

平成 30 年 6 月 22 日現在

機関番号：12102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2017

課題番号：26650155

研究課題名（和文）エピジェネティクスによる累代適応を、適応幅が広いシロイヌナズナ属野生種で検証する

研究課題名（英文）Testing transgenerational adaptation via epigenetics in a wild *Arabidopsis* with wide adaptive range

研究代表者

田中 健太（KENTA, Tanaka）

筑波大学・生命環境系・准教授

研究者番号：80512467

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：広域適応性のミヤマハタザオ（*Arabidopsis kamchatica*）の移植実験等により、起源地によるホームサイト・アドバンテージが検出されて、葉毛や生活史が適応形質となっていた。移植圃場で得た種子を用いた再移植実験により、親が経験した環境がこの適応度に影響を与えることが明らかになった。しかし、親環境によるホームサイト・アドバンテージについては一貫した傾向はなく、再現性と適応的意義についてはさらに研究が必要である。

研究成果の概要（英文）：We conducted transplant experiment in *Arabidopsis kamchatica* and detected home-site advantage by origin. Leaf trichome and life-history worked as adaptive traits. We obtained seeds in transplant gardens and conducted re-transplant experiment. Environment, which parent generation experienced, affected fitness of offspring generation. However, the trend of home-site advantage by parent environment was not consistent, claiming more studies for transgenerational adaptive effects.

研究分野：生態学

キーワード：適応的継代効果 母性効果

## 1. 研究開始当初の背景

進化における変異・遺伝・淘汰という三要素の中で、変異として想定されていたのは従来、ゲノム配列の変異だった。しかし近年、生物個体が一生の間に経験した環境によってゲノム修飾に変異が生じ、それが時には数世代に渡って遺伝するという事例が相次いで報告されてきた。もしも、遺伝するゲノム修飾が子世代において適応的なら、DNA配列の変化を必ずしも伴わなくても累代適応が起きることになり、生物の環境適応や進化に対する見方は大きく修正を迫られる

一方で、母親が経験した環境によって子の形質が変わることは、「母性効果」として実は古くから様々な生物で知られてきた。母性効果は数世代にもわたって遺伝し、子の適応に効いているという報告もあるが、そのような継代的効果の適応的意義を明らかにした研究は少ない。母性効果のメカニズムは良く分かっていなかったが、近年飛躍的に注目を集めているエピジェネティクスが、母性効果の主要メカニズムである可能性が高い。

## 2. 研究の目的

著しく広い標高帯に生息するため局所適応の検出が容易で、しかも、遺伝解析やエピジェネティクス測定が容易な、シロイヌナズナ属野生種のみヤマハタザオ (*Arabidopsis kamchatica*) を用いて、次のことを明らかにする。1) 標高適応が存在しているか? 2) 標高適応はどのような機構で起きるのか? 3) 親が経験したのと同じ環境で子の適応度が高まるというホームサイト・アドバンテージがあるか? 4) それはどのような機構か?

## 3. 研究の方法

標高や緯度の異なる、温暖地・寒冷地に由来する様々なヤマハタザオ栽培系統を用いて移植実験を行うことで(1)既に進化的に標高適応が行われているかどうかの検証ができる。(2)環境適応の機構については、移植集団と野外集団の双方を対象にして、形質や適応度成分を調べることで検討した。そして、移植先で得られた種子を用いて再度圃場の入れ替えを行うことで、(3)親が経験

した環境が子世代での適応に与える効果を検証できる。親環境によるホームサイト・アドバンテージが検証された場合には、脱メチル化処理等による実験を組み合わせることでその機構を検討することができる。

## 4. 研究成果

(1) ミヤマハタザオの様々な系統を、温暖な大津、寒冷なチューリッヒ、菅平、西駒に移植する実験により、温暖系等は温暖な圃場で、寒冷系統は寒冷な圃場で生存率が高いという、起源地によるホームサイト・アドバンテージが検出され、進化的な適応が存在していることが明らかになった。

(2) 移植実験下では、ホームサイト・アドバンテージが特に夏の生存率で働いている傾向があった。また野外集団の解析からは、低標高集団ほど寿命が短く、繁殖開始年齢が低く、生産種子数が少なく、低標高集団ほど一年草に近い生活史を持っており、高標高集団は典型的な多年草であることが分かった。これらのことから、適応には季節的な温度変動に対する耐性が関係していること、温度変動に対する耐性には生活史の違いも関係している可能性がある。

また、高標高では葉毛が多く、その原因遺伝子の解明のために多検体で同時シーケンスを行う Pool-seq 法を異質倍数性物で始めて行い、*GLI* が葉毛多型の原因遺伝子であること、*GLI* に標高間の分断化淘汰が働いていることが分かった。

(3) 移植圃場で得られた種子を用いて再度圃場間で移植する実験によって、いくつかの系統では、親環境の違いによって子の生存率等の適応度成分が変わることが分かり、親環境による継代効果が明らかとなった。しかし、親環境と同じ圃場で子の適応度が上がるといった、親環境によるホームサイト・アドバンテージの傾向を一貫して検出することはできず、継代効果の適応的意義の解釈は単純ではなかった。継代効果の再現性と適応的意義については、さらに慎重な研究が求められる。

(4) 親環境によるホームサイト・アドバン

テージが検出されなかったことで、その詳細な機構解明は行えなかった。しかし、脱メチル化処理等を行うに当たって必要な種子発芽特性の検討を行い、ミヤマハタザオ種子の発芽は冷温吸湿や暗黒処理によって高まることが分かったが、種子剥皮やストリゴラクトン処理によって発芽率を高められるという結果は得られなかった。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1件)

Hirao, A. S., Onda, Y., Shimizu-Inatsugi, R., Sese, J., Shimizu, K. K., & Kenta, T. (2017). Cost-Effective Discovery of Nucleotide Polymorphisms in Populations of an Allopolyploid Species Using Pool-Seq. *American Journal of Molecular Biology* 7:1031-1046. 査読有、DOI: 10.4236/ajmb.2017.74012

〔学会発表〕(計 6件)

Kenta T., Kanai H 2017. Parallel diversifying selection on trichome trait and GL1 gene between high- and low-altitude populations of allopolyploid *Arabidopsis kamchatica* in three watersheds. 64th Annual Meeting of Ecological Society of Japan.

Kenta T., Yamada A, Onda Y, Wakazuki Y. 2016. Cline in flowering time response to long- and short-day photoperiods in *Arabidopsis kamchatica* across a 3000-m elevational range. 63th Annual Meeting of Ecological Society of Japan.

田中健太, 山田歩, 恩田義彦, 若月泰孝. 2015. 標高万能植物ミヤマハタザオの開花は、標高によって長日・短日条件への反応性が異なるか? 山岳科学共同学位プログラム第1回学術集会.

平尾章, 田中健太. 2015. 異質倍数体植物ミヤマハタザオにおいて隣接集団間のトライコーム変異をもたらす至近要因: 重複する機能遺伝子 GL1 の多型パターン. 日本生態学会第 62 回全国大会.

T. Kenta 2014. Altitudinal adaptation of

*Arabidopsis kamchatica*: demography, physiology and genes. Kyoto-Zurich Plant workshop "Analyzing Plants in Complex Environments".

金井日向子・田中健太. 2014. ミヤマハタザオの毛形質と *GL1* 遺伝子の標高間分化: 流域ごとの解析. 中部山岳大学間連携事業 2014 年度年次報告会.

〔図書〕(計 1件)

田中健太 2017. 進化学を照らす新しい光?: エピジェネティクスによる適応的継代効果. 種生物学会 編著「エピジェネティクスの生態学 - 環境に応答して遺伝子を調節するしくみ」. 155-164 頁 (総頁数 205). 文一総合出版.

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0件)

○取得状況 (計 0件)

〔その他〕

ホームページ等 特になし

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

田中 健太 (KENTA, Tanaka)  
筑波大学・生命環境系・准教授  
研究者番号: 80512467

### (2)研究分担者

金岡 雅浩 (KANAOKA, Masahiro)  
名古屋大学・理学研究科・助教  
研究者番号: 10467277

瀬々 潤 (SESE, Jun)  
産業技術総合研究所・人工知能研究センター・研究チーム長  
研究者番号: 40361539

小林 元 (KOBAYASHI, Hajime)  
信州大学・農学部・准教授  
研究者番号: 40325494

平井 優美 (HIRAI, Masami Y.)  
独立法人理化学研究所・環境資源科学研究センター・チームリーダー

研究者番号：90415274

(3)連携研究者

平尾 章 (HIRAO, Akira S.)

筑波大学・生命環境系・特任助教

研究者番号：20447048

工藤 洋 (KUDOH, Hiroshi)

京都大学・生態学研究センター・教授

研究者番号：10291569

永野 惇 (NAGANO, Atsushi J.)

京都大学・生態学研究センター・研究員

研究者番号：00619877

(4)研究協力者

清水健太郎 (SHIMIZU, Kentaro. K.)

稲継理恵博士 (SHIMIZU- INATSUGI, Rie)