

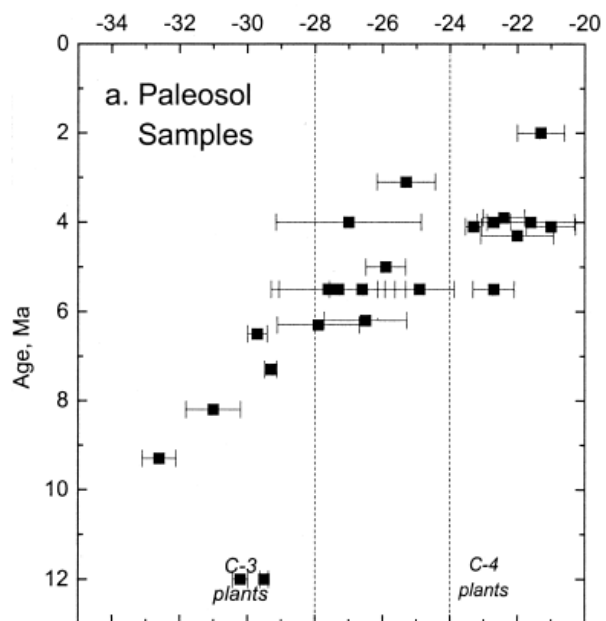
1. 2. 古気候学

環境試料中に存在する生物に由来する有機分子（バイオマーカー）の分子組成や安定同位体組成から過去の気候を復元する手法が提案されている。本項目では主に陸起源バイオマーカーの古気候学的利用について解説する。海洋起源のバイオマーカーの古環境復元への適用については項目「古海洋学」を参照されたい。

植生は気候システムを構成する要素の一つであり、地球の気候システムを理解する上で過去の植生の復元は重要である。陸起源バイオマーカーには陸上高等植物由来のものが多く、古植生の復元は陸起源バイオマーカーの得意とするところである。

長鎖のアルキル脂質は陸上高等植物のワックス（Eglinton and Hamilton, 1967）や昆虫（Chikaraishi et al., 2012）などに由来する。これらの化合物は比較的分解耐性が高く、特に *n*-アルカンには古い地質時代の堆積物中にも見いだされる上に、分析が比較的容易なことから、古気候研究に最も利用されている化合物の一つである。高等植物ワックス由来のアルカンの分子組成（ACL, P_{aq}等）は植生（水棲植物、草本類、樹木）により大きく異なることが報告されており（Ficken et al., 2000）、古植生の復元に利用されている（Zheng et al., 2007）。また陸上植物の安定炭素同位体比はその値が C3 植物と C4 植物で大きく異なる性質を利用して、長鎖アルキル脂質の安定炭素同位体比から C3 植物に対する C4 植物の寄与を復元する手法が提案されている。この手法は C4 植物が著しく発達を開始した新第三紀以降の植生復元に有効である（図 1）。

図 1. 北東インドから採取された古土壌中の長鎖(C₂₇-C₃₃)アルカンの安定炭素同位体比の平均値から明らかにされた過去 1000 万年における C4 植物の進化 (Freeman and Colarusso, 2001). 800-500 万年前に C4 植物が発達したことがわかる。



一方で陸上植物の木質部の主要成分であるリグニンフェノールも古植生の復元に有効である。リグニンフェノールの組成からは被子／裸子植物や草本／樹木の寄与が復元できる (Hedges and Mann, 1979)。

またテルペノイド系の化合物も起源特異性を持つことから、過去の植生を復元できる可能性が指摘されており、検討が進められている。テルペノイド骨格は白亜紀のような古い地質時代の堆積物中にも見いだされることから、古い地質時代の植生を復元する手法としての期待がかかる。

バイオマーカーを用いた古植生復元の利点は C4 植物の寄与率など花粉分析からは得られない古植生情報を抽出できることである。バイオマーカーと花粉分析と組み合わせることでより詳細な古植生復元が可能となろう。

古植生以外にも陸起源バイオマーカーの分子組成や安定同位体比からは気候状態を示す重要な要素である気温や湿度、降水量を推測する方法がいくつか提案されている。土壌中の細菌が生成するブランチグリセロール・ジアシル・グリセロール・テトラエーテル (ブランチ GDGT) の組成 MBT/CBT 指標が気温を反映する可能性が指摘され (Weijers et al., 2006)、現在も検討が進められており、今後の研究の進展が期待される。また植物のワックスの分子組成は植生だけでなく気温や湿度といった環境因子にも依存することが報告されており (Vogts et al., 2009; Kawamura et al., 2003)、過去の気温や湿度のトレーサーとして利用できる可能性がある。

一方で植物のワックスの水素同位体比は植物が利用する水の同位体比を反映することから過去の水循環 (降水量や湿度) の復元に利用されている (Hou et al., 2006)。

陸起源バイオマーカーの古環境研究への利用はこうした古植生や気温、水循環の復元だけに留まらない。例えば外洋堆積物中の陸起源バイオマーカーの分析からは過去の大気循環の変遷やダストの飛来量の復元が可能であり (Horikawa et al., 2010; Martinez-Garcia et al., 2011)、陸起源バイオマーカーの応用範囲は以外にも広く、有能なツールである。

文献

- Eglinton, G., Hamilton, R. J., 1967. Leaf epicuticular waxes. *Science*, 156, 1322–1334.
- Chikaraishi, Y., Kaneko, M., Ohkouchi, N., 2012. Stable hydrogen and carbon isotopic compositions of long-chain (C₂₁-C₃₃) n-alkanes and n-alkenes in insects. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 95, 53-62.
- Ficken, K.J., Li, B., Swain, D.L., Eglinton, G., 2000. An n-alkane proxy for the sedimentary inputs of

- submerged/floating freshwater aquatic macrophytes. *Organic Geochemistry* 31, 745-749.
- Freeman, K. H., Colarusso, L. A., 2001. Molecular and isotopic records of C4 grassland expansion in the late Miocene. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 65, 1439-1454.
- Hedges, J. I., Mann, D. C., 1979. The characterization of plant tissues by their lignin oxidation products. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 43, 1803-1807.
- Horikawa, K., Murayama, M., Minagawa, M., Kato, Y., Sagawa, T., 2010. Latitudinal and downcore (0-750 ka) changes in n-alkane chain length in the eastern equatorial Pacific. *Quaternary Research*, 73, 573-582.
- Hou, J., Huang, Y., Wang, Y., Shuman, B., Oswald, W. W., Faison, E., Foster, D. R., 2006. Postglacial climate reconstruction based on compound-specific D/H ratios of fatty acids from Blood Pond, New England. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 7, doi:10.1029/2005GC001076.
- Kawamura, K., Ishimura, Y., Yamazaki, K., 2003. Four years' observations of terrestrial lipid class compounds in marine aerosols from the western North Pacific. *Global Biogeochemical Cycles*, 17, 1003, doi:10.1029/2001GB001810.
- Martinez-Garcia, A., ROsell-Mele, A., Jaccard, S., Geibert, W., Sigman, D. M., Haug, G. H., 2011. Southern Ocean dust-climate coupling over the past four million years. *Nature*, 476, 312-315.
- Weilers, J.H., Schouten, S., van den Donker, J.C., Hopmans, E.C., Sinninghe Damsté, J.S., 2007. Environmental controls on bacterial tetraether membrane lipid distribution in soils. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 71, 703-713.
- Vogts, A., Moossen, H., Rommerskirchen, F., Rullkter, Jr., 2009. Distribution patterns and stable carbon isotopic composition of alkanes and alkan-1-ols from plant waxes of African rain forest and savanna C3 species. *Organic Geochemistry*, 40, 1037-1054.
- Zheng, Y., Zhou, W., Meyers, P. A., Shucheng, X., 2007. Lipid biomarkers in the Zoige-Hongyuan peat deposit: Indicators of Holocene climate changes in West China. *Organic Geochemistry*, 38, 1927-1940.

執筆者：関幸

*以下の形式で引用ください。

関幸（著），第1部第2章 古気候学「日本有機地球化学会監修 地球・環境有機分子質量分析マニュアル2014（暫定版）」，日本有機地球化学会，2014. <http://www.ogeochem.jp/manual.html>