

植物進化の戦略分子

西谷 和彦

神奈川大学理学部理学科
〒221-8686 神奈川県横浜市神奈川区六角橋 3-27-1

Strategic Molecules in Plant Evolution

Kazuhiko Nishitani

Faculty of Science, Kanagawa University,
3-27-1 Rokkakubashi, Kanagawa-ku, Yokohama, Kanagawa 221-8686, Japan

DOI: 10.24480/bsj-review.15a1.00254

地球の海で生命が生まれたのは約 40 億年前で (Tashiro et al. 2017), 約 20 億年前には陸上植物の祖先である淡水棲のアーケプラスチダ (Archaeplastida) が生まれたと推定されている (Sánchez-Baracaldo et al. 2017)。しかし, そのアーケプラスチダの子孫が陸上に進出し始めるのは 5 億年前で, 被子植物が多様化して多彩な陸上生命圏を作り始めるのは, 漸く 1 億年前になってからのことである (Benton et al. 2022)。つまり, 生命誕生以来 35 億年の間, 地球の陸地は生命を寄せ付けない不毛の地であったことになる。この事実は, 陸上環境が生命の生存にとって如何に過酷であるかを如実に物語ると同時に, 陸上進出を果たし, 陸上で多様化した祖先の末裔である現生の陸上植物は, 過酷な陸上環境を克服するために祖先が獲得した貴重な遺伝子を継承していると推定できる。

パイオニアとして陸上に生命圏を作り上げた陸上植物の祖先は, 淡水環境に最適化した独自の多細胞体制を単細胞から作り上げ, 多様化と大型化の方向に進化してきたことが, ゲノムから窺える (Harholt et al. 2016; Bowman et al. 2017; Nishiyama et al. 2018)。その結果, 現生の陸上植物は, 地球上の全バイオマス量の 80%以上を占めるに至っている (Bar-On et al. 2018)。その炭素量は現在の地球大気二酸化炭素量の半分以上に及ぶ (IPCC 2013)。ここで注目すべき点は, この植物バイオマスを構成する炭素化合物の殆どが, 陸上環境への適応のために陸上植物が独自の代謝経路を進化させて作り出した「戦略分子」の側面を持つことである。それら植物固有の炭素化合物の種類や, それを作るための代謝経路は, 植物種毎に多様で, その種類は膨大な数に上ることは容易に想像できる。これらの炭素化合物を, 我々人類は, これまでエネルギー資源や, 食料, 素材, 医薬など, 様々な用途に利用していることから, 「植物資源はすでに十分に解明され, 利用し尽くされている」と思いがちである。しかし, 実際のところは, 我々人類がこれまで利用してきた植物起源の炭素化合物の総量は, 炭素換算にして, 高々年間 2Pg/y (20 億トン炭素/年) で, 陸上での年間純生産量 60Pg の数% にすぎない (Pauly and Keegstra 2008; IPCC 2013)。つまり, 我々人類が理解し, 利用していると思っている植物由来の炭素資源は, バイオマス全体の極一部に過ぎず, 残りの大部分は今尚, 未解明・未利用で, 人類の目に触れることもなく, 炭素循環の過程をへて最終的には微生物により酸化され, 二酸化炭素となり大気に戻っているわけである。こ

れら未知の膨大な炭素化合物の生物機能の解明やその利活用は、基礎科学の視点からも、資源利用の視点からも、非常に魅力的な未踏の研究領域であると言える。

2020年発足のJST さきがけ領域「植物分子の機能と制御」では、上記の観点から植物起源の炭素化合物に着眼し、植物由来の化合物及びその関連遺伝子を「植物分子」と定義し、その分子そのものの機能や、それを作り出す代謝系、更に、分子機能が発揮される仕組みに焦点を当て、分子・細胞から生態系までを俯瞰できる視点で、未知の生命現象の解明を目指してきた。同時に、植物分子の有効利用に資する基礎的知見の創出と革新技術の構築に向けた研究を進めてきた。

その成果公開の一環として、日本植物学会第87回大会（2023年9月）において、日本植物学会とJST さきがけとの共催で「植物進化の戦略分子」というテーマでシンポジウムを開き、4つの演題で講演をおこなった。本総説集はその講演内容を元にして、（1）植物に特徴的なゲノム倍化が植物の「新機能」を創出するメカニズム解明に向けたゲノム科学からのアプローチを赤木剛士が、（2）植物固有の二次代謝系であるフェニルプロパノイド代謝に普遍的に見られる収斂進化の具体例の解明と代謝工学への応用の可能性を棟方涼介が、

（3）種子植物が花粉の特性を巧みに利用した戦略的RNA利用法の進化について元村一基が、（4）植物に寄生してその発生過程を操り、虫瘤という器官を植物に作らせ、そこに住み着く昆虫の分子戦略を平野朋子が、それぞれ、書き下ろしたものである。これまで注目されることの少なかった「植物進化の戦略分子」という切り口で、植物科学への新しいアプローチを拓くヒントになれば幸いである。

最後に、BSJ-Reviewへの寄稿の機会を与えてくださいました日本植物学会電子出版物編集委員の皆様には感謝申し上げます。

引用文献

- Bar-On YM, Phillips R, Milo R. (2018) The biomass distribution on Earth. PNAS 115: 6506–6511.
doi: 10.1073/pnas.1711842115
- Benton MJ, Wilf P, Sauquet H. (2022) The angiosperm terrestrial revolution and the origins of modern biodiversity. *New Phytologist* 233: 2017–2035. doi.org/10.1111/nph.17822
- Bowman JL, Kohchi T, Yamato KT, Jenkins J, Shu S, Ishizaki K, Yamaoka S, Nishihama R, Nakamura Y, Berger F et al. (2017) Insights into land plant evolution garnered from the *Marchantia polymorpha* genome. *Cell* 171: 287–304. doi: 10.1016/j.cell.2017.09.030
- Harholt J, Moestrup Ø, Ulvskov P. (2016) Why plants were terrestrial from the beginning. *Trend Plant Science* 21: 96–101. doi: 10.1016/j.tplants.2015.11.010
- IPCC (2013) *The Physical Science Basis*. Chapter 6, Carbon and other biochemical cycle p 6.
<https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
- Nishiyama T, Sakayama H, de Vries J, Buschmann H, Saint-Marcoux D, Ullrich K, Haas F, Vanderstraeten L, Becker D, Lang D et al. (2018) The chara genome: secondary complexity and implications for plant terrestrialization. *Cell* 174: 448–464. doi: 10.1016/j.cell.2018.06.033
- Sánchez-Baracaldo P., Raven JA, Pisani D, Knoll AH. (2017). Early photosynthetic eukaryotes inhabited low-salinity habitats. PNAS 114: E7737–E7745. doi: 10.1073/pnas.1620089114

Tashiro T, Ishida A, Hori M, Igisu M, Koike M, Méjean P, Takahata N, Sano Y, Komiya T. (2017)
Early trace of life from 3.95 Ga sedimentary rocks in Labrador, Canada. *Nature* 549: 516–518.
doi: 10.1038/nature24019

Pauly K and Keegstra K (2008) Cell-wall carbohydrates and their modification as a resource for
biofuels. *Plant J.* 54: 559–568. doi: 10.1111/j.1365-313X.2008.03463.x