

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：14201

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K15164

研究課題名（和文）ヒストン修飾による季節的な遺伝子制御の進化プロセス

研究課題名（英文）Evolutionary process of seasonal gene regulation by histone modifications

研究代表者

西尾 治幾（Nishio, Haruki）

滋賀大学・データサイエンス学系・助教

研究者番号：60802593

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：研究代表者は、ヒストン修飾による遺伝子発現記憶の仕組みの進化プロセスを明らかにするため、進化的系譜を代表する複数植物種（被子植物のハクサンハタザオ、ヤブツバキ、裸子植物のアカマツ、小葉植物のクラマゴケ、大葉シダ植物のコシダ、コケ植物のオオジャゴケの6種）について、兵庫県多可郡多可町の思出川沿いに生育する自然個体を対象として、定期的なサンプリングおよび分子実験を行った。そしてバイオインフォマティクス解析により、各植物のヒストン修飾の季節ダイナミクスを調べた。特にハクサンハタザオにおいて、発現が活性化している遺伝子群の進化的な古さが、季節によって異なることがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

植物が外部環境の変化を感知・記憶して遺伝子の働きを調節する仕組みの解明は、環境変動の激しい現代において、安定した作物生産につながる課題である。本研究における多様な植物を対象とした自然環境下における遺伝子制御の解明は、モデル植物を用いた室内研究からは得ることができない、新しい調節機構の発見や既知の仕組みの野外検証につながる。

研究成果の概要（英文）：To elucidate the evolutionary process of the transcriptional memory mechanism by histone modifications, the principal investigator conducted periodic sampling and molecular experiments on natural individuals of several plant species representing evolutionary lineages (six species: *Arabidopsis halleri* and *Camellia japonica* in Angiosperm, *Pinus densiflora* in Gymnosperm, *Selaginella remotifolia* in Lycophytes, *Dicranopteris linearis* in Polypodiopsida and *Ojagoke* in Marchantiophyta). The six species were regularly sampled and molecular experiments were carried out on natural individuals growing along the Omoidegawa River in Taka-cho, Taka-gun, Hyogo Prefecture. Bioinformatics analysis was then used to investigate the seasonal dynamics of histone modifications in each plant. In particular, the evolutionary age of actively transcribed genes in *Arabidopsis halleri* was found to vary along with seasonal transitions.

研究分野：植物分子生態学

キーワード：植物の環境記憶 エピゲノム

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

生物が本来生育する自然環境下での遺伝子機能の解明は、現代の生物学が抱える大きな課題である。研究代表者らは、シロイヌナズナ属の多年草であるハクサンハタザオにおいて、抑制型ヒストン修飾が、遺伝子発現および活性型ヒストン修飾の変化を後追いするように季節変化するという結果を得ていた。これは、抑制型ヒストン修飾が遺伝子発現変化の記録となり、結果として植物が経験した長期的な環境の記憶として働くことを示唆している (図 1、Nishio et al., 2020 *Nature Plants*)。また、花成抑制遺伝子 *FLOWERING LOCUS C (FLC)* において、抑制型ヒストン修飾の変化における位相遅れが、*FLC* 転写産物量の制御に働いていることを示す結果を得ていた (Nishio et al., 2020 *Nature Communications*)。

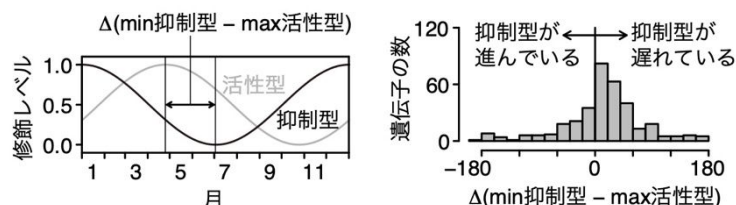


図 1 抑制型ヒストン修飾は活性型ヒストン修飾から遅れて季節変化する

2. 研究の目的

ハクサンハタザオで見られたヒストン修飾による発現記憶の仕組みは、生物進化の過程で、いつ、どのようにして生じたのであろうか。本研究の目的は、ヒストン修飾による季節的な遺伝子制御の進化プロセスを明らかにすることである。

3. 研究の方法

進化的系譜を代表する複数植物種の遺伝子発現量、ヒストン修飾の蓄積量の季節変化をゲノムワイドに明らかにすることで、上記の研究目的にアプローチした。具体的には、被子植物のハクサンハタザオ、ヤブツバキ、裸子植物のアカマツ、小葉植物のクラマゴケ、大葉シダ植物のコシダ、コケ植物のオオジャゴケの 6 種について、兵庫県多可郡多可町の思出川沿いに生育する自然個体を対象として、1 ヶ月に一度の定期的なサンプリングを行なった (図 2)。そして、取得した野外サンプルに対して、網羅的な遺伝子発現解析手法である RNA-seq を安価に実施できる手法である BrAD-seq、およびヒストン修飾を網羅的に解析できる ChIP-seq を行った。NovaSeq X Plus を用いた次世代シーケンス解析を業者に外注し、得られたリードを適切なゲノム配列に貼り付け、遺伝子毎にリード数の集計を行った。

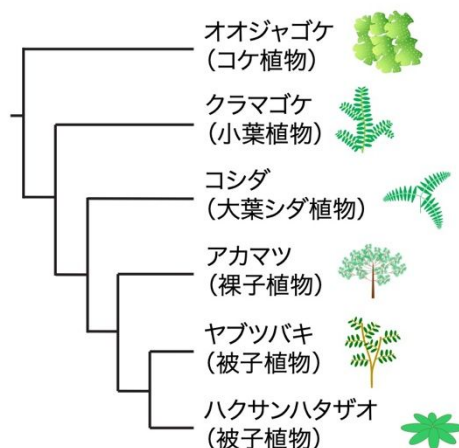


図 2 研究対象植物の系統関係

4 . 研究成果

バイオインフォマティクス解析により、各植物の遺伝子発現およびヒストン修飾の季節ダイナミクスを明らかにした。特にハクサンハタザオにおいて、発現が活性化している遺伝子群の進化的な古さが、季節によって異なることがわかった。植物が外部環境の変化を感知・記憶して遺伝子の働きを調節する仕組みの解明は、環境変動の激しい現代において、安定した作物生産につながる課題である。本研究における多様な植物を対象とした自然環境下における遺伝子制御の解明は、モデル植物を用いた室内研究からは得ることができない、新しい調節機構の発見や既知の仕組みの野外検証につながる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Nishio Haruki, Kudoh Hiroshi	4. 巻 78
2. 論文標題 Distinct responses to autumn and spring temperatures by the key flowering-time regulator FLOWERING LOCUS C	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Current Opinion in Genetics & Development	6. 最初と最後の頁 102016 ~ 102016
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.gde.2022.102016	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nishio Haruki, Kawakatsu Taiji, Yamaguchi Nobutoshi	4. 巻 194
2. 論文標題 Beyond heat waves: Unlocking epigenetic heat stress memory in Arabidopsis	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Plant Physiology	6. 最初と最後の頁 1934 ~ 1951
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/plphys/kiad558	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Nishio Haruki, Hirano Satoyuki, Kodama Yutaka	4. 巻 19
2. 論文標題 Statistical analysis of organelle movement using state-space models	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Plant Methods	6. 最初と最後の頁 67
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s13007-023-01038-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 1件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 西尾治幾
2. 発表標題 季節トランスクリプトームで迫る植物の適応進化
3. 学会等名 第332回生態研セミナー（招待講演）
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	工藤 洋 (Kudoh Hiroshi)	京都大学 生態学研究センター (14301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------