

## 学校推薦型選抜サンプル問題【生命科学コース】

### I 次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。

地球上には、確認されているだけで約4万種ものクモが生息しており、未発見の種まで含めると、20万種を超えると言われていています。2010年にアフリカのマダガスカルで、ダーウィンス・バーク・スパイダーという新種のクモが発見されました。このクモは、幅25mを超える川を横断する巣を張ります。そのクモが出す糸を調べたところ、世界最高の強度と耐久性をもつことが分かりました。

天然のクモ糸の主成分は、フィブロインと呼ばれるタンパク質です。クモの腹部には、フィブロインを生成する分泌腺が複数あります。ここで異なるフィブロインをブレンドし、常時7種類ほどの異なる特性をもつ糸を出し、用途により使い分けています。一般的なクモの巣には、大きく分けて2種類の糸が使われています。巣を支える縦糸は強度が高く、伸縮性が低い糸。獲物を捕らえるための横糸は、強度は高くない反面、非常に伸縮性の高い糸が使われています。

タンパク質は、20種類のアミノ酸が数十～数千個、直鎖状に結合した分子構造をもちます。フィブロインの分子構造は、最終的にアミノ酸の配列で示されます。(本文の一部を省略)

クモ糸の人工合成は、遺伝子情報の解読が始まった1990年頃から、世界中で研究が進められました。最初に実用化を目指したのは米軍です。その後、ドイツ、イスラエル、スウェーデン、ロシア、中国、韓国などでも研究が進められましたが、現在に至るまで、量産化も実用化もなされてきませんでした。そこには、2つの大きな壁があったからです。1つは生産コストの問題、もう1つは安全性の問題です。

大前提として、大量のクモを飼育して作らせることは不可能です。クモは縄張り意識が強いので、共食いが激しく、しかも生きていてエサしか食べません。また、1匹のクモは数種類の糸を出すため、大量に飼育しても、常に同じ品質の糸を採取できないといった問題もあります。

そこで世界の研究者は、遺伝子工学を駆使し、宿主となる生物にクモ糸のタンパク質を作る遺伝子を組み込み、大量に生産させる方法を模索しました。これまでヤギ、タバコ、酵母、大腸菌など植物・動物、微生物といった様々な生物でテストが行われました。しかし、いずれの方法も生産コストが高すぎ、生産効率も悪かったのです。

この中では、微生物を使うことが最も効率的だと考えられています。微生物は、地球上で最も単純な構造をもつ生物であり、分裂・増殖のスピードが速く、エネルギー効率にも優れています。発酵技術を使えば、少ないコストで大量の微生物を作り出すこともできます。しかし、ここにも大きな問題がありました。クモ糸のように、巨大で複雑な分子構造をもつタンパク質を、微生物に効率よく作らせることは非常に困難だったのです。素材の

良し悪しを検討できる程度のタンパク質を確保するにも、何億という単位のコストがかかってしまうとされていました。

(世界初！ 人工クモ糸繊維の量産基盤技術確立までの物語 スパイバー・関山和秀：

「QMONOS」開発秘話と、クモの糸で変わる未来 (一部改変)

<https://www.academyhills.com/note/opinion/13112601GenkiQMONOS.html>

問1 DNA からタンパク質が合成される過程について、「転写」と「翻訳」という語を用いて 60 字以内で説明せよ。

問2 タンパク質はアミノ酸がペプチド結合により直鎖状につながった分子である。フィブロインは、開始メチオニンを除いて、3,000 個のアミノ酸によって構成されると仮定する。

(1) フィブロイン1分子をアミノ酸から人工的に合成することを考える。ペプチド結合の形成によって脱離する水分子は何個か。

(2) 平均分子量 110 のアミノ酸からなるとき、フィブロインの分子量を求めよ。ただし、元素の原子量は C=12、N=14、O=16、H=1、S=32、P=31 とする。

問3 問2で仮定したフィブロインをコードする遺伝子について考える。このタンパク質を合成するために必要な mRNA の塩基数を求めよ。ただし、開始・終止コドンを含むものとする。

問4 大腸菌1個が1時間に合成できるタンパク質が最大で  $1 \times 10^5$  分子であるとする。

(1) クモ糸タンパク質 (分子量を問2で求めた値とする) を 1g 得るために必要な分子数を求めよ。

(2) すべての大腸菌が同時に最大効率で合成すると仮定したとき、クモ糸タンパク質 1g の量を1時間で得るには、最低何個の大腸菌が必要か。

(3) (2)の計算結果から、クモ糸タンパク質を微生物に作らせる際の生産効率の問題とはどのような点にあるかを 100 字以内で説明せよ。