



## 座談会

# タンパク質の魅力、研究の魅力、 そして研究所の使命

平成 29 年 3 月 15 日

### タンパク質動態研究所にもつイメージとは

**永田** 去年の4月にタンパク質動態研究所がスタートしました。今日は第1回の年報をつくるにあたり、この研究所の5つの研究室を主宰されている皆さんにお集まりいただきました。この研究所を皆さんがどんなふうに見えておられて、どういうところに意義を求めようとしておられるのか。それがご自分の研究活動、そして教育活動にどういう意味を持つのかというあたりをお聞きしながら、この研究所をより良いものにしていくためのヒントをいただきたいと思っています。

まず、この京都産業大学に、私たちが所属する総合生命科学部とは独立した形で、タンパク質動態研究所ができた。この意味というか、この研究所にどのようなイメージを持っ

ておられるかということから、お聞きしたいと思います。

若いところから、千葉さんからどうですか。

**千葉** タンパク質の特に動態という切り口にフォーカスしているというところがいい。それが一つの提案、メッセージになっているんじゃないかと感じました。自分の研究で言えば、タンパク質の機能を理解する上で、タンパク質ができてくるところの動態を理解しないといけないという流れになってきているので、そこで新しい価値観を見出せば、と思っています。

**津下** 私は、動態研究所にさまざまな研究者が集まって、そこで新たな共同研究が生まれ、まだ見たことのないような新しい研究に発展すればいいかなと思っています。それぞれの個が確立した研究者同士が集まって新たな教

育と研究をすることで、今まで1人ではできなかったような新たな分野がまた生まれてくるのではないかと。

僕のところは、これまではX線結晶構造解析でタンパクの静的な形を捉える、そこから機能を解析していくということがポリシーだったんですけれども、いま形の変化が重要になっている。私がターゲットとしているのは、タンパク質のA成分とB成分とがくっついて細胞の中に侵入するという毒素です。そのB成分が実はタンパク質を膜を越えて輸送するトランスロケーターと呼ばれるタンパクで、これが構造を変えてAをどうやって輸送できるようになるかがわかれば、非常に面白いなと思っています。静的なピクチャーを幾つもつなげることで動的なものが生まれてくる。

**遠藤** タンパク質の研究というのは常にライフサイエンスの中心であるわけですが、それが今、すごく変わりつつある、大きな転換点だと思うんです。僕らの研究もそういう世界的な大きな流れの変化の中で変わっていかざるを得ないところがある。どう変わってきているかという、一つはタンパク質の構造決定法の技術革新ですね。もちろん今までX線などでいろいろ構造が決まってきましたが、クライオ電子顕微鏡<sup>1</sup>を中心とする技術の進展によって今まで決められなかった複雑なタンパク質複合体や膜タンパク質も構造が決まるようになってきた。たぶんこの5年ぐらいの間にもものすごく沢山のタンパク質の構造が出てくるでしょう。それから次は、この10年ぐらいの間にプロテオーム<sup>2</sup>といって細胞の中のタンパク質全体の情報を集めるということができてきたわけだけど、集めるだけではなくて、それを使ってシステムとして理解するというか、コンピュータの中で生

き物をいじるとか、進化させるとか、そういうことができいく感じがあります。もう一方では、タンパク質の構造とか機能を計算機で完全に扱える段階に入りつつある、という計算科学の進歩もあります。

こうした大きな流れの変化に僕らは関わっていきたいとは思いますが、全部にかかわれるわけではない。でも、これだけ大きな変化が起こっていることを何か伝えたい。動態研究所というのは、いま生命科学を牽引し、変化生み出しつつあるような流れについて、この大学の研究者、学生のコミュニティに伝える媒介としての拠点になればいいのかなと思います。

**永田** 今の遠藤さんが言われた大事なことは、個々の研究者がこれまで築いてきたことのほかに、世の中でタンパク質研究が非常な勢いで新しいメソドロジーを導入しながら動いていく。それとどのような関係を持ちながら自分の研究、あるいはこの研究所全体の研究を発展させていくかという目配りが非常に重要になってきていて、それは津下さんのほうに



永田 和宏

も当然かかわってくるわけです。こうしたことは、個人のレベルでは限界があったのを、こういう研究所全体のアクティビティとしてうまく取り込んでいく、これは非常に大事なことだと思いますね。

**近藤** 私はこの研究所に関するストラテジックな面と学術的な面の2つについて、お話ししたいと思います。

コンパクトな私学で何をやるかという、何か特徴を出す戦略が必要で、近畿大学がマグロで行くのだったら、うちはタンパク質動態で行こうかというぐらいの、できればそういう使命を帯びながらこの大学の特徴を出せばいいと思っています。個々の研究活動も、研究所という形にすると見えやすくなるし、この大学の特徴を表現できるかと思っています。だから、この大学自身の幾つかのキャッチフレーズの一つになるような、そういう活動を研究や教育を通してやっていくのがこの研究所の役割でしょうか。たまたま今回は、大隅良典さんがこの研究所に招聘教授として関わられるということで、同じ分野でやっているわれわれが非常に重要なことをやっているという一つのアピールになったのかなと思います。

研究面では、私は世の中では発生生物学者と言われているんですけども、それは正しいような正しくないような。私がやっているのは最終的には生命、具体的にはわれわれの個体ですけども、それをきちっと働かせるためのシステムの研究。いわば個々のタンパク質に対応する非常に強いエンジンとか、すばらしい効きのいいブレーキとか、低速から高速まで全部カバーできるようなすばらしいサスペンションとか、これを全部組み合わせてどうやって一つの車に組み立てるか、そう

いう作業のところの研究です。具体的には、DNA からどの遺伝子をどうやって働かせるかを指示する転写因子というタンパク質、それから細胞は集団で同調的に働く仕事をすることもあるし、隣の細胞同士がむしろ別のことをやったほうがいいこともある、そういったシグナルに関係したシグナルタンパク質、つまりタンパク質機能の出発点と、細胞としてのアウトプットという、両面に位置するタンパク質の研究をしているわけです。こうした個々のタンパク質の研究も、例えば転写因子の安定性ではユビキチン化とか、リン酸化とか、皆さんがなさっていることが全部入ってきますので、1個1個のタンパク質もやりながら、それがどう全体の流れにつながるのか、どうシステム化ができるかというあたりを描ければいいなと思います。

**永田** 私はこの研究所をつくるにあたって、この総合生命科学部には非常に優れた研究者たちが集まっているというのは、学会的にも、文科省的にも皆が認識しているわけですが、それを一つの力に変えるにはどうしたらいいかということを考えました。そうすると、あの人もいるし、あの人もいますという形での認識のされ方よりも、京都産業大学ではこういうところで特徴のある研究者を集めているんです、こういうところにフォーカスした研究を一つの特徴としてやろうとしているんです、という切り口が重要なかなと思いました。そこで何か特徴のあるものを出したいということで、「タンパク質動態」というフレーズが浮かび、それにフィットする先生がたに集まっていただいたわけです。もちろん、人が先あって分野が決まったということもあるし、こういう分野だからこういう先生に集まってもらったという両方があるわけです



が、非常に特徴のある研究所ができたと思っています。

集まっていた方は、もちろんわが国だけじゃなくて世界的にも非常によく知られた人たちばかりで、どこへ出しても恥ずかしくない研究者がそろっている研究所だと思います。ユニット数としては5つでそんなに大きくはないですが、東工大の大隅ユニットも6つぐらいですし、いいサイズだろうと思っています。

**近藤** 昔、阪大に細胞工学センターができたときも、やっぱり5研究室でした。

**永田** 「タンパク質動態」を冠した研究所、というのは僕の知っている限り初めてだと思います。これまでタンパク質の研究というと1個のタンパク質、それに形があって、機能があって、この形と機能がどんなふうに関連しながら一つの生命活動の中で位置づけられているかという、いわば個々のタンパク質オリエンテッドな研究だったと思うんですが、ここはそうじゃない。全てのタンパク質に共通する、ある種の動態がある。生まれてから成熟して、移動して、機能して、劣化して、分解されて、再利用される。1つの研究所がこうした一連のイベントをメインに考えようというのは、多分日本としても初めてだと思うし、世界的にも僕の知っている限りあまりないと思います。

この研究所のもう1つの特徴は、ここに集まっている5人の研究者が近いところにありながら同じことはやっていない。このバランスがなかなか絶妙で、ちょっと話題になっていた、大隅さんも入っている「七人の侍」<sup>3</sup>。あれも同じで、非常に近い分野なんだけど、1人として同じことをやっている人がいない、全部違う分野のことをやっている。そうした

仲間の相乗効果が、すごくいいんです。あの「七人の侍」という仲間がこんなに続いているのは、酒が呑めるということのほかにもそういういいことがあるからで、この研究所のメンバーもそれに近いところがある。同じようなことをやっていて競合しているだけだったら研究所としてあまり力にならないけど、少しずつ違うことをやりながら、でもスコープとしては、近藤さんの発生というちょっと見た目には違うような分野も含めて、同じところを志向できるというのが、この研究所として強いところだと思っています。

**千葉** 技術的にも、構造をやる人もいれば、バイオロジーをやる人、分子生物学をやっている人もいる。そういう意味でも非常にバランスがいいですね。

**永田** そうですね。構造生物学、細胞生物学、分子生物学、発生生物学、タンパク質科学、生化学。あまり分けてもしょうがないけど、近いようで重なってはいないという感じですね。

**津下** 一般向けに一言だけ言うと、僕の中のイメージでは、例えば音楽のジャムセッションみたいに、それぞれの個が確立した人がいるんな組み合わせで何かをやると、また新たなものが生まれてくる。そうしたことができるとすごくいいかなと。ジャムセッションの場合は観客がいますが、研究というのは観客をおいてというのはリアルタイムでは無理です。でも、共通しうるのは、やっている人間が共同研究を楽しんでやれること、それがすごく大事だし、それができるんじゃないかなと思います。この研究所のメンバーだけではなくて、総合生命科学部にはいろんな先生がいるので、そういう人たちも巻き込んで、あるいはもっと外部の方も巻き込んで、そ

うことが楽しんでできたら、その核となるような研究所であればいいかなと思います。



津下 英明

#### 私学における新しい研究所設立の意義とは

**永田** わが国のタンパク質科学研究における本研究所の位置づけについては、いろんな意見が出たので、ここでちょっと話題を変えましょう。ここは私学である。早稲田、慶応のように大きな私学でもなくて、まあまあ中堅どころの私学。この私学がこういう一つの研究所を持つことの意味、それは研究面での意味に加えて、大学にどんなふうにコントリビュート、貢献できるかということがあります。一番わかりやすいところは教育ですけど、そういうことについて、この研究所が担っていくべき役割について、何かご意見ありますか。

**遠藤** 国立とか公立の大学は公教育なので、この国の次を担っていく人を育てるというミッションがありますが、私学はそうじゃなくて、それぞれに教育の理念と方針があって、それで人を集めてくる。でも、逆にそれは厳

しくて、学生が集まらないと成り立たない。ここに来て感じたことですが、学部とか組織を、良い学生が集まるよう魅力的にするために、思い切って、かなりのスピード感を持って変えようという姿勢がすごいです。ただ、そういうことだけをやっていると、長期的な視点とか、広い視野とか、最先端での動きとか、そういうことを組織に反映しにくいところがある。研究所のミッションというのは学生がいかに応募してくれるかということだけじゃない視点。長期的、先端性、先進性といった視点でこういうものをつくると、大学にプラスαの魅力ができて、それが間接的に学生を集める魅力にもなるんじゃないかと思います。そういうふうな学部組織と研究所をうまく使い分けていくと、この規模の私学だったらより魅力的になるのかなと思います。

**永田** それは大事な指摘ですね。研究所ができたわけだから、教育といっても学部と同じことを考えていたら研究所のレゾン・デートルはないわけで、それをどう考えるか。1つのアドバルーンというか、見やすい広告塔というか、こんな面白い研究をしているんだ、こんなに先端的な研究をしているんだということを社会なり、あるいは教育現場なりにどう発信できるか。それが間接的に学生集めになるというのは、すごく大事なことです。われわれは研究所の人間として、そういう意味でのアクティビティというのを高めていく必要があるだろうと思います。

**津下** タンパク動態研究所だけじゃなくて、京産大がいいのは、私学なのに理学部を持っていて、かつ天文台がまたいい仕事をしていますね。基礎研究に幅広く力を入れているというのは京産大としてアピールする点じゃないかと思います。タンパク質動態に、天文台

に、理学部を持っているというのは、ちょっとやそっとでは——なかなか短期につくことはできないもので、将来 10 年後、20 年後という長いスパンで見たときにアピールできることじゃないかと思います。

**千葉** 確かに。ちょっと驚いたのは、この研究所はどちらかというと基礎研究に重きを置いているようなところがあって、私大でそれをやるというのは非常に勇気が必要なことだったんじゃないかということです。大学のあり方がいろいろ問われる昨今、やはり大学の一つの重要な役割は、学問とか学術的な価値とか文化を守ること、それをこの大学は真面目にやっているということを示す一つの象徴にも思えました。だから、学生集めという点では、学生さんはかなり偏差値を見るけれども、そういうところではなくて、この京産大の研究とか、純粋に学問を大事にしている姿勢を見て選んでほしいなと思います。

**永田** 大事なことですね。それをアピールするにはどうしたらいいですかね。

**千葉** それがなかなか難しいところですね。

**永田** そうなんですよね。僕が総合生命科学部をつくったときに、総合生命科学部のキャッチフレーズを考えたんです。それは「よりよい教育はよりよい研究から」というもので、それは今も継承されていて、学長も京産大全体をそんなふうに言っていたいでいるんです。僕が今回、大隅さんのノーベル賞受賞に関してあちこちで宣伝しているのは、大隅さんが「科学を文化として捉える、そういう姿勢が日本の中で必要だ」と言われていること、これはとてもいいメッセージだと思っています。千葉さんの口からも期せずしてそういう言葉が出たけど、研究する風土というのが大事だということを、大学としても、学部とし

ても、研究所としても示していく必要があるのではないかと。

ただ、そこまではみんなが同意できるんだけど、これをどう広めていくか。そこが難しいところです。直接に学生集めをするのはこの研究所のミッションじゃないけれども、私学という意味ではそういうことで大きく貢献できるのではないかと。どう考えますか？

**遠藤** 今は入試がある以上、客観的な 1 つの基準として偏差値というものがあって、それで大学のランクづけが決まり、自分がどこに行ったらいいかという学生の動向が予備校の感覚で決まってしまうというのが現状です。本当にそれがあと 10 年続くのかな。今、世の中を見たら、マスメディアが信用されなくなっていて、ツイッターとかの SNS がどんどん幅をきかせ、情報の出方、入り方、共有のされ方が、大きく変わってきていますよね。そういう中で、大学に入るところだけが偏差値という予備校的なメトリクスで動くというのが本当に続くのかな、という気がします。それが変わってくるといときに慌てて何かしても遅いので、さっきのアドバルーンでもないけれども、何か違う情報の発信の仕方、情報の提供の仕方をつくっていけば何かが変わるのではないかと、と思います。そういう実験は学部レベルでは危なくてできないかもしれないけど、研究所はそういうことが少し許されるマージンがあるのではないかと。だから、思い切って面白いことをやって、何か発信していったらいいのかなと思いますね。

**永田** ここはやはりすごい大事なことです。遠藤さんが言ったのは、この大学だけじゃなくてどこの大学も全部同じ問題で、「大学評価学会」というのがあるのをご存じですか。大学評価はいかにあるべきかをやる学会、ちゃ

んとした学会なんです。僕、実はこの間、その学会に頼まれて特別講演してきたんだけど、やっぱりそこでも同じようなことはみんな問題意識として持っている。これはちょっとドン・キホーテ的だけど、やっぱり誰かに憧れて高校生がこの大学を選ぶというメカニズムが、われわれの時代にはあったと思うんです。僕は個人的には湯川秀樹さんがいたから京都大学理学部、それしか考えなかった。

**近藤** 私は生物物理学科の1期生になるために京大に入ったんです。

**永田** 僕は残念ながら、近藤さんと1年違うだけで生物物理に入れなかった。僕が3年生のときに生物物理学科ができて、近藤さんが1期生なんですね。僕は物理の落ちこぼれだけど、入った動機はすごくはっきりしていて、京都大学に湯川秀樹がいたから。幸いなことに、1年間、湯川先生の物理学通論というのを受けることができたんですが、それが最後の講義だったんです。あの先生がいるからこの大学に行きたいという人が受験生の中に10人でもいれば、また全然意味が違ってくるんじゃないですかね。数的にはわずかなものでも、例えば10人近藤さんに憧れて京都産業大学を受けたいという人が出てくるとするのは、この研究所が果たせる一つの意味ではないかと。

**近藤** もちろんこの先生に憧れてというのはあるけど、こういう先生がいる、しかし、それだけじゃないらしいというマス効果というもの大きいかと。そういう意味で働き頭は永田さんだと思いますけれども、それぞれがいるんな機会に存在感を出していただければと思います。

**遠藤** 永田さんの言われた、先生に憧れて来るとするのは、確かに今、それだけ魅力を持

った大先生、弟子を何十人も生み出すような人ってどんどんいなくなっていますよね。それは時代の流れる的なこともあって、大学の教育は公平でなければいけないという風潮が強くなっている。きちっとしたカリキュラムやシラバスがあって、教員が変わっても教える内容が同じでなければいけないという。

**近藤** 教育というのは教科書を教えることではなくて、僕らは科学をやっているから、それぞれの一番のプロフェッショナルなところで学生に語りかけて、プロとは何であるか、あなたがプロになるときはどういう気持ちを持ってやるんですか、という問いかけをすることが大学教育だと思うんですね。教科書を教えなさいという教育観が間違いで、われわれとしては、もちろん教科書を離れて教育をしているわけじゃないけれども、研究の最先端から来るような問題提起とか、難しさとか、そうした現場を教えることが大学教育かなと思いますね。

**永田** きょうは教育問題をやる場じゃないのでこのぐらいにしますけど、僕がずっと言い続けていることは、大学ではわかっていることは教科書で見てください。大学の教師がやるべきことは、ここがまだわかってないのだということを学生に気づかせること。それが大学教育の一番の根幹だと僕はずっと言い続けています。

### 意欲をもった大学院生をいかに惹きつけるか

**永田** さっきいい学生という話が出ましたけど、大学院生を増やしていくことがすごく大事なことだと僕は思っていて、研究所にとってもいい大学院生が来てくれないと、続かないです。研究の質を保障するために、大学院



生をどうやって集めるか。これは卵が先か鶏が先かと同じことで、いい研究をしていて学生が来るというのは大事だけれども、いい研究をするためにはいい学生がいないとダメだということです。総合生命科学部をつくる時に、当時の学長に研究のできる学部をつくってください、大学院生を増やしてくださいと言われたので、それは無理ですと言ったんです。「京大でも大学院生が集まらなくなっている時代に、私学で大学院の授業料も高く、しかも出たからといって京大、東大の大学院生と同じように見られるかどうかかわからないところに大学院生を増やせと言っても無理です。だから大学院の授業料をなくしてください」と言った。すると次に（当時の）学長に会ったときに大学院を無料にしますと言われて、後期博士課程から授業料は実質全額無料になりました。これには本当に感心しましたが、この大学のスピード感というのはすごかった。今は、修士課程は成績に応じて7割減免、6割減免、2割減免です。大学としては大学院生を増やすということを全面的にサポートしてくれていると僕は思っているので、これで増やせないというのは、われわれの責任にもなってきます。どうやっていい学生、大学院生を増やしたらいいかについて、何かお考えはありますか。

**近藤** 大学の修士課程というのは、自分の人生、具体的には就職を考えたときに、自分が本当に行きたい職業に就くための具体的な道だと思う。基本的にはそれで納得して行っている人もいます。現在は大学院を出るとするのは必ずしも研究者育成というわけじゃなくて、その大学院で一生懸命研究をしたという経験が次のキャリアにつながるのだと思います。その中で私は研究以外は嫌という人は、

博士課程に行ってプロになるというのが正しいと思います。

就職とは、それぞれの人の人生をいかに豊かにするか、一番得意なところをいかに生かして人生を切り開いていくかというための手段だと思います。その手段を選ぶときに、この大学院は今までのいろいろ経験した大学院の中でも、一番教育がしっかりしていると感じました。まず第1は、最先端の研究の中に大学院生を巻き込んで、自分が後ろからついていくんじゃなくて、一番先端にいるという自信を持たせながら、それなりのいろんな要求、ここは妥協できないとか、そういうことを経験すること。もう一つは、プレゼンテーションがたくさん要求されていますが、すごくいいトレーニングだと思います。大学院



というのは最初の1年だけでもものすごく成長しますから。そのあたりをいかに学部生の方に納得してもらおうかですね。さっき高校と大学は切り離して考えるべきだとおっしゃっていましたが、大学院もまた大学の学部とはまったく別の次のステップなので、だからそこで就職戦線も勝てるし、自分の思っ



た方向に行けることになる。そういうことを学生さんに納得してもらおうということが、ワン・オブ・ザ・ストラテジー、一つの作戦かと思えます。

**永田** 遠藤さんと近藤さんは最近他大学から来られて、この大学院生というものについて何か感じたことはありますか。

**遠藤** 大学院の研究教育が充実していて、学生がちゃんと育っているなと思いました。修士では1年次に2回発表がありますけれども、その発表と質疑応答のレベルの高さにはびっくりしました。

**近藤** すごくうまく働いていると思いますね。

**遠藤** 一つ残念なのは、学生というのは周りの動向を見て自分の行く方向を決めるので、ちょっと前まで求人倍率が低かったから、早く決めないと負けちゃうみたいな、勝ち組になろうと思ったら早く就職を決めたいという雰囲気が強かったのかな、そのせいでここでは国立大と違って優秀な学生が就職に行ってしまうがち、というのがあります。でも、それも今、求人倍率がどんどん上がって行って、変わりつつあるかもしれません。

もう一つは、実は今、国立大学なんかではアカデミアに向かおうという人がどんどん減っています。それはその先にあるものとして、ポスドクを続けても続けても、パーマネントなポジションが足りないとか、暗いものばかりが見えてきたからなわけです。でもそれは逆に、人がアカデミアに行かなくなっていく分、今大学院に行けば結構勝ち組になれるということです。そのあたりがもう少し意識されるといいのかな、と思います。こうした2つの面、求人倍率の上昇とアカデミアに残ることがネガティブからポジティブに変わっていく流れ、ということで新たなフェイズに入

ろうとしているから、そこを見きわめれば、大学院に行くという選択肢は決して悪くはないはずです。それが学生の間で共有されていけば、ここでも成績優秀でモチベーションの高い学生が大学院に行く傾向が強くなるのかなと思っています。

**永田** 大学院に行くということは、これまで大学院に行く自分の将来の可能性をどんどん狭めていくことにしかない、アカデミアに残るしかない、どんなにしんどくても研究者として残るしかない、ということだったんだけど、今は大学院に残ることがチョイスの可能性を広げていくことになる。それを学生に知ってほしい。大学4年間で卒業したら、せっかく総合生命科学部に来て、研究者という職業にはなかなかつけない、あるいはサイエンスと関係ない職種に行くという形になってしまうんだけど、サイエンスが好きで総合生命科学部に来て、アカデミアに残ることが最終目標じゃないんだけど、その人の人生の選択の幅を広げることになる。これが1点すごく大事なことです。

あともう一つは、本気で1回研究するという経験とそのスタンスを知ってほしい。その上で就職してほしい。

**近藤** それはとても大きいですね。次の段階でどんなところに行くとしても、大学院で本気でやった経験というのはどこでも生きるんですよね。

**永田** それが人生にすごく大きな意味を持ってくるので、僕は今、学生の講義ではそのことを言っているんです。卒業研究だけでは本気で面白いと思えるかどうかと言われると、若干イエスとは言いつらいところがあって、せめて修士まで来てしっかりと研究してほしい。その上でいるんなところに行ったら、そ

の間に没頭した経験というのは、やっぱり人生大きな役に立つと思うんですけどね。

**千葉** 教員の立場から見ても、研究の楽しさを伝えるには、やはり一定の研究活動をして、試行錯誤してという時間が必要なんです。それが大学院まで行って来て、ある一定の長い期間をやらないと、1 サイクル、2 サイクル経験できない。研究室に来てすぐ出ていってしまうと、こちらとしても伝えたいことが伝えきれないという不満がどうしてもあります。



**永田** 今の学生の多くは失敗経験を持たないまま社会に出ていく。これは恐ろしいことだと思います。卒業研究までは、ちゃんとうまくいくように用意してあるんだけど、本来の研究というのは失敗続きで、失敗したときにどういう態度をとれるかということこそ、学生に一番学んでほしいことです。それを知るためにも大学院まで来てほしいという気がしますね。

**千葉** 生み出すことがいかに大変なことかということを知った上で、日常生活を送ると、多分世界を見る目が変わるんじゃないかということもあると思いますね。

**津下** この学部卒で4期生まで出しているわけですが、大学院の進学率は高いんですが、残念ながら外の大学院に行くんです。せっかく研究の面白さをわかったので、この大学院に残って、その研究をさらに続けて発展させてほしいと思います。

**永田** それはちょっと意見が違って、僕は外へ出ていくことは全然かまへんと思っていて、うちで囲い込むという必要はないと思っているんだけど。

**遠藤** 逆方向も欲しいですけどね。

**永田** それは研究所のミッションだと思う。あそこはこういう研究所があるから行ってみたいというので外から来てくれたら、いいですね。

**津下** 学生に一言だけ言いたいのは、人と同じことをやるな。学生は先輩が出たから自分もまたついていだけで同じところを目指すんじゃないし、人と違うことをやってほしいと思っています。

**遠藤** それについては学部教育から変えないとダメかなと思います。今の学部教育は、授業に出て、いい点を取って単位を取る。それを積み重ねていくと卒業できて、就職もうまくいく。これだけであって、単位にならない活動というのはほとんど評価されてないですよ。でも本当は、学部のときにこういうこともやりました、ああいうこともやりました。部活だけじゃなくて、そういう実績をポートフォリオとしてちゃんと見せて、それを武器にしていいところに就職するなり、そういう単位にならないことの重要さをアピールでき

る仕組みを作るべきです。そういう価値観は学部教育からやらないと、「大学院へ行ったら土日も大学に出てきたり、夜遅くまで実験をやって、結果が出なくて苦しんで、そんなの何で面白いの？」となる。本当は、そこにハマれば面白いんだけど、それを面白いと気づかせるような教育が学部でできていない。学部で単位にならないことが、実は幅を広げて面白いんだということをきちんと伝えて、大学院がその先の選択肢としてあることに気づいてもらえるのがいいのかなという気がします。

**永田** 僕が企業の人事で面接をするなら、まず大学でどんな失敗をしたかと聞くな。どんな失敗をして、どう対応したか。それを一人一人に聞けば、その人間がどれくらい企業にとって有益かというのは一発でわかると思うけど、成功体験ばかりで大学から送り出すというのは本当に怖いことだと思うよね。それはさっき千葉さんが言っていたみたいに、そういう体験を積み重ねるのは3年生、4年生だけの卒業研究ではちょっと十分ではないので、大学院まで来られるように学生全体の雰囲気を変えたい。そのためには研究所は面白いことをやっているよとアピールするのは、学部にとっても良いことだという気がするけどね。大学院生を全部研究所で囲い込むということではなくて。

### 大学に研究所から要望したいこと

**永田** いろいろ研究所のことを離れて、教育の本質的な問題とかが出てきましたが、この研究所の中で仕事をしていく面で、こういうところを何とか改善できないだろうかとか、大学にこういうことをお願いしたらどうだろ

うかということを忌憚なく意見をいただきたい、それも含めて年報に載せたいと思います。何を言っても多分クビにはならないので。

**千葉** できるだけ現場にいる時間がほしいというのが切実な問題です。実験系の研究では、とにかくできるだけ長時間学生と教員が接することがエッセンシャル。われわれが伝えたいことは、結局経験を通してしか伝わらないんですよね。学部教育をもっとという意見もあったんですけども、やっぱりダイレクトに伝えるには直接経験してもらおうというのがよくて、そのためにはやっぱり教員が長時間現場にいないといけない。最近PI<sup>4</sup>になって、それがいかに難しいかというのを思い知りました。

**永田** われわれもずっとそうだった。

**千葉** これは本当にまずいことだと思うんです。自分の職務とか使命を果たす環境がやっぱり非常に厳しいものだなと。学生集めに奔走しなければいけない、いろいろなことをしなければいけない。いろいろなことに気を使って、ストレスを教員がためると、それが学生に伝わるとするのは非常にまずい。疲れた顔をしていると、大学院に進んだら将来どういうものなのかと学生が想像するときにもよくないし、われわれ自身のパッションもスポイルされてしまう。

**津下** この研究所の前身と考えていいのかわからないですが、構造生物学研究センターでX線の施設とかを立ち上げる時には、大学には非常にお世話になって感謝しています。さっき遠藤先生の話に出ていたクライオ電顕というのは、多分構造生物学の中ですごく大きな波になってきています。X線構造解析だけじゃなくて、次の時代はクライオ電顕とか、さまざまな新たなテクニックが入って来るわ



けですけれども、クライオ電顕の測定装置を入れろと言うんじゃないで、少なくとも測定データの解析は研究所の中でできるように整備していただけるとうれしい。そういうハードの面のサポートは重要なことなので、できる限りまたよろしくお願ひしたいなと思います。

**近藤** 津下さんはクライオ電顕を具体的に挙げられましたけれども、もう少し広く言うと、新しい方法が出てきて、新しい答えが出る。そういうときに基本的なハードウェアの更新とか新しいスタイルにするということが必要であって、それについてわれわれは外部資金を取ってくる努力をしていますけれども、大きなものは自助努力だけではできないところもあります。要するに新しい汎用性のある、しかし、時代のトップを走るための装置とか、そういうことに対して銀行が投資するようなつもりで大学からサポートをしていただくと、われわれもそれに乗って最大限頑張って成果を生み出し、それがまた巡り回って競争的資金の獲得とかで戻ってくる。企業が最初の投資がうまくいくとどんどん発展するような正のスパイラルを狙いたい。ぜひとも投資のつもりでサポートしていただけると力になるなと思いますね。

**千葉** 設置場所の問題も含めて。

**遠藤** 大学院の学生をいかにふやして、それで研究の質を確保してというときに、大学院生のスペースが確保されていないというのは、ちょっと驚く、というか論外なところがありますね。

**永田** うちなんか廊下に机を置いて座らせているからね。

**遠藤** そこだけは何とかしてほしいと思いますね。

あとわれわれの研究所は、5人なんですよ。5人だから、一番最初に言ったようにカバーできる研究領域自体は狭い。ほんの一部でしかないけれども、できるだけ新しい流れなりをフィードバックして、学生や同僚とシェアしたい。そうすると、国内外からいろいろ研究者が来て、ディスカッションして、場合によったら、ちょっと滞在して実験して出ていく、こういう人の流れの拠点となっていくといい。今でも、この規模でこれだけ著名な世界的な研究者がセミナーをやってるなんて、すごいですよ。それを聞く機会が学生にもちゃんと開かれているというのは素晴らしいと思います。もっとそういう機会を増やしたいし、1日、2日じゃなくて、数カ月滞在してくれるような研究者もいたらどんなにかいいなと思います。ただ、問題はそういうことのサポートの体制が不十分です。人の交流に関しては最優先で手当てしてもらえよう体制をお願ひしたい。昨年海外から研究者が来て2ヶ月滞在したい、というときに、部屋の確保とかが大変でした。

**永田** そう、そういう短期滞在の研究者のための部屋というのは必須です。うちもあるとき研究者が2人海外から来たけど、大学に居室がないので、1つの部屋をシェアしてもらいました。そういうスペースは本当に必要ですよ。

**遠藤** 短期滞在の研究者が帰国後、京産大はすごく良かったよと発信してくれたら、連鎖反応で、ほかの人も来たいと言ってくるわけです。われわれは世界中に知り合いがたくさんいるんだから、そういうところから広げていけば、世界中から実際に研究者が来て、滞在して、ここがすばらしい拠点としてリコグナイズされていくと思うんですね。スペース

の問題と交流に関しては、もっともっと便宜を図ってもらいたいと思います。

**千葉** あと、助教とかポスドクを常に確保できるようにしないと、研究は絶対に進まないですね。今は保障がないですからね。そこは本当に深刻です。

**永田** スペースの問題、人の問題、要求したいのはやまやまだけど、実際の大学の財政の問題にもかかわってくるので、すぐには要求したとおりに行くことはないかもしれないです。

僕はもう一つこの研究所として大事なことは、さっき外部資金の問題も出たんだけど、この研究所はあくまで基礎研究を大事にすることが最大のミッションだと思うんです。ただ、一方で基礎研究から出てきた応用研究の芽をいかに伸ばすかというメカニズムも、大学として構築しておかないいけないことがある。ご存じのように AMED<sup>5</sup> がどんどん膨らんで、基礎研究の予算がどんどん縮小していく中であって、最初から応用研究を目指すのはこの研究所のミッションじゃないけど、基礎から出てきた応用研究の芽を大学として伸ばしていくための方策をとっておかないと、せっかくの知的財産を無駄にすることになってしまう。今、どこの大学でも URA<sup>6</sup> をすごく大事にしている、文科省も URA が無い大学には金を下ろさないといい始めている。ちなみに、この大学では URA はまだない。大学としてそういう取り組みを始めておかないと、外部資金も入ってこなくなる。この研究所も含めて、AMED とかの研究資金の対象になる材料を持っている研究者はここにもおられると思うんだけど、それがうまく AMED の資金獲得に結びつかない。それは例えば企業とタイアップしていることが必要な

のに、それができていないからで、実際企業と話をしてくれるメディエーターがないと応募すらできないという状況になってきています。大学としては早急にそういう体制をとるということが大事だと思っています。あくまで研究所のミッションとしては基礎研究だけれども、大学にコントリビュートできるものとしては、この研究所が率先して URA を育てていくことじゃないかなと思っています。



### タンパク質の魅力とは何？

**永田** 話し足りないことがまだ沢山あるかと思いますがけれども、最後にタンパク質のどこが面白くて研究をやっているのか、タンパク質の魅力を一言ずつ語っていただけますか？

**遠藤** 僕は、タンパク質ってこんなに素晴らしいものはないと思っています。アミノ酸配列の可能性は無限大（たとえば  $10^{400}$  通

り)でしょう。僕らをつくっている 10 万種類ぐらいのタンパク質はそのたった  $10^{400}$  の 1、ものすごく貴重なものなんですよね。何でそんなものが選ばれたかという、それはアミノ酸をただつないだってほとんどの場合何の形もできないし、何の機能もないんだけど、その中でごくわずかの確率で、ある特定の形をつくれる配列が生まれるわけです。さらにその中で機能を持つものって、さらにごくわずかの確率でしか生まれません。そういうものが選ばれていって、今、10 万種類残った結果が、僕たちを作っているタンパク質なんです。どうやってそれらの分子が選ばれたかと言うと、何十億年という年月をかけて、アボガド口数的に膨大な種類のポリペプチドについての実験を地球上で行って、その進化の中で選ばれたわけです。だから僕らの持っている 10 万種類ぐらいのタンパク質というのは、奇跡の分子のコレクションなんです。こんな奇跡的なものが面白くないはずはないというのが、僕の考えです。

**近藤** 遺伝情報というのは DNA としつこく言われていますけれども、DNA は分子としては単なるひもで、その配列の中からここからここまでが翻訳される、ここからここまではタンパク質を構成する、それを指令するのは、たとえば転写因子というタンパク質です。遺伝情報というコードから生命を生み出すのはタンパク質であり、そういう意味でタンパク質は遺伝子から由来するものですが、遺伝子を動かすのはタンパク質でないといけない、そのあたりが魅力ではないでしょうか。

**永田** 僕もタンパク質というのとはすごく面白いと思っていて、全ての生命現象でタンパク質がかかわらない生命現象は何一つない、これは間違いない。だけど、いま遠藤さんが奇

跡的に残った 10 万種類と言ったけど、この 10 万種類の中に機能のわかっているタンパクは、まだほんのわずかしかない。ほとんどのタンパクはまだ機能がわかっていない。うちのラボの自慢でもあり自負でもあるのは、全部自分たちが見つけたタンパクでだけ研究している、勝負しているということです。だから何にも機能がわからないところからスタートし、これは一体どんな機能を持っているのか？もし機能を持っていないことがあったら面白くないけど、必ず何かの機能があるというのが僕の信念なので、それを自分たちで同定していく。こんな面白いことはないと思っていますね。

**遠藤** 自分たちで名前をつけてね。

**永田** 名前をつけるのが面白いし、好きだし、それは研究者の特権ですね。お二方もし何かあれば。

**千葉** 生物学者が答えようと思って答えられないことの一つに、遺伝情報がどうやって生命に変換されるのかということがあって、当然のことながらタンパク質はその鍵を握る分子なので、生命の謎を解く鍵。遺伝情報の配列がちょっと前まではアミノ酸配列に変換されて、それが構造を持つことによって機能するというような考えがあったけれども、つまり遺伝情報は完成図を設計しているというような考え方でしたけれども、最近はそれに加えて、タンパク質の「でき方」も規定している。アミノ酸配列の中に例えば合成の速度を決めるような情報も入っているということもわかってきて、タンパク質というのは単純に構造だけじゃなくて、でき方も含めての情報が入っている。まだまだ知らないことがあるんだなと実感しています。ちょうどそれが研究テーマでもあるので、またみんなが知らな



いタンパク質の魅力が見つければなというふうに思っています。

**津下** 一番最初の大学の研究室がタンパクのフォールディング<sup>7</sup>の研究室、タンパク質が1本鎖からどうやって折りたたまれるのか。そのころはまだよくわからなかったわけですが、そのあとに結晶構造解析というタンパク質の立体構造を研究するのが僕の仕事になって、今までやってきました。さらに今、タンパク毒素の研究で、最初に言ったようにA成分が一回形をとったものがまたほどけて、B成分のタンパク質を作る穴を通して出ていくわけです。そんなことがどうやって起こるのか。結局一番最初にやったフォールディングのところにもた戻るんです。いかにタンパク質が解きほぐされて、また元に戻るのか。そんなことが起こるといって自体がものすごく不思議で、そこのところをあと10年かけて解き明かしたいなと思っています。非常に魅力的な分野です。

**永田** いい研究所になるような予感がします。

\*\*\*\*\*

(注)

**1 クライオ電子顕微鏡**：生体内の複雑で巨大な生体分子（複合体）を染色することなく、生のまま凍らせて、電子線を使って観察する方法。最近技術革新があり、これまでタンパク質の立体構造決定の王道であったX線結晶構造解析、核磁気共鳴（NMR）に続く第三の方法として急速に普及しつつある。結晶化の必要がない、複数の構造が混じっていても構造決定可能、これまで困難であった膜タンパク質複合体の構造決定にも威力を発揮するなどの長所がある。

**2 プロテオーム**：特定の細胞、組織、個体に存在する数多くのタンパク質の総体。これまでは一つの精製したタンパク質の研究がタンパク質研究の主流であったが、多数のタンパク質を定量的に同時解析する技術が進み、プロテオームそのものを解析対象とする研究（プロテオミクス）が可能となった。

**3 七人の侍**：大隅良典（東京工業大学栄誉教授）、田中啓二（東京都総合医学研究所所長）、三原勝義（九州大学名誉教授）、藤木幸夫（九州大学特任教授）、吉田賢右（京都産業大学シニアリサーチフェロー）、伊藤維昭（京都産業大学シニアリサーチフェロー）、永田和宏（京都産業大学タンパク質動態研究所長）の七人を指して、「七人の侍」と呼ばれることがある。京都産業大学総合生命科学部の開設記念シンポジウムにこの七人が集まってシンポジウムを行い、これがきっかけとなって、このグループで全国の大学で講演を行うことが多くなった。

**4 PI**：Principal Investigator。独立した研究チーム（ラボ）の主宰者。ラボは一人のPIとポスドク（博士研究員）、テクニシャン（研究補助員）、大学院生、学部学生、等から構成されることになる。

**5 AMED**：（国際研究開発法人）日本医療研究開発機構。日本版 NIH（米国の医学研究の研究拠点・資金配分機関（Funding Agency））の仮称のもとに設立が準備されて2013年にスタートした、わが国における医療研究開発を支援する資金配分機関。現実には文部科学省が扱っていた生命系基礎研究に関する研究予算の一部が JST 等から AMED に移り、生命科学に投入される国の予算の流れが、基礎研究から応用研究へと変わりつつある。

**6 URA**：リサーチアドミニストレーター。大学などで研究者の研究活動活性化のための環境整備およ

び研究開発マネジメントを担当する職種。具体的には民間も含めた研究資金の調達・管理、知財の管理・活用の業務を担当する。文部科学省が数年前から、URA を育成・確保するシステムの整備を指導・支援している。

**7 フォールディング：**タンパク質はアミノ酸がつながったひも状の高分子(ポリペプチド)であるが、特定の立体構造に折れたたまって、機能を発現する。この高次構造形成プロセスをフォールディングと呼ぶ。タンパク質は、自発的に特定の立体構造に折れたたまると考えられており、その原理解明はタンパク質研究の重要なテーマの1つである。

\*\*\*\*\*

## 研究所員略歴

**永田和宏：**1971 京都大学理学部卒、1971-1976 森永乳業中央研究所 研究員、1976-79 京都大学結核胸部疾患研究所 研修員、1979-86 同 講師、1984-86 米国 National Cancer Institute、Visiting Associate、1986-98 京都大学結核胸部疾患研究所・胸部疾患研究所 教授、1998-2010 京都大学再生医科学研究所 教授、2010より京都産業大学総合生命科学部 教授(2010-2013 学部長)、2016より 京都産業大学タンパク質動態研究所長、京都大学 名誉教授。

**遠藤斗志也：**1977 東京大学理学部卒、1982 東京大学大学院理学系研究科修了(理博)、1982-89 群馬大学 工業短期大学部 助手・助教授/工学部 助教授、1986-88 Basel大学 Biocenter 研究員、1989-91 名古屋大学理学部 助教授、1991-96 同教授、1996-2014 名古屋大学大学院理学研究科 教授、2014より 京都産業大学総合生命科学部 教授。名古屋大学 名誉教授。

**千葉志信：**1997 北海道大学薬学部卒、2002 京都大学大学院理学研究科修了、2002-04 京都大学ウイルス研究所 博士研究員、2004-08 米国 UCSD 研究員、2008-09 京都大学ウイルス研究所 研究員、2009-10 同 助教、2010-14 京都産業大学総合生命科学部 助教、2014年より 同 准教授。

**近藤寿人：**1971 京都大学理学部卒、1976 京都大学大学院理学研究科修了(理博)、1976-78 米国 Wisconsin 大学生化学教室 研究員、1978-88 京都大学理学部 助手・助教授、1988-93 名古屋大学理学部 教授、1993-2002 大阪大学 細胞生体工学センター 教授・センター長(1998-2002)、2002-14 大阪大学大学院生命機能研究科 教授・研究科長(2006-08)、2014より 京都産業大学総合生命科学部 教授。大阪大学 名誉教授。

**津下英明：**1987 北海道大学理学部卒、1989 北海道大学大学院理学研究科修了、1993 理博、1989 日本たばこ産業(JT) 生命科学研究所 研究員、1997-2010 徳島文理大学人間生活学部兼健康科学研究所 助教授・教授、2003-08 徳島大学分子酵素学研究センター 客員教授、2010より 京都産業大学総合生命科学部 教授。