

進化多様性生物学の私的課題点

長谷部光泰

筆者は進化多様性生物学の研究をしています。理由はわからないのですが、子供のころから、多様な形をした生き物が不思議で、観察や実験をしていると、日々、思ってもみなかった発見の連続でした。また、新しい発見を伝えたときの両親や友達の驚きの顔を見るのがとても好きでした。そんなわけで、自分の好きなことをして、その結果、多くの人が喜んでくれるならなんて幸せなのだろうと思い、いわゆる基礎科学者になりました。

基礎科学は芸術と同じように私的であり、どこに普遍的な発見があるかは予想不可能だと思っています。したがって、政策として基礎科学の将来設計を行なうことは絶対必要ですが、とてもむずかしいと思います。一方で、私的興味はいくらでもわいてきます。そんなわけで、『蛋白質 核酸 酵素』で、今後の50年間にいつかぜひ特集してほしいと私的に思うことを列記してみたいと思います。とりとめの点点をあらかじめお詫びします。

(1) 新生物の探索：大学院生のときに、ボルネオで2カ月間調査したとき、“世界中に前人未踏の地はほとんどなく、誰も見たことのない驚くべき生物はそう簡単に見つからない”と感じました。モルフォチョウやウツボカズラを初めて採集した人と同じ感動は、現代ではあまり得られそうにありません。しかし、微生物のなかには、まだまだ人知をこえた生き物がいます。上野の不忍池ですらプランクトンネットを引けばいくらかでも新種がいるし、メタゲノム解析によって、培養不可能だったバクテリア、菌類、原生動物などがどんどん発見されていくことでしょう。われわれの生物観を変えうるような奇想天外な生物をぜひ見てみたいと思います。

(2) 種内多型の創出と維持機構：人間の顔はもとより、昆虫のなかには同一種内で色彩に大きな変異がある場合が知られています。ペットショップでよく見かけるパプアキンイロクワガタは赤、緑、青など著しい色彩多型を示します。陸貝の仲間には貝殻模様がわけがわからないくらい多型を示すものもいます。同じ種なのにどうして違った形になるのか、いろいろな理由が考えられていますが、まだまだ実証が追いついていないのが現状でしょう。

(3) evolvability(進化可能性)：生物の進化過程をみると、どんな生物も同じように進化しているのではなく、特定の生物種のみが短期間に形態を大きく変化させることが多々見受けられます。どうしてこのような差が生まれてくるのか、現生種を用いた理論の検証が求められている分野です。

(4) 獲得形質の遺伝機構：科学者が年をとると進化と獲得形質に興味をもつという現象は、古今東西で観察されています。植物は生殖細胞系列と体細胞系列が分かれていますので、獲得形質が次代に伝わります。また、親のおかれた環境条件によって胚をとりまくホルモン環境が変わり、親に似た性格の子供が生まれることも、獲得形質の進化の説明のひとつでしょう。進化学者は獲得形質と聞くとアプリアリにインテリジェントデザインと同じ扱いにしてしまいがちですが(たしかにそういう場合が多いのですが)、もう一度獲得形質について冷静に研究するときにきても良いと思います。

(5) ネットワークの進化：将来的に多くの生物のゲノム情報と相互作用を含めた遺伝子機能が明らかになることが予想されます。風が吹けば桶屋が儲かってしまうネットワークの世界でどのような動力学のもと進化が起こっているのかは盛んに研究されていますが、まだまだ実際の生命現象を説明しきれないようになっています。遺伝子や蛋白質の生態学はこれからどんどん発展する分野だと思います。

(6) キャナリゼーションのメカニズム：生物は多少の環境ストレスや突然変異があっても正常に発生を進めるこ

Mitsuyasu Hasebe

Profile

1991年 東京大学大学院理学系研究科博士課程 中退、同年 東京大学理学部 助手、1996年 基礎生物学研究所 助教授を経て、2000年より同 教授。2005年より科学技術振興機構 ERATO 長谷部分化全能性進化プロジェクト 研究総括。

とができます。1940年代に Waddington はこの現象をキャナリゼーションと名づけました。生命科学の進展は、このような発生過程におけるバッファー現象が、遺伝子の冗長性、シャペロンによる突然変異蛋白質の安定化によっていることを明らかにしてきました。そして、このしくみは集団内に発生過程にかかわる遺伝子に突然変異が蓄積することを可能とし、大進化の原動力ではないかと考えられています。しかし、この2つの概念ですべて説明できてしまうのでしょうか。ポストドクが、“この遺伝子せっかく潰したのに何の表現型もでない”となげくの聞くたびに、もっと突き詰めれば世紀の大発見につながるかもしれないのになあなどと思ったりしますが、せちがらい世の中、そう口にだせないのがつらいところでは。

(7) 可塑性：キャナリゼーションはもともと動物の発生過程を念頭につくられた言葉ですが、植物でも同様な現象がみられます。しかし、植物の場合は、変異がきわめて著しいのです。同じ遺伝子型の植物を異なった環境で育てると10倍くらい体の大きさが変わることはよくあります。これは動物にはほとんどありえないことです。いったい何が違うのでしょうか。

(8) ボディサイズの決定機構：動物は発生過程では植物ほど体長について可塑的ではありません。しかし、進化過程においては大きく変化してきました。どうしてダイオウイカはあそこまで大きくなるのか、サイズに限界はあるのか、どうしていまの爬虫類、鳥類は恐竜ほど大きくなれないのか、植物の倍数体はどうして大きくなるのでしょうか。

(9) 新規形質の進化メカニズム：生物のなかには、祖先からは想像しがたい新しい形態を獲得したものが多々見受けられます。たとえば、食虫植物は普通の植物から5回以上独立に進化してきました。普通の植物との中間型の化石はありませんし、現生種を見ているかぎりでは、どうしていきなりあのような形態が進化したのかはまったく理解できません。もちろん、先述のように、マスクされた突然変異がこのような大きな進化をひき起こしたのかもしれませんが、わかりません。

(10) 複合形質の進化：いくつかの進化が重なって起こってはじめて適応的になることがよく見られます。たとえば、昆虫の食草転換では、幼虫が新しい食草を食べられるようになる進化と親が新しい食草に産卵する進化の両方が起こったはずで、両方の進化が同じ遺伝子の突

然変異でひき起こされた可能性は少ないし、たまたま2つの遺伝子に突然変異が同時に起こったにしては、食草転換の頻度が高すぎます。また、社会性という複雑な形質の進化もある意味で複合形質の進化かもしれません。

(11) 植物における個体統御システムの進化：植物には中枢神経系も循環系もありません。しかし、個体として情報統合がされているように見受けられます。花形成シグナルのように、師管や導管などの維管束系を介した、葉から茎の先端への長距離シグナル伝達機構があることがわかってきました。しかし、そのシグナルをどう個体内で統御しているのかは皆目不明です。植物の進化過程で個体統御システムはどのように進化してきたのでしょうか。

(12) 長距離シグナル伝達機構の進化：コケやシダは、動物のように卵からの誘因物質に誘われて精子が泳いで受精します。ところが、花の咲く植物は雌しべの先端についた花粉から細胞(花粉管)が伸び出し、卵細胞へと到達します。植物細胞は細胞壁に囲まれ動けませんから、雌しべの先端から卵までの間になんらかの誘導シグナルがあるはずで、問題は距離です。種類にもよりますが、たとえばユリのように10cmを超すような距離を満たす細胞の間の誘導を、単純な物質の濃度勾配だけでは説明できません。いまだに誘導物質は特定されていません。

(13) 細胞内共生のメカニズム：葉緑体やミトコンドリアが共生起源であることはほぼ確実になりました。しかし、それは結果であって、どうして細胞が細胞をとりこんで、共存できるようになったのかは、“偶然”以上の説明ができていないように思います。植物の花粉管は精細胞を細胞内に取り込んで卵まで移動させます。ミドリゾウリムシは食べたクロレラをしばらく体内で飼っています。細胞内共生を日常として生きている生物の解析は細胞内共生の進化を解く鍵をにぎっているように思います。

(14) 細胞の多様性：酵母や培養細胞を用いた研究から細胞について多くのことがわかってきましたが、その多様性についてはほとんど研究されていないのではないのでしょうか。たとえば、植物細胞と動物細胞は細胞骨格、液胞、細胞壁などなど多々違う点がありますが、それらがどのように異なる道へと進化してきたのかは、この世の生物のほとんどが単細胞であることを考えると、多細胞生物の進化同様、興味深い問題だと思います。

(15) 生殖細胞の意義：動物は生殖細胞系列と体細胞系列を発生初期で区別し、生殖細胞は生殖時まで大事に保存されています。一方、植物はたえず分裂をくり返す茎の先端に、時期がくると体細胞から生殖細胞が形成されます。たくさん細胞分裂をくり返していれば必然的に突然変異の影響を被りやすくなり困りそうですが、どの植物も生殖細胞を区別することをしていません。進化上、どうしてこのようなことが許されるのかは、どうして生殖細胞と体細胞を区別する生物が進化したのかを探ることと表裏一体の問題です。

(16) 全能性：動物に比べて、植物は著しく高い再生能力を持っています。下等植物では分化した細胞が容易に

幹細胞へとリプログラムされます。この現象は50年以上前からわかっているのに、いまだにリプログラミングの分子機構はわかっていませんし、動物はもとより、植物によってもリプログラミング能が多様である理由も不明です。

以上、思いつくままにあまりにもたくさんある進化学上解けていない問題点のなかから、個人的に興味をもったものを一部列挙してみました。これからの50年における生命科学の進歩がこれらの問題にどのような方向性を見いだすのか、進化多様性生物学にとって当分楽しい時代が続きそうです。

『蛋白質 核酸 酵素』創刊50周年にあたって

早石 修

『蛋白質 核酸 酵素』が1956年10月に創刊されたときには、筆者はまだ在米中でありました。1957年、戦後初めてのバイオサイエンス関係の大きな国際学会として酵素化学シンポジウムが東京で開かれた折に一時帰国をして、赤堀四郎博士や江上不二夫博士から本誌の企画について話を伺ったことが、つい昨日のように思い出されます。早いもので創刊50周年を迎えられ、その間、きわめてユニークな編集方針を貫かれて、わが国の生命科学の進歩と普及に大きく貢献されたことに、心から敬意と祝意を表しお喜び申し上げます。

いまさら申すまでもなく、1953年にDNAの二重らせん構造が明らかにされ、1955年にシグナル伝達概念が樹立されるなど、1950年代は生命科学の進歩に革

命的な出来事がつぎつぎと起こり、20世紀後半の50年間には生化学と分子遺伝学の組合せからヒトゲノムプロジェクトやいわゆる“omic”科学の台頭など、前人未踏の驚異的な新天地が開拓されました。

それらに比べればきわめてささやかな私事で恐縮ですが、1955年に酸素添加酵素オキシゲナーゼが発見されて昨年で50周年を迎え、*Biochem. Biophys. Res. Commun.* 誌は特集号 *Celebrating 50 Years of Oxygenases* を2005年12月に出版し¹⁾、2006年4月には第14回武田科学振興財団生命科学シンポジウム“*The 50th Anniversary of Oxygenases—Advances and Reflections*”が京都で開催されました。また、2006年6月に京都で開催された第20回IUBMB(国際生化学・分子生物学会連合)のコンgresでも“*Commemorative Symposium, Structures and functions of oxygenases: In commemoration of the 50th anniversary of the discovery of oxygenases*”が開催され、いずれの場合も半世紀にわたるこの分野の進歩を回顧し、かつて予想もされなかった新しい最近の知見とそれに基づく将来の展望が多数の若い研究者から発表されています。

Osamu Hayaishi

Profile

1942年 大阪帝国大学医学部 卒業、1952年 米国ワシントン大学 助教授、1954年 米国国立健康研究所 部長、1958年 京都大学医学部 教授、1983年 大阪医科大学 学長、1987年 大阪バイオサイエンス研究所 所長を経て、2004年より同 理事長。