



5年前の10月、シンポジウム参加のため、中央アジアの国キルギスを訪れた。そこは天山山脈の麓に広がる高原の国で、シルクロード要衝の地でもある。会議終了後のエクスカーションで訪れたバラサグン遺跡は、首都ビシュケクから60キロの距離にある世界遺産。そこには11世紀に当地で栄えた王朝が建設したプラナの塔が、まるで監視塔のろしか狼煙台かのようにポツンと建っていた(図-1)。



図-1 1バラサグン遺跡に建つプラナの塔

それはモスクでの礼拝を知らせるミナレットと呼ばれる建造物だとか。もともとは高さ45メートルだったが、15世紀に起きた大地震で崩れ、現在は24メートルだという。それでも頂上からは、遠くまで広がる草原と、その先に横たわる天山山脈の勇壮な眺めが楽しめた。1,000年前に東西交易の隊商が歩んだ土地かと思うと感慨深いものがあった。

古代中国と西欧を結んだ交易路が「絹の道」と呼ばれる所以は、もちろん、中国から運ばれた絹が羊毛や金銀と交換され、中国へと送られていたからである。絹の生産量は、現在も中国が世界1位だが、2位以下はインド、ウズベキスタン、イランと続いている。いうなれば、シルクロードに沿った国々で、今も養蚕が行われているのだ。

カイコのルーツ

いうまでもなく、絹糸はカイコ(蚕 *Bombyx mori*)が繭を作るときに吐き出す糸を撚ったものである。カイコはクワ(桑)の葉を食べて育つ。

クワというのはクワ科クワ属の植物の総称で、北半球の温帯を中心に十数種が知られている。日本にはもともとヤマクワが自生していた。養蚕のために栽培されているマグワは、カイコとともに、2,000年前に中国からもたらされたとき、さまざまな品種がつくられてきた。クワは、養蚕以外にも、

葉や実が食用とされてきた。西欧には16世紀頃に伝えられ、マルベリーと称される実は栄養価が高く食用とされてきた。

カイコは、クワコ(*Bombyx mandarina* 図-2)という野生種を家畜化して作り出されたとされている。カイコは飛べないが、クワコには飛翔力がある。クワコは、日本(北海道、本州、四国、九州)をはじめとして、極東ロシア沿海州、中国北部、朝鮮半島、台湾という広い地域に野生種として生息している。

養蚕の歴史自体は5,000年前の中国に遡るといわれているが、それを裏付ける証拠は考古学的なものだけだった。1926年に中国山西省夏県せいじんそんの西陰村(西安の北東約200km)にある遺跡から繭が、2019年にはやはり山西省の史村の遺跡でカイコの繭を模した石彫りが見つかったのだ。

それらは、今から5,000年前に黄河中流域で栄えた仰韶ぎょうしやう文化の遺跡である。仰韶文化というのは新石器時代晩期の農耕文化で、アワやキビ、カラシナなどを栽培しながら犬や豚などの家畜を飼うという完全な定住生活を送っていた。また、明るい赤褐色をした紅陶こうとうに彩色した土器でも知られる。

考古学的アプローチからすれば、遺跡から新たな証拠が出土するのを待つしかない。しかし今やわれわれには、遺伝子を調べるという手段がある。これまでもカイコのゲノムを解析した研究はあったが、品種や変種の数が多いこともあり、網羅的な解析には手が届かない状態だった。しかしこのたびついに、カイコのパンゲノム解析の結果が報告された^{注)}。



パンゲノムとは、原種 図-2 クワコの成虫(Wikipediaより)

注) Tong, X. *et al.* 2022. High-resolution silkworm pan-genome provides genetic insights into artificial selection and ecological adaptation. *Nat Commun* 13, 5619. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-33366-x>

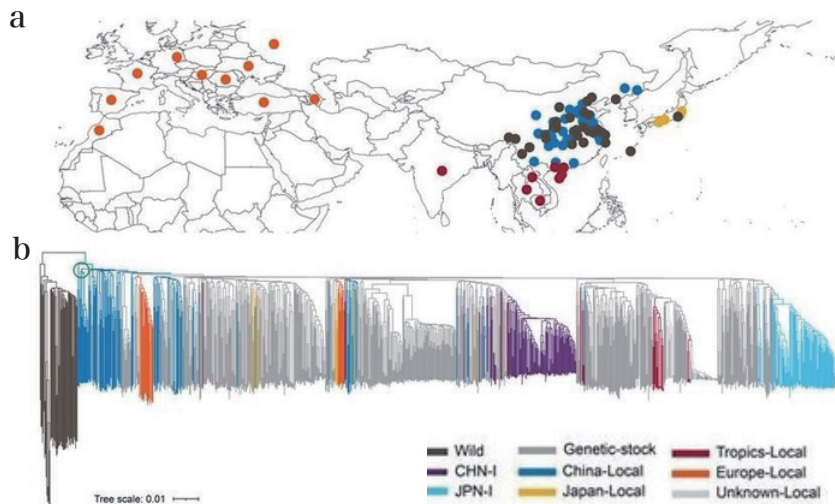


図-3 カイコとクワコの地理的分布と分子系統樹
 黒丸(クワコ)と青丸(中国のローカル品種)の分布が重なり、系統樹でもクワコ(黒いバー)から分かれた基部に中国のローカル品種(青いバー)が位置している。(Tong, *et al.* 2022 より)

から分かれた品種や変種の遺伝子セットすべてを網羅したゲノムのことである。具体的には世界中から集めた1,078種類の品種や亜種(カイコの205種類の地方品種, 194種類の改良品種, 632種類の遺伝資源, クワコの47種類の亜種・品種), 1,082サンプルのゲノムを解析し, その塩基配列をできるだけ詳しく調べ上げたのだ。

そしてカイコの各種品種と野生のクワコのゲノム情報から分子系統樹を作成した。その結果, クワコ集団(図-3bの黒い分岐群)から分かれたカイコ集団のうち, 黄河中流域の地方品種(青い分岐群)が系統樹の付け根に位置した。これは, カイコが家畜化されたのはその地域だったことを意味する。つまり考古学的な証拠と一致する結果が得られたのだ。そのほかにも研究チームは, カイコの家畜化に関連した遺伝子468個, 改良品種に関連した遺伝子198個を同定した。そのうちで, それぞれ264個と185個は新発見の遺伝子だった。

カイコの科学

同研究は, 中国と日本の実用品種を比較した結果も報じている。それによると, 改良品種に関連した遺伝子の共有率は3パーセントにも満たなかったという。これは, カイコの品種改良が両地域で独立に行われてきたことを示している。

かつて, 遺伝学者の外山亀太郎は, 中国産や欧州産のカイコの品種と日本の品種を交雑させると, 親よりも優れた特徴をもつ一代交雑種ができる雑種強勢という現象を発見し, 1906年にカイコの一代交雑種の実用化を提唱した。それから100年以上を経て, カイコの雑種強勢の遺伝学的背景が明らかになったことになる。



図-4 カイコの多様性
 カイコの多様な表現系を各発生段階を含めて示してある。(Tong, X. *et al.* 2022 より)

外山はまた, メンデルの遺伝法則が再発見された1900年にカイコを用いた交配実験を開始し, 動物で初めてメンデルの法則が成り立つことを実証し1906年に発表した。欧州産の黄繭品種と日本産の白繭品種を交雑させたところ, 生まれたカイコはすべて黄繭だった。そこでさらにその黄繭個体どうしを交雑させたところ, 黄繭個体と白繭個体が3:1の割合で生まれてきたのだ。

日本のカイコを用いた研究として語り継がれているのが, 昆虫脱皮ホルモン, エクジソンの分離だろう。カイコの脱皮と変体を促進する物質が前胸腺から分泌されていることを1940年に突き止めたのは福田宗一だった。ドイツの生化学者アドルフ・ブテナントとペーター・カールソンは, 日本から輸入した500kgのカイコの蛹から250mgのエクジソンの結晶を1954年に得ることに成功した。

カイコのパンゲノムを解析した研究チームは, 中国の深圳にある北京基因组研究所(BGI Group)の子会社BGI Genomicsのメンバーである。この組織は, 近年, さまざまな生物のゲノム解析に基づく最先端の研究を連発している。かつてカイコの研究は日本のお家芸だった。しかしその他の基礎研究も含めて, 日本の科学は中国からすっかり後れをとってしまった。

ブラナの塔が建つバラサグン遺跡には, バルバルと呼ばれる30~50cmほどの高さの石人が点在していた。かつての栄華を偲ぶ跡はただそれだけ。似たような道を辿る日本の科学研究の行末が危ぶまれる。