

# 卒業論文

題名 里山地域に生育する希少植物種の保全方法に関する生態学的研究

学籍番号 11602038

氏名 福島 彩

指導教員名 石川 真一 教官

平成 27 年 1 月 20 日 提出



## 概 要

現在、地球上には 3,000 万種とも推定される生物が存在し、私達は生物の多様性がもたらす恵みを楽しむことにより生存している。

古来より豊かな自然環境に恵まれた日本列島では、その恵みを楽しむ、自然と共生する循環型の生活が営まれていた。それと関連して生まれたのが里地里山である。これは、人びとの生活・生産に必要なほぼ全てが手に入るよう、人為的に改変された自然のシステムであるが、同時に多くの生物の生育環境になり得る土地利用であり、生物多様性を高めている。

しかし、明治初期から現代にかけて、日本の里地里山は植生や土地利用の面から大きな変貌を遂げ、高度経済成長期には大規模な開発により、里地里山の多くが失われた。その結果、山地・草原が失われ、そこに生息・生育していた動植物が絶滅したり、絶滅危惧種・希少種となった。

こうした中、多様性に富んだ植物相をもつ里山の重要性が見直され、2010 年 10 月の愛知県名古屋市で開催された第 10 回締約国会議では、生物資源の持続可能な利用を目指すため日本の提案した SATOYAMA イニシアティブの推進も採択された。この政策を実現するためには、里山の生物種多様性がどのように形成され、維持されているのかを解明することが不可欠である。

本研究では、里山の植物種多様性がどのように形成されるのかを、植物の分布及び種子生産・発芽実験を考察することによって解明する。さらに、植物種多様性保全の一手段として、絶滅危惧植物種子の有効な長期保存方法を明らかにする。そのため群馬県内で、多くの在来種が生育しており長期間里山的環境として維持されている、県立榛名公園、西榛名地域・北榛名地域（東吾妻町、高崎市）において植物相調査を行った。これにより、里山環境の植物種多様性の現状を把握し、現状を評価した。また生物多様性保全という観点から、里山地域における生物多様性の現状解明が必須であり、特に里山の生物多様性が高い理由の学術的解明、および絶滅危惧種・希少種の増殖方法の確立が急務となる。これを受け、県立榛名公園、西榛名地域、北榛名地域に代表される里山植物（絶滅危惧種 A、エゾカワラナデシコ、オミナエシ、コウリンカ、ナガミノツルキケマン）の 5 種について、種子生産・発芽の解明を行った。この結果から、今後減少傾向にある植物の保全方法を考える。また、今後の植物種多様性保全の一環として、人工的シードバンクの形成に役立てるため、絶滅危惧種 A 種子を用いて冷凍保存による長期的な保存可能性と、古い株の種子生産可能性を明らかにする。

植物相調査の結果、西榛名地域では、現地調査によって、在来種 67 種、うち 8 種の絶滅危惧種・希少種の生育が確認された。県立榛名公園では、絶滅危惧種のコウリンカ、オミ

ナエシ、スズサイコ、キキョウユウスゲママコナ、ワレモコウなど多くの絶滅危惧種・希少種が確認された。特にコウリンカは、多数の株が確認できる群生地となっており、調査地点が生物多様性の高い、良好な自然環境が継続していることが確認された。

絶滅危惧種 A については、本年の現地調査によって、新たに多くの絶滅危惧種 A の生育が確認された。特に絶滅危惧種 A の新たな開花株が多く見られたのは、CN・第二ワシタニヒルズと CN・寺沢川右岸である。いずれも 2013 年の大林 (2014) の調査においても多くの開花株が確認されているが、本研究では CN・第二ワシタニヒルズで新出 29 株を含む 97 株、CN・寺沢川右岸では下流部を中心に新出 30 株を含む 95 株の開花が確認された。しかし天候不順のため調査を途中で断念したエリアがあり、そこにも絶滅危惧種 A が生育している可能性がある。こうした結果から、以前よりモニタリング調査している場所以外にも、今後も引き続き、調査範囲を広げて調査していく必要がある。

発芽実験の結果では、県立榛名公園で採取されたエゾカワラナデシコは、25/13℃～30/15℃という比較的高温の条件下でよく発芽したことから、本種の発芽季節が初夏以降と比較的遅いことを示唆しており、一生存戦略として、高山に生育し、開花時期が遅くなった可能性がある。また、冷湿処理の必要性については、冷湿処理をした種子の方がしなかった種子よりも発芽率は高くなった。本種の種子の種皮が冷凍・解凍によって構造になんらかの変化を起こした可能性があり、今後冷凍保存の効果を検証する必要がある。

県立榛名公園で採取されたオミナエシは、高い温度条件で発芽率が高く、低い温度条件では発芽率が低くほとんど発芽しないという結果が得られた。本種が高山植物であるのにも関わらず発芽最適気温が高いのは、もともと幅広い標高の里山地域に生育していたが、低地里山地域が環境破壊の進行により生育できなくなったため、結果的に高山地域に生育する個体が残ったからだと推察される。

県立榛名公園で採取されたコウリンカは、冷湿処理を施した種子よりも、冷湿処理を施さなかった種子の方が発芽率が高いという結果を得た。これは極めて特殊な例である。原因としては、実験用種子の選別作業において未熟種子を多く含んでしまった可能性がある。顕微鏡を使って種子の峻別を行うなどして、再度実験を行う必要がある。

西榛名で採取されたナガミノツルキケマンは、全ての温度区で最終発芽率は 20%～30% に留まった。本種の種子の多くは何らかの生理的な深い休眠状態にあり、冷湿処理ではその休眠が解けない可能性がある。

本研究により、絶滅危惧種・希少種の保護・保全を通して、改めて里地里山の保全の重要性が明らかとなった。自然資源を消費しながらも、持続可能な社会にするために、生態系保護は重要な課題である。自然と共生する社会を目指し、社会的にこの問題に取り組むことが重要である。

## 目次

はじめに.....	3
生物多様性と生態系ネットワーク .....	3
生態系サービスとその現状.....	3
レッドリスト・レッドデータブック.....	6
里山とは.....	8
里山の生物多様性.....	9
生物多様性条約と政策的取り組み .....	10
SATOYAMA イニシアティブ .....	14
里山と絶滅危惧種 A.....	14
絶滅危惧種 A の生態.....	16
生物多様性モニタリング.....	17
研究の目的 .....	18
調査地概要 .....	19
材料及び方法 .....	21
植物相調査 .....	21
発芽実験.....	21
絶滅危惧種 A の花柱構成比 .....	23
絶滅危惧種 A の結実率.....	23
絶滅危惧種 A の結実率と等花柱花の関係.....	24
結果及び考察 .....	25
植物相調査 .....	25
発芽の冷湿処理・温度依存性.....	26
絶滅危惧種 A の花柱型構成比.....	29
絶滅危惧種 A の結実率.....	30
絶滅危惧種 A の結実率と等花柱花.....	31
発芽の冷湿処理依存性 .....	31
絶滅危惧種 A 種子の冷凍による長期保存の可能性 .....	33
結論.....	34

謝辞.....	37
引用文献・引用 web ページ.....	38
写真・表・図 .....	41

## はじめに

### 生物多様性と生態系ネットワーク

地球上の 3,000 万種とも推定される多様な生命は、誕生から約 40 億年の歴史を経て、さまざまな環境に適応して進化してきたものである。それらは、地球生態系という一つの環の中で、つながりとその相互作用の中で生きており、多様な生態系のさまざまな働きを通じて、人間も含めたすべての生命が存立する基盤が整えられているのである（生物多様性国家戦略 2012-2020 前文）。

現在、地球上には 3,000 万種とも推定される生物が存在し、私達は生物の多様性がもたらす恵みを享受することにより生存している（環境相 環境白書 2014）。

1992 年地球サミットで採択された生物多様性条約によると「『生物の多様性』とは、すべての生物（陸上生態系、海洋その他の水界生態系、これらが複合した生態系その他生息又は生育の場のいかんを問わない。）の間の変異性をいうものとし、種内の多様性、種間の多様性及び生態系の多様性を含む。」とされている。ここで定義されている 3 つの多様性の、「種内の多様性」とは遺伝子の多様性と言い換えることができ、同じ種内での個体差があるということである。「種間の多様性」とは、動物、植物、微生物など多数の生物が生息しているということであり、「生態系の多様性」とは、森林、湿地、河川など様々な環境があることである（枝廣 2011）。

この 3 つの多様性はどれか一つを保護するよう努めれば良いというわけではない。それぞれの生態系にはその構造と機能が確保されるために必要な規模があり、地域に生息・生育していくためには、必要な面積と生育地の組み合わせがある。多くの生物は生態系が維持されればその生育・生息は維持されるが、種によっては特別な条件を必要とする場合もある。これらは個別の生態系の範囲の条件だけでなく、関連する各々の生態系間での生物の移動や物質の交換が生態系を成り立たせている。この地域を複合生態系として保全するための考え方が「生態系ネットワーク」と呼ばれるものである（生物多様性政策研究会 2002）。

### 生態系サービスとその現状

2001 年から 2005 年にかけて、地球の生態系が我々の生活に与える影響につ



いて、世界 95 カ国から 1360 名もの科学者たちが参加し評価した結果、我々は生態系から様々な恩恵を得ている事が明らかになった。この地球規模のとりくみを「ミレニアム生態系評価」と呼び、ここで新たに提言された、生態系が我々人間に与えてくれる恩恵をサービスとして捉える考え方を「生態系サービス」と呼ぶ。

ミレニアム生態系評価によると、生態系サービスとは、生態系から人々が得ることができる、食料、水、気候の安定などの利益や恩恵に着目して、生物多様性と人々の生活との関係をわかりやすく示したものである。大きく分けると、栄養塩の循環や土壌形成などの「基礎サービス」、食糧・淡水・燃料などを供給する「供給サービス」、気候調整、疫病制御、水の浄化などの「調整サービス」、そして、審美的・精神的豊かさやレクリエーション効果をもたらす「文化的サービス」である（草刈 2010）。遺伝子、種、生態系という 3 つの多様性の概念は、そのみでは人間の社会や経済への恩恵を表し得ないが、生物多様性が生み出す「生態系サービス」という概念で捉え直せば（日比・千葉 2011）、「人間の福利」に生態系がどのように関与しているのかがわかりやすくなる（枝廣 2011）。評価では、この 4 つに分けられた代表的な 24 のサービスについて、地球規模での状態や変化の傾向を調査した。その結果、調査の対象となった 24 のサービスのうち、向上しているものはわずか 4 項目（穀物家畜、水産養殖、気候調節）であることがわかった。それに対し 15 項目（漁獲、家畜、水産養殖、遺伝資源、淡水、災害制御）などでは、低下しているか、持続できない形で利用されていることが示された（草刈 2010）。

この評価でわかったのは、地球の生態系は過去 50 年で大きく劣化しているということである（枝廣 2011）。生態系が機能し、これらのサービスが持続的に提供されるには、生物多様性が必要不可欠となる。今日の生物多様性問題の本質は、人類の生存と社会に必要な生物多様性が危機的状況に陥っていることである（日比・千葉 2010）。生物多様性の喪失は一般的には不可逆的な変化であり、それを喪失前の状態に戻すことは難しい。自然再生の取り組みによって生態系の機能の一部またはその大部分を回復させることができたとしても、いったん絶滅した種や個体群は戻ってこない。また、その喪失は種間関係を伝える連鎖によって重大な生態系の機能不全を招く可能性がある。つまり、結果として何がもたらされるか予測が難しく、ときに重大な結果がもたらされる可能性もあるのである（鷲谷 2007）。

2012年採択された生物多様性国家戦略 2012-2020 では、生物多様性の危機として、4つの危機を挙げている（生物多様性 HP）。

第1の危機は人間活動や開発による負の影響要因が引き起こす危機であり、これはオーバーユースと呼ばれる。沿岸域の開発や森林の他用途への転用などの土地利用の変化は多くの生物にとって生息・生育環境の破壊と悪化をもたらし、観賞用や商業的利用による採集は生物の個体群の現象をもたらした。近年はこれらの影響は、高度経済成長期やバブル経済期と比べると比較的少なくなっているが、いまだ影響は続いている。

第2の危機は自然に対する働きかけの縮小による危機であり、アンダーユースと呼ばれる。産業構造や資源利用の変化と、人口減少や高齢化による活力の低下に伴い、里地里山では、自然に対する働きかけが縮小することによる危機が継続・拡大している。特に、明るい場所を好む陽樹林や背の低い草本、昆虫など、人の手が入った二次林に生息する生物は生息できなくなる。代わりに、ニホンジカ、ニホンザル、イノシシなど、中・大型哺乳類の生息にとって好ましい環境になることと、狩猟者人口の減少から、野生生物による深刻な農林業被害や生態系への影響も発生しており、人身事故も多発している。

第3の危機は、人間により持ち込まれたものによる危機であり、外来種や化学物質など人間が近代的な生活を送るようになったことにより持ち込まれたものによる危機である。野生生物の本来の移動能力を超えて、人為によって意図的・非意図的に国内に他の地域から導入された生物が、地域固有の生物相や生態系に対する大きな脅威となっている。また、家畜やペットが野外に定着して生態系に影響を与えることもある。外来種に関しては「特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律（外来生物法）」があるが、既に国内に定着した外来種の防除には多大な時間と労力が必要である。また、化学物質による生態系への影響が指摘されている。例えば、殺虫剤による鳥類への影響や、船底塗料の物質の一部による貝類への影響などがその事例がある。しかし化学物質による影響の多くは明らかになっておらず、はっきりとした影響も対策も打ち出せないのが現状である。

第4の危機は、地球環境の変化による危機である。地球温暖化など地球環境の変化による生物多様性への影響である。地球温暖化のほか、強い台風の頻度が増すことや降水量の変化などの気候変動、海洋の一次生産の減少及び酸性化などの地球環境の変化は、生物多様性に深刻な影響を与える可能性があり、そ

の影響は完全に避けることはできないと考えられている。さらに、地球環境の変化に伴う生物多様性の変化は、人間生活や社会経済へも大きな影響を及ぼすことが予測されている。この第4の危機は生物多様性への影響の直接的な原因者を特定することが難しく、必ずしも人間活動の影響とは断言できない可能性もあり、一言で危機とは言えない場合もある。こうした第4の危機に対しては、複合的な要因からなる地球環境の変化による生物多様性への影響の把握に努めるとともに、生物多様性の観点からも地球環境の変化の緩和と影響への適応策を検討していくことが必要である（生物多様性国家戦略 2012-2020）。

### レッドリスト・レッドデータブック

現在、地球の生物多様性は、地球史上もっとも早いスピードで失われており、その絶滅スピードは自然界でおこる絶滅の約1000倍と言われている（日比・千葉 2010）。生物史には、生物が大量に絶滅する、いわゆる大絶滅が5回あったとされているが、現代はその種の多さ・絶滅スピードから見て「第6の大量絶滅時代」と呼ばれている。しかし現代の絶滅時代は絶滅速度が増し、人間活動による影響が絶滅の主因であるという特徴がある（生物多様性民間参画ガイドライン1版 2010）。

さらに、世界中の多くの地域が「生物多様性ホットスポット」とされていることを見ても、生物多様性の危機的状況は窺える。生物多様性ホットスポットとは、「地球規模で生物多様性が高いにも関わらず、破壊の危機に瀕している地域」であり、1,500種以上の固有植物種を有するがその70%以上が本来の生息地を喪失している地域を指す（日比・千葉 2010）。これは世界30カ国以上で生態系保護に取り組む環境NGO、コンサベーション・インターナショナル(CI)によって選定され、マダガスカルやフィリピン諸島、チリ中部など世界中で34の場所と地域がホットスポットに指定されている。そして、日本列島は丸ごとこのホットスポットに指定されているのである。日本は、南北に長く周囲を海に囲まれ、国土面積の7割近くを森林が占めている。世界的に見ても生物多様性に恵まれた地域で、1,950種もの維管束植物が自生している。しかしその一方で、森林の4割が人工林(スギ・ヒノキ等針葉樹)であるなど、本来の生態系が失われているというホットスポットの条件を満たしているのである（枝廣 2011）。この34地域の総面積は地球上の陸地面積のわずか2.3%だが、ここに全世界の50%維管束植物と42%の陸上脊椎動物種が生存している（日比・千葉 2011）。

世界の生物多様性喪失の主な要因は、その大部分が土地の農地への転用や都市開発などによる生息地の破壊、違法伐採などを含む生物資源の非持続的な利用、外来種の移入、そして気候変動であり、いずれも人間活動がその原因にある（日比・千葉 2010）。

野生生物の保全のためには、絶滅のおそれのある種を的確に把握し、一般への理解を広める必要があることから、IUCN（国際自然保護連合）の種の保存委員会（Species Survival Commissions :SSC）は毎年「絶滅の恐れのある生物リスト（以下レッドリスト）」を作成している。それを本に纏めたものが、レッドデータブックである。2014年現在、脊椎動物約65,000種、無脊椎動物約1350,000種、植物308,000種、菌類・原生生物52,000種が登録されているが、大部分が詳細な評価まで至っていない（IUCN日本委員会HP）。

また、レッドリスト・レッドデータブックは日本でも環境省、各地方公共団体、NGOでそれぞれ作成されており、公開されている。レッドリスト及びレッドデータブックは専門家による科学的・客観的な評価をとりまとめた基礎的資料であり、捕獲規制等の直接的な法的効果を伴うものではないが、社会への警鐘として活用が望まれている。

レッドリストにおける絶滅危惧ランクは、絶滅リスクの高さに応じて、以下のように分けられる。

絶滅（EX）・・・我が国ではすでに絶滅したと考えられる種。

野生絶滅（EW）・・・飼育・栽培下あるいは自然分布域の明らかに外側で野生化した状態でのみ存続している種。

絶滅危惧Ⅰ類（CR+EN）・・・絶滅の危機に瀕しているもの

ⅠA類（CR）・・・ごく誓い将来における野生での絶滅の危険性が極めて高いもの。10年間、もしくは3世代のどちらか長い期間における絶滅の可能性が50%以上と予測される場合。

ⅠB類（EN）・・・ⅠAほどではないが近い将来における野生での絶滅の危険性が極めて高いもの。20年間、もしくは5世代のどちらか長い期間における絶滅の可能性が20%以上と予測される場合。）

絶滅危惧Ⅱ類（VU）・・・絶滅の危険性が増大しているもの。100年間における

絶滅の可能性が 10%以上と予測される場合。

準絶滅危惧種 (NT) …現時点での絶滅危険度は小さいが、生育条件の変化によっては「絶滅危惧」に移行する可能性のある種。

情報不足 (DD) …評価するだけの情報が不足している種。

絶滅のおそれのある地域個体群 (LP) …地域的に孤立している個体群で、絶滅のおそれが高いもの。

(環境省 HP)

## 里山とは

古来より豊かな自然環境に恵まれた日本列島では、その恵みを享受し、自然と共生する循環型の生活が営まれていた。それと関連して生まれたのが里地里山である。生産と生活に必要な資源のほぼすべてが手に入るよう、集落近くに水田、ため池、畑地、薪炭林、草地などを、地形などもともとの自然システムに沿うように配置している。なお、上記の概念としての里地里山の範囲は、森をどこまで含めるかなど様々な解釈があるが、狭義では「里地」「里」を伝統的な田畑や集落が広がる場所をさし、「里山」を雑木林や草原や水辺など、植物資源採集の場とされている(鷲谷 2011)。これらを合わせた集落・田畑・ため池・水路・樹林・草原などを合わせた複合生態系を「里地里山」もしくは広義で「里山」と呼んでいる。

これらの環境は人為によって改変された自然のシステムではあるが、生物の側から見れば、洪水や崖崩れなどの自然現象によって生じる攪乱の卓越するハビタット(生息・生育場所)と同等の質を持つ。このような比較的明るい環境は、原生的な自然の中でもある頻度で形成されるが、日本のように温暖で降水量が豊かな地域ではすぐにうっそうとした樹林が回復する事が多いため、多様な攪乱環境が相当規模で持続する事はないが、里山ではそのような環境が長期にわたって人為によって維持される。そうして、そのような環境を好む生物のハビタットとなるのである。ヒトが必要とする資源の多様性から生まれるモザイク状、またはパッチワーク状の土地利用が、生物の多様性を生むのである(須田・鷲谷 2010)。

里山に代表されるふるさとの自然、すなわち生活域の自然は、人びとに有形無形の恵みを与えてくれる。適切に利用しさえすれば「自然の恵み」がつきることなく、それに依存した人びとの生産や暮らしが維持される。その意味で、

里山は模範的な持続可能システムであったとすることもできる（武内 2001）。

近年、里山のような「半自然」に注目が集まっている。里山はヒトと自然との共生の場として、長い歴史を持っている。里山に学び、新たなアイデアや技術にも目を向けて自然との新たな共生のシステムをつくっていくことが重要である（鷺谷 2011）。

### 里山の生物多様性

里山を空から見ると、集落・田畑・ため池・水路・樹木・草原などが組み合わさってパッチワーク状に見える（鷺谷 2011）。これが動植物の多様性のもっとも重要な要因であるとも言える。異なる生息・生育場所にそれぞれ異なる生物が生息・生育することで高い多様性が実現する。動物については、その生息に 2 つ以上の異質な生息場所を要求する種の要求性にも、適切なスケールでモザイク（パッチワーク状）をなす環境は十分応えることができる。幼生の時代には水中で暮らし、成長すると林や草原で暮らすトンボやカエル、森林に営巣し、餌は水田や草原で獲る猛禽類等にとって、水辺と樹林、草原と樹林が隣接する里地里山は最適な生息場所なのである（武内ら 2001）。

里山は、生態学的に言えば不安定な生態系である（佐藤 2005）。里山が里山らしくあるためには、伝統的な農の営みで見られたような「管理」を通じての適正な人間の関与が必要とされる。この「管理」のことを植物生態学的に「攪乱」と呼ぶ。攪乱とは一般に植物体や植生を破壊する作用のことである。しかしそれは単に自然を破壊する行為ではなく、自然システム全体を見れば、それを豊かにする作用があるのである。例えば樹木が密生して光の届かない暗い森に攪乱がおこり、明るい環境ができると、それを必要とする生物が生息できるようになる。時に攪乱が起こって、ギャップができると生活の場が確保されるのである。攪乱の少ない安定した環境のもとで競争力の大きい植物が優先してしまうと生きていけない植物もある。生態学では、「中程度の攪乱には生物種の多様性を高める作用がある」という理論（仮説）がある。なぜなら、攪乱が全くなければ競争力の大きい種が資源（光、肥料分など）を独占して少数の種だけが優先してしまい、あまりに大きな攪乱があればそれに耐えられない種が消えてしまうが、多くの種が耐えられ、優占しがちな種の競争力を削ぐ程度の攪乱、すなわち中程度の攪乱の元では多種の共存が可能だからである（鷺谷 2011）。

人が耕地を拓くときに、火を使って周囲の植物たちを焼き払うことや、(佐藤 2005) 薪、落葉、下草、茅、粗朶を刈り取ることなどの「管理」が生態系にとっての中程度の攪乱となる。伝統的な生産と生活における様々な自然物の必要性が、それを採集する行為を通じて、少数の種が優占する自然を、多様な野生生物が共存できるシステムへと作り替えたのである。里山の自然の豊かさは、本来の自然の多様性に加えて、人間の営みにより、いっそうその多様性が増していることができるのだ(武内 2001)。

しかし、明治初期から現代にかけて、日本の里地里山は植生や土地利用の面から大きな変貌を遂げてきた。明治初期には樹林地が地域の 49%を、農地(畑地・水田)が 15%を占めていたものが、1990 年代にはそれぞれが 17%、8%へと大きく減少し、農地林が市街地に置き換わった(恒川 2001)。これは、土木工事の難しさから丘陵地における樹林地が比較的欲残されていた 1960 年頃までと違い、土木技術の向上によりニュータウン開発などの大規模な住宅地開発の対象となったからである(恒川 2001)。およそ近世から 1960 年までの 400 年間、農家は地域の生物資源生産に大きく依存してきた。すなわち樹林地・農地において大気中から得られる二酸化炭素や雨から得られる水などを原料にして、太陽からの放射エネルギーを化学エネルギーに変換することによって、有機物が生産される。このいわば自然エネルギーを用いた植物工場によって生産される生物資源のうち、穀物・野菜は食料として、作物残滓や里の下草や落葉は飼料や肥料、燃料として、里山で成長する木材は建築材として利用されていた。ところが 1960 年以降、燃料革命、肥料革命が広まり、また円高・貿易自由化の流れを受け、外国産の木材や家畜飼料の輸入が急増した(恒川 2001)。結果として、かつての里山の機能は失われつつあるのである。

また、山地だけでなく、草原の消失も著しいものがある。近年、日本において最も失われた景観は、草地と湿地だと言われている。このような事実を反映してか、環境省のレッドデータブックでも、絶滅危惧植物は草地や湿地に多い(環境省 2000)。面積的にみても希少性の高い草原だが、そこに生育しているキキョウ、ヒゴタイ、オキナグサなどの絶滅危惧植物や、トンボ類、ホタルなどの昆虫の存在によって、保全価値はいっそう高まっている(高橋 2009)。

## 生物多様性条約と政策的取り組み

生物多様性を保全する国際的な動きとしては、1980 年代の熱帯林の急激な減

少や生物種の絶滅への危機感が背景となって、1992年にブラジルのリオデジャネイロで開かれた国連環境開発会議(地球サミット)に合わせ、「気候変動に関する国際連合枠組条約(気候変動枠組条約)」に加え「生物の多様性に関する条約(生物多様性条約)」が採択された。気候変動枠組条約は、生態学的な支出超過の結果とも呼べる地球温暖化に対する条約である。二酸化炭素という明瞭な指標を用いて目標を表現することができるため、比較的明確な行動規範を示すことができる(鷲谷ら 2005)。

それに対して生物多様性条約は、人間活動の影響を生物多様性の維持可能な範囲にとどめ、生態系要素の不可逆的な喪失の防止を目指そうというものである。ここにおける多様性とは、前述した『種内の多様性、種間の多様性、生態系の多様性』からなる生命のあらゆる変異性のことである。生物多様性条約では数値的な目標を挙げるのがむずかしいだけでなく、具体的な目標が誰にとっても明瞭であると限らない。この条約の3つの目標は、「1. 生物の多様性の保全 2. 生物の多様性の持続可能な利用 3. 遺伝資源の利用から生じる利益の公正かつ衡平な配分(WWFジャパンHP)」とされているが、この曖昧さや指標選択の難しさは、生物多様性や生態系そのものにとらえづらさという本質的な特質に起因している(鷲谷ら 2005)。

この条約は、生態系を総合的に保護しながら、生物資源の持続的な利用も進めようというものであり、締約国に、生物多様性保全のための国家戦略の策定、保全上重要な地域や種の選定、モニタリングなどを求めている(竹内 2010)。わが国では平成7年に最初の生物多様性国家戦略を策定し、これまで4度の見直しを行っている(生物多様性HP)。

2010年2月現在、条約の締約国は193カ国、米国は条約の3つめの目的が自国の産業に影響を与えるとして、条約をまだ締結していない(渡辺 2010)。

2010年10月の愛知県名古屋市で開催された第10回締約国会議では、中長期目標を「2050年までに、生態系サービスを維持し、健全な地球を維持し全ての人に必要な利益を提供しつつ、生物多様性が評価され、保全され、回復され、賢明に利用される。」ことが合意され「愛知目標」として採択された(外務省HP)。また、同会議では生物資源の持続可能な利用を目指すため日本の提案したSATOYAMA イニシアティブの推進も採択された(外務省HP)。これにより、多様性に富んだ植物相をもつ里山の重要性が見直され、生態系の保全が更に進んでいくことが望まれている。このSATOYAMA イニシアティブについては後



段で詳しく述べることとする。

また、国内の動きとしては、生物多様性国家戦略の策定が挙げられる。これは、生物多様性条約及び生物多様性基本法に基づく、生物多様性の保全及び持続可能な利用に関する国の基本的な計画である。日本では、平成7年に最初の生物多様性国家戦略を策定し、これまでに4度の見直しを行っている（生物多様性 HP）。環境省（環境庁）を中心に、関係省庁と連携しながら、前述した平成7年（1995年）の「生物多様性国家戦略」に続き、平成14年（2002年）「新・生物多様性国家戦略」、平成19年（2007年）「第三次生物多様性国家戦略」を閣議決定し（谷津 2008）、平成22年（2010年）「生物多様性国家戦略2010」、平成24年（2012年）「生物多様性国家戦略2012-2020」が策定された。2012年現在、COP10後に国家戦略の改定を行った国は13カ国である。（生物多様性 HP）

2012年に発表された「生物多様性国家戦略2012-2020」は、今までの2部構成から1部増え、3部構成となっている。第1部はこれまでと同じく、生物多様性の保全や、持続可能な利用に対する基本的な考え方や長期的な目標を明らかにし（谷津ほか 2008）、新たに加わった第2部はCOP10で採択された愛知目標の達成に向けたロードマップである。第3部は、生物多様性の保全及び持続可能な利用に関する行動計画だが、先の東日本大震災を受け、震災からの復興・再生に関する生物多様性関連の施策と今後の自然共生社会づくりに向けた施策についても記載されている。戦略の第1部では、生物多様性4つの危機と、生物多様性に関する5つの課題、長・短期目標が掲げられている。4つの危機は前述した通りである。生物多様性5つの課題は、①生物多様性に関する理解と行動 ②担い手と連携の確保（自然再生・里山保全の各主体の連携） ③生態系サービスにおける「自然共生圏」の認識（同じ生態系サービスの需要で繋がる地域を一体として捉える） ④人口減少を踏まえた国土の保全管理 ⑤科学的知見の充実 が挙げられている。また、新たに加わった愛知目標の達成に向けたロードマップでは、「13の国別目標」とその達成に向けた「48の主要行動目標」、国別目標の達成状況を把握するための81の指標が作成され、東日本大震災を受けて作られた第3部の行動計画では、約700の具体的施策と50の数値目標が掲げられた（生物多様性国家戦略2012-2020）。

また、新・国家戦略をうけて、例えば、第1の危機に対しては過去に損なわれた自然環境を再生する「自然再生推進法」（平成14年法律第148号）、第3

の危機である外来生物に対応するための「特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律（外来生物法）」（平成 16 年法律第 78 号）等、生物多様性に関する課題に対応するための新しい法律も制定されている。（谷津ほか 2008）自然再生推進法は、行政機関、専門家、環境 NGO の参加の下に、それぞれの地域に固有の生態系を取り戻すことを目指すものであり、新たな規制措置はとられていない。ここで定義される「自然再生」は、「過去に損なわれた生態系その他の自然環境を取り戻すことを目的として」、行政機関・環境 NGO・地域住民との参加とパートナーシップにより、自然環境の「保全」「再生」「創出」「維持管理」を行うとしている。ここで重要なことは、この法律で述べられている「自然再生事業」は、開発行為に伴い損なわれる環境の代償として同種の環境を近くに創出するのではなく、過去の開発により損なわれた生態系を取り戻すことが目的となっている。つまり、開発に伴う環境影響評価書の中で検討される代償措置・防止策とは異なるのである（坂口 2005）。また、外来生物法では、人の生命・身体、農林水産業などへの生態系被害をなくすため、特定外来生物の飼養、栽培、保管、運搬、輸入を規制し、特定外来生物の防除を行い、生態系を守り、生物多様性の確保、人の生命・身体の保護、農林水産業の発展に寄与することを目的としている（坂口 2005）。この法律では、特定外来生物によって生態系に被害が生じた、又は生じるおそれがある場合、防除を行える事に加えて、原因者負担としてその費用の全部、または一部を負わせることができ、また、明確な罰則規定がされている。この法律により、特定外来種の第 1 次指定に当たっては、37 種が指定されたが、セイヨウオオマルハナバチのように、在来種との競合と圧迫、遺伝的汚染を引き起こし、日本の生態系に被害を及ぼすおそれがあるにもかかわらず、農業用に利用される種であることから指定されなかったものがある。生物多様性の保全と「予防原則の原則」に基づき、今後の指定拡大が望まれる（坂口 2005）。

また、草原管理については、2007 年に策定された「第 3 次生物多様性国家戦略」の中に記述がある。その中で草地は、野生生物のレフュジア（避難場所）として、山と里のバッファゾーン（緩衝帯）として、草本バイオマス資源の循環利用を通じて、日本の生物多様性保全に大きな役割を果たすことが期待されている。しかし、環境先進国である欧米の草原雁には環境ガイドラインのような指針を設けている国や地域が多いが、日本はまだしっかりとしたものはない（高橋 2009）。日本の生物多様性を保全するために、充実した環境ガイドラ

インの策定が急がれる。

### **SATOYAMA イニシアティブ**

SATOYAMA イニシアティブは、2010年10月に愛知県名古屋市で行われた生物多様性条約第10回締約国会議（COP10）において、日本が提唱し採択されたものである。

SATOYAMA イニシアティブでは、自然と共生的な社会のモデルとして、日本の里地里山における伝統的な自然-人間関係に注目した。里地里山では、連続して展開される耕作地、集落、ため池等のモザイク状の土地利用が機能的に結びついた複合的なランドスケープが形成されてきた。こうした里山ランドスケープは、何千年にもわたって多様な生態系サービスを提供してきた。土砂崩れなど災害の防止、水資源の枯渇や土壌劣化の防止、自然資源の持続的な提供、郷土意識・文化の醸成など、様々な役割を果たしてきた。こうした人と自然の共生関係は、日本だけではなくアジアや世界各地にみられ、それぞれの地域における呼び名を持っている（渡辺 2010）。

日本では近年、農村の過疎化・高齢化、化石燃料や化学肥料の導入に伴う里山の放置が進行し、調和的だった里山ランドスケープの人と自然のバランスが壊れつつある。その結果、多くの動植物が絶滅の危機にあり、特有の文化も失われようとしている。一方、多くの途上国では人口の増加、食料やエネルギー需要の増加に伴い、自然と調和した資源利用の知恵やシステムの損失、生物多様性の劣化などの問題が生じている（渡辺 2010）。

SATOYAMA イニシアティブは、日本の里地里山のような二次的自然地域を、保護指定などによって原生的な自然を保護するだけでなく、このような世界各地の二次的自然地域において、自然資源の持続可能な利用を実現する取り組みであり（環境省 HP）、生物多様性の保全と持続可能な利用という条約の目的の達成に寄与することを目的として、里山とそこでの営みに関する情報を収集し、それらを広く共有しようという提案である（鷲谷 2011）。

### **里山と絶滅危惧種 A**

日本の里地・里山では、かつては薪炭林、農用林、茅場などをととして使われてきた里山を中心に、それらと連動して展開される耕作地、集落、ため池などのモザイク状の土地利用が機能的に結びついた複合的なランドスケープが形成

されてきた（渡辺 2010）。

また、農林水産省生物多様性戦略では、我が国はそれぞれの地域で、それぞれの気候風土に適応した農林水産業が多様に発展しており、また地域ごとに生物多様性が育まれてきたところであるので、その生物多様性保全のためには、そこで営まれる農林水産業のあり方とその果たす役割が非常に大きい（農林水産省 HP）と述べられていることから、里山で営まれる人間活動が生物多様性に大きな影響を持っていることがわかる。

人間が管理する里山に生育する代表的な里山植物に絶滅危惧種 A がある。

絶滅危惧種 A は、日本列島では北海道から九州まで、また、山麓から低地にまで広く分布する多年草（地上部が枯れても地下茎や地中の芽が生き残り、一年以上生きる草本植物）である。（鷺谷 2011）火山との結びつきが強く、火山灰土壌の、少なくとも春先に明るい湿った立地であれば、落葉樹林、草原、湿地を問わずその生育場所になるようである。伝統的な農業形態が残されている地域では用水路の縁や水田の脇などにも生育が認められる。（鷺谷 2006）地上に直立する茎を持たず、地面に放射状に葉を広げる小さな植物である（鷺谷 2011）。

人間活動が始まる以前には、火山の噴火にともなう火事や泥流が森林を破壊して作るギャップ（植物の間のすきま）が絶滅危惧種 A の主な生育地だったと推測されている。なぜなら背が低く小さな絶滅危惧種 A は、他の植物が何層にも葉を広げたうっそうとした暗い森の中では生育できないからである。そのため、日本列島における絶滅危惧種 A の自生地は、火山山麓や氾濫原など、自然の攪乱がある地域にあることが多い。

人間活動が始まると、人為的な火入れや草刈りなどが行われ、草丈の小さい絶滅危惧種 A の葉も日光を浴びられるようになり生育が可能となる。また、絶滅危惧種 A はミズナラ林やカシワ林の林床に生育している事が多い（鷺谷 2011）。これは、これらの樹種が落葉樹林で、絶滅危惧種 A が芽を出す春先（4月～5月）にはまだ葉を広げておらず、絶滅危惧種 A に適した光条件となる（鷺谷 1998）。そして、ミズナラもカシワも、人の管理を必要とする代表的な里山を構成する樹種である（国際生態学センターHP）。

絶滅危惧種 A は、花の形態や色に先天的な変異性がある植物である。そのため、江戸時代から園芸植物として愛でられ、園芸品種として多くの品種が作出されたという記録が残っており、現代にも受け継がれている（鷺谷 2011）。

かつてはどこにでもある里山植物だった絶滅危惧種 A だが、現在では、里山環境の荒廃により国レッドリストに絶滅危惧Ⅱ類（2012 年レッドリスト改訂では準絶滅危惧種）として掲載されるほど衰退している種である（鷲谷 2006）。

## 絶滅危惧種 A の生態

絶滅危惧種 A の個体群においては、2 タイプのモルフ、すなわち柱頭が高い位置、葯が低い位置にある長花柱花モルフと、それとちょうど逆の位置に柱頭と葯を持つ短花柱花モルフがおよそ 1 : 1 の個体比で含まれる。自家受粉も含めて同タイプの間での受粉では結実率は低いが、異なるタイプの間では良く結実するという性質、すなわち異型花柱性独特の自家・同型不和合性が認められる（鷲谷 2006）。

そこで、繁殖の成功のためには、異なる方の植物のあいだでの送粉が必要になる。受粉が成功し、健全な子孫を残すためには、トラマルハナバチの女王蜂の仲立ちが必要になる（鷲谷 2011）。この根拠としては、トラマルハナバチの活動時期と絶滅危惧種 A の開花時期が重なっていること、もう一つはトラマルハナバチの女王蜂と絶滅危惧種 A の花筒の長さが等しいか、女王蜂の方がすこし短いかくらいだということである。絶滅危惧種 A の花を訪れたトラマルハナバチ女王の舌では、異型花柱性に期待される「花粉のつきわけ」が観察され、トラマルハナバチのポリネーター（送粉者）としての有効性を示す最も重要な証拠となっている。マルハナバチ女王の訪花がある場所（訪花が確認され、多くの花に爪痕がみられる）と無いところ（訪花が観察されず、花には爪痕が全くみられない）で種子生産を調べてみると、トラマルハナバチがいる場所では長花柱花も短花柱花も比較的多くの種子を生産するが、いない場所では、全体

として種子生産は低く、花柱の間の違いも目立つことが分かってきた（鷲谷 2006）。また、孤立してしまったクローンや、ポリネーターが訪れなかった個体群は種子ができない。すなわち、絶滅危惧種 A にとっては異型の雄蕊・雌蕊と、ポリネーターという二つのパートナーいずれが欠けても繁殖に支障をきたす可能性があることがはっきりと示されたのである（鷲谷 2006）。

その一方、A 属の植物の野生集団の中には、雄蕊と雌蕊を同じ高さに持ち、しかも生理的にも自家和合で「自殖」をする等花柱花モルフが見つかることがある。昆虫による送粉十分であれば、この異常な組換え型の等花柱花遺伝子が集団の中に広がることはなく、等花柱花モルフはごくまれにしかみつからない。しかし昆虫による送粉サービスが不十分になると、昆虫に頼らなくとも種子を生産できる等花柱花個体の方が繁殖状有利になり、集団の中でその勢力を拡大し、極端な場合には異型花柱性そのものが失われることもあることが推測されている。絶滅危惧種 A 属の中には、祖先種の異型花柱性が崩壊して等柱花だけが取り残されたと解釈できる単型種が少なからず存在するからである（鷲谷 2006）。

絶滅危惧種 A は、異型花柱性のさまざまな崩壊や変質も認められる A 属において、典型的な異型花柱性を残している種であり、植物の絶滅過程における繁殖特性や生物間相互作用の意義を明らかにする研究のモデルとしてだけではなく、異型花柱性という興味深い繁殖システムの進化や維持機構を解明するためのモデル植物としても得がたい研究材料である（鷲谷 2006）。

### 生物多様性モニタリング

新・生物多様性国家戦略では、里山の変質に伴う生物多様性の減少が指摘されている。現在の里山は、身近な自然とのふれあいの場であると同時に、希少な、あるいは絶滅の危機に瀕した生物の生育・生息場所である。このため里山では、環境教育やレクリエーションとして利用する場合でも、生物の生育・生息条件の確保を前提とした利用をすることが求められる。生物の生息・生育状況をつねに把握しながら里山を賢く利用することが求められている（石井 2005）。

生物多様性の保全においては、取り返しのつかないことを回避するという意味で「予防的アプローチ」を重視しなければならない（鷲谷 2007）。

そこで必要になるのが「生物多様性モニタリング」である。ここでのモニタ

リングとは、対象の振る舞いをよりよく理解し、それへの対処や管理の方法を  
しだいによりよいものへと改善するための監視を意味する。それは評価と一体  
となって初めて意味を持つ行為である（鷲谷 2007）。

生物多様性の保全において追求する際にもっとも重要なことは、「固有性」、  
すなわち地域に固有な多様性を重視することである。それぞれの種がその生態  
的特性や歴史に応じて地理的に限られた分布を示し、その生態によく合った限  
定された生息・生育場所でのみ生息・生育することが、ある程度広い地理的  
空間における多様性の理由である。したがって、それぞれの地域における生物  
多様性の保全とは、ローカルな固有種の尊重、つまり、それぞれの地域に独特な  
生態系や生息・生育場所、動植物の種などの喪失を防ぐことである。それによ  
って、その地域において伝統的に維持されてきた人びとの生活や生産に必要な  
生態系のサービスが途切れることなく提供されるのである（鷲谷 2007）。

## 研究の目的

本研究では、里山における植物種多様性がどのように形成されるのかを、生  
育環境の多様性と植物の分布および種子生産・発芽・生長特性の多様性の関係  
を解析することによって考察する。

里山は、伝統的な農業によって、長い年月を人の手で管理してきた地域であ  
り、人と自然の共生関係によって維持されてきた地形である。その営みによっ  
て里山地域の多様な植物相が維持され、絶滅危惧種・希少種が生育している。  
しかし、土地開発や、里で暮らす方々の高齢化のため、その生育環境が危ぶま  
れている。この状況を少しでも改善するため、生物多様性という観点から里山  
地域における生物多様性の現状究明が必要であり、特に里山の生物多様性が  
高い理由の学術的解明、および絶滅危惧種・希少種の増殖方法の確立が急がれる。

そこで、長期間里山として維持管理されている地域（西榛名、北榛名、県立  
榛名公園）において、植物相調査、環境調査を行って里山の植物種多様性の現  
状を解明する。また代表的な絶滅危惧植物・希少種（絶滅危惧種 A、ナガミノ  
ツルキケマン、オミナエシ、エゾカワラナデシコ、コウリンカ）について種子  
生産・発芽特性の解析を行うことによって、これらの植物が里山地域に生育し  
ている理由の解明、今後の保全方法の検討を行う。

なお保全上の理由により、本論文では詳細な調査地名称を秘匿し、コードネ  
ーム（CN）で扱うことにする。同様の理由で研究結果の一部を非公開とする。

## 調査地概要

### 西榛名地域

群馬県の榛名山麓西面に位置し、東吾妻町と高崎市の一部を含む調査地である。海拔は 450-800m で、大部分は農耕地と二次林が集落に隣接して立地している（石川ら 2008）。ここに分布する森林の大部分は、コナラやハルニレなどの二次林やスギやカラマツの植林地である。土地利用様式は、農耕地（ミョウガなどの野菜類）および薪炭林や農用林として利用されてきた二次林が主で、これらが集落後背地に隣接して分布し、典型的な里山景観をなしている。また植物相では、シダ植物と種子植物が計 113 科 768 種・雑種・交種以上の分布類を含めると計 813 種類生育していることが確認された。この中には、国または県指定の絶滅危惧種（環境庁自然保護局野生生物課 2000；群馬県 2012）および県レッドデータブック 2001 年度版公表後に発見された希少種が 30 種含まれている（大森ら 2008）。

### 北榛名地域

2011 年（荒川 2012）から群馬県自然環境課のレッドデータブック改訂用調査の一環として、群馬大学社会情報学部環境科学研究室が調査を行っている。



## 県立榛名公園

榛名山は、赤城山と同様に那須火山帯に属し、最高峰である掃部ヶ岳(1449m)を中心に烏帽子岳(1363m)、天目山(1303m)などの外輪山と中央火口丘である榛名富士(1391m)や蛇ヶ岳(1229m)、さらに相馬岳(1410m)、水沢山(1194m)、二ツ岳(1343m・1307m)などの寄生火山からなっている

山頂のカルデラ内部は、火口原としての沼ノ原が広がり、火口湖「榛名湖」などがあり、山岳、高原、湖沼などバラエティに富んだ地形を形成している。この火口湖「榛名湖」の周囲に広がる低湿地帯は沼ノ原と呼ばれる(大島 1973)。

県立榛名公園は、昭和天皇皇后両陛下の御成婚を記念し、御料地の払い下げを受けて設置された県立公園である。公園区域は、沼ノ原を中心に、国有林である榛名富士と榛名湖西側一帯及び商店街部分の民有地を除き、榛名湖を含む395haで、おおむね榛名山外輪山の内側となっている(群馬県HP)。

本公園内には、ミズナラ、カシワ、レンゲツツジ、ユウスゲなど多くの植物が見られる。特に、ユウスゲの群生地は榛名山の見所の一つで、レンゲツツジも沼ノ原を中心に群生している。

この沼ノ原は、第二次世界大戦後に開拓を受けたが、その後放置されたために二次草原から陽樹林への遷移の途上にある。そのため、草原に低木状のカシワやズミ、カントウマユミ等が侵入し、カシワの中には高木にまで成長したものが見られた。しかし、2001年から2002年にかけての冬、榛名湖畔からヤセオネ峠までの沼ノ原の中央を通る道路の左右において、草原に生える木の大規模な伐採が行われた。これは、県立公園の管理事業として、県の環境生活部自然環境課によって実施されたものである。内容は、レンゲツツジや中木から高木となったカシワなどの一部の木本を除いた木を切り倒す本格的なもので、前述の低木が大量に切り払われた。この伐採により遷移が押し戻され、衰退傾向にあった沼ノ原の草原は再び広がることになった(松澤ほか 2003)。

沼ノ原のように二次的に成立した草原は、里山と同様に人為的な圧力がかかると存続が困難である。そこで、この貴重な草原を維持するという観点から、大規模な伐採が行われ、以後里山的管理がなされていると言える。

## 材料及び方法

### 植物相調査

一般的に用いられるコドラード法による植生調査は、限られた面積内の植物相について解明する手段であるので、本調査地である西榛名地域のように、植物種多様性の高い地域では見落とす種が多いことが問題として挙げられる。そこで今回は、広範囲にわたる生育植物種をリストアップする植物相調査を行った。各調査地を踏査し、開花している植物を中心として、デジタルカメラで撮影し、各植物種の一部を採取し、その後植物図鑑を用いて植物種の同定を行った。なお、この調査方法では、踏査により視認可能な種が対象となるため、比較的量の多い植物種をピックアップすることになる。調査日は、西榛名および北榛名が 2014 年 5 月 17 日、6 月 23 日および 7 月 5 日で、県立榛名公園は 7 月 21 日、8 月 17 日、9 月 2 日、10 月 11 日である（表 1）。

さらに、希少植物種、絶滅危惧種（今回は絶滅危惧種 A とコウリンカ）については、調査地内を踏査して、生育あるいは開花している個体数または株数を数えるとともに、ポータブル GPS（GARMIN GPSmapSCx）と GPS つきカメラ（RICOH WG-III）を用いて生育位置を記録した。

### 発芽実験

県立榛名公園で採取されたエゾカワラナデシコ（ナデシコ科）、コウリンカ（キク科）、オミナエシ（オミナエシ科）、西榛名で採取されたナガミノツルキケマン（ケシ科）の種子を用いた。絶滅危惧種 A の種子は、西榛名（CN ワシタニヒルズ、CN ワシタニヒルズ入口、CN 第二ワシタニヒルズ、CN 新桜台、CN 夢の花園）、北榛名（CN                   、CN                   、CN                   ）、および北群馬渋川郷土館で 2013 年に採取された種子を用いて発芽実験を行った。北群馬渋川郷土館では、約 40 年前に榛名山など群馬県内各地に生育していた絶滅危惧種 A が、産地ごとに長年保存されてきた。今回はこのうち赤城山および榛名山起源の個体群から採取された種子を用いた。いずれの種子も採取後にシリカゲルを用いて十分に乾燥させた後、-80℃のディープフリーザー（Panasonic MDF-U384）内で冷凍保存されている。

以後保全上の理由により、詳細な調査地名称を秘匿し、上記のようにコードネーム（CN）で扱うことにする。

エゾカワラナデシコおよびコウリンカは前処理として、4℃保冷庫で湿らせたまま 2 か月間保存する冷湿処理を施すことで種子に冬を経験させる種子と、冷湿処理を施さない種子を用意した。この前処理によって、一般に冬を経験させることによって種子の休眠を解除し、発芽を促進させる効果がある。(荒木ほか 2003) オミナエシは先行研究(バヤンサン・プロフォルドル (2013))により冷湿処理の効果が認められないとされているため、冷湿処理を施さなかった。ナガミノツルキケマンは種子数が不足したため、冷湿処理を施す処理区のみとした。これらの植物について、石英砂を敷いた直径 9 cm のプラスチック製シャーレに種子を 50 個ずつ入れ、蒸留水を約 20 cc 注入した。冷湿処理は、4℃の薬用保冷庫(サンヨー、MEDICOOL MPR-504(H))で 2 ヶ月保管することにより施した。前処理の終了後、温度勾配恒温器(TG-100-ADCT, NK system)にシャーレを入れて培養した。器内の温度は 30/15、25/13、22/10、17/8、10/6℃の 5 段階(ナガミノツルキケマンは種子数が不足したため、10/6℃区では行わなかった)とし(昼 14hr、夜 10hr、昼間の光量子密度は約  $30 \mu \text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ )、各温度区・各処理区で 1 植物あたり 3 シャーレを培養した。冷湿処理を施さない種子は、25/13 温区にて培養した。

実験開始後は、実験開始後 1 カ月間は毎日、その後は 1-3 日おきに種子を観察し、肉眼で幼根が確認できたものを発芽種子とみなして数を記録し、取り除いた。また、観察日ごとに蒸留水をつぎ足し、常時湿った状態を保った。新たな発芽が 3 日以上にわたって見られなくなるまで、約 2 ヶ月間培養を続けた。

絶滅危惧種 A については、各産地あたり種子を 50 個ずつ入れたシャーレ 3 つを用意し、4℃の薬用保冷庫で 2 ヶ月の冷湿処理を施した。前処理の終了後、温度勾配恒温器(TG-100-ADCT, NK system)にシャーレを入れて培養した。温度勾配恒温器内の温度は 25/13℃(昼 14hr、夜 10hr、昼間の光量子密度は約  $30 \mu \text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ )とした。これは、高橋の先行研究(2009)により絶滅危惧種 A 種子培養の最適温度区が 25/13℃であることが判明したことによる。

実験開始後は、上記 4 種の植物と同様の培養・観察を続け、新たな発芽が 3 日以上にわたって見られなくなるまで、約 2 ヶ月間培養を続けた。

さらに、一度の冷湿処理-培養実験において発芽しなかった絶滅危惧種 A 種子の“2 年目の発芽可能性”を解明するために、1 度目の冷湿処理後の培養で未発芽の種子に対して再度、2 ヶ月の冷湿処理を施し、その後、再び 25/13℃に設定した温度勾配恒温器内で 42 日間の培養を行った。

この実験により得られた最終的な積算発芽率を、最終発芽率として算出した。発芽実験スケジュールの詳細を表 2 に示す。

### 絶滅危惧種 A の花柱構成比

前述の通り、絶滅危惧種 A は異型花柱性という他殖促進のための特殊な繁殖システムを持っている。自家受粉も含めて同タイプの花の間の受粉では結実率が低いが、異なるタイプ間の受粉ではよく結実するという性質（鷲谷 2006）が認められる。そのタイプには 3 種類あり、柱頭が高く葯が低い位置にある長花柱花（pin）、柱頭が低く葯が高い位置にある短花柱花（thrum）、稀ではあるが一定数見られる（塚越 2013、大林 2014）柱頭と葯が同じ高さにあり、自殖能力の高い等花柱花（homo）の 3 つのモルフ（花型）がある。昆虫（トラマルハナバチなど）による送粉が十分に行われている場合には、自殖回避、他殖促進のための進化の結果として長花柱花と短花柱花の割合が 1 : 1 になると考えられている。また異型花柱性は昆虫を利用した繁殖システムであるため、送粉を行う昆虫が減少すると、自殖により種子生産を行う等花柱花個体が繁殖上有利となり、勢力を拡大すると考えられている（鷲谷 2006）。しかし、生育地の生物多様性が損なわれていないにも関わらず、等花柱花は一定数存在するという報告もある（荒川 2012; 塚越 2013; 大林 2014）ので、追試を行う必要がある。

2014 年 5 月 14 日に西榛名の 1 地点（CN・第二ワシタニヒルズ）、北榛名の 3 地点（CN・、CN・、CN・）において開花していた絶滅危惧種 A から、1 株につき 2 花ずつ採取し持ち帰り、 $-80^{\circ}\text{C}$ のディープフリーザー（Panasonic、MDF-U384）内で冷凍保存した。約 3 ヶ月後に解凍した後、花茎をピンセットで切り開き、実態顕微鏡で観察して、花柱のタイプを長花柱花（pin）、短花柱花（thrum）、等花柱花（homo）3 類型に分類し、各採取地点別にその比率を算出した。

### 絶滅危惧種 A の結実率

2014 年 7 月 8 日に西榛名の 2 地点（CN 新桜台、CN 夢の花園）、北榛名の 2 地点（CN・上流下流、CN・）にて、結実が認められた個体から 1 本ずつ花茎を採集した。北榛名 CN・寺沢川右岸上流下流には草本の繁茂が著しく、採取は困難を極めたため、実際の結実個体群全体のごく

一部しか採取できなかつたものと思われる。精緻な GPS の活用など、個体の位置情報の確定方法の改善が強く望まれる。

採取した花茎を肉眼で確認し、正常に結実しているもの（正常結実）、結実しなかつたもの（未熟）、すでに種が散布されて残っていないもの（散布済）クロホ病と呼ばれる感染症により種子が喪失したもの（病失）、虫食いにより種子が消失したもの（食失）に分類しそれぞれの割合を算出した。正常に結実した果実については、採取地点ごとに種子をとりまとめ、今後の発芽実験用に保管した。

### **絶滅危惧種 A の結実率と等花柱花の関係**

2014 年調査による絶滅危惧種 A の花柱構成比と結実率の結果から、絶滅危惧種 A の結実率に影響を与えている要因は何であるかを考察する。絶滅危惧種 A は、個体群の中で個体数が少なくなってくると、受粉率を上げるためおしべとめしべの長さが等しい等花柱花の個体が増えるという研究結果がある。これが集団の中でその勢力を拡大し続けると、極端な場合異型花柱性そのものが失われる可能性があると推測されており（鷲谷 2006）、このことが結実率にも影響するのではないかと考えられている。正常結実と等花柱花の割合を比較することで等花柱花が結実率にどのような影響を与えるのかを検討する。

## 結果及び考察

### 植物相調査

#### 県立榛名公園

現地調査によって、在来種 67 種、うち 5 種の絶滅危惧種・希少種の生育が調査者により確認された（表 3,表 4）。

今回の調査では、沼ノ原を中心に踏査を行い、絶滅危惧種のコウリンカ、オミナエシ、スズサイコ、キキョウ、ユウスゲ、ママコナ、ワレモコウなど多くの絶滅危惧種・希少種および里山の植物が確認された。特にコウリンカは、多数の株が確認できる群生地となっており、調査地点が生物多様性の高い、良好な自然環境が継続していることが確認された。

2013 年（小関 2014）に引き続き、コウリンカの個体群の分布調査を行った結果（図 1,図 2,表 6）、公園内でもやや低くなっている平坦な草原に、2013 年に核にされたものとは別に、さらに 160 株程度の開花個体群が発見された。

ここはかつて川が流れており、それが枯れてできた地形であると推察される。今回の調査期間内において、この生育地を縦断するように重機が入った形跡があった。同時に本公園の北東部に遊歩道が切り開かれているので、この工事用の重機の搬入を行ったものと考えられる。こうした開発行為が県立公園内で行われた理由や、その際の県の対応状況など、確認する必要がある。また当然、本種の生育地を保全するために、さらに精緻かつ広範囲での個体群の位置情報を把握することが不可欠であり、このため継続的な調査が必要である。

個体群の正確な位置を知るために、ポータブル GPS (GPSmapSCx, GARMIN) と GPS つきカメラ (RICHOWG-III) で同じ地点を記録し、そのずれの程度を評価した（図 2）。場所によるが、最大場合 10m 程のずれが出ることが明らかになった。今後正確な位置を把握するためには、精度の高い専用の機器を使う必要がある。

#### 西榛名地域

本年の現地調査によって、新たに多くの絶滅危惧種 A の生育が確認された。特に絶滅危惧種 A の新たな開花株が多く見られたのは、CN・第二ワシタニヒルズと CN・  
である。いずれも 2013 年の大林（2014）の調査においても多くの開花株が確認されているが、本研究では CN・第二ワシタニヒルズで新出 29 株を含む 97 株、CN・  
では下流部を中心に新出 30 株を含む 95

株の開花が確認された（図 1）。CN・  
では、天候不順のため調査を途中で断念したため、調査できなかったエリアがあり、そこにも絶滅危惧種 A が生育している可能性がある。こうした結果から、以前よりモニタリング調査している場所以外にも絶滅危惧種 A 個体群が生育している地域があることが推測されるので、今後も引き続き、調査範囲を広げて調査していく必要がある。

また、小関（2014）の研究時に CN・第二ワシタニヒルズの絶滅危惧種 A 分布マップを作成し、今回の調査ではそれを元に絶滅危惧種 A 株の確認を行った。記録が不十分な点が見られたので、図 2 は小関（2014）の作成したマップを元に新たに作成した第二版である。調査時には、前年見られなかった、もしくは調査することができなかった場所にも絶滅危惧種 A 株が見られ、今後も確認数が増えることが予想される。こちらも引き続き調査範囲を広げて調査していく必要がある。

#### 発芽の冷湿処理・温度依存性

エゾカワラナデシコ（ナデシコ科ナデシコ属多年草草本、*Dianthus superbus*）

北海道、本州中部以北、ユーラシア中部以北に分布する。新潟県と鳥取県で絶滅危惧Ⅱ類に指定されている（野生動物調査協会ほか HP）。

今回の実験では、2013 年 9 月 1 日に県立榛名公園で採取され、 $-80^{\circ}\text{C}$ のディープフリーザー（Panasonic、MDF-U384）内で冷凍保存されている種子を用いた。冷湿処理を施した種子の最終発芽率は、 $30/15^{\circ}\text{C}$ 区で 70.0%、 $25/13^{\circ}\text{C}$ 区で 66.0%、 $22/10^{\circ}\text{C}$ 区で 62.7%、 $17/8^{\circ}\text{C}$ 区で 51.3%、 $10/6^{\circ}\text{C}$ 区で 22.7%であった（図 5）。すなわち本種は、 $25/13^{\circ}\text{C}$ ～ $30/15^{\circ}\text{C}$ という比較的高温の条件下で良く発芽し、温度が低いと発芽率は低下するといえる。本種は高山植物とされるが、野外においては種子は主として  $17^{\circ}\text{C}$ 以上の温度条件で発芽すると推察される。このことは、本種の発芽季節が初夏以降と比較的遅いことを示唆しており、また潜在的には、現分布域よりも標高が低く温暖な地域にも分布可能であることを示唆していると考えられる。

冷湿処理を施さない種子は、 $25/13^{\circ}\text{C}$ 区で 40.0%が発芽した（図 6）。この値は冷湿処理を施し種子を同じ温度区で培養した場合の値と比べると有意に低い。このことから、本種の種子は野外で冬を経験することによって、発芽が促進さ

れると考えられる。

なお 2014 年にも本種の種子を県立榛名公園で採取し、乾燥後にただちに 25/13℃区で追加の発芽実験を行ったが、ほとんど発芽しなかった。冷湿処理の必要性を確認するための予備的な追試験なので、断定はできないが、本種の種子の種皮が、冷凍・解凍のプロセスにおいて構造変化を起こし、吸水しやすくなることで発芽率が高くなるのかもしれない。今後、冷凍保存の効果を検証する実験を行う必要がある。

本実験で発芽した個体を用いて生長解析を行う予定であったが、発芽種子を 25/13℃に設定した人工気象器内で栽培を試みたところ、すべて枯死した。このため生長解析は行えなかった。本種は発芽の最適温度条件と、生育の最適温度条件が全く異なるのかもしれない。

オミナエシ（オミナエシ科オミナエシ属多年生草本、*Patrinia scabiosifolia*）

沖縄を除く日本全土、および中国、東シベリアに分布する。17 の府県で絶滅危惧種、準絶滅危惧種に指定され、東京都では絶滅したとされている（野生動物調査協会ほか HP）。

今回の実験では、2010 年 9 月 21 日に県立榛名公園で採取された後に冷蔵庫で保存され、2013 年より -80℃のディープフリーザー（Panasonic、MDF-U384）内で冷凍保存されている種子を用いた。

最終発芽率は、30/15℃区で 78.0%、25/13℃区で 74.7%、22/10℃区で 66.0%、17/8℃区で 27.3%、10/6℃区で 2.0%であった（図 7）。すなわち本種は、高い温度条件でより発芽率が高く、低い温度条件では発芽率が低くなり、10℃ではほとんど発芽しないといえる。この結果は、同じロットの種子を用いたバヤンサン・プロフォルドル（2013）の研究と同様である。以上の結果より、本種の発芽の最適温度は 25℃～30℃と、高山地帯に生育する植物にしては幅広く高い温度であるといえる。このことは、本種が本来、山地から平地までの幅広い標高の里山地域で生育していたが、低地里山地域ではオーバーユース、アンダーユースの進行により生育できなくなり、結果的に標高の比較的高い現生育地が残存していることを示唆しているものと推察される。

同じロットの種子を用いたバヤンサン・プロフォルドル（2013）の研究と同



様の結果が得られたことから、 $-80^{\circ}\text{C}$ のディープフリーザーによる冷凍保存は、本種の種子の保存には冷凍処理が有効であるといえる。

コウリンカ (キク科キオン属多年生草本、*Tephroseris flammea* var. *glabrifolia*)

本州中部に多く分布する。国レッドリスト (2012) で絶滅危惧Ⅱ類に指定されている。17の府県で絶滅危惧種、準絶滅危惧種に指定されており、東京都では絶滅とされている (野生動物調査協会ほか HP)。

今回の実験では、2013年9月13日に県立榛名公園で採取され、 $-80^{\circ}\text{C}$ のディープフリーザー (Panasonic、MDF-U384) 内で冷凍保存されている種子を用いた。冷湿処理を施した種子の最終発芽率は、30/15 $^{\circ}\text{C}$ 区で 25.3%、25/13 $^{\circ}\text{C}$ 区で 22.0%、22/10 $^{\circ}\text{C}$ 区で 22.7%、17/8 $^{\circ}\text{C}$ 区で 0.7%、10/6 $^{\circ}\text{C}$ 区で 0%であった (図 8)。冷湿処理を施さない種子は、25/13 $^{\circ}\text{C}$ 区で 44.7%が発芽した (図 9)。この値は、冷湿処理を施した種子を同じ温度区で培養した場合の値と比べると有意に高いという、極めて特殊な結果である。いずれの処理区でも最終発芽率が 50%を下回る結果になったことも含め、これらの結果は、実験準備の種子の選別作業の際に、未熟な種子を多く選んでしまったことに起因する可能性がある。本種の種子は非常に小さいため、肉眼による選別が困難で、実態顕微鏡を用いて成熟種子のみを峻別して、再度実験を行う必要があると考えられる。

ナガミノツルキケマン (ケシ科キケマン属一年草または越冬草、*Corydalis raddeana*)

花期は8-10月。日本では、北海道、本州、九州に分布し、主に山地に生育する。世界では、朝鮮半島、中国東北部、東シベリアに分布する。20の都県で絶滅危惧種に認定されており (野生動物調査協会ほか HP)、国レッドリスト (2012) および群馬県レッドデータブック (2012) では準絶滅危惧種に記載されている。

2ヶ月の冷湿処理を施した後の発芽実験での最終発芽率は、30/15 $^{\circ}\text{C}$ 区で 12.7%、25/13 $^{\circ}\text{C}$ 区で 6.0%、22/10 $^{\circ}\text{C}$ 区で 8.7%、17/8 $^{\circ}\text{C}$ 区で 10.7%となった (図 10)。高橋美絵 (2009) の先行研究でも、本種の最終発芽率は同様の温度区の全てにおいて 20-30%に留まっている。以上の結果から、本種の種子の多くは、何らかの生理的な深い休眠状態にあり、冷湿処理のみではその解除があまり促

進されないことが確認できたといえる。







### 絶滅危惧種 A 種子の冷凍による長期保存の可能性

種子の冷凍保存は、絶滅危惧種の増加している現在、生育域内保全を補完する手段として生育域外保全の必要性が増加していることを受けて、進められている試みである。充分低い含水率まで乾燥させることで老化を遅らせることだけでも腐敗や虫害の防止に繋がるが、さらに温度環境を調節することでこうした効果をさらに増すことができる。低温下では分子運動が抑えられ、また微生物や種子害虫の活動も抑制されるからである。環境省の絶滅危惧植物種子の収集・保存等に関するマニュアルによれば、 $-20^{\circ}\text{C}$ 程度の冷凍保存により相当長期間の保存が可能とされており、 $-80^{\circ}\text{C}$ で花粉の冷凍保存を行っている施設では、20年程度の花粉の保存が可能とされている。(環境省 HP)

今回実験に使用した種子は $-80^{\circ}\text{C}$ の冷凍保存種子である。前述のように、全体的に発芽率は低かったが、発芽を確認することができたので、冷凍による長期保存は可能であると言える。前述のように、理論上では $-80^{\circ}\text{C}$ 下では20年程度保存できるとされているので、継続的な実験と観察を行い、検証する必要がある。

## 結 論

本研究により、群馬県内には、絶滅危惧種 A、コウリンカ、キキョウなどをはじめとする多数の絶滅危惧種・希少種が生育できる良好な里山環境が現存していることがわかった。また、榛名山をはじめとして、県内の里山において二次林、水田、ため池、用水路、湿地など、多様な環境条件が形成されており、それぞれの立地ごとに異なる種構成で多くの在来植物種が生育していることが明らかになった。今後は、当該地域に関連する全ての人びと-地域住民、学識者、行政-が一体となり、生物多様性や当地に生育する植物の知識を高め、里山環境の保全に参加・協力することで、より良好な自然環境の再生や維持が可能となると考えられる。

本研究で調査した榛名公園では、5種の絶滅危惧種・希少種を含む67種の在来種が確認され、植物種多様性の高い地域であることが明らかとなった。榛名公園では、2003年に大規模伐採がなされて以後里山的管理が維持されている。(群馬県環境課 2003) そのため、遷移途中の植物種多様性が高い環境が成立していると言える。

発芽実験の結果では、県立榛名公園で採取されたエゾカワラナデシコは、25/13℃～30/15℃という比較的高温の条件下でよく発芽したことから、本種の発芽季節が初夏以降と比較的遅いことを示唆しており、また潜在的には、現分布域よりも標高が低く温暖な地域にも分布可能であることも示唆している。一生存戦略として、高山に生育し、開花時期が遅くなった可能性がある。また、冷湿処理の必要性については、冷湿処理をした種子の方がしなかった種子よりも発芽率は高くなった。本種の種子の種皮が冷凍・解凍によって構造になんらかの変化を起こした可能性があり、今後冷凍保存の効果を検証する必要がある。

県立榛名公園で採取されたオミナエシは、高い温度条件で発芽率が高く、低い温度条件では発芽率が低くほとんど発芽しないという結果が得られた。これはバヤンサン・プロフコルドル(2013)の研究と同様である。本種が高山植物であるのにも関わらず発芽最適気温が高いのは、もともと幅広い標高の里山地域に生育していたが、低地里山地域がオーバーユース・アンダーユースの進行により生育できなくなったため、結果的に高山地域に生育する個体が残ったからだと推察される。

県立榛名公園で採取されたコウリンカは、冷湿処理を施した種子よりも、冷湿処理を施さなかった種子の方が発芽率が高いという結果を得た。これは極め

て特殊な例である。原因としては、実験用種子の選別作業において未熟種子を多く含んでしまった可能性がある。顕微鏡を使って種子の峻別を行うなどして、再度実験を行う必要がある。

西榛名で採取されたナガミノツルキケマンは、全ての温度区で最終発芽率は20%～30%に留まった。これは高橋美絵(2009)の先行研究でも同様であった。本種の種子の多くは何らかの生理的な深い休眠状態にあり、冷湿処理のみではその解除があまり促進されないことが確認できたと言える。

今回の調査で、当地域が国内でも有数の絶滅危惧種 A の自生地であることがさらに詳細に解明された。植物相調査では、当地域には溪流が多く、その近くに絶滅危惧種 A が好む湿地が多く存在するため、絶滅危惧種 A の群生地になっていると考えられる。

また、絶滅危惧種 A の花柱構成比調査、結実率調査によって、花柱構成比、結実率は採取年、採取地により変動があった。花柱構成比は、長花柱花と短花柱花の割合が1:1になった地点とならなかった地点があり、後者は生態系が崩れている可能性とサンプル不足の可能性の両方が考えられる。しかし、長花柱花と短花柱花が1:1の割合で出現している地域にも等花柱花は一定数見られ、必ずしも生態系の崩れが等花柱花の出現率を高めているわけではないことがわかった。また結実率については、未熟の割合が多く、花粉を運ぶ昆虫が少なくなっていることが懸念される。今後も引き続き調査が必要である。

また、絶滅危惧種 A 種子は冷凍保存が可能であることが明らかとなった。-80℃の冷凍庫で保存した種子は、採取年や採取地の違いで、発芽の有無があったものの、冷凍によって発芽が阻害されることはなかった。絶滅危惧種 A の生育環境、発芽特性の解明と並行して、冷凍保存による人工的シードバンクの確立もまた、絶滅危惧種保全において重要な要素であると考えられる。

一方、北群馬渋川郷土館で保全されている、かつて群馬県内各地に生育していた40年前の絶滅危惧種 A 個体から採取された種子も、発芽実験で発芽が確認された。株自体が古い個体であっても、生育できる環境があれば、発芽可能な種子の生産力は落ちないことが推察される。絶滅危惧種 A は発芽に長い時間を要するため、現地で種子由来の個体を増やし遺伝的多様性を高めるためには、今後も生育地の里山的管理(定期伐採、下草刈り、落ち葉掃き等)を継続して行っていくことが重要である。

現在、我々が生活している地球では、多くの在来種が絶滅の危機に瀕してい



る。そのほとんどが、人間による生育環境の破壊である。日本でも、高度経済成長期に物質的な豊かさを求め、野生生物の生息・生育地を開発し減少させてきた。そのために、生物種の減少だけでなく様々な環境問題を引き起こしている。絶滅危惧種・希少種の保護は、単に生物の保護というだけではなく、生息・生育環境を守ることから、我々が自然から得られる恩恵-生態系サービス-も守る行為である。自然資源を消費しながらも、持続可能な社会にするために、生態系保護は重要な課題である。自然と共生する社会を目指し、社会的にこの問題に取り組むことが重要である。

## 謝 辞

本研究は、群馬大学社会情報学部情報社会学科・石川真一教授のご指導のもと、環境科学研究室において行われた研究であります。

本研究を進めるにあたり、多くの方々にお世話になりました。石川真一教授には、最後まで大変熱心にご指導・ご助言・叱咤激励頂きました。

また同時期に卒業論文に取り組んだ、石田新太氏、桑原新氏をはじめとする研究室の学生の皆様からも、温かい励まし・研究へのご協力を頂きました。

本研究はこれらの皆様からのご指導、ご協力なしには決して完成し得なかったものであります。心より感謝し、厚くお礼申し上げます。

## 引用文献・引用 web ページ

- 荒川唯（2012） 「里山地域における希少植物種の繁殖に関する生態学的基礎研究」群馬大学社会情報学部社会情報学科卒業論文
- 石井実（2005）生態学からみた里やまの自然と保護、石井実 著、(財)日本自然保護協会編、184
- 大島 治(1973) 榛名火山見学資料 火山学会
- 大林理沙（2014） 「里山地域に生育する希少植物種の種子生産と発芽の規定要因に関する研究」群馬大学社会情報学部卒業論文
- 大森威宏・増田和明・須藤志成幸・小暮市郎（2008） 里山地域（榛名山西部）. 良好な自然環境を有する地域学術調査報告書（XXXIII）.群馬県自然環境課
- 枝廣淳子(2011) 私たちにたいせつな生物多様性のはなし、32-35、72-73、92
- 生物多様性政策研究会（2002）生物多様性キーワード事典、生物多様性政策研究会 編、中央法規、78-79
- 草刈秀紀(2010) 知らなきヤバイ！生物多様性の基礎知識-いきものと人が暮らす生態系を守ろう、57
- 坂口洋一（2005）生物多様性の保全と復元、坂口洋一 著、ぎょうせい、221-226、229-230
- 小関よう子（2014） 「里山地域に生育する希少植物種の分布と発芽・生長特性に関する生態学的モニタリング研究」群馬大学社会情報学部卒業論文
- 佐藤洋一郎（2005）里と森のクライシス 暮らし多様化への提言、92、102
- 須田真一・鷺谷いづみ(2010) 森林環境 2010 (2010) 生物多様性 COP10 へ、森林環境研究会 編著、朝日新聞出版、68
- 高橋美絵（2008） 「里山の植物多様性の形成メカニズムに関する環境科学基礎研究」群馬大学社会情報学部社会情報学科卒業論文
- 高橋佳孝（2009）森林環境 2009 生物多様性の日本、(財)森林文化協会 編著、朝日新聞出版社、28、35
- 武内和彦（2001）里山の環境学、武内和彦・鷺谷いづみ・恒川篤史 編、東京大学出版会 2、14、17-18
- 塚越みのり（2013） 「里地・里山地域における希少植物種の分布と繁殖の規定要因に関する生態学的基礎研究」群馬大学社会情報学部卒業論文
- 恒川篤史（2001）里山の環境学、武内和彦・鷺谷いづみ・恒川篤史 編、東京大学出版会、49、59

- バヤンサン・プレフドルゴル (2014) 「群馬県の亜高山帯における自然観光資源としての植物の保全のための環境科学的研究」群馬大学社会情報学部社会情報学科修士論文
- 日比保史・千葉知世 (2010) 森林環境 2010 生物多様性 COP10 へ、森林環境研究会 編著、朝日新聞出版社、28-29
- 松澤 篤郎・小暮 市郎・青木 雅夫・大森 威宏・増田 和明 (2003) 榛名山 (2) 植生.良好な自然環境を有する地域学術調査報告書 XXIX. 群馬県自然環境課.
- 谷津義男ほか (2008) 生物多様性基本法、谷津義男・北川知克・守山正仁・末松義規・田島一成・村井宗明・江田康幸 共著、ぎょうせい、12
- 鷺谷いづみ (2007) 自然再生のための生物多様性モニタリング、鷺谷いづみ・鬼頭秀一 編、東京大学出版会、5、7
- 鷺谷いづみ・武内和彦・西田睦 (2005) 生態系へのまなざし、37-38
- 鷺谷いづみ (2011) さとやま 生物多様性と生態系模様、V、3、7-9、19-20、61、144-145

渡辺綱夫 (2010) 森林環境 2010 生物多様性 COP10 へ、森林環境研究会 編著、朝日新聞出版社、40-41

生物多様性国家戦略 2012-2020

[http://www.biodic.go.jp/biodiversity/about/initiatives/files/2012-2020/01\\_honbun.pdf](http://www.biodic.go.jp/biodiversity/about/initiatives/files/2012-2020/01_honbun.pdf)

環境相 里地里山の保全・活用

<http://www.env.go.jp/nature/satoyama/top.html>

生物多様性条約(1992)

[http://www.biodic.go.jp/biolaw/jo\\_hon.html](http://www.biodic.go.jp/biolaw/jo_hon.html)

IUCN 日本委員会

<http://www.iucn.jp/>

環境省 生物多様性情報システム

<http://www.biodic.go.jp/J-IBIS.html>

環境省 生物多様性民間参画ガイドライン ～事業者が自主的に生物多様性の  
保全と持続可能な利用に取り組むために～ 第1版 第I編 現状認識の共  
有

[http://www.env.go.jp/nature/biodic/gl\\_participation/pdf/017-034.pdf](http://www.env.go.jp/nature/biodic/gl_participation/pdf/017-034.pdf)

環境省 生物多様性情報システム

<http://www.biodic.go.jp/J-IBIS.html>

外務省 生物多様性条約のページ

<http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/kankyo/jyoyaku/bio.html>

農林水産省 HP 生物多様性国家戦略

<http://www.maff.go.jp/index.html>

国際生態学センターHP

<http://www.jise.jp/top1.html>

気象庁 HP 過去の気象データ検索

<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>

環境省 絶滅危惧植物種子の収集・保存等に関するマニュアル

[http://www.env.go.jp/garden/shinjukugyoen/1\\_intro/pdf/rdb-03.pdf](http://www.env.go.jp/garden/shinjukugyoen/1_intro/pdf/rdb-03.pdf)

NPO 法人 野生動物調査協会、NPO 法人 Envision 環境保全事務所 日本のレッ  
ドデータ

<http://www.jpnrdb.com/>

写真・図・表



写真1 県立榛名公園の調査地

上：遊歩道周辺のササは漸次刈られている（2014年9月2日撮影）

下：沼ノ原の草原（2014年8月17日撮影）

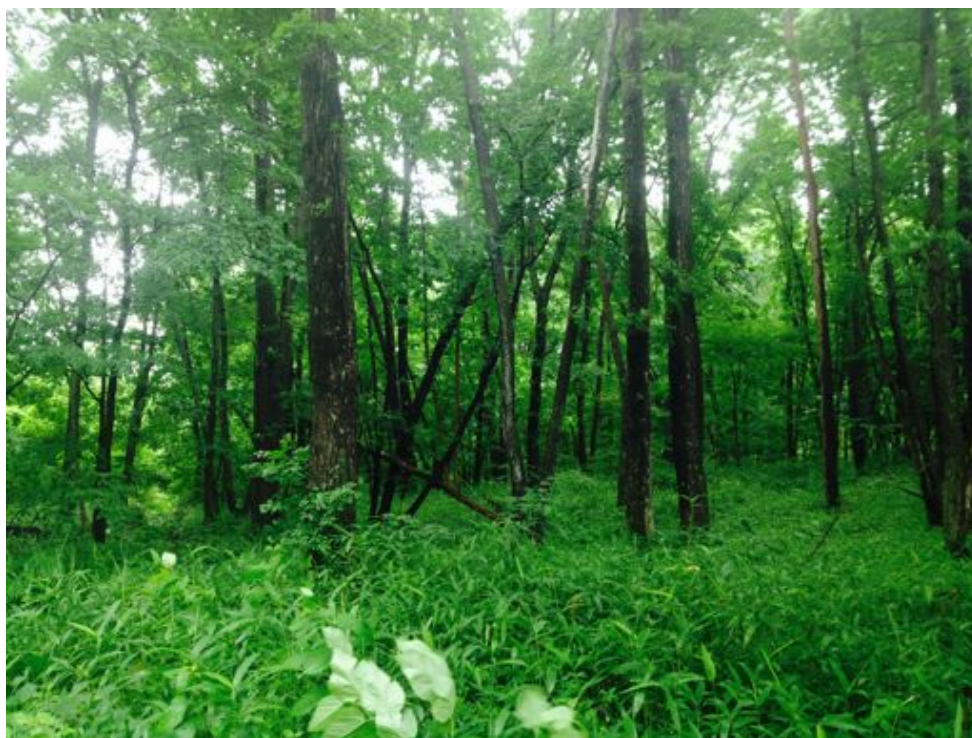


写真2 西榛名地域の調査地

上：二次林（2014年5月17日撮影）

下：CN・ワシタニヒルズ入口（2014年5月17日撮影）



写真3 西榛名地域における里山の利用

上：畑地としての利用（2014年5月17日撮影）

下：用材（スギ）林としての利用（2014年5月17日撮影）



写真4 花柱タイプ

上左：柱頭が低く、葯が高い位置にある短花  
柱花

上右：柱頭が高く、葯が低い位置にある長花  
柱花

下左：柱頭と葯が同じ高さにある等花柱花



写真4 発芽実験を行った絶滅危惧種

上左：コウリンカ（2014年8月17日 県立  
榛名公園で撮影）

上右：オミナエシ（2014年8月17日 県立  
榛名公園で撮影）

下左： （2014年5月17日 西  
榛名で撮影）

図1 県立榛名公園におけるコウリンカの分布調査結果

数字はポータブルGPS（GARMIN GPSmapSCx）で記録したコード番号、線は調査者の移動経路を表す。赤印は2014年に確認した個体群、青印は2013年（小関 2014）に確認した個体群である。

図2 県立榛名公園におけるコウリンカの位置情報計測結果の比較

2014年8月17日に、ポータブルGPS（GARMIN GPSmapSCx、赤印）およびGPSつきカメラ（RICOH WG-III、青印）で同じ地点を記録し、二つの機器の計測結果のずれを矢印で表した。赤線は調査者が移動した道筋を表している。

## 図 3

赤丸の座標は基準線から見た個体の位置、丸の大きさは株のおおよその面積を示している。番号 1-68 は 2013 年（小関 2014）に確認した個体群と同じであり、178 番以降は 2014 年調査で新たに発見または記録した開花個体群を表す。なお番号 1-68 の位置は 2013 年（小関 2014）の結果に重大な誤り（多くに Y 座標をプラスマイナス逆転して記録）を確認したため、これらを修正した。



## 図 4

数字は GPS で記録したコード番号、線は調査者の移動経路を表す。赤印は 2014 年に確認した個体群、青印は 2013 年（小関 2014）に確認した個体群である。

表1. 各調査日と調査内容、調査地の一覧

調査日	調査地	調査内容
2014年5月17日	西榛名、北榛名	希少植物種・絶滅危惧種生息地の植物相調査
2014年6月23日	西榛名、北榛名	
2014年7月5日	西榛名、北榛名	
2014年7月21日	県立榛名公園	希少植物種・絶滅危惧種生息地の植物相調査
2014年8月17日	県立榛名公園	コウリンカ個体数確認
2014年9月2日	県立榛名公園	希少植物種・絶滅危惧種生息地の植物相調査
2014年10月11日	県立榛名公園	希少植物種・絶滅危惧種生息地の植物相調査



表2.発芽実験スケジュール

科名	和名	種子採取日	採取場所	前処理条件	実験開始日	実験終了日	日数
		2013年7月1日	西榛名	2ヶ月冷湿	2014年6月19日	2014年8月10日	52
		2013年7月1日	赤城	2ヶ月冷湿	2014年6月19日	2014年8月10日	52
		2013年7月3日	西榛名	2ヶ月冷湿	2014年6月19日	2014年8月10日	52
		2012年7月5日	西榛名	2ヶ月冷湿	2014年6月19日	2014年8月10日	52
		2013年7月3日	西榛名	2ヶ月冷湿	2014年6月19日	2014年8月10日	52
		2013年7月8日	北榛名	2ヶ月冷湿	2014年6月19日	2014年8月10日	52
		2013年7月8日	北榛名	2ヶ月冷湿	2014年6月19日	2014年8月10日	52
		2013年7月3日	西榛名	2ヶ月冷湿	2014年6月19日	2014年8月10日	52
		2013年7月1日	西榛名	2ヶ月冷湿	2014年6月19日	2014年8月10日	52
		2012年7月5日	西榛名	2ヶ月冷湿	2014年6月19日	2014年8月10日	52
		2012年7月5日	西榛名	2ヶ月冷湿	2014年6月19日	2014年8月10日	52
		2013年7月1日	西榛名	2ヶ月再冷湿	2014年10月20日	2014年12月21日	63
		2013年7月1日	赤城	2ヶ月再冷湿	2014年10月20日	2014年12月21日	63
		2013年7月3日	西榛名	2ヶ月再冷湿	2014年10月20日	2014年12月21日	63
		2012年7月5日	西榛名	2ヶ月再冷湿	2014年10月20日	2014年12月21日	63
		2013年7月3日	西榛名	2ヶ月再冷湿	2014年10月20日	2014年12月21日	63
		2013年7月8日	北榛名	2ヶ月再冷湿	2014年10月20日	2014年12月21日	63
		2013年7月8日	北榛名	2ヶ月再冷湿	2014年10月20日	2014年12月21日	63
		2013年7月3日	西榛名	2ヶ月再冷湿	2014年10月20日	2014年12月21日	63
		2013年7月1日	西榛名	2ヶ月再冷湿	2014年10月20日	2014年12月21日	63
		2012年7月5日	西榛名	2ヶ月再冷湿	2014年10月20日	2014年12月21日	63
		2012年7月5日	西榛名	2ヶ月再冷湿	2014年10月20日	2014年12月21日	63

表3.県立機名公園で確認された在来植物

調査日は2014年7月21日、8月17日、9月2日、10月11日であった

科名	種名	学名	生活型	花期	分布	生育地	確認日	備考・特徴
県立機名公園								
アカネ科	カワラマツバ	<i>Galium verum</i> Linn. var. <i>asiatica</i> Nakai f. <i>nikkoense</i>	多年草	6~8月	北~九、朝鮮	山地の草地、河原	2014年9月2日	
アヤメ科	ノハナショウブ	<i>Iris ensata</i> var. <i>pontanea</i>	多年草	6~7月	北、本、四、九、朝鮮、中国	水辺、湿原、湿った草原	2014年7月21日	
イネ科	ヤマカモジグサ	<i>Brachypodium sylvaticum</i>	多年草	6~7月	北~九	里山の林縁、乾いた崖地	2014年8月17日	
イラクサ科	クサコアカソ	<i>Boehmeria gracilis</i>	多年草	7~9月	本~九	やや湿った山野	2014年9月2日	
オトギリソウ科	オトギリソウ	<i>Hypericum erectum</i>	多年草	7~8月	北~九、朝鮮、中国、サハリン	低山から亜高山の日当たりのよい草地	2014年8月17日	
オミナエシ科	オミナエシ	<i>Patrinia scabiosaefolia</i>	多年草	8~10月	北、本、四、九。中国、東シベリア	日の当たる草地	2014年9月2日	群馬県・絶滅危惧Ⅱ類
ガガイモ科	コバノカモメヅル	<i>Cynanchum sublancoelatum</i>	多年草	7~9月	本州	山野の草原、湿地	2014年8月17日	
ガガイモ科	スズサイコ	<i>Cynanchum paniculatum</i>	多年草	6~7月	北~九州	山地・平地の草原	2014年9月2日	国・準絶滅危惧 (NT)、群馬県・絶滅危惧ⅠB類
キキョウ科	キキョウ	<i>Platycodon grandiflorum</i>	多年草	7~8月	北~九、朝鮮、中国、東シベリア	山地の草原	2014年9月2日	国・群馬県・絶滅危惧Ⅱ類
キキョウ科	ツリガネニンジン	<i>Abenophora triphylla</i> var. <i>japonica</i>	多年草	8~10月	北~九、サハリン、中国	山地・土手	2014年9月2日	
キキョウ科	ヤマホタルブクロ	<i>Campanula punctata</i> Lam. var. <i>hondensis</i>	多年草	6~8月	東北南部~近畿東部	山地の土手	2014年9月2日	日本固有種
キク科	アキギリソウ	<i>Solidago virgaurea</i> var. <i>asiatica</i>	多年草	8~11月	北~九、朝鮮	日の当たる山地、丘陵部	2014年9月2日	
キク科	カセンソウ	<i>Inula salicina</i> var. <i>asiatica</i>	多年草	7~9月	北~本州	日当たりの良い山地の湿地	2014年7月21日	
キク科	キオン	<i>Senecio nemorensis</i>	多年草	8~9月	北~九、東アジア、ヨーロッパ	山地~高山の草地	2014年9月2日	
キク科	コウリナ	<i>Picris hieracioides</i> subsp. <i>japonica</i>	越年草	5~10月	北~九、サハリン、中国	低地~山地の草地・道ばた	2014年9月2日	
キク科	コウリンカ	<i>Senecio flammeus</i> subsp. <i>glabrifolius</i>	多年草	7~9月	本州	山地・低山、草原	2014年9月2日	国・群馬県・絶滅危惧Ⅱ類
キク科	サフヒヨドリ	<i>Eupatorium lindleyanum</i>	多年草	8~10月	日本各地、東南アジア	日当りの良い湿地	2014年9月2日	
キク科	シラヤマギク	<i>Aster scaber</i>	多年草	8~10月	北~九、朝鮮、中国	雑木林、道ばた	2014年9月2日	
キク科	ニガナ	<i>Ixeris dentata</i>	多年草	5~7月	北~沖縄、朝鮮、中国	道ばた、山地	2014年9月2日	
					北~本州、朝鮮、中国、ロシア極東、北アメリカ	山地の草原	2014年9月2日	
キク科	ノコギリソウ	<i>Achillea alpina</i>	多年草	7~9月		山地の草原	2014年9月2日	
キク科	ノコンギク	<i>Aster ageratoides</i> subsp. <i>ovatus</i>	多年草	7月~10月	日本各地	低地~高山の草原	2014年8月17日	
キク科	ノハラアザミ	<i>Cirsium oligophyllum</i>	多年草	8~10月	北~本州中部	山地の草原、日当たりのいい斜面	2014年9月2日	日本固有種
キク科	ヒヨドリバナ	<i>Eupatorium chinense</i> var. <i>oppositifolium</i>	多年草	8~10月	日本各地	草原、溪流沿いの日当たりの良い場所	2014年7月21日	
キク科	ミヤマアザミ	<i>Saussurea maximowiczii</i>	多年草	9~10月	本~九、朝鮮、中国、ウスリー	山地の草原、湿地	2014年8月17日	
キク科	ユウガギク	<i>Kalimeris pinnatifida</i>	多年草	6~10月	東北~近畿	草地、道ばた	2014年9月2日	日本固有種
キンボウゲ科	カラマツソウ	<i>Thalictrum aquilegifolium</i> var. <i>intermedium</i>	宿根草	6~8月	北~本州	山地、高山帯	2014年9月2日	日本固有種
キンボウゲ科	アキカラマツ	<i>Thalictrum minus</i> var. <i>hypoleucum</i>	多年草	7~9月	北、本、九、南西諸島	草原・路傍	2014年9月2日	別名：タカトウグサ
キンボウゲ科	ウマノアシガタ	<i>Ranunculus japonicus</i>	多年草	4~6月	北~沖縄、朝鮮、台湾、中国	日当たりの良い山野	2014年8月17日	
キンボウゲ科	ヤマオダマキ	<i>Aquilegia buergeriana</i>	多年草	6~8月	北、本、四、九	深山	2014年8月17日	
クワ科	カラハナソウ	<i>Humulus lupulus</i> var. <i>cordifolius</i>	多年草	8~9月	北、本(中部地方以北)	山地	2014年8月17日	
ゴマノハグサ科	ママコナ	<i>Melampyrum roseum</i> var. <i>japonicum</i>	一年草	8~9月	北~九	山地の林縁	2014年9月2日	
サクラソウ科	オカトラノオ	<i>Lysimachia clethroides</i>	多年草	6~7月	日本各地	湿地、山道沿い	2014年7月21日	
サクラソウ科	クサレダマ	<i>Lysimachia vulgaris</i> var. <i>davurica</i>	多年草	6~8月	北~九、朝鮮、中国、サハリン、シベリア	湿原の周辺、沼沢地	2014年9月2日	
サトイモ科	マムシグサ	<i>Arisaema serratum</i>	多年草	4~6月	北~九、朝鮮、中国	多年草	2014年9月2日	
					北~沖縄、朝鮮、台湾、中国、サハリン、シベリア	日当たりの良い草地、道ばた	2014年9月2日	
シソ科	ウツボグサ	<i>Prunella vulgaris</i> subsp. <i>asiatica</i>	多年草	6~8月		山地の草原、道ばた	2014年9月2日	
シソ科	クレスマハナ	<i>Clinopodium chinense</i> var. <i>parviflorum</i>	多年草	7~9月	北~九、朝鮮	山地の草原、道ばた	2014年9月2日	
シソ科	ヒメシロネ	<i>Lycopus maackianus</i>	多年草	7~9月	北~九、朝鮮、中国	平地、山地の湿地	2014年9月2日	
セリ科	イブキボウフウ	<i>Seseli libanotis</i> subsp. <i>japonica</i>	多年草	7~9月	北~本州近畿、朝鮮	山地の草原、岩場	2014年9月2日	
					本、四、九、朝鮮、ウスリー、中国、インドシナ	山地	2014年9月2日	
セリ科	ノダケ	<i>Angelica decursiva</i>	多年草	9~11月		山地	2014年9月2日	
タデ科	アキノウナギツカミ	<i>Persicaria sieboldii</i>	一年草	7~10月	日本全土、北東アジア	湿性土手など	2014年9月2日	
タデ科	イタドリ	<i>Reynoutria japonica</i>	多年草	7~10月	日本全土	日の当たる丘陵地、土手、路傍	2014年9月2日	
ツツジ科	レンゲツツジ	<i>Rhododendron japonicum</i>	落葉低木	5~6月	北~九	高原、庭木	2014年9月2日	日本固有種
トウダイグサ科	タカトウダイ	<i>Euphorbia pekinensis</i>	多年草	6~7月	本~九州	山地の草原	2014年9月2日	
ナデシコ科	エゾカワラナデシコ	<i>Dianthus superbus</i>	多年草	6~9月	北~本州中部以北、ユーラシア中部以北	低地~山地の草地、海岸沿いの草地	2014年9月2日	新潟県・鳥取県絶滅危惧Ⅱ類
バラ科	キンミズヒキ	<i>Agrimonia japonica</i>	多年草	7~10月	北~九、サハリン、朝鮮、中国	林の縁、山道沿い	2014年9月2日	
バラ科	シモツケ	<i>Spiraea japonica</i>	落葉低木	5~7月	本~九、朝鮮、中国	里山・山地の草地、林	2014年9月2日	

バラ科	ズミ	<i>Malus toringo</i>	落葉小高木	4～6月	北、本、四、九	山地、荒地、湿地	2014年8月17日
バラ科	チダケサシ	<i>Astilbe microphylla</i>	多年草	6～8月	本～九州	湿原、林縁、湿った草原	2014年9月2日
バラ科	ノイバラ	<i>Rosa multiflora</i>	落葉低木	5～6月	日本各地、朝鮮	日当りの良い草地、叢	2014年9月2日
バラ科	ミツモトソウ	<i>Potentilla cryptotaeniae</i>	多年草	7～9月	北、本、四、九	山地、谷沿い、草地	2014年8月17日
バラ科	ミヤマザクラ	<i>Prunus maximowiczii</i>	多年草	5～6月	日本各地、樺太、千島	山地、涼しい気候の低地	2014年8月17日
バラ科	ワレモコウ	<i>Sanguisorba officinalis</i>	多年草	7～11月	北～九、朝鮮、中国、シベリア、ヨーロッパ	山地の草原	2014年9月2日
マツムシソウ科	マツムシソウ	<i>Scabiosa japonica</i>	多年草	8～10月	北～九	山地の草原	2014年9月2日
マメ科	ナンテンハギ	<i>Vicia unijuga</i>	多年草	6～10月	北～沖縄、朝鮮、中国、サハリン、シベリア 東部	山地の草原	2014年9月2日
マメ科	マルバハギ	<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	落葉低木	8～10月	本～九、朝鮮、中国	山地	2014年9月2日
ユリ科	オオバギボウシ	<i>Hosta montana</i>	多年草	6～8月	北、本、四、九	山地の草原、林縁	2014年9月2日
ユリ科	オニユリ	<i>Lilium lancifolium</i>	多年草	7～8月	北～九、中国	野原・人里近く	2014年8月17日
ユリ科	コオニユリ	<i>Lilium leichtliuii</i> var. <i>tigrinum</i>	多年草	7～8月	北～九州	野原・人里近く	2014年9月2日
ユリ科	ヒメヤブラン	<i>Liriope minor</i>	多年草	7～9月	本～九	日当たりの良い草地	2014年8月17日
ユリ科	ユウスゲ	<i>Hemerocallis vespertina</i>	多年草	6～7月	本～九、中国	山地の草原、林縁	2014年9月2日
ユリ科	ヤマラッキョウ	<i>Allium thunbergii</i>	多年草	9～11月	福島県以南	山地、湿原	2014年7月21日
リンドウ科	ツルリンドウ	<i>Tripterospermum japonicum</i>	多年草	8～10月	北、本、四、九	山地の木陰	2014年7月21日
リョウブ科	リョウブ	<i>Clethra barbinervis</i>	落葉小高木	7～8月	北～九、済州島	山地、庭木	2014年9月2日
フクロソウ科	ゲンノショウコ	<i>Geranium thunbergii</i>	多年草	7～10月	北～沖縄、朝鮮、台湾	草地、道ばた	2014年9月2日
ツリフネソウ科	ツリフネソウ	<i>Impatiens textori</i>	多年草	8～10月	日本各地	山地の水辺、やや湿った所	2014年9月2日
セリ科	シヤク	<i>Anthriscus sylvestris</i>	多年草	5～6月	北～九	湿地	2014年8月17日

表.4 西榛名、県立榛名公園で確認された希少種・絶滅危惧植物

科名	種名	確認日	地点(CN)
		2014年6月23日	第二鷲谷ヒルズ
		2014年6月23日	新桜台
		2014年6月23日	十二が原墓場
		2014年6月23日	寺沢川右岸
		2014年6月23日	寺沢川左岸
		2014年7月5日	夢の花園
オミナエシ科	オミナエシ	2014年9月2日	県立榛名公園
ガガイモ科	スズサイコ	2014年9月2日	県立榛名公園
キキョウ科	キキョウ	2014年9月2日	県立榛名公園
キク科	コウリンカ	2014年9月2日	県立榛名公園
ナデシコ科	エゾカワラナデシコ	2014年8月17日	県立榛名公園
ユリ科	ユウスゲ	2014年9月2日	県立榛名公園

表5.絶滅危惧種Aの種子の発芽実験における最終発芽率一覧

地点(CN)	採取年度	温度区(°C)	一回目終了後(%)A		二回目終了後(%)B	
			最終発芽率(%)	標準偏差	最終発芽率(%)	標準偏差
ワシタニヒルズ	2012/7/5	25/13	0.0	0.0	0.7	0.5
第二ワシタニヒルズ	2012/7/5	25/13	0.7	1.2	2.0	0.5
夢の花園	2012/7/5	25/13	2.0	2.0	7.3	2.4
-----						
渋川郷土館(榛名産)	2013/7/1	25/13	5.3	2.3	6.0	3.3
渋川郷土館(赤城産)	2013/7/1	25/13	3.3	2.3	6.7	0.0
	2013/7/1	25/13	0.0	0.0	0.0	0.0
ワシタニヒルズ	2013/7/3	25/13	0.0	0.0	0.0	0.0
ワシタニヒルズ入口	2013/7/3	25/13	0.0	0.0	1.3	0.9
新桜台	2013/7/3	25/13	0.7	1.2	0.7	0.5
	2013/7/8	25/13	0.0	0.0	0.7	0.5
	2013/7/8	25/13	0.0	0.0	0.0	0.0

表6. 県立榛名公園で確認されたコウリンカの開花個体数  
 調査日は2014年8月17日であった。

地点(GPS番号)	個体数	備考
515	23	
516	1	
517	7	
518	1	
519	21	
520	8	
521～522	120over	2013(小関 2014)と同一
523	22	2013(小関 2014)と同一
524	1	
525	34	2013(小関 2014)と同一
526	11	
527	16	
528	4	
529	29	
530	30	
531	1	
532	1	
533	5	
534	2	
合計	161	2014新規のみ

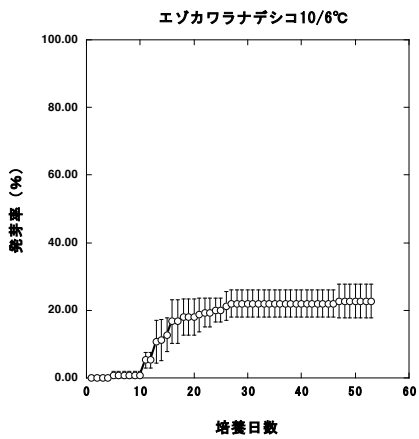
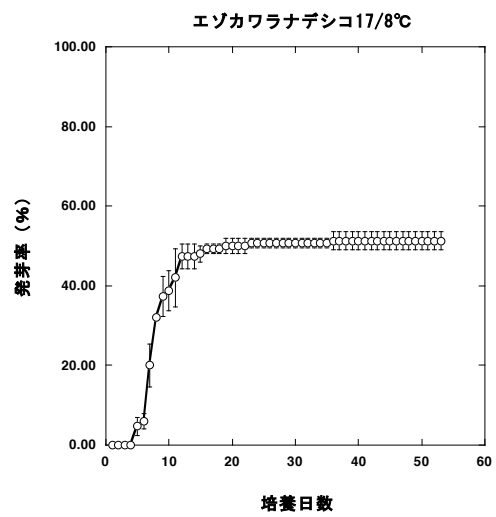
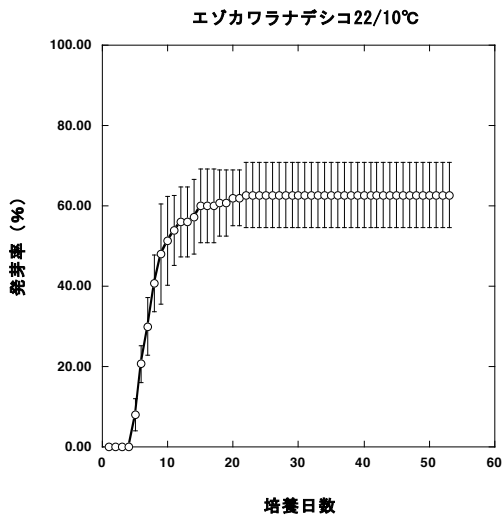
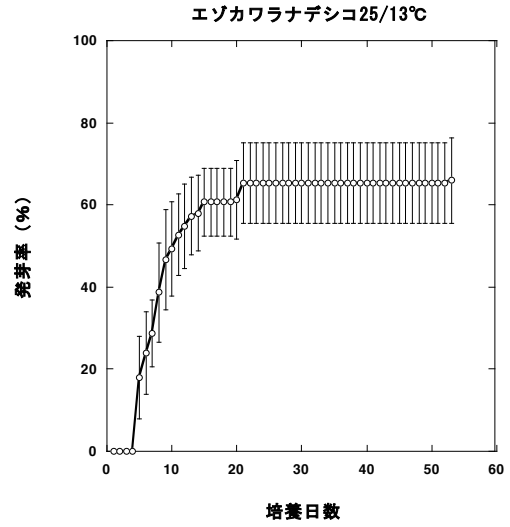
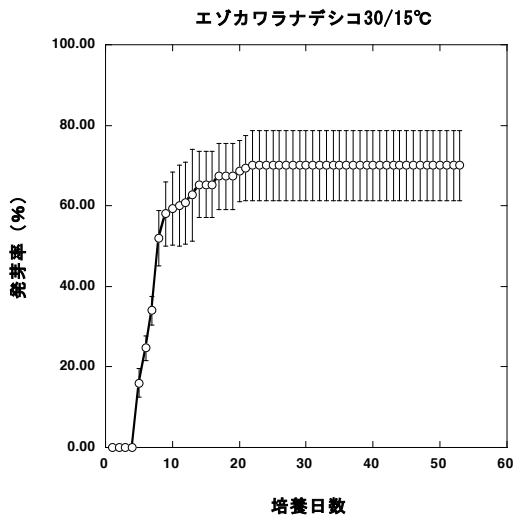


図 5 冷湿処理を施したエゾカワラナデシコの種子の発芽率経時変化

温度条件をそれぞれ 30/15°C、25/13°C、22/10°C、17/8°C、10/6°C（昼/夜）に設定した温度勾配型恒温器内で 52 日間培養した。縦軸は積算発芽率を、横軸は培養開始時から起算した日数を表す。縦棒は標準偏差。n=3。

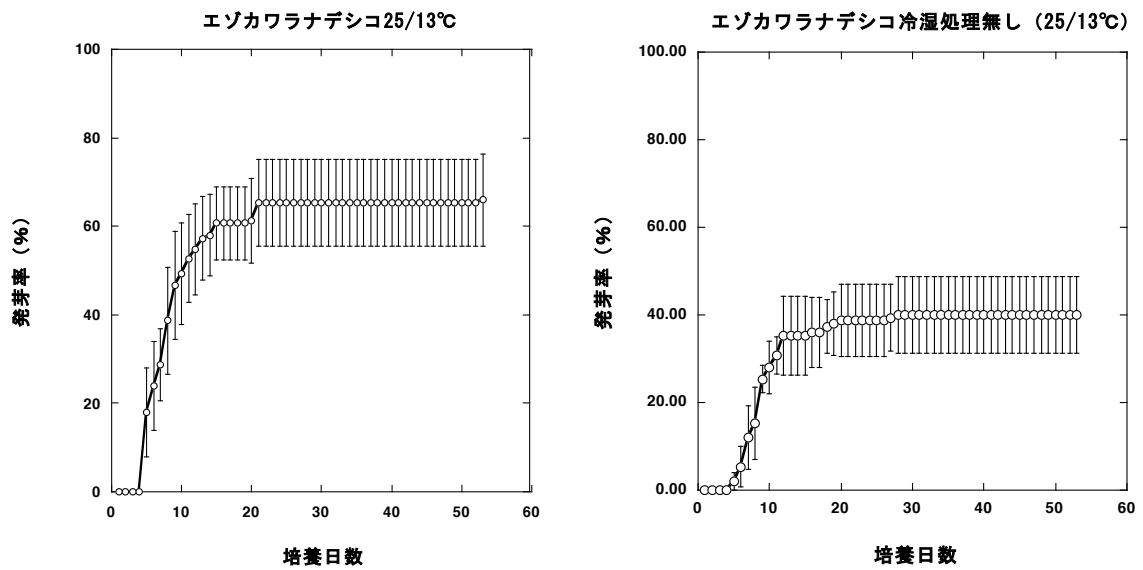


図6 冷湿処理を施したエゾカワラナデシコの種子（左）と冷湿処理を施さなかったエゾカワラナデシコの種子（右）の発芽率の経時変化

温度条件を 25/13°C（昼/夜）に設定した温度勾配型恒温器内で 52 日間培養した。縦軸は積算発芽率を、横軸は培養開始時から起算した日数を表す。縦棒は標準偏差。  
n=3。



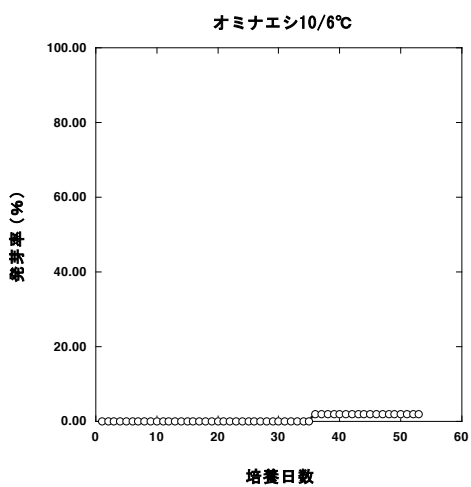
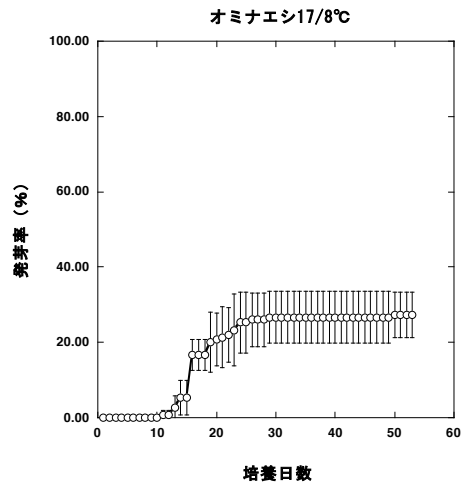
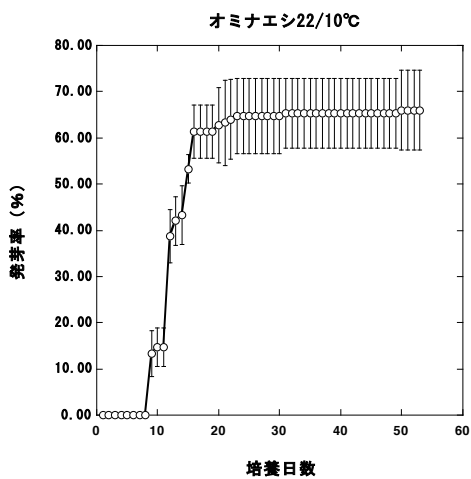
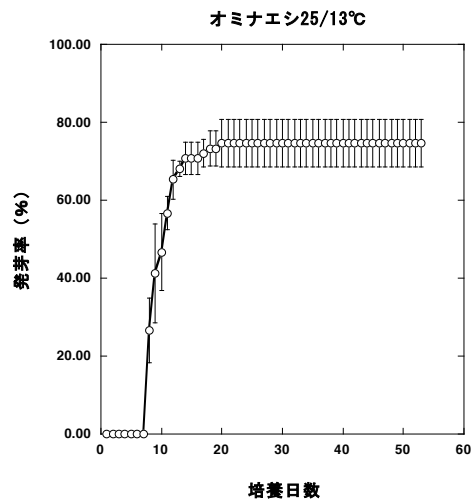
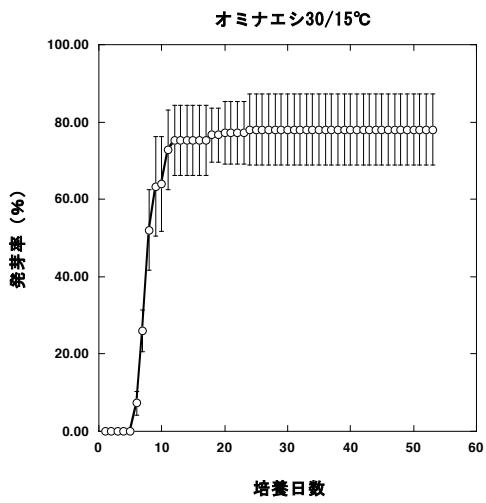


図 7 冷湿処理を施したオミナエシの種子の発芽率経時変化

温度条件をそれぞれ 30/15°C、25/13°C、22/10°C、17/8°C、10/6°C (昼/夜) に設定した温度勾配型恒温器内で 52 日間培養した。縦軸は積算発芽率を、横軸は培養開始時から起算した日数を表す。縦棒は標準偏差。n=3。

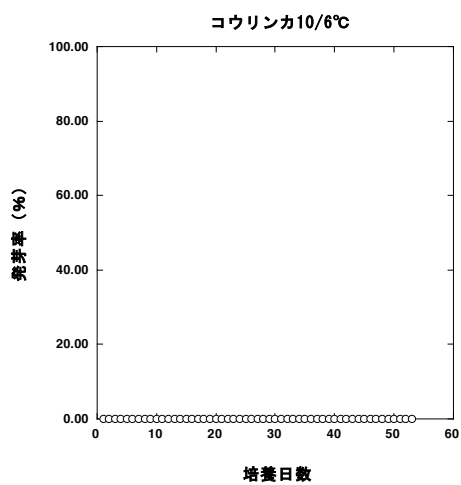
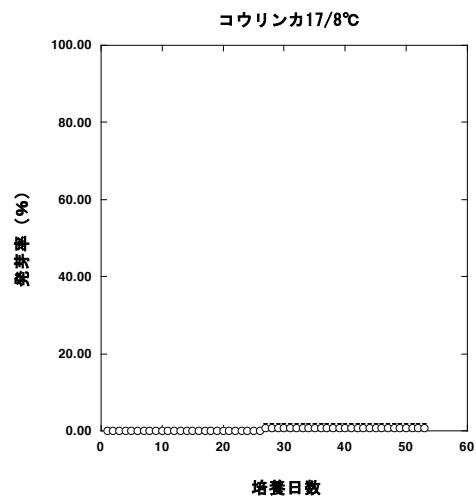
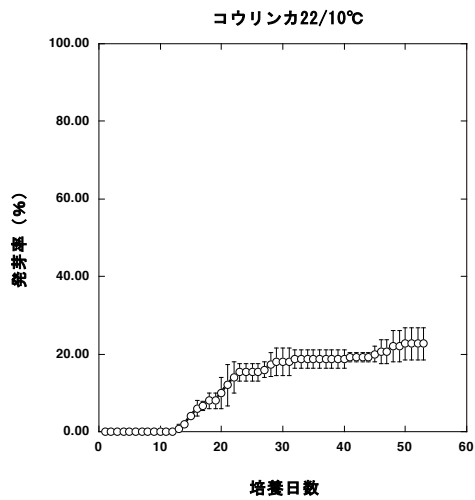
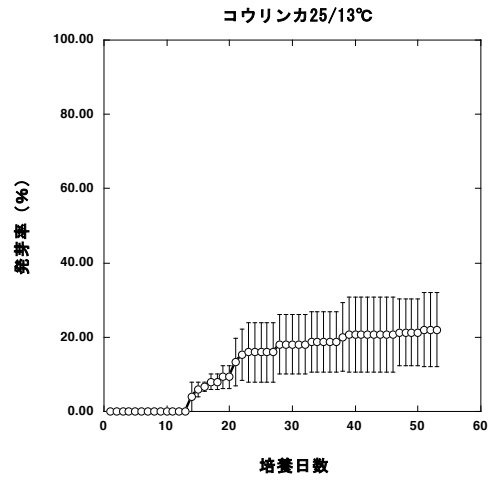
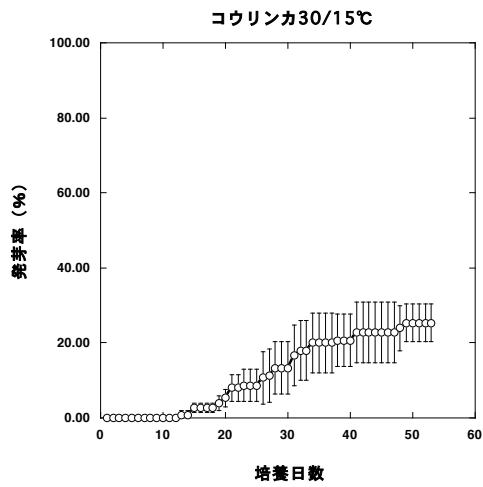


図 8 冷湿処理を施したコウリンカの種子の発芽率経時変化

温度条件をそれぞれ 30/15°C、25/13°C、22/10°C、17/8°C、10/6°C（昼/夜）に設定した温度勾配型恒温器内で 52 日間培養した。縦軸は積算発芽率を、横軸は培養開始時から起算した日数を表す。縦棒は標準偏差。n=3。

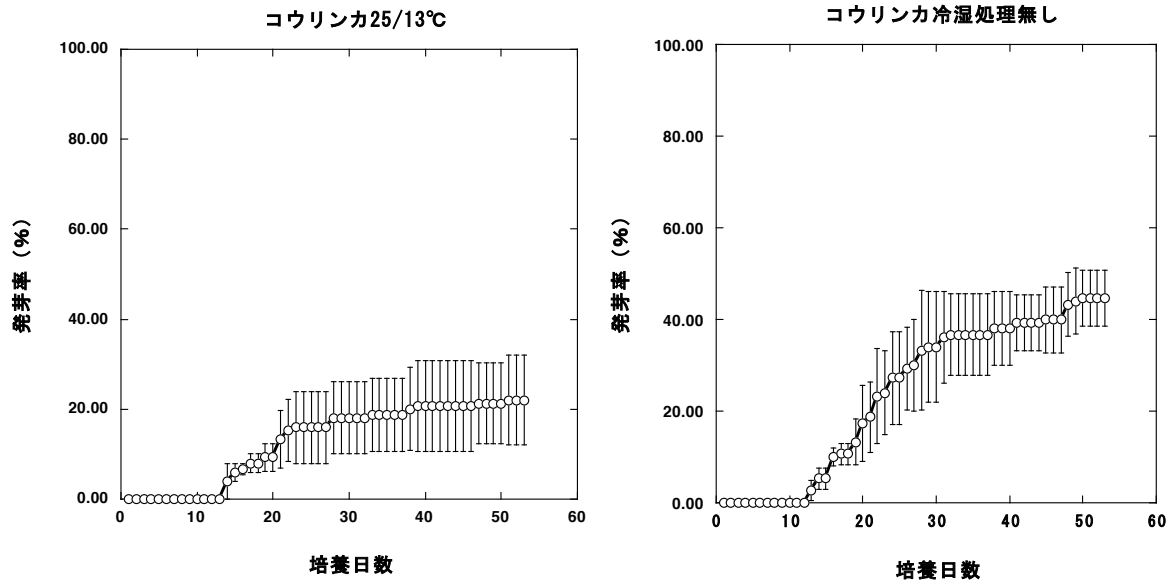


図9 冷湿処理を施したコウリンカの種子（左）と冷湿処理を施さなかったエゾカワ  
ラナデシコの種子（右）の発芽率の経時変化

温度条件を 25/13℃（昼/夜）に設定した温度勾配型恒温器内で 52 日間培養した。縦軸は積算発芽率を、横軸は培養開始時から起算した日数を表す。縦棒は標準偏差。  
n=3。

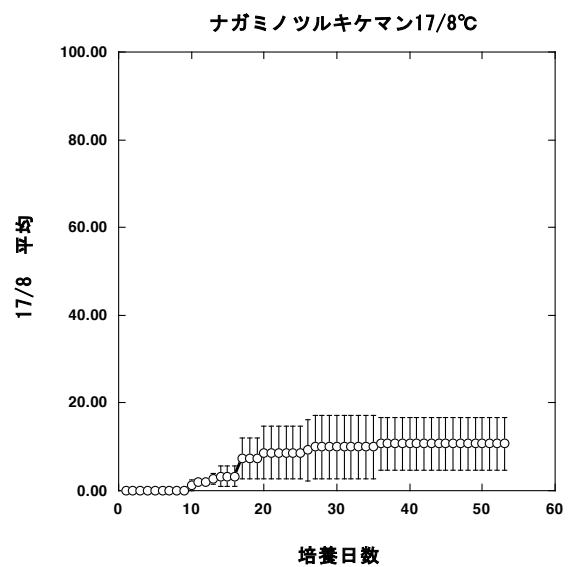
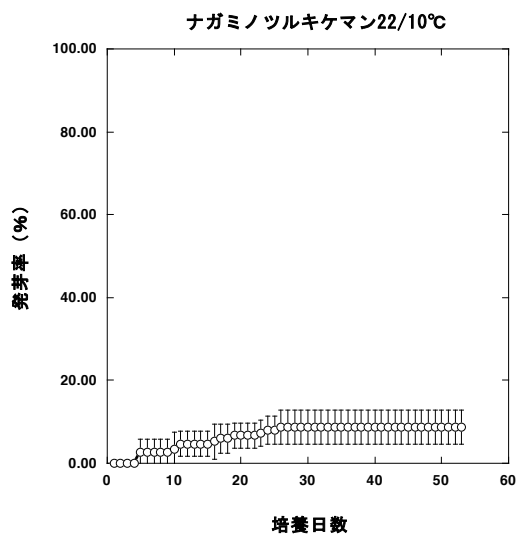
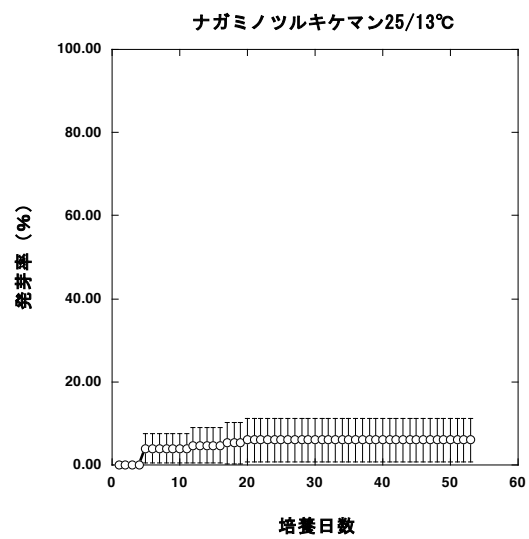
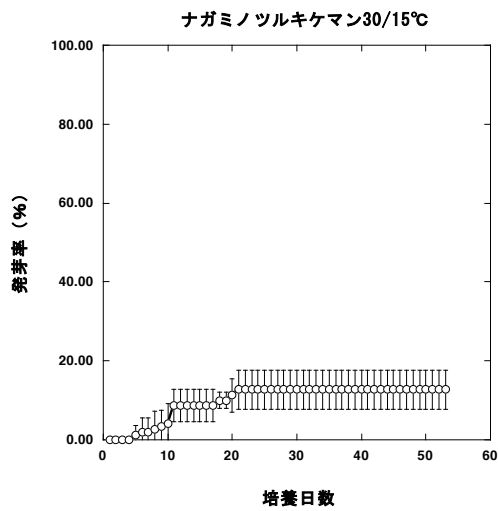


図 10 冷湿処理を施したナガミノツルケマンの種子の発芽率経時変化

温度条件をそれぞれ 30/15°C、25/13°C、22/10°C、17/8°C（昼/夜）に設定した温度勾配型恒温器内で 52 日間培養した。縦軸は積算発芽率を、横軸は培養開始時から起算した日数を表す。縦棒は標準偏差。n=3。

















