

令和 3 年 8 月 18 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H01449

研究課題名(和文)ブナ科樹木の繁殖形質多様性を生み出す開花遺伝子の発現制御戦略

研究課題名(英文) Gene regulatory network underlying the diversity of reproductive traits in Fagaceae

研究代表者

佐竹 暁子 (Akiko, Satake)

九州大学・理学研究院・教授

研究者番号：70506237

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 32,600,000円

研究成果の概要(和文)：ブナ科樹木において、送粉様式、結実までの経過時間、開花季節、花・種子量の年変動の程度など、その繁殖形質は種毎に大きく異なる。本研究では、(1)花と種子生産に必要とされる資源投資量の比較、(2)網羅的遺伝子発現解析による遺伝子制御ネットワークの推定と種間比較を行うことによって、繁殖戦略の多様化メカニズムの解明を目的とした。結果として、初夏の乾燥ストレス応答や活性酸素除去に関わる遺伝子と、エキソサイトーシスを介した花粉管伸長の制御や雌性配偶体成熟に関与する遺伝子の発現が種間で大きく異なることを見出し、これらの発現変化が受粉から結実までの受精遅延をもたらす発見につながった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで、2年成どんぐりの存在は一般的にも広く知られていたものの、受精遅延を引き起こす候補遺伝子は全くわかっていなかった。本成果は、受精遅延の分子メカニズムの解明と受精遅延と開花タイミングの共進化という新しい仮説の提案に繋がるものである。より多様な種を対象に研究を継続することによって、熱帯地域から温帯へ生息地を拡大したブナ科樹木の進化史を繁殖形質の進化と結びつけて解明することが可能になる。また、開花時期や受精遅延の制御に関わる相同遺伝子の発現にみられる種間相違は、ゲノム上に存在する遺伝的変異によって引き起こされる。今後は、遺伝子発現の種間相違を引き起こすゲノム変異の探索が課題である。

研究成果の概要(英文)：Fagaceae includes typical mast seeding species that exhibit highly synchronized and fluctuating acorn production. There is rich phenotypic diversity in the Fagaceae, including morphology of acorns and leaves, flowering time (spring to fall), modes of pollination (wind or animal) and leaf habit (deciduous or evergreen). Because of this rich phenotypic diversity, the Fagaceae is a good target to explore the genetic basis of trait diversification. Here we investigated the diversification of reproductive strategies in the Fagaceae by comparing the resource investment strategy for floral and fruit organs, and estimating the gene regulatory network by comparative field transcriptomics. We found that the expression of genes involved in drought stress response, reactive oxygen species scavenging in early summer and genes involved in pollen tube elongation and female gametophyte maturation was significantly difference among species.

研究分野：森林数理生物学

キーワード：植物 遺伝子ネットワーク マスティング ゲノム 進化 開花

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

最適繁殖戦略の代表的な形質である開花タイミングについて、シロイヌナズナやイネにおいて急速に研究が進み、花を咲かせる時期を決める遺伝子(開花遺伝子)が数多く同定され、遺伝子間制御ネットワークが次々と明らかとなってきた。開花遺伝子ネットワークは、日長や冬の低温という外的要因と、植物体のサイズや齢という内的要因に関わる情報が独立の経路で伝わり、花成経路統合遺伝子によってこれらの情報が統合されるという情報伝達の構造を持つ。これは、適切な外的・内的環境条件が整った時期にのみ花成経路統合遺伝子が発現し開花を誘導する非常に合理的な構造であり、長い進化の過程で獲得された巧妙な分子メカニズムである。

さらに近年では、研究対象が非モデル植物へ拡張されることによって、種間で共通した分子メカニズムをもとに開花形質の多様性を議論できるようになってきた。花成経路統合遺伝子の一つであり花成ホルモンをコードする *FLOWERING LOCUS T (FT)* 遺伝子は、幅広い系統で高度に保存されており、花成誘導の普遍因子として働く。*FT* 遺伝子の制御機構に変異が生じると、春咲きと秋咲きの違いや一回繁殖型か多回繁殖型かといった繁殖型の違いが生まれ、繁殖形質の多様化を促す可能性が指摘されている。このように、生態学で古くから注目されてきた植物の多様な繁殖戦略は、多様な植物で共通した開花遺伝子の制御機構をもとに理解できる時代になった。詳細な遺伝子制御ネットワークをもとに、開花形質の多様化メカニズムを明らかにする研究は始まったばかりである。

2. 研究の目的

申請者はこれまで開花形質の多様性を普遍因子の働き方の違いから明らかにするために、豊凶の著しいブナ科ブナ、一斉開花を示すフタバガキ科、毎年決まった季節に開花するアブラナ科ハクサンハタザオを対象に *FT* 遺伝子の発現を野外で観測してきた。その結果、これらの種において *FT* 遺伝子の花成促進機能は保存されているが、その発現パターンと発現制御因子は種間で大きく異なることがわかってきた。特にブナにおいては、植物組織内の窒素量の年変動が *FT* 遺伝子の発現量の年変化と繁殖量の豊凶を生み出すことが発見された。さらにブナを用いて花や種子などの繁殖器官の形成に投資される炭素と窒素資源量を測定したところ、炭素資源に比べて約5倍の窒素資源が繁殖に投資されていることが示された。これは、ブナが示す高い窒素要求性(繁殖コスト)により、窒素資源が十分でない年には *FT* 遺伝子の働きを抑制する制御機構が進化した可能性を示唆するものである。本成果は、繁殖資源分配戦略と開花戦略を遺伝子レベルで結びつける絶好の系を提供するものであるが、より系統立てた議論に発展させるためには、繁殖コストや他の繁殖形質の異なる多様な種において開花遺伝子の発現制御機構を比較し、種間変異の存在と繁殖形質の関係を明らかにする必要がある。また、人工気象機を用いた制御実験が困難な樹木を対象に開花遺伝子の発現制御機構を明らかにするためには、動的に変化する野外環境条件のもとで得られたデータであっても、発現制御を担う重要因子を精度良く検出可能な手法が必要である。

そこで本研究では、送粉様式、結実までの経過時間、開花季節、花・種子量の年変動の程度など、多様な繁殖形質をもつブナ科樹木を対象に、(1) 花と種子生産に必要なとされる資源投資量(繁殖コスト)の測定、(2) 網羅的遺伝子発現解析による遺伝子制御ネットワークの推定と種間比較を行うことによって、繁殖資源分配戦略と開花戦略の多様化メカニズムを明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

研究対象: 森林総合研究所樹木園（茨城）、京都大学上賀茂試験地（京都）、大阪市立大学植物園（大阪）、九州大学伊都キャンパス（福岡）を調査地に設定し、常緑・落葉、風媒花・虫媒花、種子の1年成・2年成かを考慮して、多様な組み合わせを含むブナ、コナラ、クヌギ、アラカシ、ナラガシワ、スタジイ、マテバシイ、クリを対象樹種として選定した。

サンプル採取・分析方法: 対象樹種において、葉、雄花、雌花、殻斗、種子を採取し、栄養塩（窒素・リンなど）、構造的炭水化物、非構造的炭水化物（可溶性糖・デンプン）、粗油脂の濃度を定量分析する。各資源タイプ毎に芽あたりの花コストと種子コストを算出し、資源投資係数 R_c を種子コスト / 花コストとして決定した。資源投資係数は、繁殖の資源動態を記述する資源収支モデルのパラメータの一つであり、本係数の大きさによって開花量および種子量の年変動の大きさが変化することがこれまでわかっている。得られた係数を個体間および種間で比較することで、ブナ科において繁殖資源要求性がどれだけ多様化しているかを明らかにする。また森林総合研究所樹木園、京都大学上賀茂試験地、九州大学伊都キャンパスに共通して生息するブナ科樹木から、繁殖コストの異なる種をセットとして対象を絞り、種あたり3個体から各3本の大枝を選定し、枝毎に3つの芽、葉、枝のセットを2週間に一度採取した。得られたサンプルからRNAを抽出し、トランスクリプトーム解析に用いた。

4. 研究成果

得られた2年間のデータをもとにして、炭水化物、窒素資源毎に芽あたりの花コストと種子コストを算出し、資源投資係数を種子コスト / 花コストとして決定した結果、資源タイプによって資源投資係数 R_c は大きく異なることが示された(図1)。ブナとナラガシワにおいては、窒素量をもとに算出された資源減少係数が大きく、アラカシやイチイガシの3倍であった。一方で、コナラは炭水化物、窒素いずれにおいても資源投資係数は1以上となった。種子生産の変動が小さく毎年大量の結実が見られるクリやアラカシにおいては、資源現象係数が1以下となるのに対して、種子生産の豊凶が著しいブナやコナラにおいて1を超える値となったことは、資源収支モデルの予測と合致している。以上の結果は、種毎の繁殖組織への栄養資源投資の違いが、豊凶レベルを制御する可能性を強く示唆している。

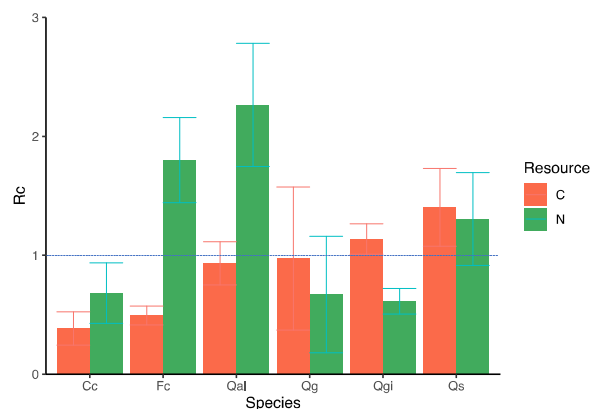


図1: [種子への資源投資]/[花への資源投資]より算出された資源投資係数 R_c の種間比較(1年成の種のみ抜粋)。Cは炭水化物、Nは窒素を示す。Cc: クリ、Fc: ブナ、Qal: ナラガシワ、Qg: アラカシ、Qgi: イチイガシ、

アラカシとマテバシイを対象に九州大学伊都キャンパスにおいて比較フィールドトランスクリプトームを行い、アラカシとマテバシイにおいて共通する相同遺伝子 9,258 個を抽出し発現パターンを分析した。その結果、季節の進行とともに、開花・結実時期の制御、窒素や糖の輸送、ストレス応答に関する遺伝子の発現プロファイルが協調的に変化し適切な環境応答を示すことが明らかとなった(図2)。多くの相同遺伝子は種間で保存された発現パターンを示したが、種間で明らかに異なる発現パターンを示す遺伝子群が検出された。11ヶ月もの

長期の受精遅延を示す2年成マテバシイと遅延が1ヶ月以内の1年成アラカシでは、初夏の乾燥ストレス応答や活性酸素除去に関わる遺伝子と、エキソサイトーシスを介した花粉管伸長の制御や雌性配偶体成熟に関与する遺伝子の発現が種間で大きく異なることを見出した(図2)。さらに2年成のマテバシイでは、花芽形成に関わる遺伝子がアラカシに比べると顕著に遅延して発現することから、開花遺伝子の発現にも大きな種間相違があることが示された。この結果は、花粉伸長と胚嚢成熟の長期の遅延が、マテバシイにおいて受粉後から種子成熟まで1年以上必要とする2年成の特徴を獲得した可能性を示唆する。

これまで、2年成のどんぐりの存在は一般的にも広く知られていたものの、受精遅延を引き起こす候補遺伝子は全くわかっていなかった。本成果は、受精遅延のメカニズムの解明と受精遅延と開花タイミングの共進化という新しい仮説の提案に繋がるものである。開花時期や受精遅延の制御に関わる相同遺伝子の発現にみられる種間相違は、ゲノム上に存在する遺伝的変異によって引き起こされる。今後は、遺伝子発現の種間相違を引き起こすゲノム変異の探索が課題である。

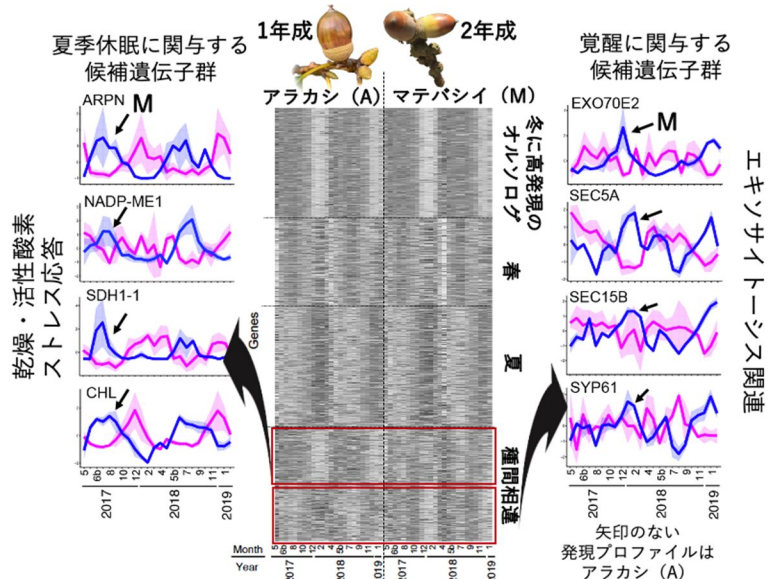


図2: アラカシとマテバシイを対象に2年間実施した野外比較トランスクリプトームの結果。黒から白へ変化するほど高い発現量を示す。青: マテバシイ (M)、赤: アラカシ (A)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Chen Yu-Yun, Satake Akiko, Sun I-Fang, Kosugi Yoshiko, Tani Makoto, Numata Shinya, Hubbell Stephen P., Fletcher Christine, Nur Supardi Md. Noor, Wright S. Joseph	4. 巻 106
2. 論文標題 Species-specific flowering cues among general flowering Shorea species at the Pasoh Research Forest, Malaysia	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Ecology	6. 最初と最後の頁 586 ~ 598
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1365-2745.12836	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 Nagahama Ai, Kubota Yasuhiro, Satake Akiko	4. 巻 33
2. 論文標題 Climate warming shortens flowering duration: a comprehensive assessment of plant phenological responses based on gene expression analyses and mathematical modeling	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Ecological Research	6. 最初と最後の頁 1059 ~ 1068
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11284-018-1625-x	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 Satake Akiko, Kawatsu Kazutaka, Chiba Yukako, Kitamura Keiko, Han Qingmin	4. 巻 61
2. 論文標題 Synchronized expression of FLOWERING LOCUS T between branches underlies mass flowering in <i>Fagus crenata</i>	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Population Ecology	6. 最初と最後の頁 5 ~ 13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/1438-390X.1010	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 Satake Akiko, Chen Yu-Yun, Fletcher Christine, Kosugi Yoshiko	4. 巻 34
2. 論文標題 Drought and cool temperature cue general flowering synergistically in the aseasional tropical forests of Southeast Asia	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Ecological Research	6. 最初と最後の頁 40 ~ 49
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1440-1703.1012	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 該当する

1. 著者名 Satake Akiko, Kawatsu Kazutaka, Teshima Kosuke, Kabeya Daisuke, Han Qingmin	4. 巻 9
2. 論文標題 Field transcriptome revealed a novel relationship between nitrate transport and flowering in Japanese beech	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1~12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-39608-1	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 Sakai Shoko, Kitajima Kaoru	4. 巻 34
2. 論文標題 Tropical phenology: Recent advances and perspectives	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Ecological Research	6. 最初と最後の頁 50~54
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1440-1703.1131	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 Satake Akiko, Kitajima Kaoru	4. 巻 34
2. 論文標題 Phenology in the tropics: Physiological controls revealed by long-term monitoring and predictive models	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Ecological Research	6. 最初と最後の頁 18~19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1440-1703.1143	査読の有無 無
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 Kawatsu Kazutaka, Kondoh Michio	4. 巻 285
2. 論文標題 Density-dependent interspecific interactions and the complexity-stability relationship	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences	6. 最初と最後の頁 1~8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1098/rspb.2018.0698	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 Chen Yu-Yun, Satake Akiko, Sun I-Fang, Kosugi Yoshiko, Tani Makoto, Numata Shinya, Hubbell Stephen P., Fletcher Christine, Nur Supardi Md. Noor, Wright S. Joseph	4. 巻 106
2. 論文標題 Species-specific flowering cues among general flowering Shorea species at the Pasoh Research Forest, Malaysia	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Ecology	6. 最初と最後の頁 586 ~ 598
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1365-2745.12836	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 該当する

1. 著者名 Yeoh Suat Hui, Satake Akiko, Numata Shinya, Ichie Tomoaki, Lee Soon Leong, Basherudin Norlia, Muhammad Norwati, Kondo Toshiaki, Otani Tatsuya, Hashim Mazlan, Tani Naoki	4. 巻 26
2. 論文標題 Unravelling proximate cues of mass flowering in the tropical forests of South-East Asia from gene expression analyses	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Molecular Ecology	6. 最初と最後の頁 5074 ~ 5085
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/mec.14257	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 該当する

1. 著者名 Miyazaki Yuko, Satake Akiko	4. 巻 32
2. 論文標題 Relationship between seasonal progression of floral meristem development and FLOWERING LOCUS T expression in the deciduous tree Fagus crenata	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Ecological Research	6. 最初と最後の頁 627 ~ 631
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11284-017-1462-3	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 Kawatsu Kazutaka, Kishi Shigeki	4. 巻 127
2. 論文標題 Identifying critical interactions in complex competition dynamics between bean beetles	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Oikos	6. 最初と最後の頁 553 ~ 560
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/oik.04103	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 Kawatsu Kazutaka	4. 巻 8
2. 論文標題 Ecological effects of sex differ with trophic positions in a simple food web	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Ecology and Evolution	6. 最初と最後の頁 1239 ~ 1246
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ece3.3740	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26件 (うち招待講演 8件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 Akiko Satake
2. 発表標題 Assessment of plant phenological responses in the tropics based on gene expression analyses and mathematical modeling
3. 学会等名 ASSOCIATION FOR TROPICAL BIOLOGY AND CONSERVATION 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Akiko Satake
2. 発表標題 Unravelling molecular basis for masting using transcriptome analysis and mathematical modeling
3. 学会等名 2018 Annual Meeting of the Society for Mathematical Biology and the Japanese Society for Mathematical Biology (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Akiko Satake
2. 発表標題 Field transcriptome revealed a novel relationship between nitrate transport and flowering in Japanese beech
3. 学会等名 6th Taiwan-Japan Ecology workshop (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐竹暁子
2. 発表標題 温暖化環境における植物の開花：エピジェネティック制御モデルによる予測と実証
3. 学会等名 第41回日本分子生物学会年会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐竹暁子
2. 発表標題 Predicting when trees in tropical rain forests bloom
3. 学会等名 Interdisciplinary Theoretical and Mathematical Sciences Program（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐竹暁子
2. 発表標題 フィールドトランスクリプトーム解析から明らかとなる樹木の季節応答と適応
3. 学会等名 第66回日本生態学会大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 韓慶民
2. 発表標題 Carbon and nitrogen dynamics in masting <i>Fagus crenata</i>
3. 学会等名 ブナ国際シンポジウム（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 韓慶民
2. 発表標題 結実による落葉樹個体内の窒素循環への影響
3. 学会等名 第130回日本森林学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 韓慶民
2. 発表標題 繁殖形質の異なるブナ科樹木の繁殖コストの種間変異
3. 学会等名 第66回日本生態学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 北島薫
2. 発表標題 Interspecific variations of seed size and seed nitrogen concentration among tropical forest tree species
3. 学会等名 第28回日本熱帯生態学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 澤崎祐太
2. 発表標題 ブナ科植物における開花遺伝子の種間比較と発現分析
3. 学会等名 第66回日本生態学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazutaka Kawatsu
2. 発表標題 Empirical Dynamic Modeling: unraveling ecological interaction from time series data
3. 学会等名 Research meeting: Principles of Microbial Ecosystems 2018 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川津一隆
2. 発表標題 行動と生態をつなぐ紐：非線形な時系列の解析
3. 学会等名 京都大学生態学研究センター公募研究集会「異なるマクロ生物学のインタープレイ」(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐竹暁子
2. 発表標題 Mass flowering in tropical rain forests in Southeast Asia
3. 学会等名 第24回日本時間生物学会学術大会(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Akiko Satake
2. 発表標題 Coordinated timing of gene expression in response to seasonal environmental change in trees
3. 学会等名 第33回個体群生態学会年大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Akiko Satake
2. 発表標題 Flowering phenology of seasonal and aseasonal forests
3. 学会等名 Taiwan Japan 2017 Plant Biology Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐竹暁子
2. 発表標題 森が色めく季節を遺伝子発現から知る
3. 学会等名 京都賞2017記念シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Akiko Satake
2. 発表標題 Unravelling molecular basis for masting using transcriptome analysis
3. 学会等名 日本生態学会第65年全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 澤崎祐太
2. 発表標題 ブナ科植物における開花制御因子FLOWERING LOCUS Tの種間比較と発現分析
3. 学会等名 日本生態学会第65年全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤田卓
2. 発表標題 窒素循環に関わる微生物の土壌中含量および群集構造の変化
3. 学会等名 日本生態学会第65会全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 韓慶民
2. 発表標題 Effect of reproduction on nitrogen uptake and allocation to shoots in <i>Fagus crenata</i>
3. 学会等名 INTERNATIONAL UNION OF FOREST RESEARCH ORGANIZATIONS Tokyo 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 韓慶民
2. 発表標題 Trade-off between vegetative and reproductive growth at shoot, branch and individual levels in masting <i>Fagus crenata</i> trees
3. 学会等名 イギリス生態学会 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 韓慶民
2. 発表標題 安定同位体パルスラベリングを用いたブナの当年シュート各器官への窒素配分
3. 学会等名 第129回日本森林学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 韓慶民
2. 発表標題 樹木のマスディング現象の解明に着目した土壌栄養量の経年変化
3. 学会等名 第65回日本生態学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川津一隆
2. 発表標題 Empirical dynamic modelling revealed the area-wide herbivore-induced interaction between the two planthoppers
3. 学会等名 第33回個体群生態学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 川津一隆
2. 発表標題 「行動」と「動態」をつなぐ：長期昆虫群集動態の時系列解析
3. 学会等名 日本生態学会第65会全国大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Satake A	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Springer Nature Switzerland AG	5. 総ページ数 23
3. 書名 Mathematical Modelling in Plant Biology (Morris RJ ed.)	

〔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
研究分担者	韓 慶民 (Han Qingmin) (40391180)	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 (82105)	
研究分担者	北島 薫 (Kaoru Kitajima) (40721379)	京都大学・農学研究科・教授 (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			
その他の国・地域 台湾	National Dong Hwa University			
マレーシア	マレーシア森林研究所			