

①繭糸分離細繊維発生抑制に再挑戦

繭糸分離細繊維は、絹の主成分であるフィブロインの表面に付着した、直径約数マイクロメートルの微細繊維。蚕が繭をつくるときにフィブロインから分かれてできる（図1 矢印）。アルカリ溶液中で繭を加熱すると、繭糸分離細繊維はフィブロインから離れ（図2）、フリーになったこれらの繊維はラウジネス（図3A）になりやすい。ラウジネスは繭糸分離細繊維が絡まった小さな白い毛玉のこと。顕微鏡でラウジネスを拡大すると繭糸分離細繊維が絡まった状態がよくわかる（図3B）。



図1. 繭糸分離細繊維(矢印)が発生した繭糸断面

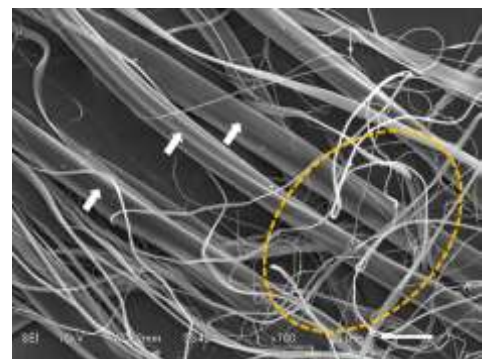


図2. アルカリ処理後に離れた繭糸分離細繊維 (点線枠付近: 矢印はフィブロイン)

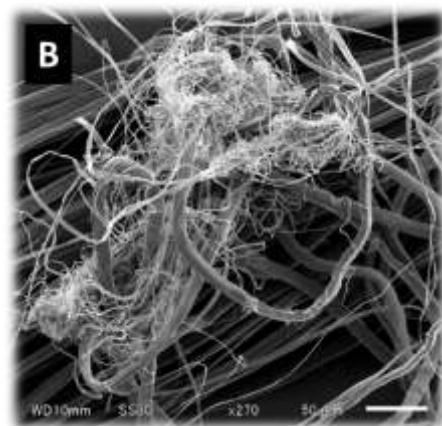
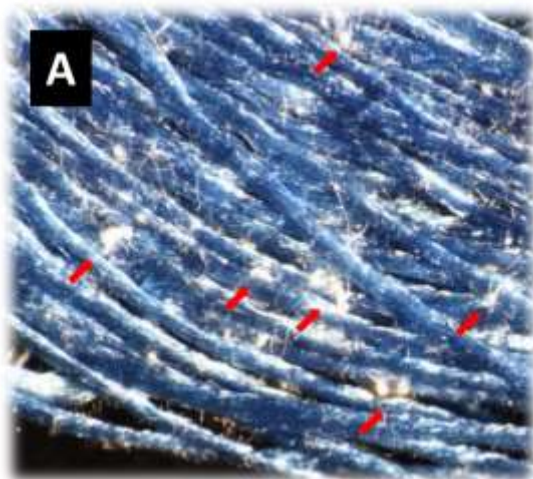


図3. 絹糸表面に発生したラウジネス(A: 矢印) とラウジネスの拡大画像(B)

ラウジネスは絹の品質を著しく低下させる。そのためラウジネスの原因となる繭糸分離細繊維の発生は好ましくない。繭糸分離細繊維には遺伝性があり、蚕の品種により発生量に差がある。実用蚕品種のほうが原種に比べて繭糸分離細繊維の発生量が多い傾向にあるが、その発生過程はまだわからないことが多い。繭糸分離細繊維の効果的な抑制と絹糸質の向上を視野に入れて、その遺伝的なメカニズムの解明に再び挑む。

栗岡 聡・持田裕司・代田丈志・池嶋智美・(2021)実用蚕品種における繭糸分離細繊維の発生状況の調査. 蚕糸会研報, 68, 53-60.

②繭糸分離細繊維の簡便測定法を開発

繭糸分離細繊維が発生している繭層微小片を、ある条件のもと試験管内で攪拌すると（図 1）、繭糸分離細繊維（A:黄矢印）が絡まり、微繊維の集合体（Fine Fiber Assembly:FFA）が形成される（B:緑矢印）。繭糸分離細繊維がもつこのような絡まりやすい特性を利用し、従来よりも簡便に繭糸分離細繊維量を測定できる FFA 法を開発した。繭糸分離細繊維が段階的に増加（図 2:A~D）すると、FFA の測定値（E）も高くなる。そのため、FFA 法では繭糸分離細繊維の定量的な測定が可能だ。

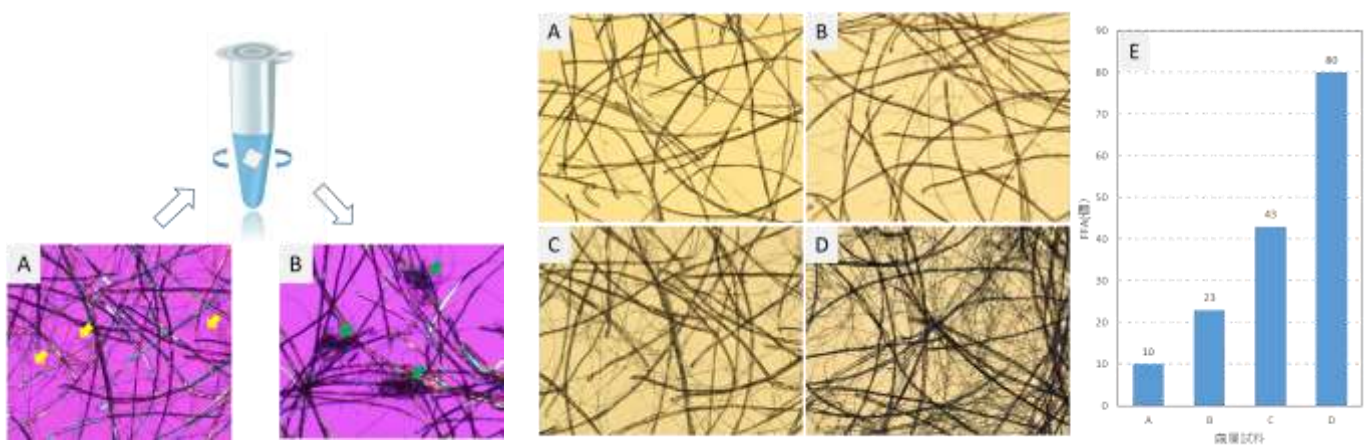


図 1. 攪拌による繭糸分離細繊維の集合化

図 2. 定量性の高い FFA 測定値

品種間で FFA 測定値を比較すると、国産実用蚕品種（緑色）と外国産実用蚕品種（黄色）では高く、200 以上。一方、原種（青色）の測定値は低く、最も低い「セヴェンヌ白」では僅か 2。FFA 法では品種別の数値化のみならず、個体間の比較も可能なため、遺伝解析に必要な蚕系統の効率的選抜において、FFA 法の応用が期待される。

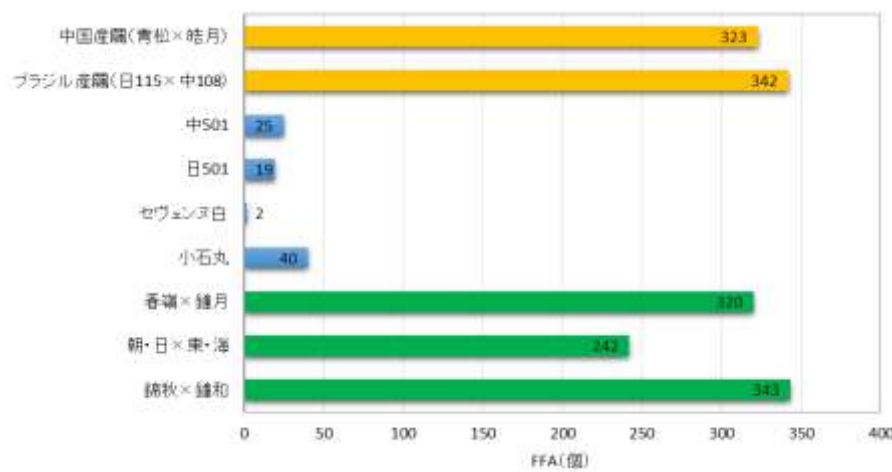


図 3. 品種別の FFA 測定値の比較（各品種繭 20 個分の合計値）

③繭糸分離細繊維の遺伝解明への第一歩

絹の品質低下につながる繭糸分離細繊維を簡単に数値化する FFA 法を利用して、FFA が多い系統と少ない系統を選抜しながら世代を重ね、それぞれの特性を強めた育種に成功した。選抜を開始してから 4 世代目で選抜の効果が安定して認められ、FFA が多い F7 系統では、FFA の発生量が 1 世代目の約 2 倍に増加。一方の FFA が少ない CV 系統では、FFA が劇的に減少し、1 世代目の約 1/8 に。

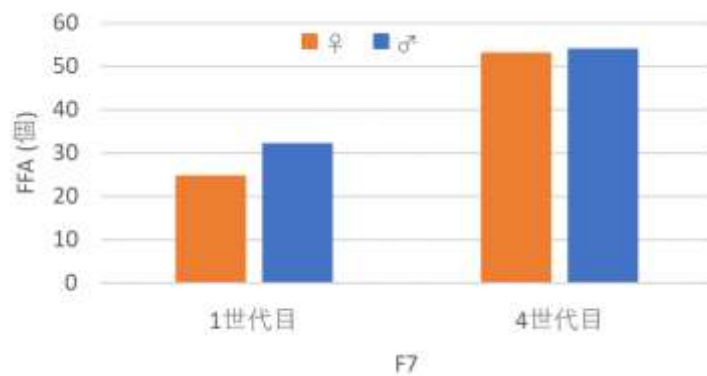


図1 FFAが多い系統 (F7) の選抜効果

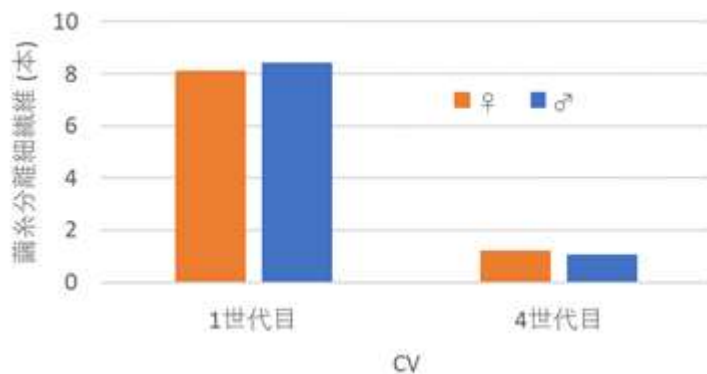


図2 FFA少ない系統 (CV) の選抜効果

選抜育種して準備した FFA が多い系統と少ない系統をまずは交配することが、分離細繊維の発生に関与する遺伝子を探るための第一歩。将来的にその遺伝子を明らかにすることができれば、既に備わっている優良形質を維持したまま、繭糸分離細繊維の発生だけを抑制できるようになるかもしれない。絹糸質を改良したカイコの育種の可能性が広がる。

④製糸原料繭に潜むラウジネスを予測

FFA法は、繭糸分離細繊維の発生量を個体別に比較するために開発した方法。しかし、その定量性を活用すれば、製糸用原料繭（図1）の品質検査への応用が可能。統計解析の結果、繭30粒を抜取り調査すると（図2）、原料繭ロットのFFA平均値を高い精度で予測できることがわかった。



図1 繭袋に詰められた原料繭



図2 繭の抜取り調査

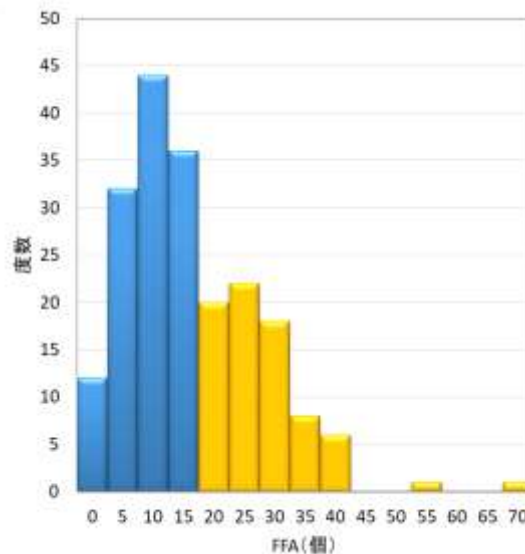


図3 FFA発生度合の分布図

ある実用蚕品種繭におけるFFAの発生度合を表した分布図（図3）では、右側の裾野（黄色部）にFFAが高い繭が分布している。FFAが20個以上の繭を品質の低い繭とすると、この集団の発生割合は、原料繭に潜むラウジネスの発生リスクを予測する有効な指標になる。実際に約7キログラム（約8000粒、品種名：「春嶺×鍾月」）の原料繭から抜取り調査を行った結果では、FFAの平均値は12、低品質繭の割合は23%と推定された。FFA法は新規な繭質検査法として今後の利用が期待される。

⑤ 「朝・日×東・海」の分離細繊維発生源を探る

「朝・日×東・海」は、もともになる4系統（朝、日、東、海）の掛け合せから始まり、「朝・日」と「東・海」の交配（図1）で作られる。「朝・日×東・海」は、交配種にありがちな繭糸分離細繊維が発生しやすい。そこで、その発生源を段階別に調べた結果、緑系で示した朝日系統（図1）のほうが青系の東海系統（図3）よりも繭糸分離細繊維が多く発生する傾向がみられた。「朝・日×東・海」の糸質改良では、まずは朝日系統を改質することで、繭糸分離細繊維の抑制効果が期待できそうだ。

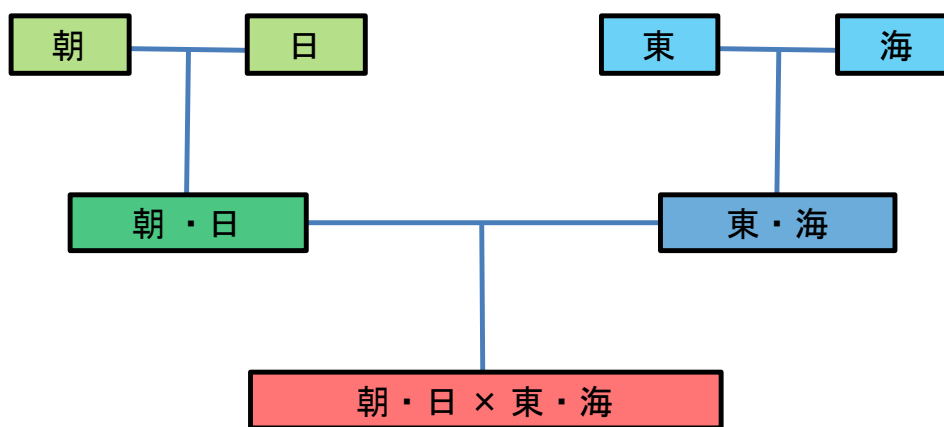


図1 「朝・日×東・海」の交配形式

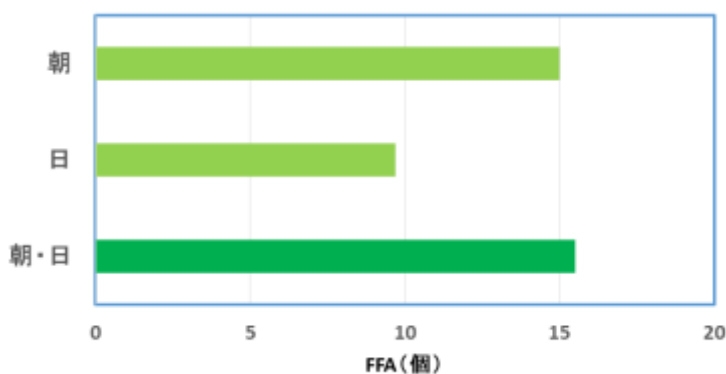


図2 朝日系統のFFA平均値

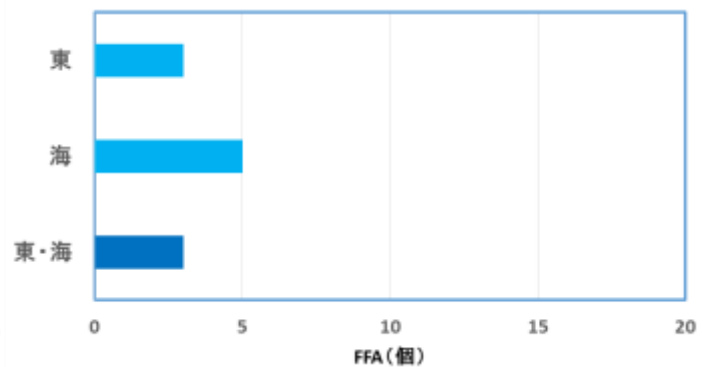


図3 東海系統のFFA平均値

⑥ 「朝・日×東・海」の糸質改良... 交雑原種の選抜が鍵か

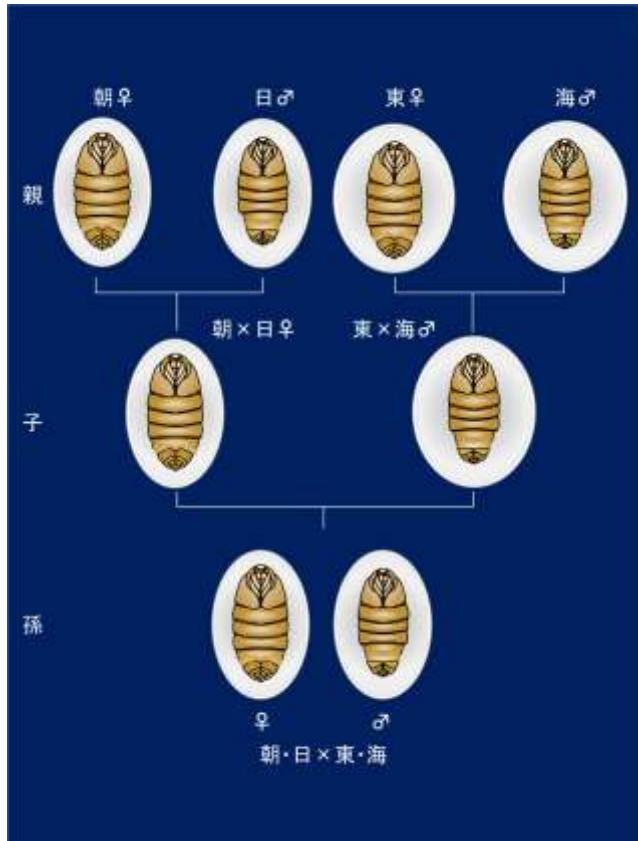


図1. 朝・日×東・海の系譜

「朝・日×東・海」の繭糸分離細繊維発生量が交配を経てどのように変動してきたのか？親から孫への系譜をたどって調査した（図1）。

各世代のFFA値の変化は図2のとおり。親世代（原々種）のうち、朝日系統では「朝」のメスでは26、「日」のオスでは27。一方で東海系統では「東」のメスでは11、「海」のオスでは4。この調査でもFFA値は東海系統よりも朝日系統の方が高い傾向が認められた。

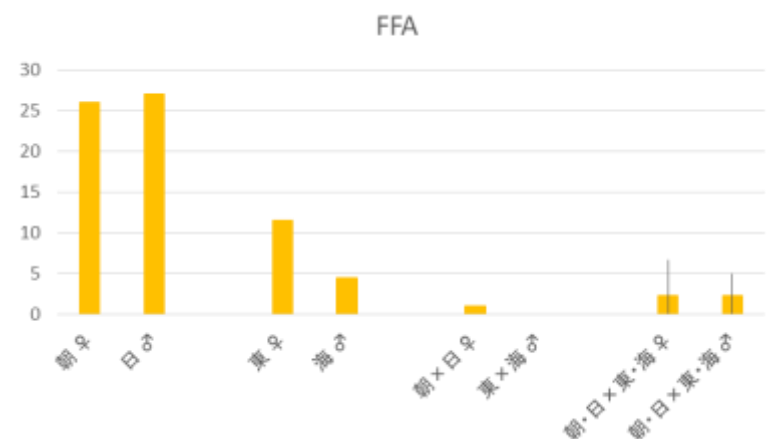


図2. 3世代における FFA 値の比較

「朝」メスと「日」オスの交配と、「東」メスと「海」オスの交配で生まれたそれぞれの子世代（交雑原種）の個体群から、「朝×日」のメスではFFA値が1、「東×海」のオスではFFA値0の個体を選んだ。これらを交配して生まれた孫世代（交雑種）の「朝・日×東・海」のFFA平均値は2.3であった。

今回の選抜交配で生まれた「朝・日×東・海」のFFA平均値は、これまでに調査した「朝・日×東・海」のFFA平均値（10程度）の約5分の1となり、2段目の交雑原種においてFFA値の低い個体を選抜することで、交雑種における繭糸分離細繊維の発生量を抑えることができそうだ。