

桑園から見える教育研究の風景

嶋田 透

東京大学大学院農学生命科学研究科教授・日本学術会議連携会員

専門外の研究者に私の教育研究分野の話をする、しばしば「東大の構内に本当に桑畑があるのですか？」と尋ねられる。医学分野で実験動物として使われるマウスやラットは、市販の配合飼料を使って飼育するのが当たり前であり、理学分野で使われるショウジョウバエや線虫も合成培地で飼育する。実験用の生物を飼育するのに、その餌となる植物を栽培するなどという面倒なことを、本当にやっているのか？という疑いを持たれるのだろう。あるいは、建物の林立する東大の構内に畑を作る場所が残っているのか、と疑問を感じるからかもしれない。しかし、とにかく東大キャンパスには狭いながらも桑園があり、私たちは、それを管理しながらカイコを飼って研究を進めている。本稿では、大学における桑園の存在価値について考えてみる。

1. カイコの餌としてのクワ

クワは、言うまでもなくカイコの唯一の食餌植物であり、カイコを飼育する者にとって不可欠の作物である。カイコを専門とする研究室は、現在、北大、岩手大、宇都宮大、東大、東京農工大、信州大、名大、京都工芸繊維大、鳥取大、九大などに存在する。それらの大学には、必ず学内圃場や附属農場に桑園があり、教育研究に使う桑葉をそこから調達している。

東大の農学生命科学研究科では、弥生キャンパス構内に約12アール、附属農場（西東京市）に約35アールの桑園を有しており、8品種のクワを栽培している。私たちの研究室は、分子生物学、ゲノム研究などを中心に基礎研究を行っているが、それでも最低限、この面積の圃場は必要である。今年（2009年）私たちは、この47アールの桑園から、すべての葉を刈り取り、飼育に使った。それでも足りずに、2年続けて農工大から桑葉を分けていただいた。一般的に、10

アールの桑園から、およそ2トンの葉が得られる。2トンの桑葉で、カイコ約62000頭を飼育して繭にすることができる。桑園面積から計算してみると、年に約30万頭のカイコを飼育している計算になる。

「カイコには人工飼料が使えるのではないですか？」とよく尋ねられる。たしかに、多くの先人たちの努力によって人工飼料が実用化されており、養蚕の現場では特に稚蚕飼育に使われている。しかし、私たちが年間に飼育する30万頭を全部人工飼料で飼育すると、湿体で約6000kgの人工飼料が必要である。これだけの人工飼料を調達するには約900万円かかる。しかし問題は費用だけではない。

現在行われているゲノムの機能解明には、多くの突然変異系統と古くから保存されてきた地理的品種が使われている。困ったことに、これらの多くは人工飼料を与えても食わないのである。カイコの人工飼料の開発は、それに適合する品種の育成と同時に進められてきた。現在広く飼育されている「錦秋×鐘和」などの実用品種は、人工飼料摂食性に関して選抜を受けて育成されている特別な品種なのである。一方、私たちが種々の実験に使っている「支108号」という品種は、人工飼料を与えても全く食うことなく、餓死してしまう。カイコには数百もの突然変異系統と、数百の地理的品種があるが、それらの多くが同様の非摂食性を有している。

カイコの遺伝学者は、突然変異系統や地理的品種を用いて交雑実験などを行い、遺伝子と形質の関係を明らかにしようとする。したがって、カイコの遺伝学を研究するには、かならずカイコをクワで飼育することになる。生理生化学や病理学などでは、人工飼料で実用品種を飼育するだけで済む研究もあるが、カイコならではの豊富な遺伝資源を活用して遺伝子の機能を明らかにするには、やはりクワが必須である。実際、欧米の研究者がカイコの突然変異に目をつけて日本から系統を持って行く例もあるが、その多くは系統の維持ができず失敗に終わっている。それは、クワの栽培方法を知らないからである。日本国内でも、技術的な問題あるいは圃場を確保できない、などの理由でクワを栽培することができず、結果的にカイコの遺伝資源を利用できないでいる研究者は少なくない。私たちのように日常的に桑園を利用していると、その価値を忘れがちであるが、実は重要な研究基盤なのである。

2. 大学における桑園の必要性

大学の農場や演習林をはじめとする附属施設は、その維持・管理に多くの人員や予算を要するが、大学の人員削減が続く中でその存続が危ぶまれている。国立大学法人化以降、大学の経営の自立が社会から求められ、広い面積を持つ農場や演習林は、その資産価値ゆえ大学の経営資源と見なされる風潮もある。東大においても、二宮果樹園が平成19年いっぱいまで閉園した。また、検見川地区にある附属緑地植物実験所が、附属農場および附属演習林田無試験地の3者が統合されて「生態調和農学機構」を組織するとともに、検見川キャンパスから撤退することになる。さらに、研究科本体のある弥生キャンパスにおいても、総合研究棟第2期工事の着工により、構内圃場が大幅に狭くなろうとしている。このような状況のなかで、農学の教育研究のために圃場を確保するのは容易なことではない。

実験圃場を持たなくても実験室があれば農学研究は可能であるという者もいるが、果たしてそうだろうか。農学には、基礎研究と応用研究の両面があり、その比重は時代の変化、社会の要請によって変わってくる。世界の養蚕業の中心は、すでに日本から中国やインド移っており、いま日本の蚕糸科学は大きな転換期にある。繭の生産性向上をめざす研究から、新たな昆虫機能や素材の開発と、その産業化をめざす研究へと変わってきている。2008年に完成した高精度のカイコゲノム情報が、その流れを加速しており、分子レベルでの遺伝子機能解析が盛んである。私たちの研究室の学生やポスドクの諸君も、まさにその先端を引っ張って実験に没頭している。しかし、今後それらの基礎研究が生み出す新しい機能や素材を産業利用しようとする場合は、再び一定規模の実証試験を行うことになる。大学は、企業や行政に先駆けて挑戦的な研究を手がけるべきであり、将来の資源としてのクワ遺伝資源と桑園管理技術は自分たちで守らなければならない。事実、ゲノム情報解析の全盛期であった5年ほど前に比べて、私たちの研究室でも、他の研究グループでも、最近は実用形質を含めた生物機能の解析へ移行しつつあり、個体レベル、集団レベルの研究が増加している。そのために上述のようにクワの足りない状況を来しているのである。

3. 大学の桑園の潜在的な可能性

農学は、環境負荷の少ない持続的な社会を実現するという大きな使命を担っている。養蚕は、わが国の中山間地域を中心とした農村の収入源として、長い間受け継がれて来た営みであり、桑園は、いわゆる「里地」や「里山」の景観を構成する重要な要素であった。童謡「あかとんぼ」で「山の畑の桑の実を小籠に摘んだはまぼろしか」と唄われている光景は、数十年前には日本中どこでも見られた。桑園は里山に象徴されるような持続型農業との相性が優れている。なぜなら、カイコは殺虫剤への感受性が非常に高く、桑園での殺虫剤の使用ができず、他の農薬もあまり使われないからである。近年の水田や畑地が農薬散布で昆虫や微生物を徹底的に排除しているのとは対照的である。また、クワは成長の非常に速い植物であり、適切な剪定、施肥等の管理を行えば、年間に乾燥重量約3トンのバイオマスを生産できる。それだけ優れた二酸化炭素の吸収源なのである。蚕糞や廃条などの廃棄物を堆肥として利用すれば、耕地の物質循環にも貢献できる。

東大の桑園には、多様な生物が生息している。目につく昆虫だけでも、クワキジラミ、クワノメイガ、キボシカミキリ、クワカミキリ、トラフカミキリ、クワコなどがいる。これら食植性昆虫は、鳥類などの捕食者、寄生虫あるいは病原微生物によって密度を調節されている。また桑樹自身も寿命を迎えるとカミキリムシ類によって分解され、微生物の助けを得て土に返る。桑園では、クワが周辺環境と一体になって持続性を発揮しているのである。

クワの葉は乾燥重量で30%ものタンパク質を含み、栄養価が高いため、昆虫に好まれそうであるが、しかし、どんな昆虫でもクワに寄生できるわけではない。それは、クワが昆虫に対する強力な防御機構を持っているからである。クワの葉や茎を傷つけるとしみだしてくる乳液の中には、糖類似アルカロイドと総称される一群の化合物が多量に含まれる。糖類似アルカロイドは昆虫や動物のショ糖の消化吸収を妨げ、成長を阻害する。したがって、クワを寄主とする昆虫は、このアルカロイドに対する何らかの対抗措置を持っているはずであり、事実、カイコは普通の動物には存在しない特殊な酵素を自ら作り出して、糖類似アルカロイドの毒性を回避していることが分かっている。クワノメイガやクワカミキリなども、おそらく何らかの回避機構を持っていると想像されるが、それは未解明である。

このように、植物と昆虫の間で新たな武器を獲得しながら繰り広げられている軍拡競争、すなわち共進化は、進化生物学の一つの研究領域にもなっている。陸上生態系は、基本的には生産者である植物と、それを食餌とする動物、そして分解者である微生物によって成り立っている。生物多様性はそれらの相互作用から生まれるものであるが、その典型が植物と昆虫の特異的な関係である。モンシロチョウはアブラナ科植物、アゲハはミカン科植物のみに寄生する狭食性昆虫であるが、カイコの食性はさらに狭く、クワ科植物のなかでもクワしか食わない単食性昆虫である。この特異性は、植物と動物の関係のモデルともなるものであり、さらに広く生物多様性のメカニズムの理解にもつながる興味深い問題である。

今年 2009 年から、東大農学部 3 年生を対象にした農場実習では、桑園の昆虫相の調査を取り入れ、学生たちにそこでの生態系の豊かさを学ばせている。また、農場を訪れる市民のなかには、クワに関心を持つ者も多く、よく彼らから栽培目的や管理方法を尋ねられる。ひょっとすると、将来的には、市民ボランティアなどと私たちが連携して、農場の桑園を利用した特殊絹糸の生産、あるいは環境教育などを始めることができるのかもしれない。

桑園というと、養蚕のための特殊な場所、というイメージをお持ちのかたもいるかもしれない。たしかに、クワは食用作物も園芸作物でもない。しかし、畜産に草地が必要であるのと同じように、カイコという昆虫を育て、その生産物を得るために必須のフィールドである。農学という総合科学は、分子だけを見るのではなく、個体だけを見るのでもない。土壌、植物、そしてそれを利用して育つ動物、さらに最終的な生産物の利用にいたる一貫したシステム全体を俯瞰し、経済性と持続性の観点で最適化させることが目的である。そういう意味で、ともすれば先端科学へ走りがちなカイコの研究者に、農学の原点を思い出させてくれる場所が桑園である、と言えるかもしれない。

いま農学部キャンパスの圃場では、今年 1 年間の教育研究を支えた数百本のクワが静かに葉を落とし始めている。その風景を眺めながら、とりとめもない文章を書かせていただいた。



左：東大農学部キャンパスの桑園

右：桑園にいるトラフカミキリ。都内では珍しい昆虫。