

令和 3 年 6 月 1 日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2020

課題番号：15K07203

研究課題名(和文) 海洋島における開花時期の表現型可塑性が促進する生態的種分化の解明

研究課題名(英文) Ecological diversification accelerated by phenotypic plasticity of flowering time in oceanic islands

研究代表者

山本 節子(鈴木節子)(SETSUKO, Suzuki)

国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等

研究者番号：70456622

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：母島列島のオオバシマムラサキは生育環境に応じて4つのエコタイプに分化していることが分かった。エコタイプ間で開花フェノロジーのずれの程度に違いがあり、ずれが大きいほど交雑率が下がること、交雑率が低いエコタイプは遺伝的分化の程度が大きいことが明らかとなった。湿性型と乾性型のエコタイプを用いて水分条件を変えた栽培実験では、苗の成長と水分要求性には局所適応が生じていた。栽培実験で用いた苗の開花調査を4年間行ったが、水分環境により開花期がずれることはなく、開花期の表現型可塑性により生態的種分化が促進された可能性は示唆されなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

分類上、母島列島にはオオバシマムラサキ1種のみが分布するとされてきたが、それぞれの環境に応じて4つのエコタイプに分化していることが明らかとなった。また、エコタイプ間の開花フェノロジーの違いが、交雑率の低下を通じて遺伝的分化を拡大させている可能性が示唆された。進化の実験場と言われる海洋島において、今まさに種分化が生じつつある現象を捉えることができた。

研究成果の概要(英文)：Callicarpa subpubescens in the Hahajima Islands were diverged into four ecotypes. Flowering phenology differ among ecotypes, and ecotype with large difference in flowering phenology had lower hybridization rate. Ecotypes with lower hybridization rate had higher genetic divergence. Cultivation experiment raising wet and dry ecotype in wet and dry environment revealed local adaptation occurred in growth and wilting point (the amount of water in the soil that the plant starts to wilt) of seedlings. Flowering phenology were surveyed for the seedlings used in the cultivation experiment for four years, however flowering phenology did not differ between wet and dry environment.

研究分野：森林遺伝学

キーワード：小笠原諸島 種分化 開花フェノロジー 生殖隔離

1. 研究開始当初の背景

海洋島は進化の実験場と言われ、生態的種分化を解明するのに適した対象である。生態的種分化には、異なる生育環境への適応と生殖隔離が共に進化する必要がある。小笠原諸島は、日本の代表的な海洋島で、ムラサキシキブ属(シソ科)、シロテツ属(ミカン科)、タブノキ属(クスノキ科)など複数の分類群の木本植物において固有種への分化がみられる。ムラサキシキブ属は、小笠原諸島に広く分布するオオバシマムラサキと、父島列島の乾性低木林のみに分布するシマムラサキとウラジロコムラサキの3種に分化している。さらに、母島列島のオオバシマムラサキは、湿性高木林(土壌水分; 多い、光環境; 暗い)と乾性低木林(土壌水分; 少ない、光環境; 明るい)の生育条件に適応した湿性型と乾性型のエコタイプに形態的に分けられ、開花期にずれ(湿性タイプ; 夏咲き、乾性タイプ; 秋咲き)も生じている。オオバシマムラサキにおける湿性型と乾性型のエコタイプは遺伝的に分化しつつあり、生態的種分化の途上にあることが示唆されている。

しかし、生態的種分化の可能性を左右する、開花時期のずれによる交雑の制限(生殖隔離)、異なる生育条件での各エコタイプの生存と成長(局所適応)、開花時期に影響する遺伝と環境およびそれらの相互作用(表現型可塑性)の要因は明らかにされていない。

2. 研究の目的

本研究では、生態的種分化を促進する機構として開花時期の可塑性に着目し、生態的種分化の途上にあるオオバシマムラサキのエコタイプの栽培実験によってその局所適応と表現型可塑性の解明を試みる。

エコタイプ間の交雑率を推定し、開花時期の違いによる生殖隔離の程度を明らかにする。

異なる生育条件での栽培実験を行い、各エコタイプの生存と成長を比較し、局所適応(各エコタイプが本来の生育条件でもう一方の条件に対してどれくらい有利か)を検出する。

生育条件の違いに反応したエコタイプの開花時期の変化を調べ、表現型可塑性が生態的種分化(局所適応による生殖隔離)を促進した可能性を検証する。

3. 研究の方法

小笠原諸島の生育地からの各エコタイプの自然受粉種子を採取し、遺伝子型を用いたエコタイプ間の交雑率の推定を行う。次に、湿性型と乾性型のエコタイプの実生苗を湿性と乾性の生育条件で栽培して、湿性と乾性の生育条件でのエコタイプ間の生存と成長の比較、湿性と乾性の生育条件での開花時期の変化を調べ、表現型に影響する遺伝(エコタイプ)と環境(生育条件)および遺伝・環境相互作用(表現型可塑性)の要因の解析を行う。

4. 研究成果

成木を対象とした遺伝解析の結果、母島列島のオオバシマムラサキは、湿性高木林内に生育する葉が無毛のエコタイプ(Glabrous)、乾燥した崖に局所分布し葉の星状毛が著しく多いエコタイプ(Dry)、尾根に沿って分布し葉に星状毛があるエコタイプ(Edge)、湿性高木林内で高木化し葉に星状毛があるエコタイプ(Tall)の4つの系統に分けられた。開花フェノロジーは、GlabrousとEdgeが夏咲、Tallが秋咲、Dryは夏と秋の2度咲であり、交配前隔離は不完全であることが分かった(図1)。

人工授粉実験をGlabrousエコタイプとDryエコタイプ用いて行った。結果率はエコタイプ間81.3%、エコタイプ内85.0%とほぼ同じであり(図2)、交配後隔離はほとんどないことが分かった。

4つのエコタイプ間での花粉流動を定量化するために、各エコタイプの母樹から採取した自然受粉種子の交雑率を調べた。その結果、自然交配種子の交雑率は、Dry 24.6%、Edge 28.7%、Glabrous 40.7%、Tall 3.3%、全体で23.2%であった。交雑率は夏咲のGlabrousで最も高く、同じく夏咲のEdgeとの交配が多い傾向にあった。秋咲のTallは最も低い交雑率を示した。母樹間の花粉親の相関(Paternal Correlation)は、基本的には同じエコタイプ内の母樹間ペアでは正の相関、異なるエコタイプ間の母樹間ペアでは負の相関がみられたが、

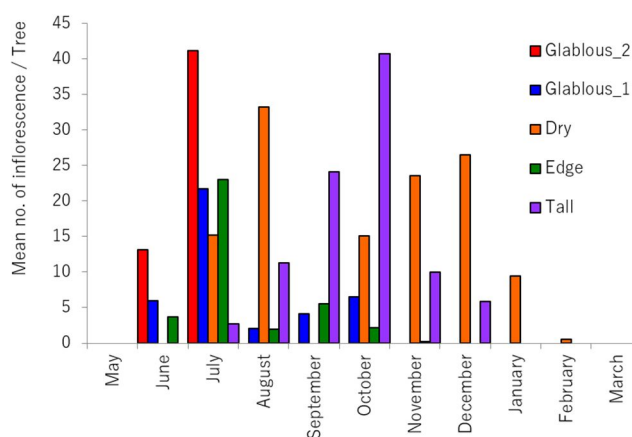


図1 オオバシマムラサキの各エコタイプの開花フェノロジー

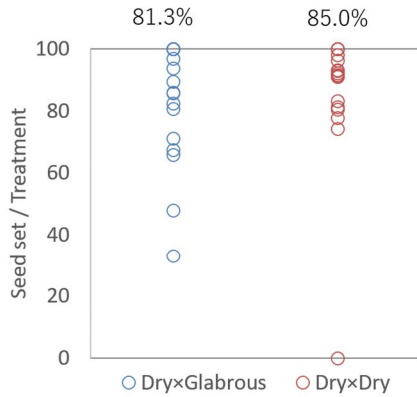


図 2 オオバシマムラサキの人工授粉実験の結果

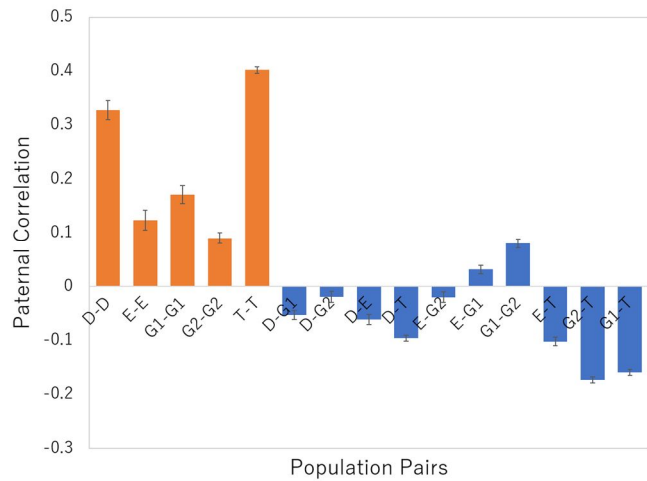


図 3 オオバシマムラサキのエコタイプ内およびエコタイプ間の母樹間の花粉親の相関
D: Dry、E: Edge、G1,G2: Glabrous、T: Tall

Edge と Glabrous の間では異なるエコタイプ間にも関わらず正の相関がみられた(図 3)。交雑率と遺伝的分化の程度には負の相関関係があり、開花フェノロジーのずれにより交雑率が下がり、遺伝的分化の程度が大きくなっていると考えられた。

Glabrous を典型的な湿性エコタイプ (Wet)、Dry を典型的な乾性エコタイプ (Dry) とみなし、これらの 2 つのエコタイプの実生苗各 96 個体を湿性・乾性条件の 2 つの条件に分けて栽培実験を行った。その結果、局所適応は苗高においては生じていた(図 4)が、生存率においては明確な傾向はみられなかった。苗への給水を止め徐々に乾燥させた時、苗がしおれ始めた時の土壌水分量は Wet エコタイプの方が Dry エコタイプよりも有意に高く(図 5)、Wet エコタイプの方が水分要求性が高いことが示された。

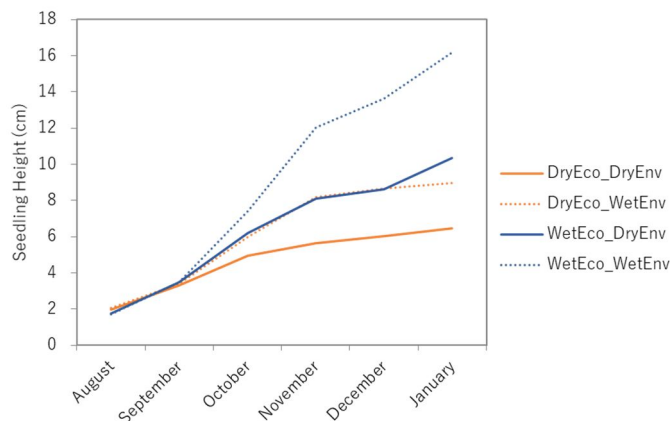


図 4 オオバシマムラサキの湿性・乾性条件における Wet エコタイプと Dry エコタイプの苗高の変化

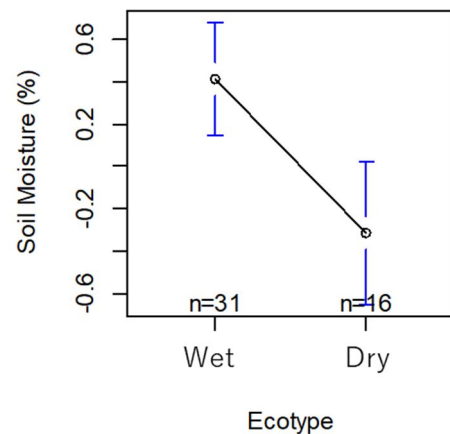


図 5 Wet エコタイプと Dry エコタイプの苗のしおれ始めたときの土壌水分量(%)の違い

湿性環境および乾性環境で 4 年間苗の開花調査を行ったが、水分環境により開花期がずれることはなかった。今回の実験からは水分環境がエコタイプ分化に寄与しているという証拠は得られなかった。開花期の表現型可塑性が生態的種分化を促進した可能性は示唆されなかった。

当初の計画には含めていなかったが、オオバシマムラサキに生じている種分化の遺伝的基盤を明らかにするためにドラフトゲノムの取得を行った。母島石門エリアから採取した Tall エコタイプの挿し木苗 1 個体から抽出した DNA を PacBio Sequel、4SMRT Cell を用い、塩基配列データ 37.1Gb を取得することができた。これはオオバシマムラサキのゲノムサイズ 800Mb の約 46 倍に相当する。アセンブルの結果、得られたドラフトゲノム配列のカバー率は約 60%、1440 の植物の core gene のうち 86.1% が検出された。このデータは今後オオバシマムラサキの Rad-Seq、RNA-Seq および機能遺伝子解析などを行う際のレファレンスとして十分に利用できると期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 SETSUKO Suzuki, SUGAI Kyoko, UCHIYAMA Kentaro, KATOH Saeko, KATO Hidetoshi, NARITA Satoshi, ISAGI Yuji	4. 巻 23
2. 論文標題 Development of microsatellite markers for <i>Callicarpa subpubescens</i> (Lamiaceae), an endemic species of the Bonin Islands	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Forest Research	6. 最初と最後の頁 393-397
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/13416979.2018.1520624	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 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 鈴木節子、須貝杏子、加藤英寿、山本良介、井鷲裕司、川上和人
2. 発表標題 小笠原諸島における絶滅危惧種の生息に重要な樹木種の種苗移動に関する遺伝的ガイドラインの策定
3. 学会等名 日本生態学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 井鷲裕司、兼子伸吾、成田智史、木下豪太、成田あゆ、永野惇、手塚あゆみ、八杉公基、安部哲人、鈴木節子、加藤英寿、加藤朗子、須貝杏子
2. 発表標題 小笠原諸島に生育する絶滅危惧固有植物の保全ゲノミクス
3. 学会等名 日本生態学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 成田智史、鈴木節子、加藤英寿、井鷲裕司
2. 発表標題 ゲノムワイドSNPを用いた小笠原諸島ムラサキシキブ属の種分化における遺伝的背景の解明
3. 学会等名 日本生態学会大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 鈴木節子、須貝杏子、葉山佳代、加藤英寿
2. 発表標題 母島列島産のオオバシマムラサキにおけるエコタイプの分化と交雑
3. 学会等名 日本森林学会大会
4. 発表年 2021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

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