

## 標高万能植物ミヤマハタザオの適応機構：生態・生理・遺伝子

### The adaptation mechanisms by the altitude-versatile plant, *Arabidopsis kamchatica*: ecology, physiology and genes

田中 健太<sup>1\*</sup>, 恩田義彦<sup>1</sup>, 平尾 章<sup>1</sup>, 山田 歩<sup>2</sup>, 永野 惇<sup>3</sup>, 山口正樹<sup>3</sup>, 工藤 洋<sup>3</sup>, 小林 元<sup>4</sup>

KENTA, Tanaka<sup>1\*</sup>, Yoshihiko Onda<sup>1</sup>, Akira Hirao<sup>1</sup>, Ayumu Yamada<sup>2</sup>, Atsuchi J. Nagano<sup>3</sup>, Masaki Yamaguchi<sup>3</sup>, Hiroshi Kudoh<sup>3</sup>, Hajime Kobayashi<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 筑波大・菅平センター, <sup>2</sup> 東邦大学, <sup>3</sup> 京大・生態研センター, <sup>4</sup> 信大・AFC

<sup>1</sup>Sugadaira Montane Research Center, Univ Tsukuba, <sup>2</sup>Toho Univ, <sup>3</sup>Center for Ecological Research, Kyoto Univ, <sup>4</sup>AFC, Shinshu Univ

ミヤマハタザオ (*Arabidopsis kamchatica* ssp. *kamchatica*, アブラナ科) は中部山岳地域の標高 30 ~ 3000m に分布する「標高万能」な多年草である。しかし、その亜種であるタチスズシロソウ (ssp. *kawasakiana*) は標高 100m 以下だけに分布する一年草である。ミヤマハタザオがどのように広い標高に適応しているのか、亜種間の標高・生活史がなぜこれほど違うのかを調べることで、植物の標高に対する適応機構と、地球温暖化が植物に与える影響に対する理解が進むだろう。また、両亜種はモデル植物シロイヌナズナと同属であり、遺伝学的研究が行いやすい。この利点を活かして、(1) 野外集団における生活史と自然淘汰、(2) 栽培実験による、生活史・防衛・ストレス耐性形質の遺伝的分化、(3) 移植実験による局所適応の検証、(4) 適応遺伝子の探索、を行っている。

(1) 中部山岳地域の 5 つの山塊で 28 のミヤマハタザオ集団にコドラートを設置し、全個体を個体識別して三年間追跡調査した。生存・成長・繁殖・食害など生活史パラメーターが標高に沿って変化しており、自然淘汰と集団維持機構が標高によって変わることが明らかになった。また、低地では一年草型の生活史を持っているのに対し、高地では典型的な多年草型の生活史となっており、同じ亜種の中でも標高によって生活史が変化していた。

(2) 集団間で形質が遺伝的に分化しているか調べるため、ミヤマハタザオ 29 集団・タチスズシロソウ 9 集団で種子を採り、共通の実験室で栽培し、生活史形質 (開花タイミング・発芽タイミング・成長・個体サイズ)、防衛形質 (トライコーム)、ストレス耐性 (耐熱性) を測定している。多くの形質が、採種地の標高に沿って遺伝的に分化していることが分かった。

(3) 形質分化が適応進化の結果なのかを検証するために、ミヤマハタザオ 12 集団・タチスズシロソウ 4 集団を大津 (標高 150m)、菅平 (1300m)、西駒 (2700m) の三圃場に移植し、生存・繁殖・被食を二年間追跡した。西駒では、最初の冬に全個体が死亡してしまったが、残る二圃場では、圃場の標高が低いと低地出身の植物の適応度が高く、圃場の標高の高いと高地出身の植物の適応度が高いというホームサイトアドバンテージの傾向があり、適応進化が起きていたと考えられる。

(4) 亜種間、および、ミヤマハタザオの集団間で多型になるゲノムワイドに遺伝子を探索するため、ミヤマハタザオ 8 集団・タチスズシロソウ 4 集団を用いて、ゲノム・タイリング・アレイによる解析を行った。亜種間・集団間で多型になる遺伝子が 3000 以上検出され、病原抵抗性、低温誘導性、高温誘導性の遺伝子が特に多型になりやすいことが分かった。次世代シーケンサーによる候補遺伝子の多個体同時解析の結果、トライコーム発達を司る GL1 に著しい分断化選択が働いており、生息標高によって対立遺伝子が異なることが分かった。

キーワード: 標高適応, 適応進化, 局所適応, クライン, 分断化選択, ホームサイトアドバンテージ

Keywords: altitudinal adaptation, adaptive evolution, local adaptation, cline, disruptive selection, home-site advantage