

「小麦：フロリゲンを活用して地球温暖化に強い作物を創る」

辻 寛之 横浜市立大学木原生物学研究所准教授

フロリゲンは植物に花づくりを開始させる強力な分子である。植物がいつ花をつけるかは、その植物が次の世代の種を残せるかどうかを決定する要素であるため、フロリゲンの機能は種を残すための重要な要因である。さらに花が咲いた後には実りがと収穫が訪れることから、フロリゲンは人間を含めた動物の生存を支える重要な分子と位置付けることができる。フロリゲンの正体は長い間植物科学の重要な謎であったが、最近の研究でその正体がFTと呼ばれるタンパク質であることが明らかとなった。植物は葉で日長や温度などの環境を認識し、花をつけるのに適切な季節の到来を予見すると葉でフロリゲンを合成する。合成されたフロリゲンは実際に花の作られる茎の先端まで輸送され、そこで花を作るための遺伝子を活性化させるのである。

このフロリゲンの機能を制御することで、人類は作物生産の向上を図ってきた。例えば北海道は明治時代までイネの栽培が困難な地域であったが、今では日本を代表する米の産地となっている。北海道では秋の気温がイネにとって低すぎるため、十分な収穫が見込めなかった。この問題を克服するために、早く穂（イネの花序）を出して寒くなる前に収穫できるイネが作出されたことが、今日の北海道の稲作を成功させた要因の一つである。この北海道の例ではフロリゲンの量を増加させる遺伝子が利用されていた。このように悪環境に耐えるのではなく悪環境が訪れる前に収穫して逃れる方法は有用であり、現在でも多くの作物を対象に世界中で行われている。

コムギ栽培においてもいつ花をつけるのかは重要な問題であり、フロリゲンによる制御が期待されている。例えばパスタ用の小麦は日本での栽培が困難であるが、その理由は穂が出るのが遅いために収穫が梅雨に重なることである。穂が梅雨の雨に当たると穂発芽やカビの病害が発生するために収量や品質が低下してしまう。梅雨の雨の前に収穫できるコムギをいかに作るかは重要な取り組みとなる。

日本ではコムギを含む様々な作物の自給率が低いことはよく知られているが、このことは言い換えれば日本の食の材料を世界に作ってもらっているということの意味する。多様な食材をバランスよく配した食を構成するためには、多様な食材を国内に揃える必要がある

が、食材のすべてを日本国内の生産でまかなうことは難しいであろう。国内での高品質な食材生産に加えて、多様な環境、大きな環境変動を経験する世界の作物産地での生産が日本の食を支えている。従って、フロリゲンをはじめとする植物科学の成果を作物の改良に活かそうとする場合、地球規模での環境変動に対応できることを視野に入れて進めることが重要であろう。

多様な食を支える作物生産を地球規模で支えるために、地球温暖化への対策は今後ますます重要となる。作物生産地域に対する温暖化の影響は二つあり、それらは文字通り平均気温を押し上げることに加えて、気象システムのバランスが全体的に変化してしまい、極端な高温、低温や大雨を引き起こすことにある。こうした環境の変化が進んでいく中で、今までと同じ場所で、今までと同じ品質、同じ収量を確保するためにはどのような生物学が必要となるのであろうか。

地球温暖化に負けない作物を作るためには、そのメカニズムを具体的な分子のレベルで理解した上で対応することが重要となる。これはがんなどの病気との戦いでも同様であろう。例えばある薬は、その薬が標的とする酵素分子の変化が原因でがんになった患者には極めてよく効くが、同じ臓器のがんでも別の酵素分子の変化が原因の場合には効果はなく副作用だけが生じることもある。メカニズムを解明せずに薬を使用することの弊害と言える。これを地球温暖化と作物生産の話題に置き換えると、気温が上昇したときに植物の体の中では具体的にどのような細胞でどのような分子にどのような変化が生じて生産が攪乱されるのかを解明して、どのプロセスをどのように改良したら環境変化に負けない作物作りに貢献できるのか、ということになる。

コムギの花作りは地球温暖化によってどのようにかく乱されるのであろうか。コムギには春化要求性という特徴がある。この性質は、冬（すなわち一定期間の低温）を植物が経験しなければ花の形成を遅らせる、というものである。生態学的には、植物が真冬に花をつけてしまい寒すぎて種子を残せなくなることを避けるための仕組みであろう。温暖化によって平均気温が押しあがると、冬の季節でも低温が不十分で花の形成が遅れてしまうことが懸念される。一方で、春化要求性を喪失した品種も栽培されている。これらの品種は、暖かいと花を早く作りすぎてしまう。種子を十分に実らせるには茎葉が十分に大きくなっていることが好ましいが、十分な茎葉の成長を待たずに早く花を作ってしまうと品質と収量は低下する。

これらの問題に取り組むために、私の研究室ではコムギのフロリゲンがどのように気温の影響を受けるのかを研究している。研究開始時にはコムギにいくつかのフロリゲン遺伝子が存在するのかも謎であったが、キヤノン財団研究助成を受けて実施した解析から、コムギに

は合計42ものフロリゲン遺伝子が存在していることを明らかにした。さらに、コムギの栽培途中で栽培温度を上昇させる実験からは、ある特定のフロリゲン遺伝子が温度上昇にตอบสนองして活性化し、コムギの花形成だけでなく茎の伸長を促進させることを明らかにした。そのほかの研究成果も総合すると、コムギが花を作る過程では少なくとも二つのフロリゲン遺伝子が働いていることがわかった。この2つの重要なフロリゲン遺伝子のうち一つは冬の間には活性化して花形成を開始させ、もう一つは春になってから活性化して茎の伸長を活性化する。また、春になるとコムギは茎を伸ばして出穂するのである。春には日が長くなり、また気温も上昇する。コムギにとって、春というのは日が長くなることなのか暖かくなることなのか、その両方なのか。私たちの実験の結果、コムギにとっての春とは暖かくなることである、ということが分子レベルで明らかとなった。日の長さを冬の短さに保ったまま、気温だけを春のように上昇させたところ、フロリゲン遺伝子のうち一つが活性化して茎の伸長をスタートさせたのである。この結果は、地球温暖化がコムギにどのような影響を与えるのかを考えるための重要なヒントとなる。

私たちは、こうした研究を通して地球温暖化とフロリゲンの機能の関わりを解明し、制御可能にすることを目指して研究を行なっている。フロリゲンの発見には、私たちの研究グループを含めた日本の植物科学研究が大きな貢献を果たしてきた。今後地球規模の環境変化に立ち向かい、豊かな食を担う食材を世界中で生産していくために、フロリゲンの研究が貢献できればと思っている。

