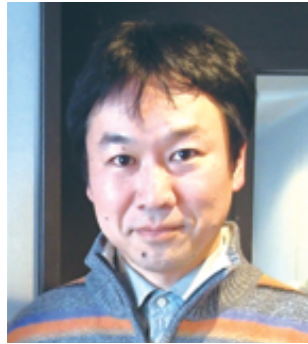


論考●特集・科学教育と科学研究の未来

生き方としての科学研究

古谷寛治 (京都大学放射線生物研究センター講師)  
Kanji FURUYA



1972年石川県生まれ。京都大学放射線生物研究センター突然変異機構研究部門細胞周期応答研究分野講師。京都大学理学部卒業、同大学大学院理学研究科学学位取得。英国サセックス大学ゲノム不安定性研究所での研究員を経て、国立遺伝学研究所系統生物研究センター助教。2011年より現職。DNA損傷を受けた細胞がいったん細胞分裂を停止するメカニズム、チェックポイント機構の分子詳細を研究テーマとする。最終目標はチェックポイント機構の自在制御。

も、増えた。学部学生あるいは高校生相手の実習経験を積むにつれて教育手法に関しても深く考えるようになった。そうするうちに少しずつ冒頭の言葉の意味を理解してきたように感じる。

私の所属する放射線生物研究センターではDNA損傷修復応答の機構に関する研究にさまざまな角度から取り組んでいる(図1)。私たちの細胞におさめられているDNA、すなわち遺伝子は放射線等によって傷つけられる。これをDNA損傷と呼ぶが、細胞はさまざまな方策をもって傷ついたDNAをほぼ完璧に直すことができる。それがどういう仕組みで起こっているのかを解明し、がんや遺伝病の治療、診断へと応用することを目標としている(図2)。なかでも私の研究室では最終目標として細胞が持つDNAの修復応答を自在に制御できるようにすることを目指している。自在制御が可能になればがんの放射線治療の際の増感剤などさまざまな局面で応用が可能になる。最終目標に至るまではいまだ遠い道のりであるが、1つ1つ課題を設定しながら目標に近づこうと試みている。

さて、本論考では私自身がなぜ、この道を進むことになったか、さらに冒頭の言葉をふまえて私が現在の学生教育、科学教育全体に対して感じていることを、これまでの経験をふまえて書き記させていただこうと思う。



図1 放射線生物研究センターの外観。京都大学医学部構内の一角にある。

研究者という人生

まず、私が“なぜ研究をしているのか”と聞かれたら“生きていくためだ”と答えるだろう。生きていく、といっても生活費を稼ぐためではない。生き抜いてみせたい、というもっと原始的なものである。生き抜いて自分の設定した目標に到達したいという欲求だ。また、目標としている研究者のようになりたい、というあこがれに近い部分もある。私が憧れている先生方は何人もいる。学生時代から学会等に出席した際にその方たちの発表を聞いてきた。当時は先生方の発表を聞き、理解するのに必死であり、なぜその実験に取り組んでいるのかまで考えている余裕がなかったのを覚えている。その先生方が、そこから派生したテーマに十年以上たったいまも、継続して取り組んでいる。それだけではなく、あの話が、こんなふう発展したのか、ここまで掘り下げることができたのか、という発展を目の当たりにした。まさに研究者としての歴史を築いているのだ、と感銘をうけた。

はじめに

“サイエンスは生き方だ”とは尊敬する先輩研究者から拝聴した言葉である。3、4年前に皆で食事をしているときのことであったが、その当時は意味が分からなかった。現在の所属に移り、私は小規模であるが研究室を主宰することとなった。責任ある立場に身を置くことで今まで以上に長期的な視点で科学研究と向き合うようになった。教育業務も、学部所属の先生方ほどではないにして

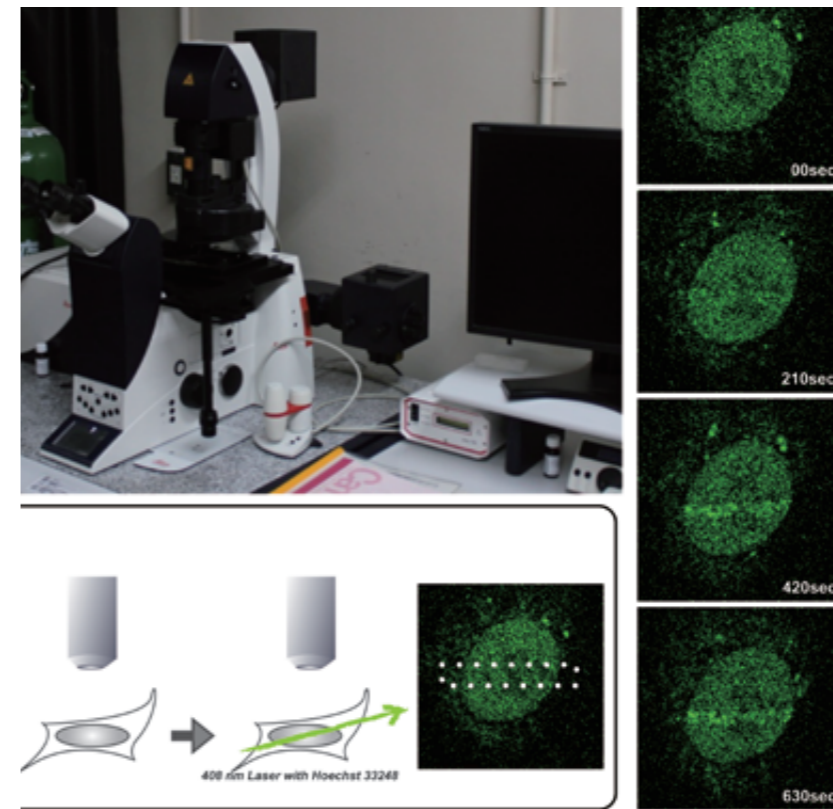


図2 上段は当センターに設置されているDNA損傷モニタリングシステム。DNA損傷を任意の生きた細胞に引き起こし、DNA損傷の起こった場所に集積するタンパク質をライブでモニタ可能だ。下段左は模式図。細胞核が緑で浮き上がっているが、白線四角部分に強力なレーザー光を照射し、局所的に損傷を与える。右はレーザーで帯状に核に照射することでDNAに傷を与えた細胞。濃く光る緑の帯は緑色蛍光タンパク質で標識したチェックポイント・タンパク質。核内に分散していたタンパク質が時間とともにDNA損傷の上に乗ってくるのが観察できる。

このような先見の明が私にあるかどうかは定かではないが、自分もなにか、自分にしかできないものを築き上げてかっこ良く生き抜いていきたい、と思うのだ。

そもそも私が研究者を目指すことになったのは学部時代だ。学部時代に大学院の卒業生が留学し、海外で研究室を主宰しているのをみて、かっこいい、こんなふう生きてみたい、と思い研究者を目指すと同時に、そうなれるべく鍛えてほしい、と思って大学院に進学した。そんな大学院進学は、在学中は“俺も学位をとって留学したい”というストレートな動機で過ごしていた。留学することになったが、場所は英国のサセックス大学のゲノム不安定性研究所というところであり、この留学からDNA損傷応答という研究分野に足を踏み入れた(図3)。留学先を決めたきっかけは、もちろん大学院時代の指

導教官からのアドバイスもあったからだが、先方の研究室はDNA損傷応答における制御機構の研究を初期のころから解析していた所であり、少なからず私の興味とマッチしたというのも理由であった。

留学中に1つ仕事をまとめ、縁あって静岡県の国立遺伝学研究所の職についた。そのころから独立したい、と思うようになり、まずは自分の力で仕事をまとめる決意をした。留学中の発見であったが、帰国後も仕事を続け、論文を書き上げ、完全に仕上げたから、共著者となっている前のポストに送って読んでもらった。彼もうれしかったのだろうか、非常に喜んでくれ、雑誌に投稿後、論文として掲載された。ほどなくして現在の所属である放射線生物研究センターに着任することになり、小さいながらも研究室を構える次第となった。研究室を主宰するからには研究費を稼

いでこななければならない。研究費を稼ぐためには結果を出さなければならない。結果を出すためには目の前の仕事をとにかく完遂しなければならない。ただ、それだけでは何か足りない、と感じるようになった。研究室を打ち立てたからには何かしら研究室の存在意義を見せねば、という思いと、今度は私自身が学生たちに憧れられる存在にならなければ、という思いが出てきた。そういうわけで目の前の安易なテーマよりもっと大きなゴールを見据えなければと切実に思うようになったのだ。

科学研究の今

ここで現在の分子生物学の分野について少し言及してみようと思う。われわれの研究であるが、成果が上がれば論文として公表する。公表された論文実績が研究者の価値の指標とされる傾向にあり、研究者の仕事の価値の判断が論文の掲載された雑誌のランク、すなわちインパクト・ファクター(論文の引用件数の係数)で判断されることもある。このような1次元的な物差しで業績の判断がされることもあるのは、仕事内容の価値判断が同じ分野の研究者にしか分からない、ということからであろうか。分野が細分化されてより専門性が高くなったせいもあるのかもしれない。

さて、昨今の準上位に位置する雑誌では、とくに生命科学系では、試験の穴埋め問題を解いたような仕事が多く公表されることが多い。いわゆる目の前の課題を精いっぱい解いた、という仕事だ。分子生物学の技術の発展は膨大な数の実験を可能とし、これまで見出されなかった因子の同定がより細かいレベルでなされるようになった。確かに同分野にいる研究者にとっては興味深い研究であることが多く、おもしろいと感じることもある。ただ、私たちは自分自身の研究にとって役に立つ情報をおも





図3 留学先の研究室メンバー。オランダ、ドイツ、フランス、ルーマニア、ナイジェリア、中国、イギリスと多彩な国籍のメンバーが集まった。

しろい研究、と勘違いしていないだろうか？ DNA損傷応答の分野の小さな発見に神経生理学の研究者の誰が興味を持つのであろうか？ 短期的な成果を重視するあまり小さなYes/Noの疑問に答える課題を設定し過ぎるきらいがあるのではないか？ これは自分自身も反省しなければならないことではあるが、眼前の課題の達成に終始してよいのだろうか。もちろん研究分野の発展には地道な仕事、目の前の課題を乗り越えていくことは大事だ。ただ、その場合はその1つ1つの仕事が大きな目標を目指す論理の上に成り立っている必要があると思う。とくに私たちの年代に顕著だと思うのだが、“×××の雑誌に通ったのね、すごいね”というコメントを聞くと、これでいいのだろうか、と思うのだ。仕事の評価は単一の論文の出た雑誌で決まるのであってはならない、一連の仕事がどう築き上げられたかで評価されるべきではないか。たとえその論文がいわゆる二流とされる雑誌にしか掲載されていなくてもだ。このことは私自身、自分なりに実践しているつもりである。いま取り組んでいる仕事は、これまでの酵母という微生物を用いた系での自分の発見を、より医学研究へと近づけるべくヒトの細胞を用いた実験へと展開している。私にとって新しい系であり、最初は小

さな仕事になるかもしれないが、最終目標へと近づくための一歩であると信じている。昨今、まわりの話を聞いていると修士課程までは進学しても博士後期へと進学せず就職する、というケースが多いらしい。文科省の発表データを見ても修士課程から博士課程へと進学する学生の数は平成23年度においては20%を切っており、平成初頭の30%前後に比べるとかなり減少しているようだ。もちろん就職する学生の中には長期的な目標のもとに進路を選ぶ者もいると思う。ただ、少なからず、短絡的な成果を求め、という形で就職、そして収入を得る、という選択をしている学生も多いのではないかと。そして、これは現在の科学研究で問題とされている部分を反映しているのではないかと。

### 科学教育における研究者の役割

どうい科学教育をすればいいのかという点についても、現在の所属に赴任してからより深く考えさせられることになった。学生に媚を売るつもりはない。それでも、彼らが研究を志したい、と思うためにはどうしたらいいかと考えるときがある。こんなところで論考を書かせていただいているものの、私の中でも結論は出していない。ちなみに、私も放

射線生物研究センターでは講義のような教育業務は少ないが、大学の学部学生や高校生相手の実習を年に数回程度行っている。この高校生と大学生相手の実習で、その反応を観察して思うことがあった。

放射線生物研究センターが主催する実習は当センターに所属する教官が主に行うため、必然的におのおの教官の学術背景を反映したものとなる。私の受け持つ実習課題も私の研究テーマに関連しており、DNA損傷を受けた細胞を観察してもらい、その細胞応答の違いについて理解してもらおう(図4)。顕微鏡下で細胞の長さを測るだけの実験であるが、私自身も留学時代によく行った実験であり、結果を考えれば考えるほどいろいろな結論が導きだせる実験だ。それはさておき、実習が終わった後に高校生や大学生から質問を受ける。とくに高校生から受ける質問は進路相談に近い。研究がしたい、研究者になるには何を勉強したらいいの、大学に入って1回生のときから研究を行うことができるのか。即座に目標として研究という職業を設定し、それに到達するための術を問いただしてくる。研究者になりたい、という思いが前面に出た質問でこちらもうれしくはなる。ちなみに大学生はあまり進路的な質問はしない。質問も少なく、どちらかといえば細かい、知識の確認のような質問をしていくことが多く、おもしろみ、という点では高校生の場合に比べて劣る。

この違いはどこからくるのであろうか。その違いが私たち研究者の教育に携わる際の役割を提示している気がしてならない。高校生の教育は知識の伝達、技術としての学問の発達を重視しており、それを経て大学で通用する人材となる。一方、私たち大学教員は研究者であり、研究者の得意とするのは研究、すなわち未知の分野の開拓である。したがって私たちの役割はこれまで得てきた知

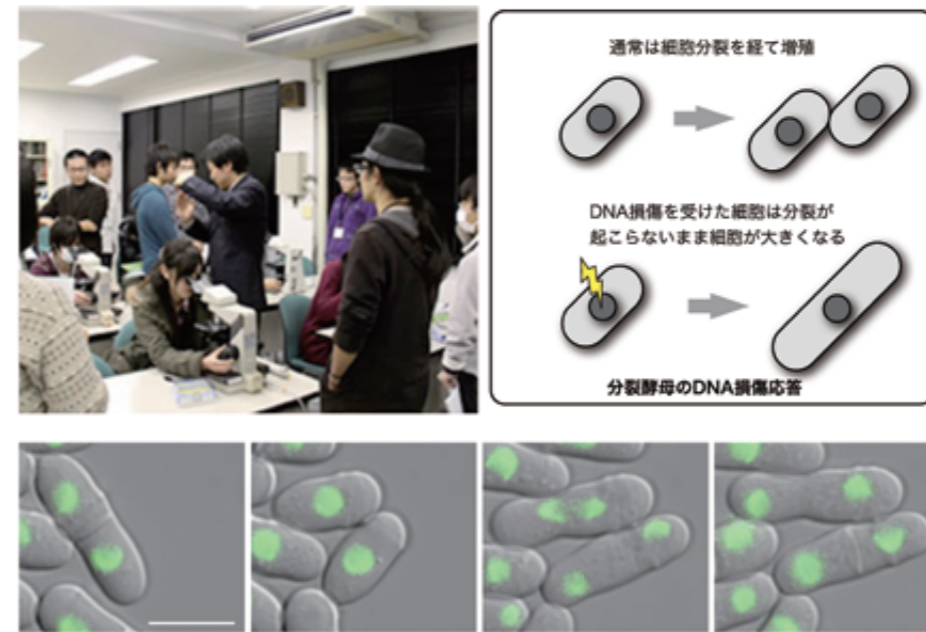


図4 左上：大学生の実習風景。中央は筆者。下：分裂酵母 *japonicus* の分裂するようす (bar は 10μm)。緑で光っているのが細胞核(緑色蛍光タンパク質にて染色)。右上：DNA損傷を受けると細胞分裂が停止する。その際に細胞の成長は止まらないため長い細胞が観察される。実験は別種の分裂酵母 *pombe* で通常行う。

識をどのように活用し、それによりどうすれば未知の課題を乗り越えることができるかを提示することなのではないかと思う。おそらく、高校生にとっては、生物実験は未知のものであり、非常に魅力的に映ったのであろう。一方、大学生にとっては教科書で聞きかじったことだったのかもしれない。いずれにせよ大学生のようにすでに知識を持ったものを教育することこそ、私たち研究者の本領発揮ではないかと思う。

### 生き方から学ばせる

知識の伝達や、教えることが科学教育ではないと思う。また、科学教育の目的は後進を育てることといっても過言ではない。そうはいっても、実際に科学研究を生業にしようと考える学生には人生を科学研究に捧げるくらいの気概でもって来てほしいと思う。それは本からではなく、人から学び取るものではないか。

私自身、確かに本から新しい知識を得たが、それ以上に人の姿から学ぶことが多く、自分自身のモチベーションそのものに影響を与えること

が多かった。大学院時代の先生や先輩、そして留学したときの異なる文化圏から来た研究者が仕事や生活に組み込む姿から私は影響を受け、身も心も変容し、発展し、新しい考え方にたどり着くことができたと思っている。生き方から自然に学ばせる、というのは、短絡的にすべての知識を与えようとする今日の教育とは相容れない。ただ、これだけ知識が氾濫した情報社会だ。さらに知識を与えたとてそれを消化する能力を与えなければ混乱を招くだけだ。そして氾濫する情報だけを吸収し、専門性、プロフェッショナルリティが失われていくのである。

そういう意味ではいちばんの科学教育は私たちが研究の最終目標に向かってまっすぐに向かっている姿を見せることではないかと思う。教育目的だけではない。学術研究、とりわけ基礎研究は研究の応用的側面から遠く、社会から隔絶した世界にある、とよく言われる。社会とつながる、というのはもちろん研究成果を応用し、役に立てることもそうだが、それだけではなく、己の研究が普遍原理へと近づく意義のある研究であ

ると信じ、生き方を見せることも社会とつながるということではないか、と最近も思うこともある。どういうふうに取り組むかはまだ模索中であるが、私も自分の科学研究を通じて生き方を見せていければと思うのだ。

### おわりに

振り返れば1953年に遺伝情報をなうDNAが二重らせんを作ることが示され、70年代の遺伝子組み換え技術の発展にはじまり、80年代にかけてそれぞれの生命現象に関わる遺伝子が次々と同定されてきた。その同定とともに、生命現象の秘密が1つ1つ解き明かされていった。私自身は、90年半ばから大学院に籍を置いてここまで来た。すなわち、先人が分子生物学を確立した土台の上に四半世紀も身を置いてきたのである。この分子生物学は演繹を可能とする学問だったはずだ。1つの生命現象の分子詳細を完全理解することで普遍的原理にたどり着く。その普遍的原理を見出し、応用することで他のあらゆる生命現象の理解につとめる役割を少しでも担えるようになりたいものだ。

偉そうに書いてきたが、私自身は普遍的原理なんかにはまったく到達できていない。ただ、研究室の運営という責任ある立場になったいま、できるだけ長期に、そして革新的な目標を設定しようと、自分なりに考えるようになった。考え、実現に近づけることで科学研究、科学教育に微力ながら貢献できればと思う。

### 謝辞

執筆の機会をくださった鎌田東二先生に感謝いたします。鎌田先生との出会いも私に科学研究の意義に向き合う手助けとなりました。この場を借りてお礼を申し上げます。