



兵庫県立加古川東高等学校

荒谷優太, 石田 薫, 北野彩華, 平岩尚樹, 廣瀬友佳, 赤塚千春,
河内 遙, 中川潤哉, 山本彩楓 (顧問: 川勝和哉 現 兵庫県立西脇高等学校)

マツの種類による松毬の鱗片配列の規則性の共通点と相違点

本研究は、日本農芸化学会2014年度大会(開催地: 明治大学)での「ジュニア農芸化学会」において発表され、銀賞を表彰された。発表者らは、松毬(松かさ)の鱗片の配列様式について数年にわたって研究を続けており、その生物学的意義およびマツの系統関係についても考察を行っているなど、得られた結果は非常に興味深いものとなっている。

し、この鱗片配列を詳細に観察すると、途中で規則性が変化していた。発表者らは、松毬の鱗片配列を詳細に観察し、その規則性の変化がもたらす生物学的意義について考察した。また複数種のマツの松毬の鱗片配列を比較することで、鱗片配列の規則性の変化の違いとマツの系統関係との間に相関関係があるか考察した。

【実験方法】ダイオオウマツ、クロマツおよびアカマツの松毬を収集して、鱗片配列の規則性を調べた。具体的には3種類のマツの鱗片間の角度、松毬の軸と鱗片のなす角度および軸の直径を測定し(図2a~c)、それぞれの松毬の鱗片配列の螺旋パターンについて松毬の根元か



本研究の目的、方法および結果*1

【目的】松毬の鱗片は、軸に対して規則正しく螺旋を描いて配列していることが知られている(図1a)。しか

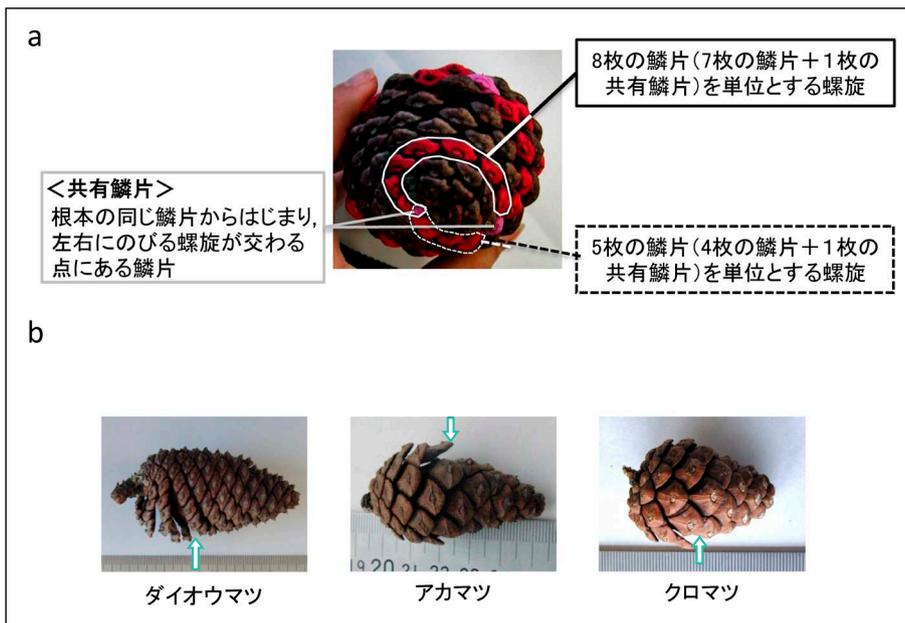


図1 ■ 松毬で見られる螺旋構造と3種のマツにおける松毬の形状

a. 松毬を根本から観察したもの。5枚(破線で囲んだ領域)と8枚(実線で囲んだ領域)の鱗片を単位とする螺旋が見られる。5枚と8枚を単位とする鱗片の螺旋が交わる点にある鱗片は、共有鱗片。b. 3種の松毬の形状。矢印はかさが開く位置。

*1 講演要旨集とポスターを部分的に改変転載。

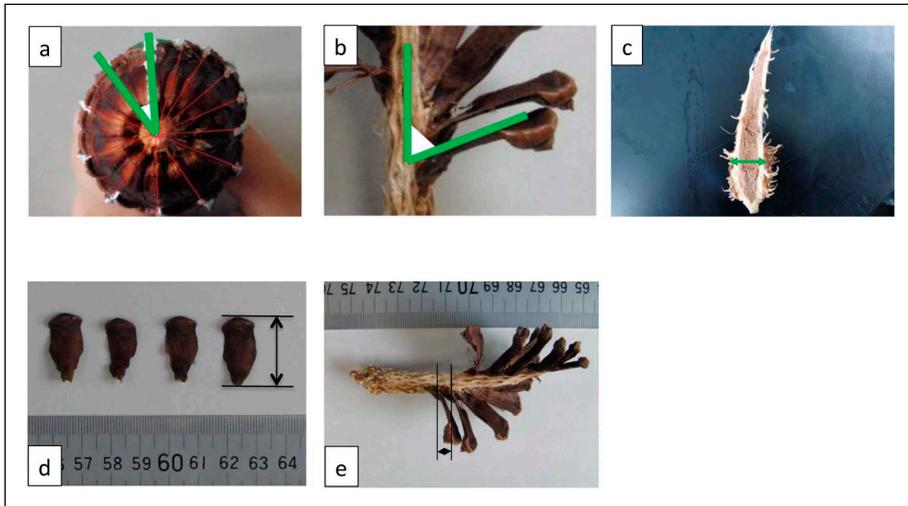


図2 ■ 松毬の鱗片配列で見られる螺旋構造の解析

a. 松毬の底面から見た際の鱗片間の角度 (X-Y平面における回転角), b. 松毬の軸と鱗片のなす角度 (Z軸となす角), c. 松毬の軸の直径, d. 松毬からペンチで鱗片を剥したものの(矢印は鱗片の長さ), e. 同一螺旋状の鱗片間距離の測定 (矢頭は鱗片間距離).

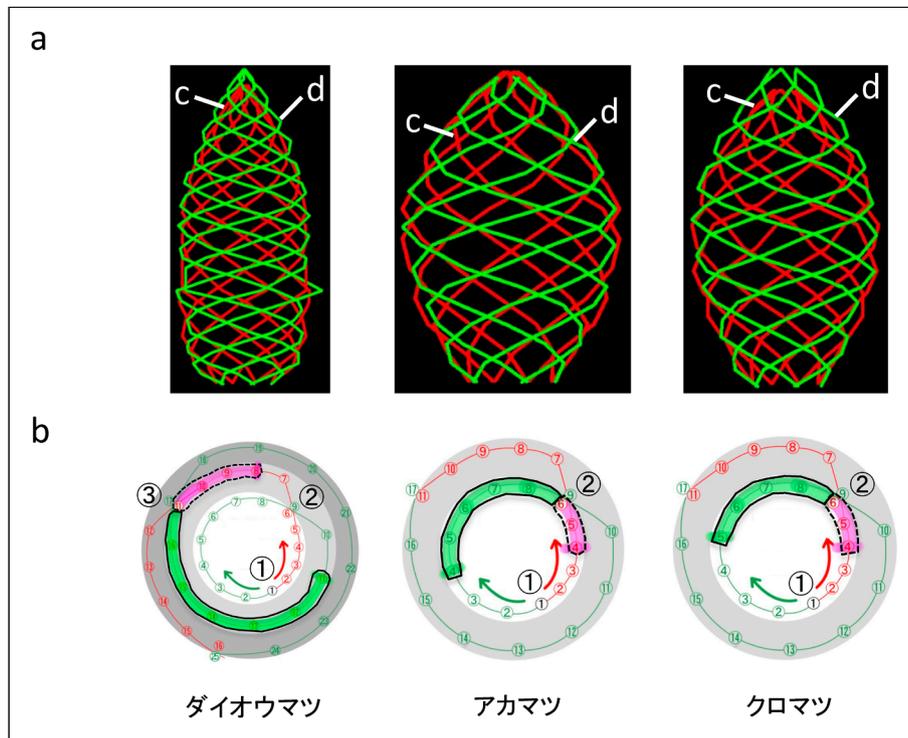


図3 ■ 3種のマツの鱗片配列の螺旋構造と規則性の変化が生じる位置

a. 3種のマツにおける5枚(線c)および8枚(線d)の鱗片を単位とする螺旋構造, b. 螺旋の規則性が変化する位置. 矢印はそれぞれの螺旋の方向性を示し, ①~③は根本からn番目の共有鱗片の位置を示す. 破線で囲んだ領域は, 5枚の鱗片からなる螺旋の規則性が変化してから(ダイオウマツでは7枚目と8枚目の間, アカマツとクロマツでは3枚目と4枚目の間), 次の共有鱗片までの鱗片を, 実線で囲んだ領域は, 8枚の鱗片からなる螺旋の規則性が変化してから(ダイオウマツでは10枚目と11枚目の間, アカマツとクロマツでは4枚目と5枚目の間), 次の共有鱗片までの鱗片を示している.

ら先端まで数式化し, 鱗片配列の規則性に变化が生じる位置を調べた. また松毬の軸の先端部分の同じ鱗片から始まる5枚の鱗片からなる螺旋と8枚の鱗片からなる螺旋のみを残し, その螺旋の鱗片の長さや鱗片間の距離を松毬の根元から先端までの位置ごとに測定した(図2d, e). さらに松毬の開く位置を明らかにするために, 松毬を水につけて鱗片を閉じさせた後乾燥させ, 再度松毬の開いたところを観察した. また3種類の開いた状態の松毬について, 鱗片を剥して鱗片の位置を確認しながらその内側にある種子を観察し, 鱗片の位置と成熟の度合いを調べた.

【結果と考察】ダイオウマツ, アカマツおよびクロマツの松毬を観察すると, マツの種類によって形状や大きさはかなり異なっていた(図1b). しかし上記3種類のマツに関して鱗片配列を調べた結果, そのいずれもが5枚の鱗片とその反対側に伸びる8枚の鱗片を単位とする螺旋構造をとっていた(図1a, 図3a). このことから松毬に見られる螺旋が5枚と8枚の鱗片を単位としているのは, マツに共通の特徴である可能性が考えられた. またアルキメデスの螺旋の方程式 $r = a\theta$ をもとに各松毬の鱗片間の角度, 松毬の軸と鱗片のなす角度および軸の直径を求めることで, n 枚目の鱗片における5枚と8枚の鱗

片を単位とする螺旋の方程式を明らかにしたところ、ダイオウマツでは5枚の鱗片からなる螺旋が7枚目と8枚目の間で、8枚の鱗片からなる螺旋が10枚目と11枚目の間でその規則性が変化していた(図3b)。これらはいずれも2番目の共有鱗片と3番目の共有鱗片(5枚の鱗片からなる螺旋と、8枚の鱗片からなる螺旋が交差する位置にある鱗片)の間にあたり、松毬が開く位置と一致していた(図1b)。同様にクロマツとアカマツでは、5枚の鱗片からなる螺旋は3枚目と4枚目の間で、8枚の鱗片からなる螺旋は3枚目と4枚目の間で規則性が変化していた(図3b)。これらの結果はいずれも1番目の共有鱗片と2番目の共有鱗片の間にあたり、ダイオウマツと同様に松毬が開く位置と一致していた(図1b)。つまり、松毬の開く位置は、螺旋の規則性が変化する鱗片から次の共有鱗片の間であることが明らかとなった。またアカマツとクロマツは松毬の形状は多少異なっているものの、螺旋の規則性が変化する位置および松毬が開く領域が類似している一方、ダイオウマツとは異なっていた。この結果は、これまで知られている3種類のマツの類縁関係とも一致しており、松毬の鱗片配列の規則性からマツの系統関係を推測できる手がかりとなる可能性があると考えられた。

次に5枚の鱗片からなる螺旋と8枚の鱗片からなる螺旋について、鱗片の長さおよび鱗片間の距離を測定したところ、根本から螺旋の規則性が変化する鱗片までは、鱗片は短く窮屈に配列され、外側に張り出していた。一方、そこから先端にかけては、鱗片は根本付近に比べて比較的長く、また鱗片の長さに対して鱗片間の距離が十分に長くなっているため、鱗片が閉じられていた。つまり、螺旋の規則性が変化する鱗片から次の共有鱗片の間にある鱗片は収まりが悪く、その結果、この部分から松毬が開くものと考えられた。

さらに松毬の各鱗片の裏面につく種子の成熟度合いを鱗片の位置を確認しながら観察したところ、ダイオウマツでは、根本から3番目の共有鱗片から先端にかけて、アカマツとクロマツでは、根本から2番目の共有鱗片から先端にかけて成熟した種子が観察された。つまり螺旋の規則性の変化は、マツの種子の成熟と連鎖していることが示唆された。



本研究の意義と展望

花びらの数や葉の付き方、植物の花や実に見れる螺旋の数、ヒマワリの花で見られる螺旋の数など、自然界の現象にはフィボナッチ数列が数多く出現することが知られている。本研究で扱っている松毬もフィボナッチ数列に従って規則正しく螺旋を描いていることが知られている。発表者らは、3種のマツの松毬を調べ、その松毬の大きさや形状がそれぞれ異なるにもかかわらず、共通して5枚と8枚の鱗片からなる螺旋構造をとっていることを明らかにするとともに、種によって鱗片配列の規則性の変化が見られる位置が異なり、その結果、松毬の開く位置が異なることを明らかにしている。また松毬が開く位置は種子の成熟にも関係していることを明らかにするなど、学術的に非常に興味深いものとなっている。さらに多くのマツの種を使って松毬の構造を比較することで、鱗片配列の規則性とマツの系統との関係がよりクリアになっていくものと期待される。

本研究は、身近な素材に焦点を当て、生徒たちがもっている知識を活かして計画的かつ継続的な研究を進めていった結果であり、研究における基本的な姿勢をうかがわせるものであった。今後のますますの発展を期待したい。

(文責「化学と生物」編集委員)