

スーパーサイエンス ハイスクール指定校の挑戦 普通科高等学校における オオサンショウウオの遺伝子解析

三浦郁夫

広島大学大学院理学研究科両生類研究施設

はじめに

広島県立広島国泰寺高等学校では、文部科学省からスーパーサイエンスハイスクールの指定を受け、現在、理数系の生徒が中心となってオオサンショウウオの遺伝子解析に挑んでいる。2004年度は、3年計画のいよいよ締めくくりの年となる。核や細胞質ゲノムの遺伝子クローニング、塩基配列の決定、そして遺伝子バンクへの配列登録を目指しており、最終的には遺伝子塩基を音符に置き換えて遺伝子メロディーを奏しようという企画である(図1)。高校生自らが、分子生物学的手法を駆使し、しかも天然記念物のオオサンショウウオを材料に用いて行う遺伝子解析にどのような教育的意義があるのか、また遺伝子配列を音符に翻訳するという作業にどのような科学的あるいは理科教育的な

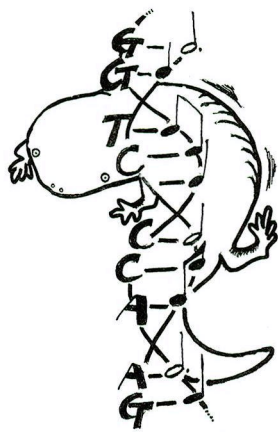


図1 オオサンショウウオ、DNA、そして
遺伝子音楽

意義があるのか。この課題研究の進行状況を紹介しながら、筆者らのねらいを述べたい。

1. スーパーサイエンスハイスクールとは

高等学校における理科や数学教育の充実と、若者の理科離れをくい止めることを目的として、文部科学省は全国から高等学校を選定し、3年間を基本の実施期間として予算の重点的な配分を行っている。これがスーパーサイエンスハイスクール事業であり、大学でいうCOEの、いわば高等学校版である。2002年には全国で26校、2003年にはさらに26校を加え、現在52校が指定を受けている。物理、化学、地学、生物、そして数学の分野において、教育カリキュラムの研究開発や大学等研究機関との連携を通じた学習機会の提供など、それぞれの学校が独自の取組みを展開している。

広島国泰寺高等学校は広島市の中心部に位置し、実に128年の伝統を持つ、県を代表する公立高校のひとつである。本校は2002年にスーパーサイエンスハイスクールの指定を受け、その中で生物班が取り上げ企画したのが、本稿で述べるオオサンショウウオの遺伝子解析である。

2. なぜ、オオサンショウウオなのか

スーパーサイエンスハイスクールとして課題研究を展開する上で最も重視すべきは、指定校の独自色をいかに発揮するかという点にあると思う。国泰寺高校の場合、広島県の代表選手として活躍の場を得たわけであるから、広島県の特徴をいかに発揮し、その成果を全国へアピールすることが期待される。オオサンショウウオは、現存する両生類の中でも最大級の大きさを持ち、主に西日本の山沿いの川に生息している。天然記念物としての注目度は国内で群を抜いており、飼育や繁殖に挑む動物園は数多い。その中で唯一、人工繁殖に成功したのが、広島市安佐動物公園である。この安佐動物公園の協力によって研究材料(卵)の入手が実現すれば、実験研究への道が一気に開けることになる。つまり、全国の高校の中で、国泰寺高校はオオサンショウウオ研究に最も近い位置にあるといえる。そしてもう一つ、広島大学には両生類の遺伝や発生を専門に研究する両生類研究施設が存在しており、オオサンショウウオの実験指導について、まさに専門家の

筆者紹介：みうら・いくお 広島大学大学院理学研究科両生類研究施設 助教授 理学博士 専門：遺伝学 連絡先：〒739-8526 東広島市鏡山1-3-1 E-mail imiura@hiroshima-u.ac.jp(勤務先)

協力を仰ぐことができる。この二つの利点を生かすべきという考えのもと、たどり着いたのが、オオサンショウウオの遺伝子解析であった。

3. なぜ、遺伝子解析なのか

オオサンショウウオは特別天然記念物であるがゆえに、新鮮な組織を研究材料に使うことはほとんど不可能とわかってい。したがって、野外での観察を中心とした生態学的研究に比べ、この動物の遺伝子情報は皆無に等しく、ほとんどが手つかずの研究領域として残っている。オオサンショウウオを保全していく上で、遺伝子情報は是が非でも必要な情報であり、その系統分類学的位置や多様性を知る上で欠かすことができない。一方で、遺伝子解析の手法は、「高校生に実際に体験させ理科への興味を引き出す」というねらいにおいて、高い効果が期待できる最先端の科学技術のひとつである。

このような背景から、国泰寺高校生物班では、遺伝子情報の解読を目標に設定し、教育と研究という二つの主旨を踏まえて、次のような3年計画を立てた。

- ・1年目：オオサンショウウオのDNAを見る
- ・2年目：オオサンショウウオの遺伝子を読む
- ・3年目：オオサンショウウオの遺伝子音楽を奏でる

1年目はDNAの抽出を中心に行い、沈殿し集合したDNAを見ること、そして電気泳動によって分離したDNAを蛍光色素で染めて見ることを中心に実験を行った。その際、オオサンショウウオに特異的な反復配列の探索をテーマに掲げた結果、見つけ出したのが実にゲノムの約1%を占める超高頻度の繰返し配列である(図2)。

2年目は体づくりに活躍する *Hox* 遺伝子について、RNAの抽出にはじまり、cDNAの合成、増幅、そしてクローニングを実習した。図3には、9個のクローンのプラスミドDNAを制限酵素で切断し、挿入断片を切り出した写真を示してある。2年目の終わりにシーケンサーの導入がようやく実現したことで、塩基配列の決定に取りかかった。遺伝子解析の主なターゲットは、反復配列とミトコンドリア遺伝子である。前者はオオサンショウウオに特異的に存在するDNAの配列を決定したいというねらい、一方、後者は、際限のない膨大なサイズのゲノムを手がける上で一つの達成感を生徒に持たせるという点で、全長が手頃な長さを持ち、しかも系統解析や集団マーカーとしての利

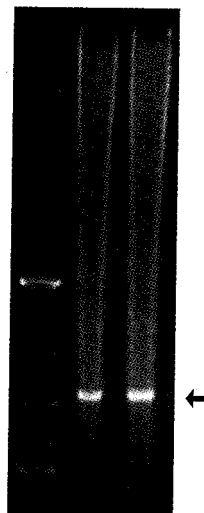


図2 オオサンショウウオの反復 DNA

オオサンショウウオのDNAを制限酵素で切断し、0.8%アガロースゲルで電気泳動した。左端がサイズマーカー、右2レーンがオオサンショウウオのDNA。矢印は反復DNA。

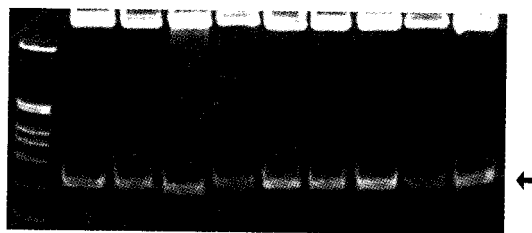


図3 クローン化された *Hox* 遺伝子断片

矢印はオオサンショウウオの *Hox* 遺伝子の一部を示す。左端はサイズマーカー。

用価値が高いという理由から選定した。

4. そして、遺伝子音楽とは

最後に遺伝子音楽である。DNAを見る、そして遺伝子配列を読むという二つの実験は、ある程度確立した方法に基づいて行われる。一定量の実験を実施することによって、そこそこのデータを確実に得ることが期待でき、高校生の実験としては無難な設定となっている。しかし、「スーパーサイエンス」という企画の中に位置づけた場合、これだけでは単純な作業の繰返しになってしまい、基礎的な理論や技術は覚えるが肝心の発想力を養うことにはつながらないと考えた。1985年、アメリカ・シティオブホープ研究所の故大野乾博士が遺伝子の塩基を音符に翻訳するというアイデアをはじめて生み出した。「主題が少しずつ変化しな

から繰り返す」という音楽の属性はまさに遺伝子にも観察されるというのが、その誕生理由である。なるほど、博士が作成した遺伝子音楽は見事で実に美しく、ニジマスのヒストン H1 遺伝子音楽は筆者の携帯電話の着信音となって毎日メロディーを奏でている。この遺伝子音楽への翻訳という作業は、遺伝子 DNA に対してとても不思議な思いを抱かせる。これを生徒に実感させることで、遺伝子 DNA とはどのような構造でどのような並びをしているのか、なぜ音楽メロディーとなり得るのか、という疑問を改めて提起し考えさせることができる。これは、学校教育で失われつつある、いわば“ゆとり”の教育につながっていくのではないかと考えた。

5. 展望

分子生物学の難しい理屈や実験に対して、生徒たちは次第に適応してきており、個々人よりはむしろグループで巧みに対応する道を選んだようである。そして、この2月には2003年度の研究発表会が催された。研究発表では、分かりやすく、しかも聴衆の興味を強く引きつけるような内容紹介が要求される。このようなプレゼンテーションは研究の中でも極めて重要な部分を占めている。生徒たちの発表は筆者らの予想をはるかに越え、とても堂々としたもので、昨年度よりも飛躍的に進歩していた。研究内容の理解度や発表の表現力が格段に向上しており、たった一年でこれほどまでに変貌するものかと驚かされる。これからしばらくの間は、ひたすら遺伝子配列を読む作業が続いていく。図4には、オオサンショウウオのミトコンドリア遺伝子配列の一部を示してある。本校生徒の手によっては

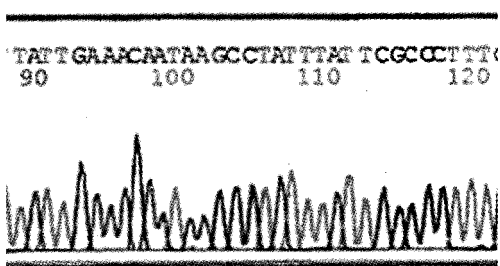


図4 オオサンショウウオのミトコンドリア遺伝子配列の一部

シーケンサーの読み取った遺伝子情報が色違いの波形として示されている。それぞれが1個の塩基(A, G, C, T)に相当する。

じめて明らかとなったオオサンショウウオの遺伝子配列である。近日中に約1万6000塩基のすべてが判明する予定である。すべての情報は遺伝子バンクに登録し、中国オオサンショウウオとの比較などを行い、その成果を国内の学会という舞台で生徒自身に発表させようとして計画している。最終的には、生徒、高校教員、大学教員等のさらに幅広い協力を得ながら、オオサンショウウオの遺伝子音楽を仕上げ、国泰寺高校を会場として成果発表を行いたいと考えている。

おわりに

学校教育における“ゆとり”を考えた場合、そのひとつは“教科書にないことを教える”ことではないかと思う。現在の学校教育にゆとりがないといわれるが、自分の高校時代を思い起こすと、その意味でのゆとりは少なからずあったような気がする。

筆者が3年間を過ごした青森県立弘前高等学校は、石坂洋次郎や長部日出雄、三浦雄一郎、奈良美智(現代美術)をはじめとする錚々たる人物を輩出した、県内でも有数の伝統校である。その現代国語の読本が、小林秀雄の「モーツァルト」や西田幾多郎の「善の研究」であった。恩師・風穴真悦先生が赤鬼のような形相で読み解く、その難解な文章に悩み悶えながらも、受験勉強とは縁のない何やら不思議な感覚を覚えた記憶がある。それは、現在の自分に本質的に重要な影響を与えているような気がする。あの授業は、難解な物事に突き当たり、解析や理解を超え、“自由闊達な発想と探求心”の鍛錬の場であったような気がするわけである。

国泰寺高校の遺伝子研究が、本校生徒はもちろんのこと、世界中の理科好き人間の心を刺激し、発想力豊かな若き獅子たちが一人でも多く育ってくれるよう切に願っている。

謝辞

本研究は、広島県立広島国泰寺高等学校の森田達巳先生、赤川雅美先生および澤口友昭先生が指導の中心となり、広島市安佐動物公園の福本幸夫園長、桑原一司管理課長そして足利和英第2飼育展示係長、さらには広島県立安古市高等学校の森棟尚先生のご協力のもとに実施されている。本稿執筆の機会をいただき、ここに深くお礼申し上げます。