

茨城高等学校・中学校

校長室だより

2024年5月24日

トリケラトプスの憂鬱^{ゆううつ}

恥ずかしながら幼少期の一時期、恐竜オタク少年でした。就学前後から小学校低学年ぐらいのことと記憶しています。家に一冊の恐竜図鑑があって、幼い筆者はそれを隅々までなめるように読み尽くし、極彩色で描かれた恐竜のイラストを眺めては、そのかっこよさに陶醉^{とうすい}していました。何十回も読んでいるうち、図鑑に出てくる恐竜の名前はすっかり暗記してしまい、ディプロドクス、ブラキオサウルス、アロサウルス、イグアノドン、パラサウロロフス、ディメトロドン、ステゴサウルス、モノクロニウス、プテラドン、アンキロサウルス、イクチオサウルス、プレシオサウルスなど、今でも名前を聞くと、その恐竜の姿形を思い浮かべることができます。

数ある恐竜の中でも、筆者の一番の推しはトリケラトプスでした。四足歩行で鼻の先に1本、額に2本、計3本の角を持ち、巨大な頭の周りには兜^{かぶと}を思わせる覆いのある、重戦車のような姿をした草食恐竜です。図鑑では、トリケラトプスは3本の角を武器に襲ってくる肉食恐竜と戦ったと説明されており、史上最強の肉食恐竜ティラノサウルスと対決し、その腹部を3本の角で刺し貫^{しび}いているトリケラトプスのイラストが描かれていました。その勇姿は、少年の心を否が応にも痺れさせずにはおかなかったのです。

筆者が恐竜に心ときめかせていた1970年代初めと現在とでは、恐竜に関する理解はずいぶんと変化しています。例えば、イグアノドンという草食恐竜は、筆者の図鑑には鼻の先に一本の角を生やした二足歩行の姿で描かれていましたが、現在では角のない四足歩行の恐竜と考えられています。角と考えられていた化石は、その後の研究で実は前足指だったと判明します。また、1970年代には恐竜は変温動物で鈍重な生物と考えられていましたが、その後、恒温動物で俊敏に活動できたという説が主流となります。子育てをしたり、群れを作って生活していた恐竜がいたこともわかっています。

このような恐竜に対する認識の変化の背景には、化石などの新たな資料が多数発見され、それらにもとづいた恐竜に関する研究が飛躍的に進歩してきた事実があります。

子供のころ夢中になっていたものが、成長するにつれ忘れ去られていくことはよくあることです。筆者の恐竜愛も、年月を重ねる中でいつのまにか過去のものとなっていました。しかし、その恐竜への熱い思いを再びよみがえらせる事態が訪れました。1993年、スティーブン・スピルバーグ監督の映画『ジュラシック・パーク』の公開です。

マイケル・クライトンのベストセラー小説を原作につくられたこの映画は、最新の遺伝子テクノロジーによりクローン再生された恐竜たちが生息するテーマパーク「ジュラシック・パーク」が舞台です。南米コスタリカ沖の孤島に建設されたこの施設では、よみがえった恐竜たちが種類別にそ

それぞれのエリアに分かれて、自然の中で生活しています。パークを訪れたゲストはコンピューターで制御された車に乗って島をめぐり、ありのままの生きた恐竜たちを観察することができるのです。映画を観たことのない人には、恐竜版サファリ・パークを想像してもらえば間違いのないでしょう。もちろん、危険な肉食恐竜のエリアには高圧の電流フェンスが設置され、万全の安全対策が施されています。

事件は、パークのオーナーである大富豪の孫、レックスとティムの姉弟がジュラシック・パークの体験ツアーに訪れた中で起こります。古生物学者のアラン・グラント博士、古代植物学者のエリー・サトラ博士らとともに車に乗り込み体験ツアーを楽しんでいたレックスとティムですが、折悪しく島を巨大な嵐が襲います。嵐にまぎれて恐竜の胚(はい)を盗み出し、ライバル会社に高値で売り渡そうとするシステムエンジニアがセキュリティを解除したため、グラントたちの車は肉食恐竜ティラノサウルスのエリアで停車して動かなくなってしまいます。恐竜を防護するフェンスの高圧電流も止まり、柵を突破した巨大なティラノサウルスがグラント一行に襲いかかります。

車ごと崖から落下し、何とかティラノサウルスの襲撃を逃れたグラントと二人の子供たちは、運よく大木の枝に引っかかった車の中で一夜を過ごします。翌朝、グラント、レックス、ティムは何かの物音で目を覚まします。ジャングルを覆う濃いミルク色のもやの上に突き出た細長い何かからその音は発せられています。それは、巨大な体に似合わぬ優しく穏やかな性格を持つ草食恐竜ブラキオサウルスの群れが、ジャングルの上空に長い首を伸ばして不思議な歌(遠吠え?)を鳴き交わす光景でした。映画の中で、なんとも幻想的で美しい場面として記憶しています。

一方、グラント一行とは別行動をとっていたエリーは、システムを復旧させるためセンターの電気室を目指します。しかし、センターはすでに恐竜たちの棲み家となっていました。そこには、高い知能を持ち、集団で狩りを行う、凶暴な小型肉食恐竜ヴェロキラプトルの群れが獲物を待ち受けていたのです…。

長くなりそうなのでストーリーの紹介はこの辺にしますが、映画『ジュラシック・パーク』の魅力は、ハラハラドキドキの連続の冒険ストーリーもさることながら、なんと言っても恐竜のリアルな描写にあると思います。現在では当たり前になったCG技術を駆使した恐竜の映像は、表皮の質感や模様、滑らかで自然な動き、獲物をねらう目の表情など、本物としか思えない高いクオリティーで表現されています。最初に映画館で観たときの驚きと感動は忘れられません。

映画『ジュラシック・パーク』では、クローン技術によって太古に滅亡した恐竜が復活するわけですが、そのためには恐竜のDNAが必要となります。現存する生物ならば、その細胞からDNAを取り出すことは可能ですが、絶滅種である恐竜のDNAはどこからやってきたのでしょうか？映画では、恐竜の血を吸った蚊が琥珀の中に閉じ込められ、その蚊の体内から恐竜のDNAを取り出した、ということになっています。琥珀とは、松やヒノキなどの樹液が固まり、地中に埋もれ、何万年もかけて化石となった宝石です。もともとが樹液なので、そこに蚊などの小さな生物が止まり、動けなくなって中に閉じ込められた琥珀は実際に数多く存在します。だとすれば、その蚊が吸った古代生物の血液からDNAを取り出し、その生物をクローン技術で復活させるというストーリーは現実性がありそうに思えます。最初に『ジュラシック・パーク』を観て以来数十年間、生きたトリケラトプスと出会うことももしかしたら夢ではないかもしれない、と筆者はひそかに期待し続けていました。

先日立ち寄った書店で、そんな筆者の目に飛び込んできたのが、^{さらしなさいお}更科 功 著『化石に眠るDNA／絶滅動物は復活するか』(中公新書)でした。例によって中身の確認もせず衝動買いし、例によって専門知識の欠如と理解力不足(主にゲノムに関すること)の壁に突き当たり、「ウ～ム」などと唸りながら分からないところは飛ばし読みして、なんとか読了しました。

『化石に眠るDNA』は、科学者たちによる古代DNAの研究の歴史を紹介した本です。1984年に発表されたクアッガというウマの古代DNAの解析を皮切りとする古代DNA研究では、その後マンモスやエジプトのミイラからDNAを検出しようとする試みがなされます。さらに、ネアンデルタール人のDNA解析が行われ、現人類(ホモ・サピエンス)とネアンデルタール人の関係を明らかにするという成果を得ます。そして現在でも、マンモスをはじめとする絶滅種の復活を目指す研究は継続していると述べられていました。

古代DNA研究を行ううえで、更科氏が繰り返し注意を喚起しているのが、異なるDNAの混入の可能性です。私たちヒトは生きているあいだ、汗や垢、呼吸からも常に周囲にDNAをまき散らしています。死ねば(そして土葬されれば)、そのDNAは地中に放出されます。これは何もヒトに限ったことではなく、動物、植物、細菌も含めてすべての生物はDNAを持ち、常に体外へと拡散させているのです。「地球はDNAにあふれた惑星だ。心地よい川のせせらぎの中にも、さわやかなそよ風の中にも、DNAは存在する」と『化石に眠るDNA』は書いています。

1994年、米国ブリガムヤング大学の微生物学者ウッドワードのチームが、化石から恐竜のDNAを発見したとする論文を発表しました。問題の恐竜の骨が見つかったのはユタ州のプライス^{はくあき}という炭鉱の町です。恐竜が生きていた白亜紀には、そこははじめじめした泥炭地でした。泥炭の地中は空気が入り込みにくい、つまりは酸素がない環境です。酸素がなければ、酸化や、微生物による有機物の分解もすすまず、他の生物のDNAに汚染されていない化石を手に入れるのに適している、とウッドワードは考えたようです。

ウッドワードが用いたのは、610メートルの地下から発見された恐竜の骨でした。何千万年も昔の骨はたいてい骨の成分が鉱物に置き換わる、いわゆる鉱物変化が起きるのが普通ですが、その骨は保存状態がよく、成分を分析すると生きているときの骨に近い状態であることがわかりました。ウッドワードは骨に含まれるDNAをPCR(注1)で増幅しようと試みます。同時に骨を発掘した周囲の砂岩にもPCRを行うという対照実験も行いました。もしも、骨からDNAを増幅することに成功しても、周囲の砂岩からも同じDNAが増幅されれば、それは化石由来のものではないということになります。

『化石に眠るDNA』では、その実験の手法、問題点等が詳しく述べられているのですが、ここでは省略します。とにかく、この実験によりウッドワードは、非常に多くのDNAの断片を得ましたが、その中で恐竜DNAらしきものは9つありました。これらのDNAは、正確に言えば「どの生物のものかわからない塩基配列(注2)」を示していました。しかし、ウッドワードは「このDNAは恐竜の骨から抽出されたものであり、その塩基配列は現存するどの生物のものとも異なっていた」と表現します。そう言われれば「このDNAは恐竜のものである」と結論づけたくなくなります。

結果から言うと、ウッドワードの調査方法や実験結果に疑問を持った他の研究者によって検証、再調査が行われ、「恐竜のDNA」は、実はヒトのミトコンドリアDNAである可能性が高いことが判明します。おそらくは発掘か調査の過程で混入したヒトのDNAを、ウッドワードは、そうあっ

てほしいという先入観の中で恐竜のDNAであると認識してしまったのでしょう。

話は戻りますが、『化石に眠るDNA』では、『ジュラシック・パーク』で有名になった琥珀に閉じ込められた虫から恐竜のDNAを取り出すアイデアについても触れています。ちなみにこのアイデアを最初に思い付いたのは、スピルバーグでもマイケル・クライトンでもなく、チャールズ・ペリグリノという米国のSF作家である、と書かれています。『ジュラシック・パーク』が発表されたのち、多くの科学者や研究者が琥珀の中の生物からDNAを取り出そうと試みたといいます。普通は、科学研究の成果に基づいてSF小説、映画のヒントが生まれるわけですが、『ジュラシック・パーク』の場合、それが逆になるという現象が生じたのです。

これも結果から言うと、琥珀の中の虫からDNAを抽出する試みは不首尾に終わります。まして、虫が摂取した他の生物のDNAについては言うまでもありません。

琥珀は非常に固く水が入ってこないで、その中のDNAは加水分解されないといわれています。しかし、『化石に眠るDNA』では、それは数年、数十年というレベルの話であり、琥珀といえどもほんの少しは気体や液体が浸透するわけで、数千万年ものあいだDNAを水から守る力が琥珀にあるか、はなはだ疑問である、と述べられています。また、樹脂が固まる際に浴びる太陽光に含まれる紫外線の影響、琥珀が地中で化石となる際に経験する高温高圧によってDNAは破壊されてしまう、とも述べられていました。

動物園の「きょうりゅうふれあいコーナー」で、卵から孵化(ふか)したばかりのトリケラトプスの赤ちゃんを抱いて記念撮影をする、という筆者の夢が実現する可能性はかなり低そうです。

一方で、『化石に眠るDNA』は、クローン技術ではなく、遺伝子編集によって絶滅種を復活させようとする研究も紹介しています。遺伝子編集の手法については「絶滅種を特徴づけていた遺伝子を、近縁種のゲノムの中に移して、絶滅種に似た生物を作り出すこと」と説明されています。例えばマンモスの復活を目指す場合、マンモスを特徴づけていた遺伝子をコンピューターで合成し、近縁種であるアジアゾウの細胞の中に組み込みます。その細胞からiPS細胞(注2)を作り出し、代理母となるアジアゾウの子宮の中で育て、マンモスに似た生物を生み出す、という理屈です。この方法では、絶滅種とまったく同じ生物を作り出すことはできませんが、その個体がマンモスのような見た目、マンモスのような行動をするなら、それをマンモスと見なしてよい、と考えるわけです。

ハーバード大学の遺伝学者であるジョージ・チャーチは、遺伝子編集技術によって、マンモスを復活させることを目指す研究者の一人です。実際にチャーチは、マンモスの遺伝子をアジアゾウのゲノムに組み込むことに成功しています。しかし、チャーチがマンモスの復活を目指すのは、「マンモス・パーク」を作って一もうけするためではありません。彼が目指しているのは、マンモスが生きていた更新世こうしんせいの生態系の復活です。

かつてマンモスの群れが生息していたシベリアの大地の下には、永久凍土とよばれる広大な凍った土の層が存在しています。現在、この永久凍土が、地球温暖化の影響により、溶けやすい状態になっていると考えられます。そこには、地球全体の熱帯雨林の3倍ともいわれる炭素を含んだ有機物(動植物の遺骸や排泄物)が眠っており、永久凍土が溶けると、大量のメタンや二酸化炭素が空气中に放出されることとなります。メタンや二酸化炭素は温室効果ガスであり、仮

にこれが現実となれば、地球温暖化が爆発的に進行することは間違いありません。

更新世、シベリアの草原にはマンモスをはじめ、ウマ、バイソン、トナカイなど多くの大型動物が棲んでいました。彼らは、若木や樹皮を食べ、樹木を倒し、草原が森林化することを防いでいました。樹木よりも草のほうが色が明るく、太陽光を反射するので、地面の温度は低く保たれるのです。また、動物たちが土を掘り返して低温の空気を地中に取り込み、断熱効果のある雪を蹴散らし、大型動物たちが大地を踏みしめることでシベリアの永久凍土は守られてきました。チャーチはマンモスをよみがえらせ、シベリアの大地に解き放つことで、更新世の生態系を復活させ、地球温暖化のリスクを低減させたいと考えているのです。

もちろんチャーチの試みに対する反論もあります。『化石に眠るDNA』には、復活種は現在の生態系にとっては単なる侵略的外来種ではないのか、まして遺伝子操作を行った生物を野に放つことが生態系にどのような影響を与えるか予測できない、絶滅種を復活させることよりも絶滅危惧種を絶滅から救うことのほうが優先順位が高い、絶滅しても復活させることができるなら、いつでも復活させられるのだから絶滅させてもかまわないというモラルの低下を生むのではないか、などの意見の存在があげられています。

一度絶滅した生物を科学技術で復活させるという試みは、一見、夢のある、心おどる話に思えます。事実、クローン技術といい、遺伝子編集といい、現在、私たちのサイエンスは生命のありかたまでも自由に操作する力を持つようとしています。しかし、その力を欲するままに無制限に行使用るとしたら、それは神の領域を侵す行為とはいえないでしょうか？ 遺伝子操作をはじめ、生命科学には厳格な倫理的判断が求められることは言うまでもありません。世界各地に残る、神をも畏れぬ人の所業には重い罰が下されるとする「罪と罰の神話」を引き合いに出すまでもなく、遺伝子操作も、原子力も、AIも、人間が巨大な科学の力を行使しようとするとき、その目的はもちろん、その手段も含めた正当性、妥当性が慎重に、謙虚に議論されるべきです。

『化石に眠るDNA』のあとがきにあった「この先、どんな未来が待っているか分からないけれど、人類がどんな選択をするかによって、未来が変わることは確実だ。そして、人類が何らかの選択をするときに、これまで消えていった絶滅種のこと、そして人類自身も絶滅種になる可能性があることを、頭の片隅においておけば、それはきっと私たちの選択に何らかの影響を与えることだろう」という更科氏のことばが、心に刺さりました。

本を読み終えて、ふと頭の中に、遺伝子操作によってよみがえった一頭のトリケラトプスの姿が思い浮かびました。彼は自らの種を代表する、地球上でただひとつの生命として、父も母も、仲間もなく、雄々しい3本の角を夕日に照らしてたたずんでいます。その黒々と光るつぶらな目には、限りない憂愁の影が宿っているに違いありません。(終)

注1) PCR

ポリメラーゼ連鎖反応。DNAを増幅する技術で、ヒトのゲノムのような非常に長大なDNAから特定のDNA断片だけを選択的に増幅させることができる。極めて微量のDNAであっても増幅できるのが特徴で、新型コロナウイルスの検査にも広く用いられた。

注2)塩基配列

DNAは、4種類の物質が長く連なってできていて、この物質の並び順は、それぞれを構成する塩基の頭文字 A、T、G、C で表した「文字列」で表すことができる。この文字列のことを「塩基配列」という。DNAの塩基配列によって、どの遺伝子がどんなタンパク質をつくるための遺伝情報を持っているかが決定する。

注3)iPS細胞

人口多能性幹細胞。2006年、京都大学の山中教授によって世界で初めて作成された。生物の皮膚や血液などの体細胞に、ごく少数の因子を導入し、培養することによって作成することができ、様々な組織や臓器の細胞に分化する能力を持つ。

※「校長室だより」は、本校のHPにも掲載しています。バックナンバーを読みたい人は、HPの「学校案内」→「校長室だより」からどうぞ。