

植物のプロテオグリカン

小竹 敬久

糖タンパク質のうち、特に糖鎖の大きいものを「プロテオグリカン」と呼ぶ。よく知られているプロテオグリカンは、動物のコンドロイチン硫酸やヘパラン硫酸であろう。一方で、植物にもプロテオグリカンが存在することはご存知だろうか？植物にはコンドロイチン硫酸やヘパラン硫酸はないが、細胞外プロテオグリカンとしてアラビノガラクトサン-タンパク質 (AGP) が普遍的に存在する。AGPはヒドロキシプロリン (アミノ酸のプロリンがヒドロキシ化されたもの, Hyp) リッチなコアタンパク質にアラビノガラクトサン (AG) 糖鎖が結合している分子の総称である。多くのAGPが、分泌シグナルと原形質膜に係留されるためのグリコシルホスファチジル (GPI) アンカーシグナルを持つ。したがって、多くのAGPは原形質膜外側に膜に係留されて存在する。また、膜から遊離して細胞壁中にも存在すると考えられている。AGPはコアタンパク質のアミノ酸配列によりいくつかのファミリーに分類されるが、コアタンパク質がわずか十数アミノ酸からなるAGペプチドや細胞接着様ドメインを持つファシクリン様AGPもあり、実に多様である。AGPは細胞壁のマイナー成分 (乾燥重量の1%以下) だが、アカシアなどの一部の樹木からは、傷口に分泌されるガム状物質の主成分として多量に得られる¹⁾。

私たちは日々知らず知らずのうちにAGPを食べている。AGPは植物に普遍的に含まれており、野菜や果物にも量は多くないが含まれている。また、他のタンパク質と異なり熱に強い (変性しにくい) ので、野菜の煮汁やスープにはAGPが含まれていると考えられる。また、

上述したようにアカシアはAGPやコアタンパク質に結合していないアラビノガラクトサン (AG) を主成分とするガム状物質を分泌し、これはアカシアガム (別名: アラビアゴム, ガムアラビック) として食品の安定剤として広く利用されている。また、かつてアカシアガムは水糊の主成分としても使われていた。

AGPの最大の特徴は、大きなAG糖鎖である。AG糖鎖は、コアタンパク質のヒドロキシプロリン残基にO-グリコシド結合で結合している (図1)。AG糖鎖の主鎖は β -1,3-ガラクトサン (ガラクトース [Gal] という単糖が β -1,3-結合した糖鎖) で、側鎖は β -1,6-ガラクトサン (Galが β -1,6-結合した糖鎖) である。この β -3,6-ガラクトサン基本構造に、グルクロン酸 (GlcA) やL-アラビノース (Ara), L-フコース, L-ラムノースなどさまざまな単糖が結合している²⁾。糖鎖はヘテロな構造であり、側鎖の頻度や長さ、結合する単糖の種類は、植物種や組織、エイジによって異なる。コアタンパク質の種類による糖鎖構造の違いは、まだわかっていない。

ややマニアックな話だが、植物には2種類のAGがある。今回話題にしているAGPの糖鎖は、タイプIIのAGと呼ばれ、これとは別にタイプIのAGがある。タイプIのAGもガラクトサンを糖鎖の骨格とするが、糖鎖の主鎖は β -1,3-ガラクトサンではなく β -1,4-ガラクトサンである。また、タイプIのAGはペクチンの一部である点も、遊離糖鎖や糖タンパク質の糖鎖であるタイプIIのAGとは異なる。

近年、AGPやAGの機能性が注目されている。コーヒー由来のAGはビフィズス菌の増殖を促進する効果があることが報告されている³⁾。また、AGPやAGは漢方薬の薬効成分の一つである可能性もある。実際に、マメ科植物の *Astragalus* のAGPは腸管免疫を活性化し、これにはAG糖鎖に含まれる特定の末端糖鎖構造やこの構造のクラスター (複数が集まった状態) が重要であると考えられている⁴⁾。AGPは糖鎖構造が多様であるため、構造決定が困難であるなど扱いにくい点もあるが、機能性や用途も多様であり、利用の拡大・発展が期待される分子である。

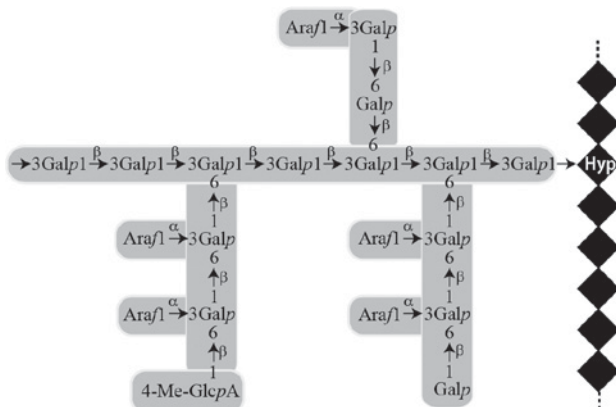


図1. AGPの構造の例。糖鎖はHyp残基に結合している。糖の略称に続くfは5員環型を、pは6員環型を示す。

- 1) Majewska-Sawka, A. and Nothnagel, E. A.: *Plant Physiol.*, **122**, 3 (2000).
- 2) 西谷和彦ら: 植物細胞壁, 講談社 (2013).
- 3) 堀牧恵ら: 日本食品微生物学会雑誌, **124**, 163 (2007).
- 4) Kiyohara, H. et al.: *Phytochemistry*, **71**, 280 (2010).