

学位論文題名

森林植物の開花結実特性の解明と

その保全管理に関する研究

学位論文内容の要旨

単一樹種造林による人工林の拡大や土地利用による森林の分断化は、我が国のみならず多くの地域で起きており、これらは植物、昆虫、鳥など様々な森林生物の多様性を脅かしている。森林植物の多様性を保全するためには、各種の生理生態的な特性の解明は欠かせない。特に、開花結実、種子散布、実生定着などの植物の繁殖ステージは、植物個体群を増殖させるステージという意味において重要である。また、植物の花や種子は、花粉媒介昆虫、鳥、動物の重要な食物源となっており、これらの年変動は様々な生物の個体群動態に重大な影響を与えている。さらに、樹木の種子生産の年変動についての情報は、多様な森林の再生を植栽や天然更新により図る場合においても欠かせない。そこで本研究は、森林植物の開花結実特性、特に種子生産における時空間的変動パターンや花粉媒介昆虫の重要性などについて解明し、林冠構成種の多様性の再生や森林植物の多様性の維持など森林植物の保全管理に貢献することを目的とした。（第1章）

樹木の種子生産の年変動調査の多くは個体群単位で行われてきた。しかし、個体群の種子生産は個体の繁殖活動の積み上げにより成り立っており、変動パターンの生物学的な理解をより深めるためには個体レベルでの分析が必要である。また、結実特性を個体レベルで評価し、種子生産の年度間だけでなく個体間の変動パターンを理解することは、種子採取や天然更新の効率的な実施を行うためにも重要である。そこで、種子採取や天然更新作業の効率化を図るための基礎情報を提供することを目的とし、北海道に生育する落葉広葉樹11種を対象に個体単位で豊凶調査を12年間行い、種子生産の年度間および個体間の変動パターンについて解明した。その結果、種子生産の年変動程度の指標として用いられる個体群ベースの年度間の変動係数は、個体ベースの変動係数の優れた指標であることがわかった。一方、結実周期の指標としては、個体群よりも個体ベースの変動係数が有効であった。種子生産の個体ベースの変動係数が、年度内の個体間の変動係数よりも統計的に有意に大きかった樹種は11種中2種であった。これら2種では豊凶を意識した種子採取や天然更新作業の実施が必要と考えられたが、その他の樹種では、ある個体で種子が生っていても、種子の採取や天然更新のための作業は、採取個体や採取場所を変えることで種子の確保が可能と考えられた。（第2章）

多年生植物の花や種子の年変動パターンが、長期的間隔において個体間で同調する場合をマスティングといい、その適応的な有利性の説明のうち最も有力とされる仮説の1つが捕食者飽食仮説である。マスティングの程度を評価する指標として、年度間の種子生産の変動係数が用いられる。しかし、変動係数は捕食者飽食が起きるかどうかを評価するため十分ではない。その理由は、いくら変動係数が大きくても、捕食者の増殖能力がそれを上回るような場合、捕食者飽食は起きない可能性があるからだ。そこで、マスティングを示

す代表種であるブナについて、開花雌花数の年変動を変動係数で評価するとともに、捕食者飽食仮説が成り立つかどうかを検証した。さらに、種子採取や天然更新の効率化を可能にする捕食者飽食理論を用いたブナの結実予測技術の開発を試みた。その結果、ブナの開花雌花数の変動係数は比較的小さかったが、開花雌花数の年変動は捕食者の個体数に影響を与えており捕食者飽食が起きていた。結実予測については、開花数は、秋に冬芽に雌花序が含まれる割合（花芽率）を調べることで予測可能なことがわかった。結実率については、捕食者飽食仮説を適用すると開花数の前年比により予測可能であった。これらの結果から、春と秋に枝を採取し花芽率を調べることで充実種子数を定量的に予測する手法を考案した。（第3章）

多くの植物は、自殖を回避するため自家不和合性や雌雄異熟性など様々な仕組みを持っている。これら自殖を避ける仕組みを持つ種のうち、虫媒花をもつ種は花粉媒介昆虫に花粉を運んでもらえなければ、種子生産効率が低下する。しかし、植物と花粉媒介昆虫との相互作用は、生育環境の破壊や分断化、農薬など化学物質による汚染、外来種の侵入などにより危機的な状態にある。そこで、北海道に自生する樹木16種、草本16種について、花粉媒介昆虫の不足が起きたときの種子生産低下の可能性を明らかにするため、花粉媒介昆虫を排除する袋掛け実験を行い、各種がどの程度その種子生産を花粉媒介昆虫に依存しているかについて調査した。袋掛け実験により、結実率が低下した場合、その種には自家不和合性、雌雄異熟性などの仕組みを持っていると考えられる。そこで、袋掛け実験により結実率が低下した種のうち木本5種と草本3種については、人工受粉実験を行い自家不和合性の有無を明らかにした。種子生産における花粉媒介昆虫への依存度は、生育場所により異なっており、林内を主な生育場所とする草本や木本など森林植物の多くで高く、林外を主な生育場所とする草本の多くで低い傾向があった。このことは、何らかの環境変化により花粉媒介昆虫の地域的な減少が起きた場合、その影響は森林植物でより大きいことを示していた。（第4章）

生息地の分断化は、個々の種の生息を脅かすだけでなく、様々な生物間相互作用を崩壊させる恐れがある。このうち、植物と花粉媒介昆虫との共生関係の分断は、これらの多様性だけでなく、栽培植物の受粉という莫大な生態系サービスをも消失させかねない。そこで、花粉媒介昆虫の減少をもたらす要因として森林の分断化に焦点を当て、住宅地や農地に囲まれた孤立林で花粉媒介昆虫への依存度が高い他殖型植物3種（エゾエンゴサク、オオアマドコロ、エゾトリカブト）の結実率を調べ、他殖型植物の種子生産に及ぼす生息地の分断化の影響を評価した。材料には開花時期が異なるマルハナバチ媒花を用い開花時期の影響についても検討した。4月に開花するエゾエンゴサクの結実率は、住宅地の方が農地よりも低かった。しかし、6、8月にそれぞれ開花するオオアマドコロやエゾトリカブトの結実率は住宅地と農地で差はなかった。エゾエンゴサクの結実率の低下は、人工受粉により結実率が上がったこと、結実率の低かった調査地では花粉の除去率が低かったことより、訪花頻度の不足によることが明らかであった。住宅地のエゾエンゴサクへの訪花頻度の低下原因の1つとして、住宅地における蜜源植物の不足によるポリネーターの減少が考えられた。（第5章）

森林植物の開花や結実は、植物自身の分布様式、交配様式などの内的要因と、気象、捕食、訪花などの外的要因との複雑な相互作用の結果、時空間的に大きく変動し、この変動パターンが植物自身や森林生物の多様性に重大な影響を与えていると考えられる。こうした種子生産の時空間的な変動パターンを理解することは、林冠構成種の多様性再生を、天然更新や植栽により進める上でも、その効率的な実施のために重要であると考えられた。また、分断化された森林の多様性の維持を図る上で、花粉媒介昆虫と植物との相互作用を崩壊させないためには、個々の種の生育密度や森林面積だけでなく、分断化された森林の周囲の環境にも注意を払う必要があることがわかった。（第6章）

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 小 池 孝 良
副 査 教 授 日 浦 勉
副 査 教 授 甲 山 隆 司 (環境科学院)
副 査 助 教 授 近 藤 哲 也
副 査 助 教 授 植 村 滋

学位論文題名

森林植物の開花結実特性の解明と その保全管理に関する研究

本研究は、総ページ 145 ページの和文論文で 6 章から構成されており、図は 22 枚、表は 14 枚、引用文献の数は 198、付表 8 枚である。他に参考論文 12 編が添えられている。

人工林の拡大や森林の分断化は、様々な森林生物の多様性を脅かしている。森林植物の多様性を保全するための技術開発には、各種の生理生態的な特性の解明は欠かせない。特に、開花結実や種子散布などの植物の繁殖ステージは、植物個体群を増殖させるステージであるだけでなく、花や種子は、花粉媒介昆虫、鳥、動物の重要な食物源となっており、これらの年変動は様々な生物の個体群動態に重大な影響を与えている。さらに、樹木の種子生産の年変動についての情報は、多様な森林の再生を植栽や天然更新により図る場合においても欠かせない。

そこで本研究は、森林植物の開花結実特性、特に種子生産における時空間的変動パターンや花粉媒介昆虫の重要性などについて解明し、林冠構成種の多様性の再生や森林植物の多様性の維持など森林植物の保全管理に貢献することを目的とした。

樹木の種子生産の年変動調査の多くは個体群単位で行われてきた。しかし、個体群の種子生産は個体の繁殖活動の積み上げにより成り立っており、変動パターンの生物学的な理解をより深めるためには個体レベルでの分析が必要である。また、結実特性を個体レベルで評価し、種子生産の年度間だけでなく個体間の変動パターンを理解することは、種子採取や天然更新の効率的な実施を行うために不可欠の情報である。そこで、種子採取や天然更新作業の効率化を図

るための基礎情報を提供することを目的とし、北海道に生育する落葉広葉樹 11 種を対象に個体単位で豊凶調査を 12 年間行い、種子生産の年度間および個体間の変動パターンについて解明した。

多年生植物の花や種子の年変動パターンが、長期の間隔において個体間で同調する場合をマस्टィングといい、その適応的な有利性を説明する仮説の 1 つが捕食者飽食仮説である。マस्टィングの程度を評価する指標として、年度間の種子生産の変動係数が用いられるが、変動係数だけで捕食者飽食が起きるかどうかを評価することはできない。その理由は、いくら変動係数が大きくても、捕食者の増殖能力がそれを上回るような場合、捕食者飽食は起きない可能性があるからである。そこで、マस्टィングを示す代表種であるブナについて、開花雌花数の年変動を変動係数で評価するとともに、捕食者飽食が生じる開花パターンについて検討した。さらに、捕食者飽食戦略を応用したブナ林再生のための結実予測技術を開発した。

多くの植物は、自殖を回避するため様々な仕組みを持っており、花粉媒介昆虫に花粉を運んでもらえなければ、種子生産効率が低下する。しかし、植物と花粉媒介昆虫との相互作用は、生育環境の破壊や分断化、農薬など化学物質による汚染、外来種の侵入などにより危機的な状態にある。そこで、北海道に自生する樹木 16 種と草本 16 種について、花粉媒介昆虫の不足が起きたときの種子生産低下の可能性を明らかにするため、花粉媒介昆虫を排除する袋掛け実験を行い、各種がどの程度その種子生産を花粉媒介昆虫に依存しているかについて明らかにした。

生息地の分断化は、個々の種の生息を脅かすだけでなく、様々な生物間相互作用を崩壊させる恐れがある。そこで、花粉媒介昆虫の減少をもたらす要因として森林の分断化に焦点を当て、住宅地や農地によって分断化された森林で花粉媒介昆虫への依存度が高い林床植物 3 種の結実率を調べ、種子生産に及ぼす生息地の分断化の影響を評価した。

森林植物の開花や結実は、植物自身の分布様式、交配様式などの内的要因と、捕食、訪花などの外的要因との複雑な相互作用の結果、時空間的に大きく変動し、この変動パターンが植物自身や森林生物の多様性に重大な影響を与えていた。森林の生物多様性の保全管理を進めるにあたっては、こうした変動性を考慮することが必要であると考えられた。

本研究で得られたこれらのデータは、森林樹木の繁殖生態学の発展に大きく寄与するとともに、近年求められている生物多様性保全を増進する森林管理の指針を示す内容である。このように、得られた成果は学術的に貴重なものであり、その応用のための基礎資料としても高く評価される。よって審査員一同は、八坂通泰が博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認めた。