

国立遺伝学研究所70周年記念講演会

第二部パネルディスカッション

「なぜ遺伝学を研究するのか」

大隅良典(東工大学栄誉教授)/桂勲(国立遺伝学研究所前所長)/小林武彦(日本遺伝学会会長)

Part1 遺伝学とは =

小林: 皆さん、こんにちは。国立遺伝学研究所の70周年記念公開パネルディスカッションを進行させていただきます。パネルディスカッションといっても討論会ではなく、中高生の皆さんからの質問にお答えしていくという形をとります。テーマは「なぜ遺伝学を研究、生徒さんの場合には勉強するのか」ということで、先ほどご講演いただいた大隅先生、遺伝学研究所の前所長の桂先生にご登壇いただいて、私と3人で進めてまいりたいと思います。その前に、遺伝学について私から話をさせていただきます。

遺伝学とは、字から大体分かるよね。皆さんが思っているのは、親から子へ形質が伝わる仕組みを研究する学問ではないかと。だって遺伝の学問なんだから、そう考えるでしょう。でも、これだと正解は半分の50点なんですよ。実はちょっと違います。遺伝学は100年ほど前に欧米から日本に伝わったんですけど、元の言葉はジェネティクス (genetics)。これの訳が遺伝学なんですよ。

じゃあ、ジェネティクスはどういう意味があるのかですけども、ジェネティクスとは、生命の継承メカニズム、つまり「ヘレディティー (heredity)」と、生物の多様性、つまり「バリエーション (variation)」を研究する学問です。

生命の継承とは、親から子へ形質つまり姿や形がどのように伝わるか。簡単に言えば、どうして似てるのかなあということなんです。一方、生物の多様性とは、どうして親と違うのかなというところ。 実は、生物学的にはどちらかというと多様性のほうが重要なんですね。つまりジェネティクスとは、いろんな形質を持った生物が存在することが重要というのを勉強する学問なんです。たまたまジェネティクスの訳が遺伝学になっちゃったから、継承の意味だけを皆さんよくご存じなんですけども、実は名様性を研究する学問です。





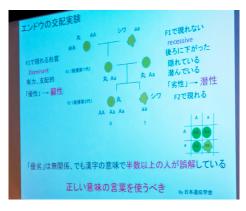
小林 武彦 (こばやし たけひこ)

九州大学理学部生物学科卒、理学博士(九州大学大学院、1992)。米国国立衛生研究所研究員、国立基礎生物学研究所助手・助教授、国立遺伝学研究所教授を経て、2015年より東京大学分子細胞生物学研究所(現、定量生命科学研究所)教授。日本遺伝学会会長、および生物科学学会連合代表。専門は、ゲノム、老化、DNA組換え、DNA複製。

さて、遺伝学の父と呼ばれるグレゴール・ヨハン・メンデルは、混ざり合わない粒子性のものが親から子に伝わっているんじゃないかというので、1865年に遺伝の3法則というのを発見した人ですね。

中学生のときに勉強したと思うんですけども、エンドウ豆の交配実験というのがあって、「丸い種の系統のエンドウ豆」と「シワの種をつくる系統のエンドウ豆」を掛け合わせると、不思議なことに、雑種第1代はみんな丸い種をつくるんですよ。シワはどこにいったんだと。

次に雑種第1代の丸い種同士を掛け合わせると、丸とシワが3対1に現れた。シワはまだいたじゃないかと。例えば、絵の具の青が丸で赤がシワだとすると、青と赤を混ぜたら紫だけど、紫を青と赤に戻すことはできない。そんな絵の具のような液体みたいなものではなく、「混ざり合わない何か」があって、実はその雑種第1代で形は丸



なんだけどちゃんとシワをつくる何かの物質は混ざらないでいる。つまり、次の子供に現れてくる混ざり合わないものがある。そこで、雑種第1代で最初に現れてくる形質を、優性(ドミナント)と呼ばれていますが、日本遺伝学会ではドミナントという言葉に「優れている」という意味は本来ないので、「現れる」という意味で「顕性」と呼ぶことを提唱しています。また、雑種第1代で隠れていて雑種第2代で現れてくる3対1の1の形質は、劣性(レセッシブ)と呼ばれていますが、私たち日本遺伝学会ではレセッシブに本来「劣っている」という意味はないので、「潜んでいる」ということで「潜性」と呼ぶことを提唱しています。こういった遺伝の法則を見つけたのがメンデルで、今から約150年前のことです。

まとめますと、遺伝学って似ていることばっかり言うでしょう、親に似たからこうなったんだとか。本当は遺伝学とは、それは半分の要素でもう半分は多様性、似ていないことがどうして起こるのかを研究する学問でもあるわけです。ですから、遺伝学は今ものすごく広まっていて、いろんな分野が遺伝学に含まれています。

例えば、遺伝子の本体である DNA、その情報であるゲノム、それを運ぶ染色体が遺伝学の中心的な物質や情報だよね。どうやってゲノムが複製されるかとか変わっていくかという変異、複製、組換え、修復なんていうのも遺伝学の中心的な分野です。また、時間軸をたどっていけば、発生して成熟して子供をつくって、若返って、世代交代して、また発生するという流れももちろん遺伝学の中心的な分野だよね。さらには、そういった分子的なことだけじゃなくて個体レベルとして集団遺伝。集団の遺伝はどうなってるのかとか、選択、進化なんていうのも遺伝学の中心的な分野となるわけです。さらに、最近はゲノム編集やエピジェネティクスとか、配偶子形成なんかももちろん遺伝学に含まれています。また、昔は生態学が遺伝学に入ってないんじゃないかなと言われていたんですけど、今では生態学も遺伝子のレベルで研究されていて、遺伝子の違いから生態の違いが説明されるようになりました。たくさんの分野が遺伝学に含まれているから、遺伝学を遺伝子との関係で考える生物学というふうに私たちは考えています。だから、生物学イコールほぼ遺伝学と考えられたらいいと思います。

Part2 それぞれの出会い。

小林:では、われわれはなぜ今、遺伝学を、一生懸命研究 しなきゃいけないのかということについて、3名で意見を 交換しながら、皆さんの意見を聞きつつ進めてまいります。 パネラーの大隅先生、桂先生、どうぞよろしくお願いします。

桂先生は国立遺伝学研究所(遺伝研)の前所長でして、2018年11月まで所長をされていました。実は私、今は東京大学に勤めていますが、その前は遺伝研に勤めておりまして、大隅先生とご一緒していた基礎生物学研究所から移ってきました。そのときに採用していただいた人事委員会の委員長が桂先生で、桂先生のおかげで今の私があります。そのような経緯で、ずっと存じ上げております。

大隅先生とは、私が遺伝研に来る前にいた基礎生物学研究所でお会いしました。私は 1997 年に留学から帰ってきましたが、大隅先生はその前年ぐらいに東京大学から基礎生物学研究所に来られました。ある時、私のボス堀内先生が、突然大隅先生を私の実験台のところに連れてこられて、堀内先生が「こちら大隅さん。大隅さんが酵母の老化の研究をしたいと言ってるんだ。小林君は酵母の老化をやってるよね」って言われて。私は「やってますよ、先生」って言いました。すると「大隅先生に教えてあげてもらっていいですか」って聞かれたから、「いいですよ。でも、ちょっと大変なんですよね」って答えました。

確かに大変な実験で・・・酵母って老化するんです。20回ぐらい分裂するとだんだんくたびれてきて死んじゃうんです。1回分裂するのに2時間で、20回だったら40時間、2日間ぐらいずっと見とかないといけない。どうしてかって

いうと、酵母って丸いでしょ。生まれてきたばかりの酵母はまだ小さいから、どっちが親でどっちが子供か分かるんだけど、ちょっとたつとどっちとも同じ大きさになっちゃって、どっちが親か分かんなくなっちゃうんですよ。だから、小さい子供のうちにその子供を別のところに隔離しなきゃいけない。酵母をずーっと見続けなきゃいけないんですよ。

大隅先生は「それは大変だね」と私に言って。だから私は「でも、先生、安心してください。酵母は冷やせば寝ちゃいますので、夜は冷蔵庫に入れて帰ればいいですから。で、次の日にまた、続きをやればいいんですよ。2日のところを3日4日かければ」って言いました。すると大隅先生が「小林さん、私、そういう性格じゃない。2日でも3日でも徹夜して見続けるから」って。だから私は「先生、それやったら、酵母が死ぬ前に自分が死んじゃいますから」って言って。ものすごい人が来たなと思いましたよ。私よりちょっと年が上で、私でもこの実験はすごくしんどい。「ただ者ではない」と、そのときに思ったのを鮮明に記憶しております。

けれども私とお二人の出会いよりもずっと先に、実は大隅 先生と桂先生はお知り合いでした。その経緯を桂先生、ちょっ とお話ししていただいていいですか。

桂: 大隅先生が 1988 年に東大教養学部の生物学教室に助教授として移ったときに、私もたまたま同じ時に助教授になって移りました。そしたら、教室主任の先生が私たちのところに来て、「来年、新しい建物が建ち、君たちはそこに引っ越す予定になっている。だからそれまでの 1 年間だけ、同じ





桂 勲 (かつら いさお)

東京大学理学部生物化学科卒、理学博士(東京大学、1973)。スイス国バーゼル大学助手、東京大学助手・助教授を経て、1991年国立遺伝学研究所教授、2009年同名誉教授の後、同所長(第9代、2012~2018)を務めた。

専門は線虫の分子遺伝学、生体分子集合の遺伝学・生化学。

実験室を使ってくれないか」って言われたんですね。それで小さな2つの研究室が1つの実験室を共用してたんです。私の研究室は私1人で、大隅研究室はもう1人実験を手伝ってくれる人がいて2人でした。

ある日、大隅先生が「桂さん、面白いものがあるけど見ませんか」と言って 顕微鏡を見せてくれました。それがオートファジーだったんです。何か分からな いけれど、酵母の液胞の中に粒々がブラウン運動して動いてる。私は全然理解 できなくて、これがなぜ面白いのかと思ったんですけど、大隅先生にあんまり 失礼なことも言えないので「はあ」と言って...。

これがすごく面白いと分かったのはもうちょっと後で、大隅研究室で変異体を採って遺伝子をクローニングした時です。15 ぐらいの遺伝子を最初に見つけて、次から次へとクローニングしていったんですけども、全部、訳の分からない遺伝子でした。それを聞いたときに、これはすごいことになるんじゃないかと思いました。つまり、今までほかの研究者がやってきたことと全然違うことが出てきたわけですね。

また、大隅先生はなかなか人付き合いがうまくて、よく授業のあとで学生を連れてきて「桂さん、この学生、面白いからしゃべってみない?」とか、そんなことをやっていました。2人とも研究費をたくさん持ってたわけではなかったんですけれども、自由にいろんなことができたんで、やりたい研究をやってました。で、そういう雰囲気がすごく良かったんじゃないかと思います。

小林:そのとき桂先生が42歳、大隅先生が43歳ぐらいですね。すごいですね、2人同じ部屋になるっていうのは。噂によると、ときどき大隅先生は研究室からいなくなってしまうということがあったそうですが。

桂: どこに行っていたかは知らなかったのですが、大隅先生はオートファジーを見つけて、ここからどういう手を打ったらいいかを、いろんなとこで考え続けていたと思ってました。

大隅: いろんなとこでね。

桂: 先ほどの大隅先生の講演では分からなかったと思いますが、実は大隅先生は、それまではどちらかというと運が悪かったんです。ずっと運が悪かった中で耐えて研究して、43歳になって初めてすごい幸運をつかんだ。そして幸運をつかんだら次にどうするか、どういう手を打てばいいか。非常にきちんとした手を打ったんです。

普通の人だったら最初に変異株を採るんですけれども、変異株を採るより先に電子顕微鏡の人と一緒に形態学をきちんとやったんですね。で、私はそれを聞いて感心しました。変異体を先に採っちゃうと、すぐ他の研究者がまねしてくるんです。だから、その前にまねできないところを先にやる。そういうところを非常にきちんと考えています。また、15の遺伝子の変異体をたった1人の大学院生が採ったんですね。それは大隅先生がいかに人を見る目があるかということなんです。この人にやらせればできるだろうと。そういう、人を見分ける能力もあったんじゃないかと思います。

小林:私は大学で遺伝学の講義をするときに、遺伝学のパワーというところでいつも大隅先生の話をします。ATG 遺伝子の発見ですが、要するに変異株っていうのはもともとあるものが壊れてその機能が動かなくなった。そこから、もともとどうだったのかっていうのを想像するんです。つまり想像力が大事です。遺伝学のパワーだというところで、大隅先生の想像力にはいつも感心しています。





大隅 良典 (おおすみ よしのり)

東京大学教養学部基礎科学科卒、理学博士(東京大学大学院、1974)。米国ロックフェラー大学研究員、東京大学助教授、国立基礎生物学研究所教授、東京工業大学特任教授等を歴任。2009年国立基礎生物学研究所名誉教授、2014年東京工業大学栄誉教授、2016年ノーベル生理・医学賞、および文化勲章を受章。専門は、タンパク質分解、生体膜、オートファジー。

Part3 大隅先生に聞いてみよう

小林: さて、今日は中高校生が100人ぐらい来てるのかな。たくさん質問があると思うんで、事前にアンケートを採らせていただきました。大体30名ぐらいの方に答えていただいております。ざっくり「大隅先生にお聞きしたいこと」「遺伝研への質問」「将来の夢」の3つに分類しました。これを順繰りに紹介していって、大隅先生と桂先生にお答えしていただきます。さらに皆さん方に追加の質問をしていただくという感じで進めていきます。

まず、「将来の夢」からいきましょうか。研究教育関係に興味のあるひとが19名、医療関係が10名ですね。ここに来られている方というのはモチベーションが高いですね、研究教育関係19名には驚きました。もともと生物や研究とかが好きな人が来てるのかな。それで、研究教育関係のうち研究者が6名。新薬の開発なんかもそうなのでしょうし、学校の先生、微生物環境研究者、再生医療、生物学に関する研究者、農業関係の研究、品種改良、顕微鏡をのぞく研究職、バイオエタノールの研究、農業の世界に貢献できる人ということですね。また医療関係は10名で、医師、スポーツのお医者さん、医学部進学、医療関係、薬剤師、管理栄養士など。

研究教育関係 19名

医療関係10名

研究者 6 新薬の開発 2 教師 3 高校の化学か生物の教員 1 微生物関係の研究者 1 再生医療の研究者 1 生物学に関する研究者 1 農業関係の研究、品種改良 1 顕微鏡を覗く研究職 1 バイオエタノールの研究 1

農業で世界に貢献できる人 1

医師 4 スポーツドクター 1 医学部進学 1 医療関係 1 薬剤師 2 管理栄養士 1

未定 2名

じゃあ、ちょっと中高校生の皆さんに聞いてみますか。微生物関係の研究室に就くことと答えた方に聞いてみましょう。大隅先生も微生物の研究者ですね。

参加者①: 僕の将来の夢は微生物関係の研究です。理由は、ずっと長い間生物が進化してきてる中で、やっぱり微生物は一番すごい。温度が高いところとか深海とかにいるから、ある意味、人間より幅利かしてるんじゃないかというぐらいの生き物だけれど、まだ分かっていないこともたくさんあって。生き物の神秘に触れられるかなっていうので、微生物関係の研究者という夢があります。

小林: 頼もしいですね!

大隅: 高校のときに何かすごく興味があるのを持ってるって、素晴らしいって思います。 それは大事にしてほしいと同時に、大学入っていろんなことを学んだら「あ、こっちのほうが面白いかもしんない」ということもたくさんあるかもしれない。 だから、高校のときに「興味があるものがないといけない」なんて思わないでもいいと私は思います。 例えば、学部の 2 年間ぐらいで随分やり

たいこと変わります。変わってはいけないことはなくて、いろんな勉強したらこっちが面白いかもしれないと思うこと、たくさん出てきていいと思う。ただ、もちろん初志貫徹で、もう中学校から植物の分類学に興味があるっていう素晴らしい人もいます。が、決して、「何やりたいっていうのを決められないから、私、いかんのじゃないか」って若者は思う必要はないと思う。

日本はそういう意味ですごく早い段階で何かを決めないといけない。大学入るときに何学部の何学科に入りますって決められるはずがない。海外だったら、大学院に30歳ぐらいから入る国っていっぱいあるんです。人生長いんだからいつまでたっても勉強する、いつでも何か面白いことがあったらチャレンジしてみようっていうことを大事にしてほしいなあと思います。

小林: ありがとうございます。じゃ、もう1つぐらい聞いてみましょうか。顕微鏡をのぞく研究職と答えた方に聞いてみましょう。これを将来の夢としているのはどなたかな?



参加者②:はい。今年高校生になって自然科学部の生物班に入りました。もともと生物に興味があって、中学時代に1人で遺伝研の一般公開に行くくらい好きです。先輩から顕微鏡の使い方を習ってからは、今まで自分が見えなかった世界を初めて顕微鏡でもっと拡大して見えるようになって。それがすごいわくわくして、将来も続けていきたいなと思って、顕微鏡をのぞく研究職を検討しています。

小林:研究でわくかくどきどきは重要ですよね。皆さん素晴らしい夢をお持ちで、どんどんそういう夢に向かって努力していってください。

さて、次の質問「大隅先生にお聞きしたいこと」に移らせていただきます。たくさん出てきました。例えば、オートファジーに関することでは、「オートファジーを研究しよう

と思ったきっかけ?]「どこでどうやって見つけたか?」「オートファジーとは何か?」これらの答えは先生の講演を聞いて分かりましたね。これ以外に、先ほど大隅先生の講演をお聞きして、新たに面白いなと思ったこと、疑問に感じたこと、あるかと思います。どなたか質問ありますか?

参加者③: はい。先ほどの講演を聞き、どんどん真核生物でオートファジーが行われているということが分かったのですが、そのさまざまな真核生物の中でも大隅先生が実験に酵母を選んだ理由というのは何かありますか。

大隅: それはもう簡単で、オートファジーの現象の前に、液胞の研究しようと思ったんです。それで、分かると思うんだけど、細胞の中で膜ができるというのが目で見えるはずないんですよ。今はもちろん蛍光顕微鏡っていう新しいツールがあって、分かってしまうと見えるんだけど、普通には見えません。ただ私が幸運だったのは、液胞って植物はおっきいけど酵母だって比較的おっきいんです。だから、私がその当時持っていた光学顕微鏡でも液胞が見えた。だから、そこで見えるかもしれないって普通なら考えないようなことをやってみようと思ったのがきっかけです。研究のきっかけってそういうもんだと私は思う。

それまで見えなかったのが光学顕微鏡で見えたことが実を言うとすごいことで、それが遺伝子と変異株を採ろうっていうときも役に立ちました。たくさんの偶然が重なって発見って見えていくので、何でもいろんなことに興味を持って見てくれたらいいんだと私は思っています。

小林: 桂先生、モデル生物というか、実験でどういう生物 を使うかって重要ですよね。なぜ先生は線虫を使われてた んですか。

桂: あの時代としては線虫を使って研究するのがすごく面白かったんですが、実はその前にファージを使ってたんです。皆さんも研究していけば、今何をやるのが面白くて、あるいは自分だったら何ができるのかっていうことがだんだんと分かるようになると思います。

小林:線虫も昔はなかったのに、先生が始めたころにちょう どモデル生物として使われ始めたということですね。ほかに 何かありますか。

参加者④:はい。オートファジーの仕組みのところで、オートファゴゾームの取り込み方、タンパク質の取り込み方が、図では膜が核形成みたいな感じの取り込み方だったと思うんです。その後に、液胞のところに入っていくときに二重膜になっている部分の外側が液胞のほうになって入っていくみたいな図になっていたと思うんですが、そこの仕組みが

知りたいです。あとATGで膜をつくっていくっていう、そこからの部分とどう二重膜につなげていくのか、その仕組みを教えてほしいです。

大隅: 分かりました。とっても大事なポイントで、膜って、一重の膜が自由に存在できないんです。どうしてかというと端っこが疎水性、油みたいな領域があるのが膜の特徴です。だから安定にしようと思ったら、あんな閉じた構造にならないといけない。

だから、本当のことを言えば、分解したいものを一重の膜で取り囲んだらことは簡単で、ライソゾームと融合したら、中で混じるだけだから。だけど、そういう構造ってきっと作れないんですよ。だから、膜である細胞の一部分を取り囲もうと思ったら、袋が伸び出して取り込まないといけないんで、必然的につくれる構造は二重膜になる。で二重膜と、その液胞なりリソソームが融合したら、中の膜だけを溶かさないといけないって問題があるんです。だけど、その問題に私たちも挑戦してますが、まだ解けてない。何で中の膜が簡単に壊れているのかっていう問題も含めて、分からないことがいっぱいある。ただ膜としては、膜の袋が伸び出していかないと、新しくある膜にそれだけを大きくしていくって作業はできるんだけど、新しく閉じた空間をつくろうと思ったら二重膜になっちゃうんだというふうに私は理解しています。

小林: 随分詳しいですね。将来の夢は何ですか。

参加者4:農業で世界に貢献できる人です。

小林:素晴らしい。ありがとうございました。では次の方。

参加者⑤: ATG が次々と結合して、大きいコンプレックスになって自己活性化する仕組みがよく分かりました。その次々と結合する ATG にコンパティブルの遺伝子などで、新たなコンプレックスを形成できるなら、オートファジーを行いながらその分解を向上して、がんや外来の微生物などからも守ることができるのか、検討があれば教えていただけませんか。

大隅:まず、何か現象があったら、それがどんな仕組みで成り立っているかっていうことを知ることが大事です。それと同時に、生物っていろんな意味で、やたらとオートファジーをいっぱいやったらいいわけでもない。だからいろんな現象は必ず制御、レギュレーションがかかってるわけ。だから、何がどこのステップが、例えば、膜の大きさを決めてるだとか何を取り囲んでいるそのターゲット・標的が決まるんだろうかとか、まず基本メカニズムがあった上で、そういう問題が次に調べられるようになるっていうふうに私は思っています。そういう意味で今、オートファジーがわれわれの体全部を食いつぶすはずもないし適当なとこでやめないといけないし、どうやって制御されているのかっていう問題がようやく理解されるようになってきた。だから、いろんな研究ってそういうふうに進展していくんじゃないかなと思います。

小林:大きな原因があってそれから制御のメカニズムという 具合に、これからどんどん広がりを見せていくんだと思います。

続いて、次の質問に移っていきます。次は大隅先生の子ども時代と進路に関すること。例えば、「どういう子供でしたか?」「高校の勉強は役に立ちましたか?」「高校のときの夢は何でしたか?」「大学の学部はどうやって選びましたか?」



「学生時代の楽しみや頑張ってきたことは何ですか?」「いつなぜ研究者になろうと思いましたか?」「高校 1 ~ 2 年のときに取り組むべきこと」「将来どんな研究をしたいか分からないがどうやったら見つけられますか?」などの質問を頂いております。

大隅: これ、全部をひっくるめながら話をさせてください。 とってもネガティブなように聞こえてしまうけど、私は芸術 の才能があったり、文章を書かせたらすごくうまいとか、音 楽の才能がすごくあるというようなことがない子でした。た だ、ものすごく才能にあふれこれもやりたいあれもやりたい という人は、素晴らしいなあと思うと同時に大変だろうなっ て思っています。

私は体が弱くてずっと病弱だったので、小さいときから何となく研究者になるかなって思いはありました。だから、そんな感じで高校も過ごして、化学をやりたいと思って大学に入りました。幸運にも大学に入ったときに、分子生物学っていう新しい学問にわれわれの世代の人は初めて出会った。こんなに面白いものがあるんだなあと思って。桂先生も私も実を言うと、高校で生物を取ってないんですよ。われわれは4つのうちの3つを取ればいい時代だったので。だけど、私は今「何学者ですか」って聞かれたら「生物学者」って言います。だから、さっきも言ったけど、何か興味が出てくればそれを勉強すればいいっていうぐらいに思ってくれればいいと私は思います。

ただ、高校ぐらいの勉強はクリアしとこうよ。つまり、例えば受験の三角関数って難しいこといっぱいやるじゃないですか。それ、研究者になって使ったことあるかって言ったら使ったことは1回もありません。だけど、三角関数が無駄なことしたっていうことは絶対ないんです。論理的にものを考えるっていうことではもうたくさん貢献をしていて。だから役に立つっていうのはあんまり卑近に考えることはなくて、論理的にものを考えるための訓練をしてるんだと思えば、高校の数学も物理も化学もこれいやだなと思わずにクリアしといてくれたら、先々いろんな自分の選択の巾が広がるっていうふうに思っててくれたらいいなと思っています。

小林: ありがとうございます。たくさんの質問に答えていただきました。あとは、大学・学部はどのように選んだのですか。受験勉強の工夫についてというのがありますね。この質問をした方に聞いてみましょう。

参加者⑥:はい。高校2年生なんですけれど、もうすぐ学部や学科、あと大学を選択しなければいけないんです。生物学とか遺伝学の学部や学科を選びたいと思っているんですが、ひとくくりにはできなくて。バイオメカニズム、遺伝子の組み換え、あとは細胞だとか、医療だとか、とても範囲が幅広くて、どの学科を選べばいいのかすごい悩んでい

ます。大隅先生はどのようにしてこの学科や大学に進学しよう受験しようと考えられたのか、参考にしたいなと思ってこのような質問を出させていただきました。

大隅: やっぱり私は日本の大学のシステムって非常に悪いと思っています。高校生が将来を大学進学の学科まで決めるなんて馬鹿げたことがあるのは、何としても変わってほしいと思っています。だけど選ばないといけない。なので、いい大学とつまんない大学があるとすると、私はいい大学はやっぱり沢山いろんな人をそろえて、いろんなことが刺激になる大学だということに尽きるのかなって思います。だって、今は勉強しようと思ったらいい教科書っていっぱいあるし、海外のテレビをつけたらハーバード大学の講義だって聞けるわけで。だけど、みんながみんなそうやって勉強できるかっていうと、1人でそんな勉強するってなかなかできない。やっぱり集団の中で勉強するんですね。

私の行った基礎科学科は50人で、同窓会で集まると、経済企画庁、医者、天文学者、数学者などものすごくへテロな集団です。「ああ、いい学科だったんだな」ということを思います。最近訪れたイエール大学の寮では文系も理系もなくて、いろんな人が一緒に生活を共にしながら議論している。鍛えられるんだなあっていうことを強く思いました。日本には、早く専門家になんないといけないっていう強迫がものすごくまん延している。昔は教養部があったけれどなくなって早く専門教育をしましょうって。それはもう確実に日本が駄目になっていく。多分これから見直しが掛かってくると私は期待しています。皆さんには、なるべくいろんなことが学べるっていうことで大学や学校を選んでくれればいいなあと思います。

小林: ここにある最後の質問「将来研究者になりたいんだけど、どんな研究をしたいのか分からない。どうやって見つけられますか?」というのも、そんなに焦らないでいろんなものを見ればいいのかなということですね。 桂先生から補足でありますか?

桂: 科学っていうのは、実は人間の心がつくった。だから、皆さんも自分の心で何が好きなのか、本当にこれをやったら自分は元気になるってことをやればいいと思います。私は子供のころは生物好きで、物心ついたときから、研究者って何か分かんなくても生物の研究をやりたいと思ってたんです。けれども、高校になったら物理も化学も数学もみんな面白いんですね。大学に入ったら哲学も面白いんですよ。いろいろ迷いに迷って、また元に戻って、生物学に近いところに来たんです。実は私、大学のとき遺伝学を習ってないんです。でも、研究やってるうちに自分のやってることが遺伝学になって、「遺伝研に来ませんか」って言われて来ました。だから、本当に自分のやりたいことをやっていってく

ださい。やりたいことをやっていけば、ほかの人と違うので「ああ、何か面白い人だな」って認めてもらえると思います。

小林:何かやりたいことを見つけるコツはあるんですか。

桂:問題を見つけるのは、めちゃめちゃ難しいです。

小林:ですよね。

桂: 生物部にいた高校 2 年のときに、自分で問題を見つけて実験やって解こうと思ったんですね。もう 2 ~ 3 カ月すごい苦しみました。今になって、その苦しみを高校のときにしたのがすごく良かったと思っています。ですから「どんなことやったら見つけられますか」といっても、すごい苦しまないと見つからない、少なくとも私みたいな凡人には。天才的にどんどん見つけちゃう人もいるんですけども、普通の人には見つかんないです。だけど、好きだったら、苦しんで苦しんで見つけてというのが研究者になる道だと思っています。

大隅:日本の教育の問題は、それにいかに早く答えを出すかという訓練ばっかりされるんです。でも一番大事なのは、桂先生が言ったように問題を見つけることなんです。問題を見つけることが実は学問だと思ってくれたらいい。このごろいろんな大学で先生方が言うのは、問題はもう与えられるもんだと思っていてその答えを出す、それが研究だと思ってて、何か問題出されると「答え出ました。次、何やりますか」って、先生のところに言いに来るっていう人が沢山育ってきているって。そういうことは、研究でも何でもないんだと思ってほしい。だから、実を言うと、自分で何が問題かっていうことを見つけられることが大事なんだといつも考えていてほしいなあと思います。

私が今日持ってきたビデオを見せましたが、自然界を見

て、植物がうわーっと伸びる様子から人間との違いや成長の仕方があるんだろうかとか、何を見ても「ああ、面白いなあ」って楽しめることがあってほしいと思うんです。今、情報がたくさん外から流れてきて、テレビつけても何か出てくる。受動的じゃなくて、自分のほうから何かを見つける努力を特に今の若い人はしてほしいと私は思ってます。

小林: 研究者は常にそういう目というか、新しいものを「これ、何でこうなってるのかな」っていう感性がもともと強い人なんです。研究者じゃなくても、皆さんぐらいの年齢のときにはもともとそういう感性があるんだと思うんですよね。何見ても新鮮に見えて面白いなあって、何でこうなってんのみたいなね。そういう疑問を今は大切にして、そこで諦めないで、食い込んで、突っ込んで、食らいついて、調べてみるというような人が将来研究者になる素質があるのかもしれませんね。

それでは、次の質問に行かせていただきます。今度は研究に関することです。「研究の原動力や面白さとは何か?」「うれしかったこと、苦労したこと?」「どうやって失敗を乗り越えたか?」「研究者に向いている性格とは?」「何を目指して研究しているか?」「生まれ変わっても研究者になりますか?」「酵母に興味を持ったきっかけは?」「酵母はどこに住んでいる?」「野外で研究したりするのか?」などいろいろあります。

では、このなかで「失敗して諦めたことはありましたか?また、どのように失敗を乗り越えましたか?」、これ、ちょっと聞いてみましょう。質問した方。

参加者⑦:はい。これからいろいろなことをして失敗することもあると思って、そのときにどうやって乗り越えていけばいいかなって思ったので、質問させていただきました。

大隅: これも説教じみた話になるんだけど。このごろの日



本の社会って 1 回失敗したらもう絶対浮かび上がれないんだっていう感覚がすごく強くなっていて、それが私は日本の社会を小さくしてるんだと思います。

研究者で言えば、研究が成功することなんてほとんどないんです。大半は失敗っていうか。だけど、実を言うと、研究に失敗ってないんですよ。うまくいかなかったっていうことが次の実験の計画に反映されてくるので。また、思うとおりになったら面白いかって言うと、別に面白くないんですよ。自分で考えたことが正しいとうれしいけど、それはもう大したことではなくなってしまう。既に考えられたことだから。

私たちが本当に面白いと思ったことは「あれ、こんな変なことが」っていうことが見つかること。そのほうがよっぽど楽しい。思ったとおりにできなくてこれは失敗だと捉えてしまったら、研究ってできないんじゃないか。もちろん、何か大事なことを1つ忘れていたとかいうつまらない失敗もあるけど。だから、自分でやるその操作自身が楽しくあってほしいし、何かちょっと工夫したら何かが改善されたっていう小さな喜びを目標に。いつもそこにチャレンジしてください。イエスかノーかじゃなくて、そのステップが楽しめるっていうのは研究者にとってとっても大事なことなんじゃないかなって思います。

小林: そうですね。 やっぱり失敗にくじけない人が研究に向いてる性格でもありますね。

桂: ある人が言ったことなんですけども、研究のプロっていうのはどうすればどう失敗するかっていうのを知り尽くしている人だと。だから、それを知り尽くしていれば、ここで引き返すべきか、進むべきかということも分かる。それだけたくさんの失敗をしてください。

小林: 失敗のプロになるってことですね。成功っていうのは、本当は1回すればいいんですよね。ずっと成功し続けるってことはあり得ないので、大体は失敗するということです。

次に研究について。研究の面白さとは何か、研究を続けられる原動力とは何か。この辺はちょっとポジティブなところです。どなたですか?

参加者®:はい。イメージなんですけど、研究ってずっと研究室にこもって一生し続けるイメージなんですけど。一生続けられる原動力って何なんですか?

大隅:何となく学者やら研究者って、研究室に閉じこもってるようなイメージが世の中あるんだけど、そんなこと全然ないんですよね。科学者って1つの職業です。だから、科学者にもものすごくいろんな人がいないといけない。で、もちろん大成功する人もいれば、科学を支えるような人も

いないと大きな領域にならない。研究者ってストイックな 生活をしてるなんてことは今の社会の中であり得ないから、 職業のなかの 1 つだというぐらいに思ってくれるほうが正し いって思いますよ。

小林: 私もかなり誤解があると思います。研究者ほど、少年のようにずっと自分の好奇心を追求しながら、にこにこしながら仕事してる職業ってあまりないと思っています。

だんだん残り時間が減ってきてしまいましたが、どうしても最後にお聞きしないといけないのは、「どうしたらノーベル賞は取れるのか?」これはノーベル賞を取った人にしか聞けない質問ですね。大隅先生、どうでしょうか。

その他

研究者として正しい人生とはなんでしょうか 1 理想の科学者とはどんな人 1 研究(者)の心構え 2 動物で染色体の数が違うのはなぜか 1 どうしたらノーベル賞が取れるのか 1 これから新しい研究をしたいと思いますか 1 遺伝子操作で寿命は伸ばせるか 1

大隅: 私、ノーベル賞をもらいたいって思ったことって 1 回もないんですよ。だから、ある意味結果です。賞って自分で応募するもんではなくて、突然向こうから降って湧いてくるもんだってぐらいに思ったらいい。もちろんノーベル賞をもらいたいっていうのが人生の目標で、それに向かって頑張る人も世の中にいます。それは私も知ってます。なので、人によって何が原動力になるのかは、こうでなくちゃいけないってことないと思います。

よく「30年も飽きずに同じことをずっとやってきましたね」って言われるんですけど、私がさっきも言ったように、知りたいなあと思うことが、まだ解けてないものがいっぱいあるなと思うので、この年になっても何かやれるんだったらちょっとやってみようという気はある。だから、小さい問題提起じゃなくて、自分が今手掛けてることの先に何があるのか、その裏にどんな大きな世界があるかっていうところで問題を考えてくれたら。

科学っていつまでたっても先がなくて、解けたと思ったら次の問題がそこに出てくるっていうのが科学です。私が30年前にやろうと思ってできなかったことが、今は技術の進歩でできるということも沢山あります。例えば、さっき言ったようなタンパク質の構造決定なんて、何十年掛かったことを今は数日でできてしまう。できることもだんだん変わってくる。もう1つは、私にとって、細胞の中でタンパク質がどうやって壊れるのかっていうことから言ったら、まだ10パーセントぐらいしか理解していないと思います。そういう自分

の疑問を大事にして、いつもそこに返っては、今自分がどこにいるか考える。何となく、それが続けられる原動力かなあなんて思っています。

小林: ありがとうございます。大隅先生に対する質問だけじゃなくて、遺伝研に対するいい質問も沢山いただいています。これは後で遺伝研の方にお知らせして、ホームページで回答を出してもらいましょうか?よろしくお願いします。



※遺伝研に対する質問と回答は

こちら

まだまだ質問は尽きないんですけども、終了の時間に近づいてきてしまいました。最後に桂先生、大隅先生より中高生に向けてメッセージをいただきたいと思います。

桂: 皆さん、いろいろ夢があるでしょうけども、自分の心に 素直になって、やりたいことに向かって進んでください。高 校のときは、部活動も含めて何でもやってみると面白いと 思います。私、実は一番苦手だったのは現代国語なんです けど、教授になったらそればっかりやってんですよね、書類 書きで。それで、いろんなこともやっておいたほうがいい と思います。

小林: ありがとうございます。

大隅: 今日の私の話で言いたかったのは、私の時代のほう

があなたたちの時代よりずっと生きやすかったなという思いなんです。やっぱり日本の社会って窮屈になっていて。私の小さいころって偏差値みたいなのがありませんから、そんなことに縛られる必要もなかったんです。私からは、若い人は一生懸命人と比べて人と同じになろうということを忘れて、人と違うっていうことを大事にすることを本当に肝に銘じてやってくれるといいなあと思います。

小林: 多様性ですね。個性と言ってもいいかもしれません。 さて、1 時間にわたり、「なぜ遺伝学を研究あるいは勉強するのか」というタイトルでパネルディスカッションをしてまいりました。この問いに対して答えがあるわけではなくて、山に登る人が「なんで山に登るんですか」って聞かれたら「そこに山があるから」と答えるように、その山に登る理由は皆さんそれぞれあるのでしょう。だから、今回の大隅先生、桂先生のお話をお聞きして、それなりに自分で「あ、こういうことがあって研究をするんだな」ということを感じていただけたらそれで十分だと思います。研究の場合には、山の代わりに、そこに謎があるから研究する、知らないことがあるから研究するんだということでしょう。

引率してきていただいた先生方、今日来てくれた生徒さん、そして後ろの席の研究者の皆さん、ありがとうございました。最後になりましたが、パネリストとして参加していただいた桂先生と大隅先生にもう一度大きな拍手をお願いいたします。それでは、これでパネルディスカッションを終了とさせていただきます。

