

植物細胞壁再編酵素 XTH の起源の研究成果に基づく生物陸上化の新しいシナリオの提唱

1. 発表者

西谷和彦 神奈川大学理学部教授
篠原直貴 神奈川大学理学部非常勤講師

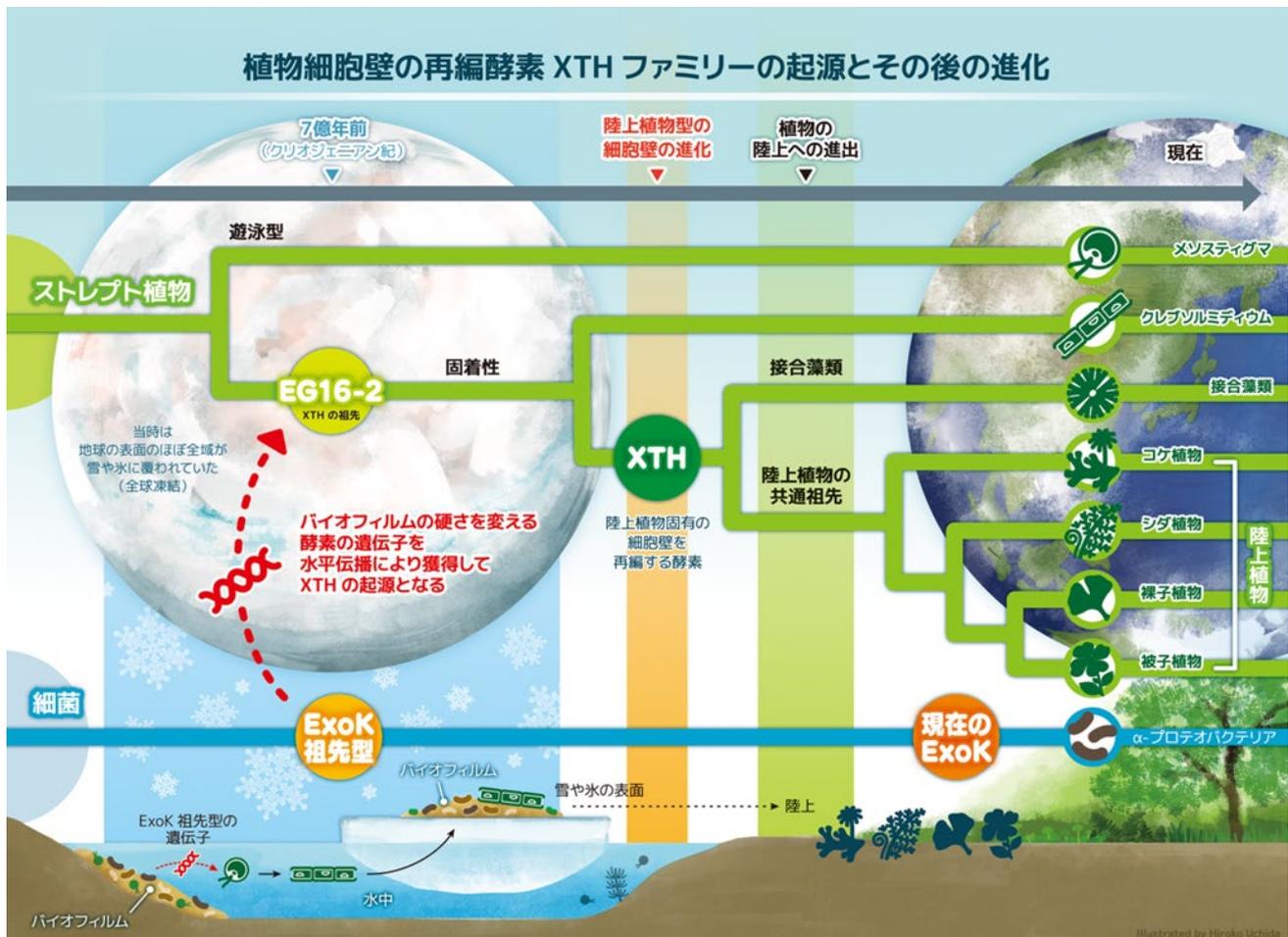
2. 発表のポイント

全ての陸上植物のゲノムに多重遺伝子ファミリーとして存在し、細胞壁の再編を担う酵素である XTH の起源が、細菌のバイオフィルムを緩める酵素 (ExoK) であることを明らかにしました。この発見は、XTH の起源が細菌のリケナーゼという酵素であるとしてきた定説を覆すものです。

ExoK は細菌がバイオフィルムを作り固着生活をする上で必須の酵素です。7億年前、地球が氷に覆われていた全球凍結の時期に、陸上植物の共通祖先が細菌から水平伝搬により ExoK の祖先遺伝子を取得した可能性が高いことを明らかにしました。

今回の研究結果は「土に根をおろしている現在の植物は陸地進出より2億年前に氷の表面に定着する機能を獲得していた」とする新しい陸上化シナリオを支持する最初の知見です。

3. 研究成果のイメージ図



4. 発表概要

<研究の背景>

①植物の陸上進出

45億4千万年前に岩と水の惑星として生まれた地球の陸地に、5億年ほど前から植物が進出し始め、今や、地球はすっかり緑の惑星に様変わりしています。植物の陸上進出は、地球史の上では比較的最近の事ですが、大陸に生命圏を築き、気象を一変させた波及効果は絶大で、地球の歴史の中でも特に重要な出来事の一つです。

現在、陸上に生息する植物はコケ植物、シダ植物、裸子植物、被子植物に分けられます。陸上植物の祖先は、メソスティグマと呼ばれる5億年よりも前から淡水域を泳いでいた単細胞性の緑藻に遡ると考えられています。この泳ぐ能力を持つ藻類が、陸上の大気や土壌の環境に適応しながら多細胞体を作り、多様な陸上植物になったと考えられています。したがって、全ての陸上植物は単一の共通の祖先から進化した単系統の生物群です。

陸上植物と最も近縁の植物はツヅミモやミカヅキモなどの接合藻類です。陸上に進出しなかったストレプト植物の系統として、接合藻類以外に、コレオケーテ、シャジクモ藻類、クレブソルミディウム、メソスティグマがあります。

②上進出における XTH の役割

植物は陸上進出の過程で固有の細胞壁を獲得したことが、ゲノム解析から明らかとなっています。陸上植物の細胞壁の特徴はセルロース微繊維が、マトリックス多糖類などを介して網目構造を作り、様々な機能を担っていることです。

XTH(エンド型キシログルカン転移酵素/加水分解酵素)は1992年に西谷らにより単離され、1993年に遺伝子がクローニングされた酵素に付けられたファミリー名です。このファミリーの酵素の機能は多様ですが、セルロース微繊維同士の相互作用の再編を調節して、細胞壁の様々な機能の調整役を担うことから細胞壁再編酵素とも呼ばれます。

植物の陸上化における XTH ファミリーの起源は、酵素の構造上の類似より細菌のリケナーゼに由来すると考えられていましたが、不明な点が多く残されていました。

<今回の研究成果>

①XTH の起源は ExoK

XTHの起源を明確にするために、細菌や菌類、植物を含めXTHファミリーに類似の蛋白質を含む蛋白質のアミノ酸配列の系統解析を行いました。その結果、アルファプロテオバクテリアの祖先種の ExoK 蛋白質の遺伝子が、陸上植物の共通祖先であるストレプト植物の一種へ水平伝搬し、現在の陸上植物の XTH ファミリーとなったことが明らかとなりました。

この結果は、これまで定説とされてきたリケナーゼ起源説を覆すものです。

また、この水平伝搬は、7億年前の地球のほぼ全域が雪や氷に覆われていたクリオジェニアン紀に起こったであろうことも、系統解析より推定されました。

②ExoK の機能一

ExoK 蛋白質は、現生のアルファプロテオバクテリアではバイオフィルムの成分であるスクシノグリカン分解する活性を持ち、バイオフィルムの物性や流動性の制御に関わる酵素です。

植物の XTH は、セルロースを骨格とする陸上植物細胞壁中のキシログルカンなどの多糖の繋ぎかえ反応を触媒し、細胞壁再編に中心的役割を担う酵素です。

菌類の CRH ファミリーは菌類の細胞壁骨格であるキチン多糖の繋ぎかえ反応を触媒する点で、植物における XTH と同様の細胞壁再編機能を担う酵素です。

<新しい陸上化のシナリオの提唱>

今回の成果とこれまでの知見を総合し、アルファプロテオバクテリアが獲得したバイオフィーム形成形質が、7億年前の全球凍結の時代に植物や菌類へ水平伝搬し、雪上や氷面という固相の淡水環境における植物や菌類の定着生活進化の基盤となったとする仮説を提唱します。

更に、この仮説に基づいて、全球凍結の時期に、雪上や氷面で、細菌と、緑藻、菌類がバイオフィームを媒体として固着生活を送る機能を獲得し、雪上での固着生活の“レッスン”となり、そのレッスンを経験した特定の植物系統のみが 氷河期終了後に陸地に進出することができた、とする新しい生物陸上化のシナリオを提案します。

【発表論文】

雑誌名： Plant Cell Physiology

著者： Naoki Shinohara and Kazuhiko Nishitani

論文表題： Cryogenian Origin and Subsequent Diversification of the Plant Cell-Wall Enzyme XTH Family.

URL: <https://doi.org/10.1093/pcp/pcab093>

【問い合わせ先】

西谷和彦 nishitani kazuhiko

e-mail: nishitani@kanagawa-u.ac.jp

【用語解説】

多重遺伝子ファミリー

ゲノム上によく似た遺伝子が複数存在することがあり、これらの遺伝子群を多重遺伝子ファミリーと呼ぶ。

酵素

分子や原子に働きかけて、その化学的な性質変える蛋白質を主成分とする分子。分子内の結合を切る分解酵素や、分子と分子を結合される合成酵素など、様々な種類があり、作用する物質や作用の仕方により何千、何万種類に分類される。酵素の主成分である蛋白質は20種類のアミノ酸が数百個繋がった分子で、その配列を一次構造と呼び、それにより蛋白質の種類を識別し、また、互いの進化上の関係を推定することができる。

全球凍結

45 億 4 千万年の地球の歴史の中で、その表面の大部分が長期に亘って氷で覆われた時期が3回あったと推定されている。

クリオジェニアン紀

「氷が生まれる」というギリシア語が名前の由来で、7 億 2 千万年前から 6 億 3 千 5 百万年前に相当する。このときの地球は、全球凍結の状態にあったと考えられている。

バイオフィーム

細菌が菌体外に分泌した多糖からなる構造。地球上の水のある環境では至るところに見られる。身近なバイオフィームには干潟や川の岩石の表面のぬめり、腸管内の腸内細菌があり、ナタデココのように食用されることもある。

PR 発信元 〒221-8686 横浜市神奈川区六角橋 3-27-1
神奈川大学 広報部
電話(045)481-5661(代) FAX(045)481-9300
E-mail : kohou-info@kanagawa-u.ac.jp
URL : <https://www.kanagawa-u.ac.jp>