

植物細胞壁の「鉄筋コンクリート構造」の強度は宇宙でどう変わる？

微小重力環境下におけるシロイヌナズナの支持組織形成に関わる遺伝子群の逆遺伝学的解析

Cell Wall

背景

海で生まれた生物は、数億年前に陸上へと進出してきました。海から陸へ、がらりと変わった周りの環境に合わせて、陸上の生き物たちは自分の体の仕組みを大きく変えて、適応してきたのです。

植物の場合、海の中では海水の浮力があるので、自分の体を自身で支える必要はありません。ところが陸上では、大気からは海水ほどの浮力が得られないので、植物が茎を伸ばし、葉を広げて成長するためには、自分の体を自身で支えなければならなくなりました。そうして陸上植物は、環境に適応するための独自の「細胞壁」を進化させたのです。

では、微小重力の宇宙ステーションで、植物を生育させると細胞壁はどう変化するのでしょうか。この実験では細胞壁内部の構造やそれを作るしくみにせまっています。

地上で建物を作るには、建物自身を支える土台が必要となります。例えば家を作るときにも1階の土台部分を頑丈にして、2階以上を支えています。地上の植物も同じように、下の土台の部分より強くなるように遺伝子が働いています。つまり、植物の土台の部分と伸びていく先端の部分では違う遺伝子が働いているのです(図1)。

では宇宙で、この土台の構造はどう変化していくのでしょうか？

この実験で特に注目したのは、双子葉植物の細胞壁の中の構造です。細胞壁の「鉄筋」にあたるのが「セルロース」と呼ばれる繊維です。そしてその鉄筋を束ねるコンクリートにあたる成分が「マトリックス」です。マトリックスは色々な成分からなります。双子葉植物で最も大きな役割を担っているマトリックス成分は、キシログルカンとリグニンです(図2)。

鉄筋がいくら強くても、コンクリートが劣化しては強度が出ないように、細胞壁もセルロースとマトリックスの働きがうまく調和しなければ強度が低くなります。地上の実験から、このセルロースとマトリックスの双方を作る遺伝子が重力に反応して働きを変えていることを、西谷和彦先生は突き止めています。

植物細胞壁の構造は、実際は大変複雑です。また、様々なタイプがあります。それを作るには多数の遺伝子が関係しています。地球上で正常に生育していた植物を横倒しにしたときに、働きが変わる遺伝子を調べることで、重力に応じて変化する約30種の遺伝子を絞り込むことができました。そのうち、最も重要な10種ほどの遺伝子について、宇宙での変化を調べようという実験です。

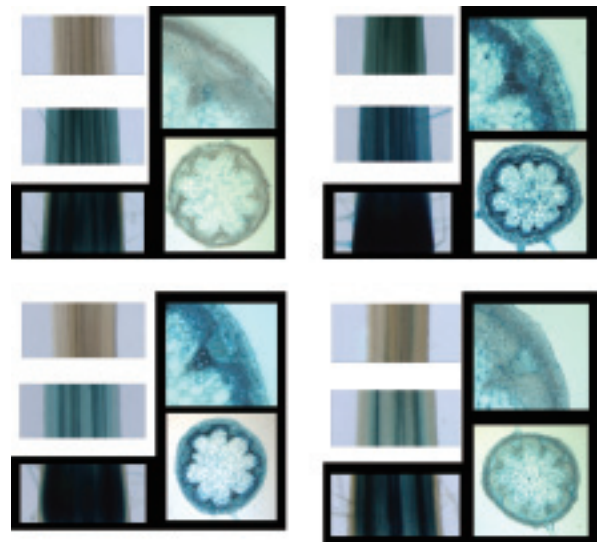


図1 シロイヌナズナの茎を場所ごとに、また輪切りにして遺伝子の働いている量を青で染めた写真。茎の下部ほど、また輪切りの外側ほど強く働いていることがわかる。

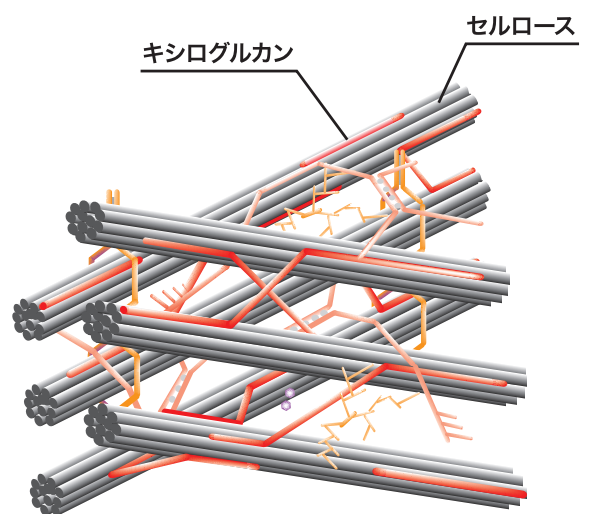


図2 シロイヌナズナ細胞壁の構造を示す模式図。シロイヌナズナなど双子葉植物の細胞壁の構造。鉄骨の役割をするのがセルロースで、キシログルカンはセルロースを束ねる役割をする。

目的

シロイヌナズナを宇宙で栽培し、細胞壁のセルロースやマトリックスをつくるのに関連する約10種類の遺伝子が、宇宙でどう働かかを調べます。

おそらく微小重力の宇宙ステーションでは、細胞壁はそれほど丈夫である必要がなく、細胞壁の強度を低くし、材料を節約するように遺伝子は働くと思えます。ではいったい、どういうしくみで遺伝子の働きが調節されるのか。それを調べることで、地上で細胞壁が作られているしくみを知ることができるでしょう。つまり細胞壁を強くしたり、弱くしたりするいろいろな遺伝子の働きを調節するやり方や、それが重力によってどう支配されているかを調べようというのがこの実験の大きな目的です。

細胞壁の強さを調節するしくみがわかってくれば、将来、植物の茎の強さや高さを人工的に変えるという場合にも有効な情報を提供するでしょう。また植物がどのように水中から陸上に進出してきたかという、進化過程の解明にもつながります。

実験内容

シロイヌナズナの乾燥種子を地上でまいて打ち上げます。ヨーロッパ実験室のコロンバスモジュール内にある植物用栽培装置を利用して実験します(図3)。微小重力状態と約1Gの重力状態の両者を比べることで、重力の影響だけを比較できます。

宇宙で自動的に給水を始め、実験はスタートします。宇宙で約40日間生育させて、茎の長さが10センチになったら宇宙飛行士がハサミで切って収穫し、薬剤で保存し凍結して持ち帰ります。

地上に持ち帰った後は、細胞の遺伝子を取り出してセルロースやマトリックスを作る遺伝子が微小重力の環境下でどのように働き、どのような細胞壁を作っていたのかを調べます。宇宙で重力をかけたもの、地上での対照実験で育てたシロイヌナズナについても同様に調べて遺伝子の働きをくらべます。

ココがポイント!

これまで植物の実験は、微小重力環境で植物の成長の仕方などを調べる実験がほとんどで、細胞壁の中のような構造的なことを調べるのは、海外でも例がありません。

西谷先生は、細胞壁のタイプを細かく分類してそれぞれに対応する遺伝子を見つけ出し、それぞれの遺伝子が設計図(ゲノム)にどのように組み込まれているかについて1個1個調べています。特にマトリックスの主要成分であるキシログルカンの働きを調節する遺伝子は西谷先生が発見したもので、先進的な研究を進めており、十分な地上のバックグラウンドデータも持っています。また、細胞壁を作る遺伝子を包括的に解析する研究でも先駆的な研究を進めてきました。これらの研究実績を持つ点が、この研究の強みです。また実験結果を解析するための道具や手法も開発しました。非常にオリジナルな研究であり、その成果が期待されます。



図3 地上予備実験として宇宙実験用の培養装置(Plant Cultivation Chamber)を用いて生育中のシロイヌナズナ(ノルウェイのESA実験室)

プロフィール



西谷 和彦

東北大学大学院 生命科学研究科
教授

専門：植物生理学