

# クワコの基本的な特性

## 第1章 分類学特性

### 1. 分類学的位置付けと我が国における近縁種

鱗翅目カイコガ属クワコ *Bombyx mandarina* (Moore, 1872)

近縁種 カイコガ属カイコ *Bombyx mori* (Linnaeus, 1758)



(クワコ成虫。上がクワコ雌蛾、下がクワコ雄蛾)

「東京農工大学大学院蚕学研究室 横山岳氏撮影」 (以後の画像も同氏撮影)

### 2. 分布

クワコは、自然環境下で生息し、極東ロシア沿海州、中国本土北部、朝鮮半島、台湾、日本（北海道、本州、四国、九州（渡瀬線以南の奄美諸島及び沖縄諸島を除く））と東アジアの広い地域で生息している（河原畑, 1998；廣森, 2001；金井ら, 2013）。

### 3. 天敵

天敵によりクワコの生息数は左右されるとされ、孵化から営繭までに、雀等の鳥類、捕食性昆虫類によって捕食される個数は相当数に上る。クワコ成虫はクモ類、蜂類、鳥類等に捕食されている（石原, 1943）。

天敵昆虫であるクワコヤドリバエ (*Exorista sorbillans* Widemann 1830) は、クワコ、ウスバクワコに寄生する。クワコヤドリバエに寄生されるとクワコ幼虫が営繭後、クワコヤドリバエの幼虫がクワコの繭に小さな穴を開けて外に出てくる（石原, 1943；黄色ら, 1989）。2007～2018年の11年間で関東各地の桑畑で冬期に収集された約1万6千個のクワコ繭の調査から、半数以上の繭はクワコヤドリバエの寄生に遭い、羽化率は20～40%であった（横山, 2019）。クワコ卵は、9割以上が卵寄生蜂に寄生されている（名和, 1936；大村, 1950）。卵寄生蜂は、日本と台湾に生息するハラビロクロバチ科の昆虫 (*Telenomus moricolus*) (Matsuo et al., 2018) で、クワコクロタマゴバチと呼ばれている（横山, 2019）。

## 第2章 生育特性

### 1. 生活環

クワコは東京付近では通常、年三世代を営み、卵態で越冬する。4月下旬に孵化した幼虫は5月下旬に営繭し、6月中旬に羽化、交尾・産卵する。この卵が7月上旬に孵化、8

月上旬に営繭、8月下旬に羽化産卵し、次いでこの卵は9月上旬に孵化、10月中旬に営繭、11月上旬に羽化・産卵し卵態で越冬するのが、通常の1年間の消長とされている。

しかし、各個体の発育は極めて不斉一であり、越年卵は普通4月下旬に孵化するが、7月になって漸く孵化するものもある。幼虫もその発育に著しい差違があり、越年卵は一年に二化性（化性：1年に発生する世代数）が通常だが、時には一化性で止まることもある。同一時期に卵、幼虫、蛹を見ることも稀ではない(明石,1909)。

クワコは夏の暑さを避けるために蛹間に夏眠することがあり、蛹期は10日から、数か月に及ぶものもある。夏眠打破の方法は分かっていないが、11月にはほぼそろって生殖に入り、休眠卵を産卵して次の年に向かう傾向がある(横山ら,2016)。

## 2. 化性、眠性

クワコの化性については、越年卵の孵化期間は個体により50日ほど開きがあり、蛹期間は普通2,3週間であるが、3,4か月に及ぶ個体もある。これらを踏まえ、採種卵はその孵化回数から通常は3化性であり、2化性、1化性も含まれ、場合によっては4化性の可能性もある(大場,1939;大村1950)とされている。国内ではほとんどが1化性から3化性であるが、中国浙江省は4化性となり、それぞれ蛾の出現期間が異なる(石原,1943)。

さらに、1化性クワコは我が国では北海道(苫小牧、手稲山)に分布し、九州産の3化または4化性クワコに比べて成虫の体色はやや黒化し、越冬卵のサイズも明確に大きい(河原畑,1998)。

眠性(幼虫期の眠の数)は、3眠と4眠の両型があり(大場,1939;大村,1950)、飼育条件により変動し、屋内育では3眠が多く、屋外育(特に秋)では4眠が多い傾向(伴野,2010)とされている。

## 3. 孵化

### ①越年卵

非常に孵化が不斉一で、長期間を要する。孵化期間は蛾区により著しい差異があるが、4月上旬から孵化し始め、一蛾区の卵が平均70日におよび、孵化速度がかなり緩慢である。幼虫にも発育に著しい差異がある。クワコの越年卵は、胚子の発育経過が個体ごとに大きく異なるのが、不斉一性の原因である(大場,1939)とされている。孵化率は寄生蜂等の被害を受けるため、時と場所により著しく異なるが、室内で保護したものはカイコと大差なく90%以上であった(大村,1950)。

### ②不越年卵

産卵後2日目頃から橙色に着色し、その翌日に灰色もしくは、褐色を帯びた灰色になりそのままの色で点青(孵化する3~4日前に卵に青い点が生じる状態)になる。産卵から孵化までの日数は10~11日、孵化日数は3日、最多2日間の孵化率は約90%である(大村,1950)。

## 4. 幼虫期

孵化当初の幼虫はカイコと大差なく灰黒色で体長4mm、桑の葉を盛んに摂食し成長する。幼齢の間は小枝、葉上に多くいる。鳥糞によく似ており、壮蚕は枝に擬態しているこ

とが多い。十分生長した幼虫は 60mm 内外に達し、暗灰褐色で、網状の斑紋等がある以外はカイコの幼虫に酷似している。

昼間は桑の根際近くに下り、ほとんど静止しており、暗くなる直前、上方へ動き出して桑を食べたりする。幼虫はカイコより小ぶりだが、非常によく動く。

幼虫期における齢の数は 4 齢のものと 5 齢のものとあり一定しない。特に 4 齢においては昼間に食桑することは少ない。食桑時間もカイコに比べ大分短い。

幼虫期の擬態は腹脚より前方の体節を約 35 度樹幹から離し、まっすぐに伸ばし、一見上向きの枝のような姿勢をとってなかなか見つけにくい。これに触れると第 2、第 3 体節付近を著しく膨張させ 5cm ぐらいの蛇に擬態もする。(祝,1934 ; 石原,1943 ; 横山,2019)

クワコは昆虫の中でも飼育が困難で、幼虫の飼育適温はカイコよりも低く、1 日の平均気温が 23℃以上の日が続くと飼育困難となる。夏、秋での飼育は非常に難しい(大村,1950)。



鳥糞と似た体色のクワコ稚蚕



枝に擬態するクワコ幼虫

## 5. 蛹化

老熟した幼虫は、葉間に、薄黄色でカイコより小さい紡錘形の、長さ 30mm、幅 12mm 内外の粗薄な繭を営む。桑の葉を包んで営繭し、繭が枝から落ちないように 1 本の繭糸で枝条や葉柄等に付着連絡し、繭柄というものをつくり、表面には営繭時にその基礎とした多少の繭綿を装っている。

葉を巻いた中に繭をつくるので、葉を 1 枚 1 枚めくっていかないと見つけられない。全

繭重・蛹重・繭層重等は秋季の方が、春季よりも遙かに優る値が得られた。

クワコの蛹は、黒と茶色の2種類ある。同じ場所でも2種類が見られることもある。大きさは18～21mm(祝,1934；石原,1943；横山,2019)。

平均蛹期は、カイコに比べ、また幼虫期に比べ長く、著しく不斉一である。春季の蛹はごく少数のものは100日以上蛹期を経て9月、10月に入って羽化することもある。夏は蛹の時期が長くなることがある。京都、奈良等での調査では、越年卵の蛹期間は個体により50日程の開きがあること、蛹期間は普通2,3週間であるが、3,4か月にもおよぶ個体があること等、特色ある生態について報告されている(大場,1939；大村,1950)。



桑樹に営繭したクワコ繭 (左側は青矢印先)

## 6. 成虫

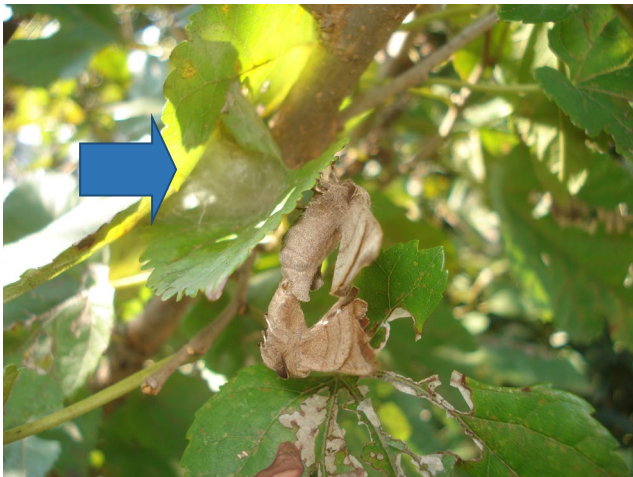
### 1) 羽化と交尾

成虫は茶色である。カイコより小さめで、雄より雌が若干大きい。羽化と時間は関係が無く、同一卵群より生育したものから、雄蛾の羽化は雌蛾よりも2～3日早く明瞭な成熟を認めることができる。クワコの屋外における羽化時刻についての調査(2014年11月)では、野外から収集した幼虫を室内で飼育し、化蛹後に屋外に保護し、デジタルカメラによって1時間ごとの羽化時刻を明らかにした。その結果、日の出後2,3時間経ってからクワコ雄が羽化し、雌はそれより遅れて羽化した(横山ら,2016)。

#### ①クワコの交尾時刻と交尾時間

雌雄共に飛翔力が強いが、雌は交尾まではそれほど飛び回ることなく、専ら、雄が雌の誘因線の発香物質で誘引され飛来することが多い(大村,1950)。

クワコ雄蛾がクワコ雌蛾と同じ発香物質を持つカイコ雌蛾に誘引される時刻を8時から20時まで3時間ごとに調査した。時間ごとに誘引されたクワコ雄蛾の頭数を見てみると11～14時に一番多く飛翔し、クワコの交尾時間は、交尾中の平均気温や交尾開始時刻は関係がなく約100分であることが分かった(横山ら,2016)。



横から撮ったクワコの交尾。

上がクワコ雌蛾、下がクワコ雄蛾。青矢印は雌蛾の出殻繭

## ②クワコの生殖時期の季節変動

クワコは春から秋まで桑畑内で様々なステージが混在しているが、初冬(11月)に成虫が多く揃うように発育を調節していると考えられる。また、関東地域では年によっては12月後半にクワコ雄蛾が飛翔していたことや、12月～1月後半に採集した繭から蛾が羽化したことから、冬期になっても桑畑にクワコ蛾が生息していると考えられた(横山ら,2016)。

### 2) 産卵

#### ①卵の色、形、大きさ

卵の大きさは長径 1.38mm、幅 1.14mm 内外でカイコの卵よりやや小さい。形状はカイコの卵に酷似しており、形は扁平で卵門側の方がやや鈍い楕円形である(大村,1950)。産卵当初は淡黄色であるが、後に灰褐色となる(祝,1934;石原,1943)。色はカイコよりも灰色がかっていて桑の樹皮の色によく似ており、不越冬卵も、越冬卵と同様着色する。

#### ②産み付ける樹種

ほとんどが桑畑から2～3mと隔たっていない樹木でも産卵。嗅覚で桑の葉の臭いのする所を選ぶ(大村,1950)。

#### ③桑樹における産卵部位

越冬卵は10月上旬～11月上旬に、原則として桑の樹皮に産み付けられる。不越冬卵は樹皮よりも葉に多く産み付けられる。蛾は越冬卵を産むものと不越冬卵を産むものと産卵習性が異なる(大村,1950)。産卵場所の多くは地面より30～60cmの高さであった(横山,2019)。

#### ④卵群の大きさ

野外では卵塊当たりの産卵数は1,2粒が多く、点々と産卵されており、10粒以上を産卵することは稀である(大村,1950;伴野,2010;横山,2019)。

#### ⑤産卵行動

1蛾の造卵数は300粒内外(春約270個、秋約370個)でその80%を産卵する。受精率は秋の卵の例で約95%である(大村,1950)。桑畑中の桑樹に偏りなく産卵されていた(Yokoyama et al.,2010;檜山ら,2011)。昼から夕刻までに桑樹の茂みで交尾をしたクワコ雌蛾は夜間に少し飛んでは産卵を繰り返すと考えられる(横山,2019)。



(桑条に産卵されたクワコ卵。青矢印先の灰色の小円)

### 第3章 クワコとカイコ間の交雑種の特性と遺伝子浸透の可能性

#### 1. クワコとカイコの遺伝的な差異

カイコと中国及び朝鮮半島に生息するクワコは、半数体当たり 28 本の染色体を持つが、日本に生息するクワコは 1 本少なく 27 本である (Yatsu, 1913; 川口, 1923)。日本産クワコは、カイコ及び中国及び朝鮮半島に生息しているクワコより先に分岐したと推定される (Yukuhiko, 2010)。5 千~1 万年前の中国において、野生の絹糸昆虫であるクワコを家畜化したものがカイコであると考えられている (Sasaki, 1898; 吉武, 1988; 河原畑, 1998; 伴野, 2010)。

#### 2. クワコとカイコとの交雑の可能性

未交尾のカイコ雌蛾を野外に置いておくとカイコの性フェロモンに誘引されてクワコ雄蛾が飛来してくる。試験的には交尾し、交雑種の卵を得ることが出来る。交雑種もその後代も妊性があり、クワコとカイコは遺伝的に非常に近縁であることが分かる (吉武, 1988; 河原畑, 1998; 伴野, 2010)。養蚕農家でカイコの雌蛾にクワコの雄蛾が交尾するのを目撃したとの報告がある (大場, 1939)。クワコは桑畑に生息しており、クワコの卵、幼虫、繭は、養蚕農家のカイコの給桑時に葉についてきており飼育室でしばしば見かける。

カイコの雌成虫のフェロモンに誘引されれば、クワコの雄成虫は簡単に交尾しようとするので、一般飼育環境下でも交雑する可能性があると考えられる (横山ら, 2016)。

#### 3. 日本に生息するクワコ集団におけるカイコとの交雑の痕跡の有無に関する科学的知見

クワコの糸は光沢があり、カイコより優れるとして江戸時代には利用されていたとの記述がある (尾崎, 1877)。また、「青白」というカイコの品種は野外から飛翔したクワコの雄蛾が蚕室に侵入してカイコと交配した雑種に由来する可能性があるとされている (外山, 1909)。江戸時代にカイコとクワコの交雑で育種された交雑種は飛翔能力があったと考えられる。当時の飼育状況を考えると野外に逃げ出した交雑種はいたと思われる。

しかしながら、現在も養蚕が行われている地域やかつて盛んだった地域において採集したクワコのミトコンドリアゲノムの cytochrome C oxidase subunit I (COI) 遺伝子及び核ゲノムの

CAD 遺伝子の多型を調べた試験研究結果では、カイコからクワコへの遺伝子流入の痕跡は見つかっていない (Yukhiro et al., 2012)。

また、試験的に作製したクワコとカイコの交雑種は、非常に膿病になりやすく、著しく多くの膿病蚕が発生する (有賀、1953)。大量飼育を行った試験では、膿病に対して感受性が高く、飼育には困難を要することが確認され、クワコが膿病に対する優性の感受性遺伝子を有するためと考えられる (横山ら、2016)。

#### 引用文献

- 河原畑勇(1998)クワコとカイコ クワコからみたカイコと養蚕業の起源に関する一考察 文部省科学研究費補助金基盤研究(A)(2)研究成果報告書 課題番号: 07406004, p. 105
- 廣森敏昭(2001)トカラ列島宝島・小宝島 2000 年 6 月の昆虫 鹿児島県立博物館研究報告. 20, 49-54.
- 金井賢一・守山泰司・中村京平(2013)2011 年 10 月悪石島における昆虫記録 鹿児島県立博物館研究報告. 32, 17-22
- 横山岳(2019)クワコの生殖・産卵と天敵. 蚕糸・昆虫バイオテック 88(1), 25-38
- 石原保(1943)桑蠶の生態とその家蠶との関係, 寶塚昆蟲報, 第 31 号, 1-22.
- 黄色俊一・仲沢功貴・横山岳・中山文男・島田順(1989)クワコヤドリバエの寄生習性. 東京農工大学農学部農場研究報, 13, 23-33.
- 名和梅吉(1936)桑樹害虫クワゴに就て. 昆虫世界, 40 卷 3 号. 2-5.
- 大村清之助(1950)桑蠶の生態習性及び繭に関する調査. 蠶糸試験場報告, 13, 79-130.
- Matsuo K., Hirose Y., Yokoyama T., Nakajima Y., Hsu Y-F., Banno Y. (2018) Discovery of a new species of *Telenomus* (Hymenoptera: Scelionidae) parasitic on eggs of *Bombyx mandarina* and *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae) in Japan and Taiwan. *Journal of Insect Science*, 18, 1-7
- 明石弘(1909)蚕桑害虫編, 明文堂, 東京
- 横山岳・筋誠珠実・中島健一・南修朗(2016)「クワコの繭糸特性を導入した実用蚕品種の選抜とその製品開発に関する研究」研究成果報告書
- 大場治男(1939)桑蠶に関する調査一、越年卵に於ける孵化並第一世代羽化期の不斉一について. 衣笠蠶報, 396, 115-123
- 伴野豊(2010)クワコの形質特性—カイコとの比較研究を中心に—
- 祝汝佐(1934)野蚕生活之考査, 浙江省昆虫局年刊 no4, pp. 126-138
- Yokoyama T., Hiyama H., Abe H., Ninagi O., Kadono O.K., Banno Y. (2010) Researches on the ovipositional behavior and ecological characteristics of the wild silkworm, *Bombyx mandarina*. 6th International Conference on Wild Silkmoths Program & Abstract 89.
- 檜山はる・蜷木理・横山岳(2011)桑畑におけるクワコの産卵と孵化, 平成 23 年度日本蚕糸学会第 66 回東北支部・第 62 回関東支部・第 77 回関西支部・第 67 回九州支部合同大会 昆虫機能・利用学術講演会, 43.
- Yatsu, N. (1913) Notes on the spermatogenesis of the wild and domestic silk worms. *Ann. Zool. Jpn.* 8

- 川口榮作(1923) 細胞學の見地に立ちて桑蠶より家蠶への推移を論ず続報. 蠶業新報 358-361,
- Yukuhiro(2010)日本産クワコの遺傳的多様性とカイコとの関連, 蚕糸・昆虫バイオテック 79 (2), 97-102
- Sasaki.C(1898)On the affinity of our wild and domestic silk worms. Ann.Zool.Jpn.2
- 吉武成美(1988)家蚕の起源と分化に関する研究序説. 東京大学農学部養蚕学研究室, 東京.
- 尾崎行正(1877)「山蚕或問」水寫貫之等刊
- 外山亀太郎(1909)蚕種論,p785,丸山舎,東京
- Yukuhiro et al.(2012)Nucleotide sequences of mitochondrial cytochrome C oxidase subunit I (COI) gene show clear differences between the domesticated silkworm *Bombyx mori* and the wild mulberry silkworm *Bombyx mandarina* from Japan. J. Insect Biotechnol. Sericol., 81, 29-35.
- 有賀久雄(1953)養蚕学概要,養賢堂,東京
- 見波定治・大場治男(1939)クワコとカイコとの交雑種について衣笠虫報、394、71-82
- 伴野豊・中村隆・藤井博・河口豊・古賀克己・河原畑勇(1995),カイコとクワコの雑種後代における飛翔能力.九州蚕糸, 26, 38.