導体を専門にやっていたのですが“電界効果”というキーワードで繋がっている。それぞれの研究内容が一部分重なってはいるんだけど、すこし外れていて、自分の知らないその外れた部分から非常に刺激を受けて、ドンドン議論がドライブしていくんです。そうした議論を一つ形にしたのが『学生勉強会』だったんです。実際、電気通信研究所の大野研究室や工学研究科の猪俣研究室、理論物理の前川研究室などの学生を交えて総勢で17人になって、夜まで話し込みましたね。教授の先生方からも後押しして頂きましたし、金研からも場所を自由に使わせてもらったり、厚いサポートを受けていたと思います。

関：学生だけで勉強会をしても格好が付かないので、当時金研でIFCAM（材料科学国際フロンティアセンター）のセンター長をされていた福山秀敏先生に相談しにいったら、快くオーガナイザーをお引き受けいただけました。実はこの『学生勉強会』ですが、このような若手の集まりを推進しましょう、と言って下さった福山先生のご尽力で、今や金研での大学



院生や若手研究者の研究発表の場として恒例になっているKINKEN-WAKATEの原型なんですよ。私たちが関わった学生勉強会が端緒になってここまで大きな取組に育っているというのは嬉しい限りですね。

広報班：最後に「金研のここが良い」を教えて貰ってもよろしいでしょうか。



中野：金研って、理学部や工学部から来ている学生も居れば、全然違うところからきている学生も居る。入ってからは結構大変ですけど、「材料科学、材料研究をしたいんだ！！！」という気持ちがあれば、学生を受け入れる教員、研究室としては、非常にwelcomeな姿勢ですね。比較的垣根は低くって、そういう意味では正に「東北大学」かも知れませぬ。『入学してから伸びる大学NO.1』ですからね、東北大学は。

塚崎：一言で言って、とても楽しい“研究環境”ですね。振り返ってみて、金研は本当に楽しかった。研究を推し進めるためには、こんな良い環境は他には無いと思います。技術職員さん、事務職員さんの支援、研究スペースの広さ、実験装置の充実具合、どれをとっても“幸せに楽しく研究を進められる環境”と呼ぶに相応しいものだ。それから、やっぱり街中であって、呑み屋が近い事ですね。夜中の12時に実験が終わっても、そこから呑みにいけますからね（笑）。

関：もう皆さんに言い尽くされていますので、これ以上は言うことはありませんが、兎に角、金研の門を叩いてさえくれれば、金研に入りさえすれば、金研の研究環境の良さは実感できますよ。



平成23年1月26日インタビュー実施

取材：片山竜二 小玉 亨

文：小玉 亨

インタビュー撮影：相澤由美

金属材料研究所
結晶材料化学研究部門准教授
藤原 航三

金研 学びの勧めvol.1

止まっているものではなく、
動き、時間の流れから
シリコン結晶を理解する

PROFILE

藤原 航三（ふじわら こうぞう）

東北大学金属材料研究所結晶材料化学研究部門 准教授

1973年アメリカ合衆国ボストン生まれ。

1996年九州大学工学部卒業。

98年同大学修士課程終了を経て、
2000年金属材料研究所結晶物理学研究部門助手。2008年より現職。専門
は結晶工学。

● Chapter1 爆発するシリコン〜”ツナギ”の勧め〜

● Chapter2 止まったものを見ても分からない

● Chapter3 何を取り上げるかが非常に大事！〜金研学びの勧め

爆発するシリコン～"ツナギ"の勧め～

広報班：藤原さんは結晶工学を専門とし、特に『シリコンの融液成長メカニズムの解明』、『デンドライト成長を利用したシリコン結晶成長』など、シリコン結晶が成長するメカニズムの解明を目指している。『デンドライト成長を利用したシリコン結晶成長』を究明することによってどのような意味があるのだろうか。

藤原：太陽光発電装置の一番重要な部品、シリコン結晶を高品質化することに繋がります。昨今の地球規模のエネルギー・環境問題の拡大によって、クリーンエネルギーである太陽電池の生産量が世界的に年々指数関数的に伸びていますが、その約90%を結晶系のシリコン太陽電池が占めています。一口にシリコン結晶と言っても単結晶や多結晶がありますが、多結晶シリコンを基板材料として用いた太陽電池が全生産量の約60%を占めています。しかし、現状では、太陽電池の発電コストはまだ高く、これを現在の半分以下にするためには、多結晶シリコンの品質を改善し、太陽電池の変換効率を現状の15-17%から20%以上に向上させることが急務の課題となっています。単結晶は、種結晶から徐々に大きくしていく手法が主で、欠陥の少ない品質の良い結晶を作製することができますが、1回に作ることでできる大きさには限界がある。多結晶であれば、成長させる入れ物の大きさ次第でかなり大きなものも作れるので生産コストを下げることができる。私はシリコン多結晶が融液から成長していくプロセス、つまり結晶成長メカニズムに興味があり、この基礎的な研究なくして、結晶粒が大きくて、欠陥の少ない高品質な多結晶の実現はあり得ないと信じています。



広報班：現在、エネルギー問題解決やグリーンニューディールなど、非常に注目を集めている太陽光発電であるが、その装置は太陽電池パネル、設置台、パワーコンディショナーなど複数の部品から構成されている。藤原さんはその中でも太陽光発電装置の命とも言えるパネルの高品質化に直結する多結晶を作ることを目指しているそうだ。

藤原：シリコン多結晶の結晶粒を大きくすることは、金研に着任してから直ぐに、当時の上司、中嶋一雄先生から言われたことでした。私は今やシリコン結晶成長を専門に研究しているのですが、学生時代は金属を専門に研究していて、当時はシリコンのことはほとんど知ら

なかった。結晶粒を大きくしろと言われても、何にどう手を付けて良いか、さっぱり分からない。ルツボ（溶けたシリコンを冷やし固める時に使う入れ物）の底の部分を尖らせたり、丸くしたりもしましたが、上手く行かない。金属の場合、焼入れ（高温に加熱した後、氷水に入れて一気に冷やすこと）して非常に細かい結晶粒を作った後、高温で熱処理することで結晶粒が粗大化していく様子を調べることができるので、それをシリコンでも出来ないかと試してみました。

広報班：藤原さんが金研に着任された頃も、太陽光発電装置の開発は盛んではあったが、単結晶では製造コストが高いという問題があった。低コスト化に向けて、製造コストが低い多結晶シリコンが着目され始めた頃で、誰もシリコン多結晶の結晶粒を大きくする方法を知らなかった。



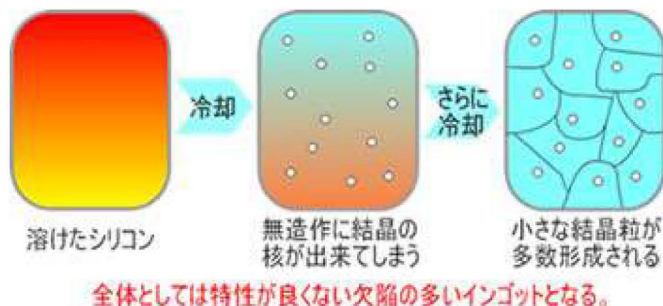
藤原：実は私が実験中にこのツナギを着ることと関わっているのですが、シリコンを焼入れ処理しては絶対ダメです。シリコンは水と同じで、液体から固体になる際に体積が増える性質があるのですが、当時の私はそのことが、どれほどシリコン結晶作製にとってまずいことかを知らなかった。シリコンが冷え固まるときには当然外側から固まっていきます。外側が固まった後、その内側が固まる時に増えた分の逃げ場が無くなったんでしょうね。バケツの中で爆発したんですよ、シリコンが（笑）。15gくらいの小さなシリコン結晶だったんですけど。その爆発に合わせてバケツの中の水も爆発的に飛び散った。一緒に実験していた学生と2人並んで水浸し。自分の人生の中で『茫然自失』になったのは後にも先にもあのとき限りでしたね。 結晶にクラック（ひ

び割れ）が入るくらいを想像していたのですが、ほんとに粉々になりましたからね。ちなみに、そのときは『シリコンの量が多いからだ』と思って、量をもっと少なくしてもう一回同じ実験をしました。結果は一緒でしたが。言うことで実験中は何時でも水を被っていいように、そのときからツナギを着るようになりました。皆さんもツナギを着られた方が良いでしょう（笑）。

止まったものを見ても分からない

広報班：止まっているシリコン、固体になったシリコンをどう触っても結晶粒は大きくなりません。それならいっそ、冷えて固まるプロセスに解決策があるのでは無いかと藤原さんは考えた。それまでシリコン多結晶の成長に対して、時間軸を考慮に入れた実験はほとんど無く、どのようなメカニズムで大きくなっていくのか分かっていなかったのだ。

藤原：爆発したシリコンを見て、成長プロセスを見ていくしか無いと思いました。その時、たまたま多元研（東北大学多元物質科学研究所）に、鉄の凝固過程を観察している人が居て、その装置を使わせてもらったところ、これはシリコン成長にも応用できる手応えがあった。それで中嶋先生に相談して、実験装置を作るお金を工面してもらってシリコンの凝固過程の観察に適したオリジナルな実験装置を作ったんです。シリコンは、液体では金属の性質、固体では半導体の性質を持っていて、成長界面（溶けている部分と固まっている部分の境目）が非常に観察しやすい。いろんな冷却速度で成長過程を観察しましたが、しばらくの間は、結晶粒の大きな多結晶作成に役に立ちそうな実験結果が、跳ね返ってきませんでした。



広報班：キャスト法（入れ物の中で冷やし固める方法）では、一般的に、結晶粒を大きくすることは難しいと言われている。左の図を見て欲しい。普通の方法ではこのプロセスのように、良いシリコン多結晶を作成することは困難である。それで登場するのが『デンドライト利用キャスト法』である。

藤原：デンドライト利用キャスト法発見の発端は、一緒に実験をしていた学生が持ってきたデータでした。私たちの装置では、結晶成長する過程を直接観察すると同時にビデオテープに録画しています。いろんな冷却速度で結晶成長を試していたのですが、あるとき学生が実験したビデオを夜中に一人寂しく見ていたら、1つの結晶粒がルツボの側壁面に沿って、急速に大きく成長していたんです。これは面白いなと思って、当時の先輩に話しましたが、『そんな再現性の無いものは、使い物にならない』と言われました。しかしこれが



再現、制御出来れば、今まで誰も出来なかった多結晶の結晶粒を大きくすることに繋がると感じていました。それでルツボ側壁面で観察された現象を2次元的に観察できるような工夫をして実験したところ、デンドライト状（樹木の枝の様、樹状成長と呼ばれる）に結晶成長している様子が観察できました。その後、実験を重ねてデンドライト成長する条件を見付けたんです。この実験結果が出たのが大体2005年頃で、今ではシリコンのファセットデンドライト（ファセットは"スムーズな面"；金属のデンドライトとは異なり、2本の平行な双晶界面を介して成長するため、ファセットデンドライトと呼ばれている。）の成長メカニズムについては、大体分かって来ました。このファセットデンドライト成長をキャスト成長の初期段階に発現させる方法がデンドライト利用キャスト法です。



このプラグインはサポートされていません

【ファセットデンドライト】

左側の薄い灰色の部分が結晶化したシリコンで、右側の濃い灰色の部分がシリコン融液。結晶が左から右に成長する過程で、結晶成長界面の一部分からデンドライト状に結晶成長している様子が分かる。

何を取り上げるかが非常に大事！

広報班：高効率太陽光発電への応用が期待される『デンドライト利用キャスト法』だが、事の始まりは、指導していた学生さんが持ってきた実験データであった。海のものとも山のものともつかぬ実験データが数多ある中で、何に目を付けるか、どのデータを重要視するかは、正に研究者の感覚次第である。



藤原：デンドライト利用キャスト法の発端となったデータを取った学生さんは、最終的にこの実験結果を元に修士論文を書き、学位を取って社会に出て行きました。最初は、学生さん自体この実験結果の価値が分からなかったんでしょうね、論文にすることに消極的でした。だけど、折角の面白いデータであったので、折を見て励ましながら論文指導をしました。学生さんについてお話すると、助教時代にいた研究室や今の研究室で何人か見てきましたが、こちらの

全く予想していない実験結果を持ってくることが結構あって、それが非常に面白い。若い人の方がいろんな感覚が鋭いのは当たり前だと私は思っていますし、学生さんにはそれを大切にして欲しい。学生さんが思い切った実験をやってくれたことによって、今の私の研究がある訳ですから。学生時代に大切な事は、楽しみながら研究をする、何事にも囚われないで色々な方向から実験をする事だと思います。私は指導する際に、研究の目的ははっきり言いますが、実験の手段や方法に関して一から十まで指示することはしない。結局、テーマを与えた時点で、学生には自分の研究だと思って実験してほしいし、何かうまくいかないときに、**いろんな工夫をして壁を乗り越える方法を見つけだすところが研究の醍醐味**だと思うので、それができてこそ研究者のスタートラインに立てるのだらうと。ただ、そうやって自発的に自分で考えて突拍子も無いこと、こちらの想定以上のことをしてくる学生さんを放っておくだけでは、折角の価値を見いだせそうな実験結果もジャンクになってしまいます。価値判断の仕方を含めてきちんと方向付けをすることが、すごく大事だと思っています。

金研 学びの勧め

広報班：藤原さんが金研に着任してから10年になる。初めての就職先、仕事として研究活動を行う場としての金研はどのように映っているのだろうか。学びの場としての金研-

KINKENはどのような場所なのだろうか。

藤原：実は私が金研の存在を知ったのは、ドクター課程3年生になって就職先を探している時でした。それまで"本多光太郎"博士のお名前は良く聞いていたのですが、博士が金研の創設者であることを知りませんでした。就職の面接日程が決まってから、面接で格好良いことが言えるようにと、たまたま研究室の本棚にあった『本多光太郎伝』を読んだんですが、良い事が書いてあるんですよ、これが。大好きなくだりがある、自分が実験に行き詰まった時には今でもそのくだりを読みますし、学生が行き詰まっているようにだと、そこを読ませたりすることもあります。



藤原：手前味噌で恐縮なのですが、金研は研究するのに本当に良いところですよ。街中でこんな大規模な研究施設があるのって、金研ぐらいですし、研究スペースも研究設備も、他の研究機関に比べたらかなり恵まれていると思う。それに"材料"をキーワードに理学系の研究室、工学系の研究室が同じ組織に居るのも大きな特徴だと思います。自分自身の研究分野の中で議論や理解を深めていくことが重要なのは当然のことですが、それだけだと発想が乏しくなる。だけど金研には、金属研究を始めとして物理、化学、原子力工学、環境科学などいろんな専門分野の人たちが居る。しかもそれぞれの研究レベルが高い。こういった自分とは違う分野の人たちと日常的に接して、違う発想を見ることが出来るのは金研だけだと思います。それに、外から見るとあんまり目立たないと思いますが、技術職員や事務職員って研究所運営にとって非常に大事なんです。その人たちの貢献と言うか、献身さと言うか、これまた非常にレベルが高い。とある辛口の教授が言っていたのですが、『大学の事務職員と言うのは研究の邪魔をするのが仕事かと思っていたが、金研に来てその認識が180度変わった。これだけ一生懸命に研究活動を支えてくれる事務組織は他に無い』と。

藤原：今、金研に来る学生があまり少なくなっていて、私としてはもう少し賑やかになって欲しいんです。金研がどれだけ良い研究環境か、どれだけ研究を進めるのに最適なのかが伝わりさえすれば学生はこぞって金研に来ると思います。と言うよりむしろ、学生は金研に来るべきだと思います。



平成22年12月17日インタビュー実施

取材：片山竜二 小玉 亨
文：小玉 亨
インタビュー撮影：相澤由美