

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 14 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25450209

研究課題名(和文)雌雄異株樹木シオジの開花・結実は雌雄個体で同調するか？

研究課題名(英文) Are the long-term flowering patterns of Fraxinus platypoda synchronized between males and females?

研究代表者

崎尾 均 (Sakio, Hitoshi)

新潟大学・自然科学系・教授

研究者番号：20449325

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：雌雄異株樹木シオジの開花は雌雄間で同調するのか、開花と種子生産のパターンはこの30年間に変化したのかどうかについて研究を行った。30年間に3群落の開花に明らかな年変動が見られた。1998年までは、3群落において、豊作年と凶作年がほぼ3年間隔で同調して訪れ、雌雄間の開花は同調していた。3群落の開花パターンは、1999年以降、雄個体は大量開花を続け、雌個体も開花の程度は増加したものの、雌雄間の同調性は低くなった。3群落において1998年以降、同様の変動パターンが見られ、3群落の樹齢が異なっていることから、この変化は単なる林分の成熟によるものではなく、気温上昇などの気候変動によるものと考えられる。

研究成果の概要(英文)：I examined whether the flowering of Fraxinus platypoda a dioecious tree, is synchronized between male and female trees, and whether this flowering and seed production patterns are changed for about 30 years. I found clear annual fluctuations in flowering in three populations over the 30 years. Mast and lean years occurred synchronously at 3 years interval in three populations until 1998. During this period, synchronous flowering clearly occurred between females and males in each population. Flowering patterns in three populations changed after 1999, with male trees undergoing stably much flowering, females displaying a shorter flowering cycle, and less synchrony between sexes. No flowering occurred in male trees in three populations after 1998 and flowering degree of female increased. As the tree age is different among three populations, the cause of these changes after 1998 may not result from maturity in life history, but climate change such as increase of temperature.

研究分野：森林生態学

キーワード：シオジ 雌雄異株 開花 結実 種子生産 豊凶 温暖化 気候変動

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 樹木の繁殖(開花・種子生産)には豊凶(Masting)のあることが知られている。ブナでは数年に一度大量に結実し、その間は結実しないか非常に少ない結実であることが報告されている(前田 1988)。そのほかにもクマシデ属(Shibata et al.2002, Shibata et al. 1998)、コナラ属(Perez-Ramos et al. 2010, Clotfelter et al. 2007)、センダン属(Burns 2012)、ビャクシン属 (Montesinos et al. 2012)、ブナ属(Overgaard et al. 2007, 梶ら 2001)、マツ属(Kelly & Fox 2012)、モミ属(Lamontagne & Boutin 2007, Peters et al. 2005, Mencuccini 1995)、リムノキ属(Norton & Kelly 1988)、トネリコ属(Tapper 1996)など多くの樹木で研究が行なわれてきた。そして、樹木における種子生産の豊凶の適応的意義については捕食者飽食仮説、受粉効率仮説、動物送粉仮説などが提出されてきた(Kelly et al. 2001, Kelly 1994)。また至近要因としては花芽形成を誘導する気象条件や資源量などがあげられている。熱帯降雨林の一斉開花の要因に関しては、Ashton ら(1988)が5~8日間続く夜間の低温が花芽形成を促すことを指摘している。それに対してIsagi ら(1997)は、資源の蓄積と放出が豊凶現象の引き金になることをモデルを使って説明している。しかし、これらの仮説を検証できるような量的な長期データは非常に限られている。

(2) 多年生植物である樹木は、初期の栄養成長段階をへて繁殖段階へと移行していく。そしてある樹齢(もしくはサイズ)に到達すると安定的な繁殖(開花および種子生産)を行なう。この段階において上記のような繁殖における豊凶がみられる。これらの樹木の性表現には多くの様式があるが、大きく性的単型(雌雄同株)と性的二型(雌雄異株など)に分けられる。一般に、栄養成長と繁殖器官への投資はトレードオフの関係にあると言われている。性的二型の樹木では雌の繁殖器官への資源配分は雄に比べて大きいとされており(Meagher 1984)、モチノキ属の樹木では雄個体のほうが成長速度や個体サイズが大きいことが知られている(Obeso et al.1998)。一方では、クロモジのように繁殖器官への投資の差が栄養成長に影響しない場合も見られる(山中 1995)。

## 2. 研究の目的

雌雄異株樹木シオジの開花・種子生産の30年間にわたる長期動態を明らかにし、開花結実周期のメカニズムを解明する。そのため雌個体と雄個体における開花周期の同調性の程度や、栄養成長と繁殖器官への投資量のトレードオフの違いを明らかにし、開花結実周期の要因が気象などの外的要因によるのか、それとも資源の蓄積と放出などの内的要因に依存しているかどうかを検証する。その上で、近年話題になっている気候変動が樹木の開花結実周期に与える影響を予測する。

## 3. 研究の方法

(1) シオジ天然林においてこれまで26年間行ってきた種子トラップによる林分レベルでの種子生産量の調査を継続するとともに、個体レベルでの開花結実量を把握することでシオジの30年間にわたる長期間の開花結実動態を明らかにする。また、デンドロメーター及び年輪解析による直径成長量の測定によって、雌個体と雄個体との資源配分の違いを明らかにする。その上で、気象などの気象データの解析を行い、シオジの開花結実周期のメカニズムを解明する。

### (2) 主な調査対象地

埼玉県県有林シオジ天然林  
調査地面積 0.54ha 標高 1210m 樹齢 200年以上  
東京大学秩父演習林シオジ二次林  
調査地面積 0.2ha 標高 700m 樹齢約 95年  
東京大学秩父演習林シオジ人工林  
調査地面積 0.09ha 標高 630m 植栽後 60年

(3) 種子生産および雄花生産量の長期動態の把握 シオジ天然林においてこれまで26年間行ってきた種子トラップによる種子生産量の調査を継続するとともに、これまで保存しているサンプルから雄花量を定量化する。

(4) 個体レベルの種子生産量および開花量 樹齢および個体サイズの異なるシオジ天然林、二次林、人工林において個体レベルで開花・結実量をランク化し雌雄個体で比較する。

(5) シオジ個体の性表現の確認とサイズ構造、直径増加量

4年間、シオジの性表現を確認し、雌個体と雄個体とでサイズ構造(胸高直径)や直径成長量が異なるかどうかを比較する。そのためにデンドロメーターで毎年の直径成長量を測定し、開花結実量と比較することで雌雄個体間での資源配分におけるトレードオフの関係を明らかにする。

(6) 開花・結実周期のメカニズムの解明および気候変動の影響

長期の観測結果から開花・結実周期のメカニズムの解明を行うとともに、気象データを用いて温暖化などの気候変動がシオジの繁殖パターンに影響を与えているか明らかにする。

## 4. 研究成果

### (1) シオジの開花・種子生産の周期

30年間にわたるシオジの開花には明らかな年変動が見られた(図1)。ほぼ3年間の周期で規則的な豊凶を繰り返した。調査全期間の開花レベルの変動係数から雌個体の方が開花の変動が大きいことが示された。1998年頃までは、豊凶の差が大きく、雌雄個体ともに全く開花しない凶作年が見られた。これらの変動パターンを説明できる環境要因として、前年度及び当年度の各月の平均気温、平均最高気温、平均最低気温、降水量との関係を解析したが、説明できる要因は見いだせなかった。開花・種子生産が一定の周期で生

じていたことから、これらのリズムは外的なトリガーで生じているのではなく、内的な養分の蓄積と放出の繰り返しによって生じている可能性が考えられる。

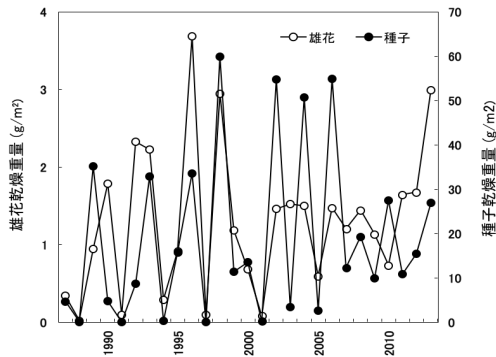


図1 雄花と種子生産量の関係

(2) 雌雄間の開花の同調性

1990年から2016年までの平均開花ランクは、天然林・二次林・人工林の3林分ともに雄個体の方が高かったが、特に天然林においてその差は著しかった(図2)。開花の変動の大きさをしめす変動係数は、3林分において雌個体の方が高かった。また、調査期間を通じて、3林分ともに雌雄の開花は同調していた(図3)。1998年頃までは雌雄の開花が非常に強い同調性を示し、その年変化も大きく3から4年に一度ほとんど開花を行わない年が訪れた。これらの翌年は、雌雄個体ともに大量に開花した。しかし、1999年以降は、開花の周期が短くなるとともに、同調性は弱くなった。

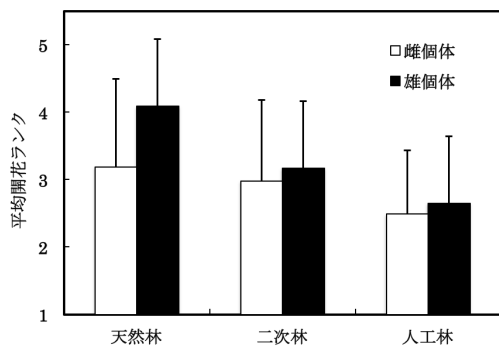


図2 雌個体と雄個体の平均開花ランク

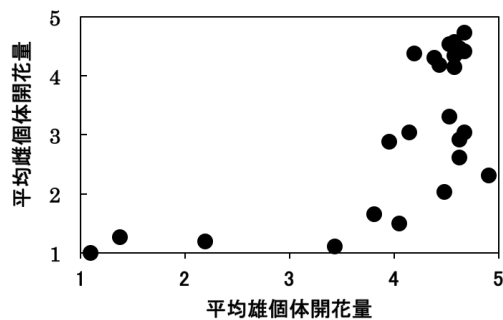


図3 雌雄個体の開花の同調性(天然林)

(3) 雌雄間における栄養生長量の違い

デンドロメーターによる胸高直径増加量の測定の結果、天然林においては雌個体の直径増加量が雄個体よりも有意に高かったが、二次林と人工林においてはさが見られなかった。これは、個体の成長段階にある若齢の二次林と人工林においては、繁殖への投資より成長への投資量が優先されているために、雌雄間における差が生じなかったと考えられる。

(4) 開花・種子生産の長期変動

1999年以降、天然林においては開花・種子生産の年変動のパターンが変化し、雄個体は毎年大量開花を、雌個体は隔年に大量開花を示すようになった(図4)。また、雌個体も1998年以前と比較すると、開花量が増加する傾向を示した。雌雄ともに全く開花が見られない年はなくなり、少なくとも何個体かは開花していた。二次林においても、天然林とほぼ同じ傾向を示すようになったが、豊作年の開花量1998年前と比較すると減少気味であった。人工林でも同じ傾向を示した。

60年、95年、200年以上という異なる林齢の林分において、1999年以降、同様の開花の変動パターンが見られたことは、外因的な要因によると考えられる。これには長期的な気候変動が影響している可能性も考えられる。特に、平均気温の上昇は続いており、これが樹木の物質生産に影響を及ぼしている可能性が高い。一つは光合成速度を上昇させている、もう一つは開葉時期を早めるとともに、落葉時期を遅くすることで光合成期間を長期化させていることである。実際に私が30年間調査を行ってきた中でも、開花時期は2週間ほど早まっている。

今後は、他の研究者が他樹種で行っている開花・結実データと企画検討することによって、これらの現象の原因に迫ることができるとも考えられる。

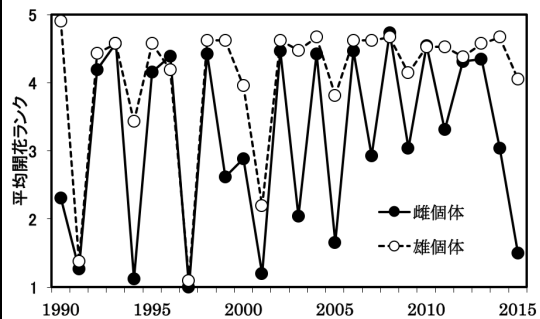


図4 雌雄個体の平均開花ランク

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 6 件)

Hitoshi Sakio、Are the long-term flowering patterns of *Fraxinus platypoda* synchronized between males and females?、59<sup>th</sup>Annual Symposium of the International Association for Vegetation Science、2016.6.17、Pirenopolis (Brazil)

崎尾 均、シオジ人工林における 26 年間の開花周期、第 63 回日本生態学会仙台大会、2016.3.24、仙台市国際センター(宮城県仙台市)

崎尾 均、シオジの雌雄個体間で開花と直径成長の違いは見られるか?、植物学会第 79 回大会、2015.9.8、朱鷺メッセ(新潟県新潟市)

Hitoshi Sakio、Changing patterns of fluctuation in the flower and seed production of *Fraxinus platypoda* over 27 years、58<sup>th</sup>Annual Symposium of the International Association for Vegetation Science、2015.7.20、Bruno (Czech Republic)

Hitoshi Sakio、Long-term patterns of flowering of *Fraxinus platypoda* for 25 years、第 62 回日本生態学会、2015.3.21、鹿児島大学(鹿児島県鹿児島市)

Hitoshi Sakio、Is the flowering of *Fraxinus platypoda* synchronized between female and male trees? - Results of a 25-year-long study -、4th Taiwan-Japan Ecology Workshop、2014.11.15、Dong Hwa (Taiwan)

〔図書〕(計 1 件)

崎尾 均、東京大学出版会、水辺の樹木誌、2017、印刷中

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

〔その他〕

受賞

2015 年植生学会賞、樹木の生活史と河川攪乱の関係から見た水辺林植生の更新機構、2015.10.11

第 16 回尾瀬賞、荒川流域の水辺林の生態と管理に関する研究、2013.6.11

6. 研究組織

(1) 研究代表者

崎尾 均 (SAKIO, Hitoshi)

新潟大学・自然科学系・教授

研究者番号: 20449325

(2) 研究分担者

なし ( )

研究者番号:

(3) 連携研究者

なし ( )

研究者番号:

(4) 研究協力者

なし ( )