

根が下に曲がる性質と植物の進化

はじめに

植物は、光や重力、水分など生育に必要な刺激を感受し、適した環境へ屈曲して成長します。**根が重力方向へ屈曲する性質を、屈地性(正の屈地性)**といいます(平成25年7月号、本連載)。

根の屈地性

屈地性の研究は、シロイヌナズナなど被子植物で進んでいます。

根は

- ①重力による根端のデンプン粒の沈降
- ②植物ホルモンであるオーキシンの流れの変化
- ③オーキシンの濃度差による伸長のずれ

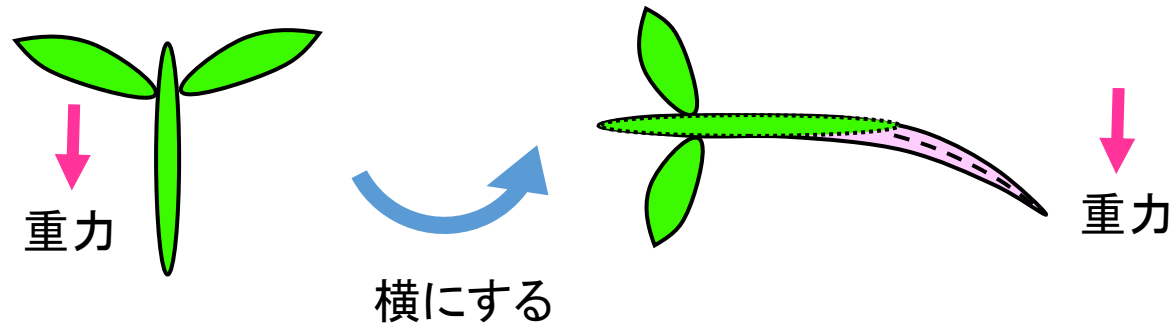
という3つのステップを経て、重力方向へ曲がります。

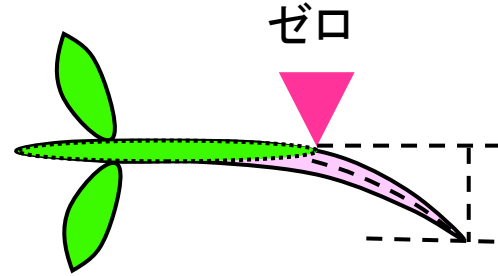
このような屈地性が、植物界ではどう進化してきたかを考えた論文が発表されました(Nature com. 2019,10:3480
<https://doi.org/10.1038/s41467-019-11471-8>)。

重力刺激の実験

あらゆるものに重力がかかっているこの地上で、根に対して重力をどう「与え」、屈地性の実験をするのでしょうか。

専門外には、目から鱗の実験が行われています。**根がある程度育った段階で植物体全体を横にする**のです。そうすると**根は、それまでとは90度異なる軸方向から重力を受ける**ことになります。これで、重力刺激を「与え」たことになります。



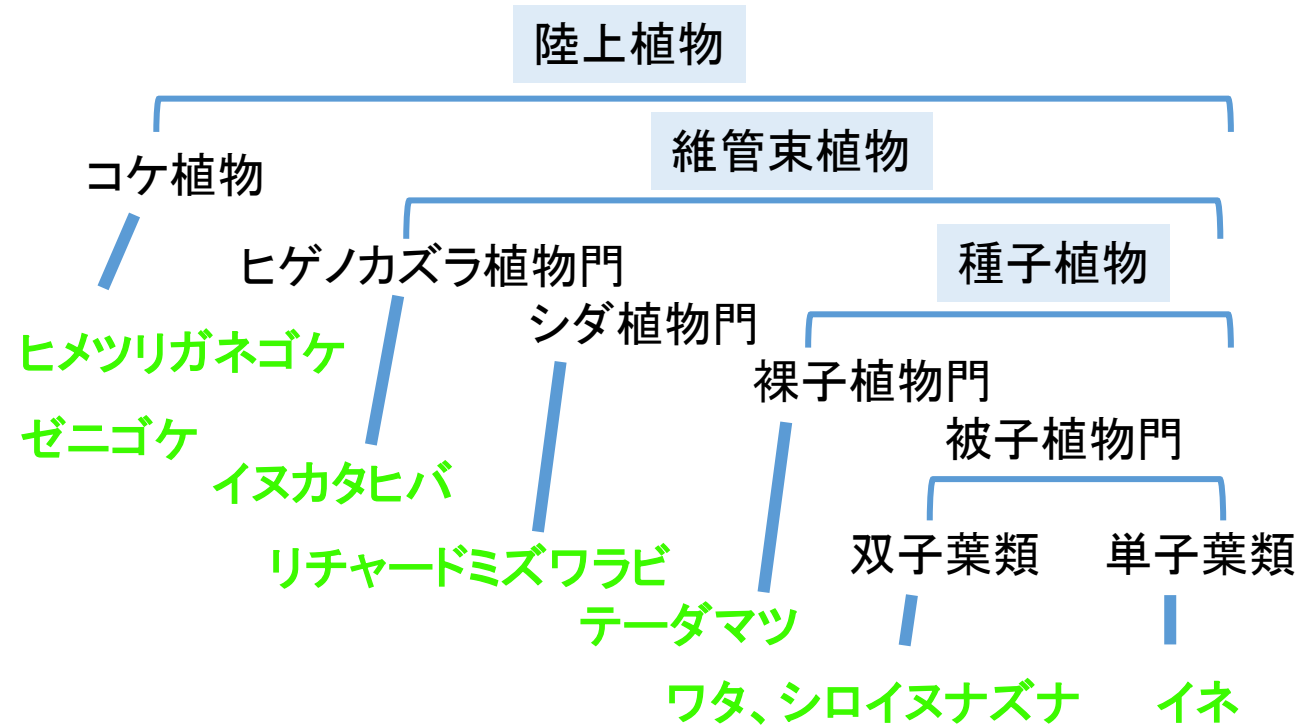


そして、横にした時が重力刺激を与えたゼロ時点で、その後一定時間後の根の曲りを測ります。

他に、重力を限りなくゼロにするため、試料を回転させ、重力方向を連続的に変化させるクリノスタット装置と呼ばれる装置が使われる場合もあります。最近では、宇宙での実験も行われています。

用いた植物

今回の報告では、陸上植物全体を把握するため、分類上の大きなグループを代表し、ゲノム解析なども行われている以下のようなモデル植物を実験に供しました。

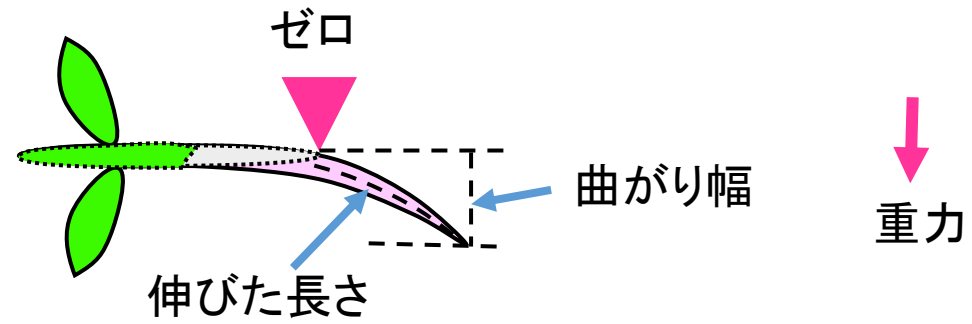


屈地性の数値化

屈地性の実験では、一定時間後の根の曲りを求めます。実際には湾曲した根の角度はそれほど簡単には測れず、多数の個体を測定するのも時間がかかります。一定時間後に根が30度、60度、90度まで曲がった個体数を求め、数値化する方法も用いられます。

また、今回の報告ではコケ植物から種子植物に至るいろいろな植物を用いています。そうすると、植物によって根の伸長速度が違います。そして一定時間後の角度だけでは曲りの速さが厳密に比較できない可能性もあります。

そのため、今回の報告では、曲がった幅に対する根の伸びた長さを求め、曲りの速さの指標としています。



屈地性と維管束の進化

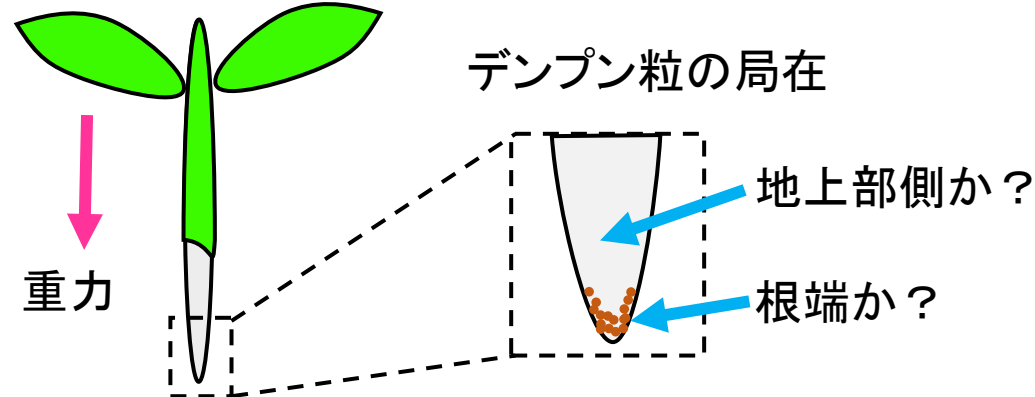
コケ植物では、**維管束**が発達していません。より進化した陸上植物すなわち、ヒゲノカズラ植物門、シダ植物、裸子植物、被子植物には維管束があります。

こうした**維管束の進化とともに、屈地性の反応も進化している**ことがわかりました。ヒメツリガネゴケとイヌカタヒバでは、重力刺激を与えられた後3日たっても重力の方向に曲がり方が確認できませんでした。リチャードミズウラビでは、刺激を与えられた3日後に、やっと重力方向に曲がります。テーダマツおよびワタ、シロイヌナズナ、コメでは1時間後には重力の方向に曲り始めます。

根端のデンプン粒

デンプン粒の有無は、ヨウ素液(ルゴール液)で染色して調べることができます。

ヒメツリカネゴケには、そもそもデンプン粒がありませんでした。イヌカタヒバではデンプン粒は根端にはなくその少し地上部側にあり、リチャードミズワラビでは根端と地上部側両方にありました。そしてテーダマツおよびワタ、シロイヌナズナ、イネでは、根端にのみデンプン粒がありました。



ヨウ素液染色よりさらに改良された染色法を用い、**共焦点顕微鏡**で細胞内のデンプン粒の位置を観察すると、屈地性の遅いイヌカタヒバとリチャードミスワラビでは、重力に伴うデンプン粒の細胞内移動はありませんでした。屈地性が速いテーダマツおよびワタ、シロイヌナズナ、イネでは、デンプン粒の細胞内移動がありました。

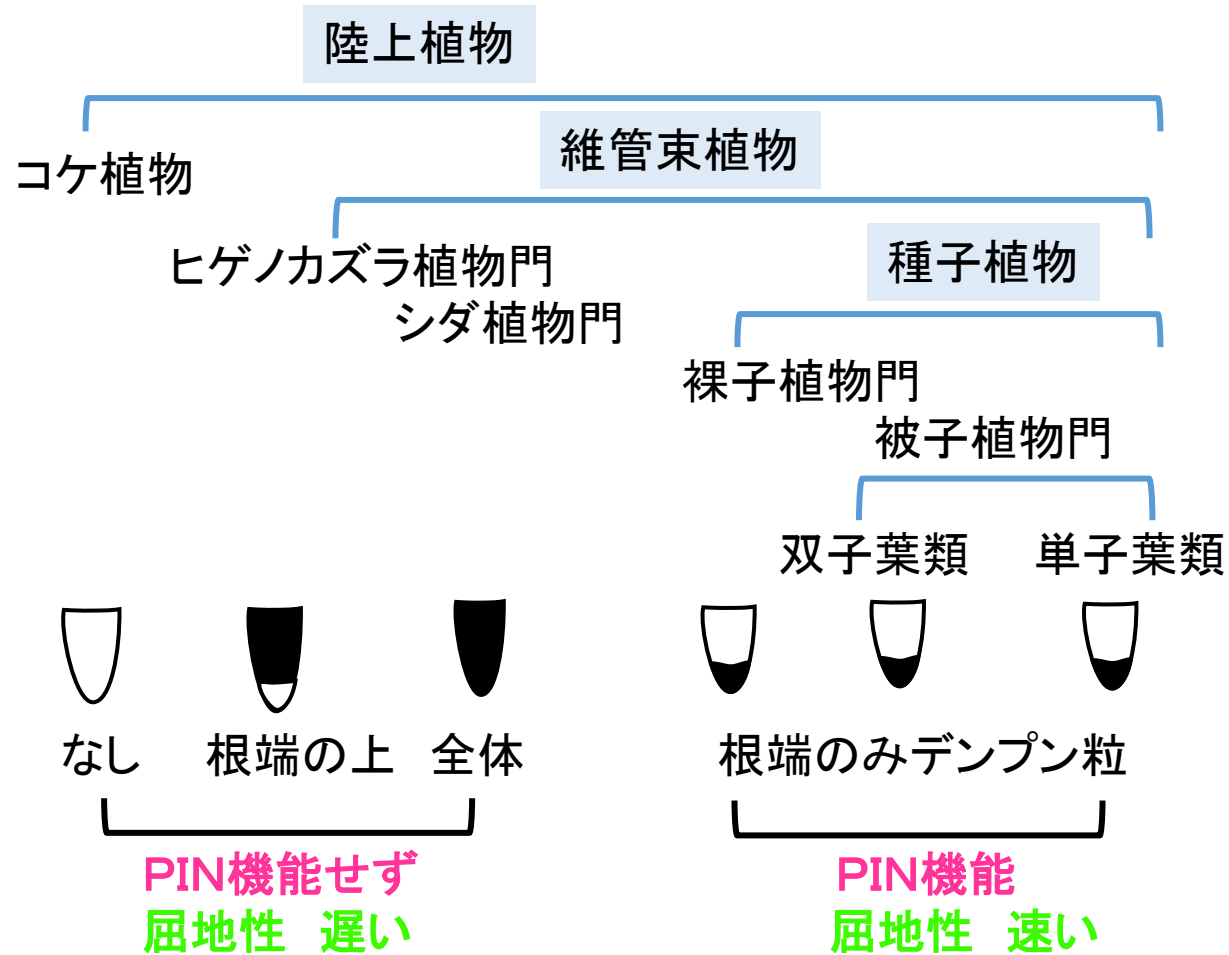
よって、デンプン粒の移動が屈地性の効率化をもたらすことがわかりました。

オーキシンの流れを促す遺伝子

デンプン粒の移動を感知し、**オーキシン**の流れを促すのは、**オーキシン排出(輸送)タンパク質PIN**であることがわかっています。

遺伝子組み換え実験により、**PIN**の親水性部分が流れの誘導に重要であるであることが、裸子および被子植物で改めて確認されました。ゼニゴケやイヌカタヒバ、リチャードミズワラビでは、**PIN**遺伝子がありますが、重要な親水性部分が機能していませんでした。

以上、陸上植物の屈地性の速さと、根端のデンプン粒の局在、PINの働きをまとめると、下図のようになります。



今後

ミレニアムから20年過ぎ、これだけの植物種の現象解析と遺伝子組み換え実験が1つの論文に盛り込まれていることに、植物科学の進歩を感じました。