

卒業論文

題名

榛名山中腹の里山地域における植物種多様性の動態と希少植物種の保全方法に関する生態学的研究

学籍番号

15602303

氏名

佐久間 澄華

指導教員名

石川 真一 教員

平成 31 年 1 月 25 日 提出

概要

里地・里山地域は、伝統的な農業により長期間にわたって人と自然の共生関係が維持されてきた。恐らくこのことが原因で、里地・里山地域は植物多様性が非常に高く、多くの絶滅危惧種・希少種が生育していることが報告されている。しかし、高度成長期以降の産業構造の変化、とりわけ農業の衰退と少子高齢化により、里地・里山地域の環境は衰退の一途をたどり、植物多様性が低下し、絶滅危惧種・希少種の衰退が起こっている。特に、個体数の減少と生育地の分断化・縮小が、遺伝的多様性を減少させ、自家不和合性によって種子繁殖を困難にしている可能性が高い。2010年10月に開催された「生物多様性条約COP10名古屋会議」を契機に、日本は「SATOYAMA イニシアティブ」と呼ばれる生物多様性保全政策を実施していくことになった。この政策実現のためには、里山における生物多様性の現状の解明が必須であり、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がれる。

榛名山は戦前には全山が農地または薪炭林・採草地として利用されており、広い部分が植生区分としては荒地であった（昭和4年帝國陸軍謹製地図）。戦後植林や公園管理が行われている、いわば全山が里山あるいは自然再生地である。2006年以降の群馬県自然環境調査研究会の調査（群馬県自然環境課より委託）により、植物多様性の非常に高いホットスポットが複数地点確認された。このため2013年から、榛名山一帯を「群馬県生物多様性モニタリング調査」地域に指定し、継続調査を行うこととなった。

本研究では、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）において、植物相調査、環境調査を行って里山の現状を解明する。そこで、代表的な絶滅危惧種・希少種（、、ヤクシソウ、モミジガサ、オニドコロ、カラハナソウ、キバナアキギリ、）について種子生産・発芽・成長に対する解明を行った。また、の種子発芽率が実験者・種子の採取年・採取地によって異なっており、その原因を2種類の休眠解除方法を適用することによって解明する。

現地調査によって西榛名地域では、上述した絶滅危惧種・希少種等を含む在来種71種の生育が確認された。なお、今年度の場合、草刈りが行われた後の調査となってしまったため、確認できる種が昨年と比較して20種ほど少なくなっている。一方で、里山地域の水田所有者による無農薬米の生産開始に伴い、今まで確認されなかった絶滅危惧種・希少種が確認された。これらのことより、西榛名地域は人の管理が行き届き、今後の絶滅危惧種・希少種の増加が見込める、植物多様性の高い地域であることが判明した。また、絶滅が危惧されているやの開花個体調査では、昨年同様多くの個体が確認され、この地域における生育環境が良好な状態で維持されていることが確認できた。

以外の植物種の発芽実験では、実験の結果、里地・里山地域に生育する在来植物種の多様な発芽特性が確認できた。オニドコロ、
、モミジガサ、ヤクシソウの4種では、全ての温度区において80%以上の発芽率が確認され、昨年（諏訪間）の研究で用いられた
、モミジガサと比較しても高い数値を示していた。また、カラハナソウ、キバナアキギリ、
においては、硫酸処理しただけでは休眠解除できないほど深い休眠状態にあることが判明した。今後も様々な条件下での実験を行い、休眠解除の条件を調べる必要がある。

植物に対する光条件を変化させた生長解析では、実験結果から、
は幅

広い光環境で生育できるが、草本の生い茂る林内では生育できないことが明らかになった。また、ヤクシソウとオニドコロは、ある程度被陰のある地域を生育環境として好み、裸地や草本の生い茂る林内では生育できないことが明らかになった。モミジガサは生育不良のため実験を行うことができなかった。

本研究によって、里地・里山地域に生育する希少種および絶滅危惧種の生態の一部と保全の重要性が明らかになった。里地・里山地域は人と自然の共生のもと長期にわたり高い生物多様性が維持されてきた地域であるが、様々な要因から減少の危機を迎えている。持続可能な社会を成立させるためには適度な管理を行い貴重な生態系を保全することの重要性を、社会全体で認識し、取り組む必要がある。

はじめに

里山とは

里山というのは、学術用語というよりは慣習適用語である。所三男著の『近世林業史の研究』によれば、江戸時代の1739（宝暦9）年に、寺町兵右衛門が著した『木曾山雑話』の中に「村里家屋近き山を指して里山と申し候」と書いてあるのが紹介されている。さらに、1905（明治38）年に農商務省山林局が発行した『單寧材料及樹林』の中に、「深山」に対置させて「里山」が使用されている。地方によってさまざまな呼び方が存在し、里山のほかには四壁林、地続林、里林などが知られており、いずれも集落に近い農用林野をさしている。

生態学者の田端英雄氏は『里山の自然』のなかで、トンボ類やカエル類の産卵場所や生活場所を調査した結果、「林やそれに隣接する水田や畑と畦、ため池や用水路などがセットになった自然を里山と呼ぶ」としている。すなわち、本来の農用林野という狭義の里山だけではなく、それと隣接し深い関係を持つ耕地や水路や屋敷地も含めた農村環境を指している。これは里山の生物に限らず、人間の生活や農業、民話や童謡の舞台になっているのも、このいわば「里山地域」である（犬井2002）。

環境省の定義では、里山は、奥山と都市の中間に位置し、集落とそれを取り巻く二次林、それらと混在する農地、ため池、草原等で構成される地域概念である。こうした定義に該当する「里山」は国土の4割に達するとされる。里山と対になる奥山とは、山菜狩りや狩猟として利用されているものの、日常的には立ち入らない、人間の居住地から離れた樹林と定義される。一方、里山をより狭い意味でとらえることも多い。たとえば、里山を二次林や採草地として定義し、環境省の定義する農村景観の概念を持つ用語としては「里地」が用いられる場合もある。このように、里山は幅広く解釈しうる用語である（根本2010）。

里山地域は台地・丘陵地帯にひろがり、山地があってもなだらかで、谷があっても小さく、流れがあっても緩やかである。林を中心にしながら、ため池があり、小川があり、田畑があり、農家やお宮が存在していた。かつての里山では、森林の再生力を超えない範囲で伐採を繰り返すなど、人間の自然への積極的な働きかけを通じて、さまざまな資源を利用してきた。そして、そこに棲息する動植物も含めて、人と自然との間に持続的な共生関係が育まれていた。すなわち、里山全体として、人間もその輪の中に組み込んだ生態系循環が成り立っていたのだ。春には林床一面に咲き誇るスマレやカタクリやクサボケの花を見て、夏にはクワガタやカブトムシを採り、ウサギやキツネやタヌキの姿を追う。里山は人々の生活の場そのものであり、野生動植物にもそれぞれに適した生息環境を提供してきた。民話や童謡の舞台でもあったし、人々の心のありようにも大きな影響を及ぼしてきた重い経歴をもつ環境、それが日本人にとっての二次林を中心とした里山である（犬井2002）。

里山が大切な理由の一つとして、すでにそこに豊かな緑量の「森」があることがあげられる。二つ目に、人間の手がかかっているとはいえ、里山の森林はその地域の気候条件や土壌条件に適応して成立したものであるため一定の抵抗性を持っており、基本的には管理の費用や手数がかからないことがあげられる。三つ目に、里山は他種類の植物で構成されており、さらに落葉・落枝を分解する土壌動物や土壌微生物、それに野生動物や野鳥も一体となった、多層社会（生態系）を形成していることも見逃せない。四つ目にあげられるのが、その環境保全機能である。炭酸ガス（CO₂）の吸収、大気の浄化、高温化する都市気温の調節、雨水を一度に流さず土壌に含んだり、地下水へ浸透させる機能、それに草木の根株で土が崩れるのを防いだりと、見えないところで私たちの生活を守ってくれている。五つ目に、化石燃料の使用規制が避けられない状況となりえる今後において、里山の森林は再生産と持続的な利用が可能な資源として、重要な潜在力を秘めていることがあげられる。そして六つ目に、レクリエーションや自然回帰の場、あるいは自然観察や環境教育の場としての里山の活用がある（石井ら 2000）。

里山の変遷

裸地は放置すれば草原となり、草原はやがて森林になる。このように時間の経過とともに植生などが一定の方向に変化する現象を「遷移」とよぶ。里山における遷移は、溶岩流のあとなどからはじまる「一次乾性遷移」とは異なり、二次的なものである。里山においては、また、池沼や湿地が水生植物の繁殖により次第に埋まり、湿性草地から森林に至る「湿性遷移」もみられる。遷移は長い時間を経て「極相」に到達し停止する。極相がどのような植生になるかは、その場所の気候や土壌などの条件により異なる。

たとえば、関東から中国地方にかけての低地では、二次的に裸地ができると、1・2年草本の草地、ススキなどの多年生草本の草地を経て、コナラやアカマツなどを主体とする陽樹の林になる。関東や関西、中国地方の里山林はこのような遷移途中相の林である。しかし、人手が入らなければ林床にはネザサなどの下生えが繁茂し、樹木の成長とともに樹幹が鬱閉して薄暗くなり、そんな条件でも発芽・成長できる陰樹の侵入を受ける。関東以西の低地では、シイやカシ類などの照葉樹からなる陰樹林を極相として、遷移は止まる。

火山の噴火をはじめ河川の洪水や山崩れ、暴風による樹木の倒壊、落雷による山火事などの自然イベントにより遷移は逆行する。遷移を後戻りさせる自然への働きかけは「攪乱」とよばれる。里山における樹木の伐採や草刈り、野焼きや山焼きといった自然に対する人の行為も、人為的な攪乱と言うことができる。農民は草の生えた地面を耕して畑地をつくり、茅場はススキなどの草を牛馬のかい葉や屋根ぶきの資材などとして利用するために、定期的に刈り取りながら維持されてきた。里山林は間伐や下刈り、落ち葉書きをすることで薪や炭、肥料を得、結果的に遷移の進行を止めてきた。ため池や水路、そして水田も、

それらの機能を維持するために、草を刈り、泥をあげ、補修を行ってきた。このように、里山には人が利用するためにさまざまな遷移段階の自然が存在し、それらは人が恒常的に働きかけを行うことにより維持されてきた（犬井 2006）。

薪や粗朶、木炭が主要な燃料であった 1950 年代中頃までは、薪炭材の生産のためにも里山は重要であった。第二次世界大戦前までは、家の近くのクヌギ・コナラ林は山藪の飼育林になっていたのも、刈敷と同様、薪炭材も共有林の里山に求めていた（犬井 2002）。

しかし、1950 年代中頃から始まる高度経済成長期になると、日本列島の各地で、里山は農村生活や農業生産と関係が切れてしまった。全国的な燃料革命が進行する 1960 年代になると、旧入会地であった安曇野の共有林の里山は山の口開けが行われなくなった。代わって急速に建築材やパルプのチップとしての用材林化がすすめられた。高度成長期を迎える頃になると、用材林の増加に加え、扇状地の扇頂部に位置する森林、とりわけ里山の山麓線よりも東側の高度の低い平地林は、「学者村」をはじめとした別荘地の分譲や、ゴルフ用地として売却されるようになった。1973 年以降は、東京を中心とした外部資本による旅館やペンション、ホテル、テニスコートなども増加しており、扇状地上のかつての山藪飼育林であった平地林を含む里山は、リゾート地として大きく姿を変えた。里山は放置されて荒蕪が進んだり、都市的な土地利用に転用されたりするものが増えてきた。近年では、廃棄物処理場など都市から忌避された施設用地として扱われがちな風潮さえ見受けられる。日本人の多くは高度経済成長の虚栄におぼれて、里山との関わりの中で育まれてきた自然の教えを忘れてしまったかのようなのである。私たちは里山に背を向け、大量生産・大量破棄のライフスタイルを是として、もっと豊かで、もっと便利になりたいと願い、ひた走ってきた。その結果、美しい田園風景や木々の緑とひき換えに、確かに多くのものを手に入れ、経済的・物質的な繁栄を遂げてきた（犬井 2002）。

このように 1960~1970 年代には、里山林や採草地が本来の価値を失い、水田などの農耕地も機械化への対応のために圃場基盤整備が行われ、里山が大きく姿を変えはじめた。さらに、農作物の輸入自由化や減反政策、農家の高齢化などにより、里山の多い中山間地域では、農業林の継続自体ができなくなってきた。

経済的価値の低下した里山林や機械化の困難な水田は放棄されて、様々な開発の対象となり、消滅あるいは縮小、分断化した。スギやヒノキの植林に代わったところも多い。里山林は開発を免れ、残されても放置されれば遷移が進行し、変質をはじめ（犬井 2006）。

里山の保全

人間の生活には、食物の煮炊きや暖房のために燃料が不可欠だから、環境条件が厳しくて森林が成立せず、家畜の糞や泥炭を利用しているような所を別にすれば、洋の東西を問わず、人間の生活するところならどこにでも、薪や炭を生産するための里山がある。しか

し、先進工業国といわれる国々では、第二次世界大戦後急激に電気やガス・石油燃料が普及したため、歴史的に管理・利用されてきた里山は、ほぼ同時発生的に放置されるようになった。その結果、いずれの里山も密生し、林内が薄暗くなっているのだ（石井ら 2000）。

2005年以降、日本は人口減少時代に入り、深刻な限界集落が出現する中山間地も見られ、棄村が現実のものとなっている。その後、地方の人口減少傾向は緩やかになりつつも、超高齢化をとめないながら、それはとどまることはない。この時代、農業の衰退とともに、農業に依存した国土環境管理がより困難になっている中、農村里山における多様な生態系の恵みが再評価されている。農林産物という供給機能だけでなく、土壌形成などの基盤機能、気候調節・洪水防止などの調整機能、景観やレクリエーションなどの文化的機能の再評価である（砂土原ら 2011）。

かつての「種の保護」という考え方は、絶滅の危機に瀕している種に限定され、特に日本では「手を触れないこと」が保護であるとして、その種の生活史や生息環境に変動を無視した対策のとられることが多かった。極相に生息しているK-戦略者ならば「手を触れないこと」が保護になっても、遷移の途中相に生息している種では、「手を触れないこと」は遷移の進行を招いてその種にとっての生息環境を悪化させてしまい、保護をしたことにならない。とくに里山景観に生息する種の多くは遷移の途中相を生息場所としているので、里山景観を維持するという「管理」が必須となる。このような視点で生息環境の保護・保全・管理が考えられるようになったのは最近のことである。さらに、近年、絶滅危惧種や環境指定種のみを保護対象にせず、いわゆる「普通種」の生息も保全すべきであると考えられるようになってきた。個々の種ではなく群集の視点が重要であることに気がついたからである（根本 2010）。

いくら里山が大切だと説いても、放置しておけば守られる状況にはない。また、里山以外に行き場のない里山の動植物たちも、里山の自然遷移が進行して常緑広葉樹林となり、もはや里山でなくなってしまうと、生きていく全てを失ってしまうこともある。では、里山の自然環境とそこに生きる野生生物を守るには、どうすればいいのか。それには遊離してしまった里山と人との関係を、もう一度再構築することだと考える（石井ら 2000）。

しかし、里山の二次林の公益的価値がいかにもすぐれていても、経済的な実利なしに保全・管理のみを所有者に期待するのは困難であり、固定資産税や相続税の支払いに困った里山の持ち主が、宅地造成計画やゴルフ場の開発計画をしておき、渡りに舟と手放してしまってもいたしかたないのだ。一方、広大な面積の里山の全てを行政が買い取り、その保全・管理を肩代わりするのは現状では財政的に不可能であり、せいぜい、里山の一部が森林公園とされるに過ぎないであろう。だが、里山の二次林の重要性が将来にわたって厳然と存在する以上、その保全対策は大きな社会的課題だ。そこで必要になるのが、里山の所有者、市民、行政の三者のパートナーシップによる里山の保全・管理システムの形成である（石

井ら 2000)。

雑木林を含めて里山の森林のほとんどは民有林である。このため、里山を保全するためには、何らかの形で土地を保護し、永続的に開発などを食い止める必要がある。身近な自然として、また、生物多様性の高い地域として里山の価値が見直されてきた現在では、多くの自治体、とくに都市域の自治体では里山を保全地域として指定し、保護・保全している。また、里山景観を保全しながら利用している都市公園も多く存在するようになった。現在、これらの保全地域や都市公園では里山管理を行うボランティアを組織しているところも多い。さらに、トラストによる土地の保護など、公有地化以外にも土地を確保する仕組みが多くあり、これを活用した里山保全の取り組みも目立ってきた(犬井 2006)。

里山は人間が持続的に利用してきたものであり、そこに生育している生物は人間による管理と釣り合って存在している。現在放置されている雑木林などでは、保全のために下刈り、落ち葉かきなどの管理を再開したり、萌芽更新を行うことが必要となる。管理が停止されている場所で管理を再開する場合、いくつか注意すべき問題がある。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、身近な自然として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、生物の成育・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。生物の生息環境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る(犬井 2006)。

里山の自然の多様性を育むには、かつて 15-20 年周期(アカマツ林の場合は 30 年程度の周期)で伐採されていた、薪炭林の管理体型を復活させるのも有効な方法である。森林をモザイク状の小林地に区分し、毎年または数年間隔で順番に伐採して、これを循環させれば、そのまま目的を果たすことができる。森林が伐採されると、切り株からの萌芽の成長や、アカマツのように種子から芽生えた実生の成長によって、もとの森林に再生していく。これらの萌芽や実生、苗木が雑草に覆われて成長不足になるのを防ぐには、毎年一回、雑草類の抑制に最も効果がある夏季に下刈りしなければならない。若木が成長して雑草より高くなれば、次には樹木同士の生存競争によるエネルギーの無駄を省くために間伐によって立木の本数を調節してやる必要がある(石井ら 2000)。

管理を再開する際には、長い間放置されていたため、管理されていたときには生育した植物がすでに消失している場合も多く見られる。しかし、植物によってはシードバンクとして種子が休眠状態で地中に残っている場合もあり、この場合は落ち葉かき等の管理を再開することによって、地温の上昇や光環境の変化により、休眠が打破され、これまで地上では見られなくなっていた植物も、再出現する可能性がある。放置された雑木林の管理再開に当たっては、シードバンクからの発芽、定着の可能性を考慮することが必要である。

なお、このようなシードバンクの存在は、田畑周りにみられる刈り取りが停止された草

原の復元でも期待できるが、シードバンクには外来種の種子が含まれていることがあるため、管理を行うと同時に生物モニタリングを行い、現場に即して対応することが肝要である（犬井 2006）。

生物多様性と生態系サービス

「生物多様性」は「地球サミット」において一躍脚光を浴び、その後社会に広く通用する言葉になった。しかし、この言葉の歴史はまだ浅く、英語で意味するダイバーシティという用語がはじめて使われたのは、ウィルソンとピーターが編集して 1988 年に出版した本の表題としてである。ヒトの強い干渉のもとで野生生物全般がおかれた危機的な現状を憂える研究者が、その問題を広く社会に訴えるために作った用語が「生物多様性」なのである。今ある生物多様性は、「生物進化」によって形成されたものであるが、それは最も生物の惑星、地球らしい自然のプロセスである。そのため、生物多様性はかけがえのない歴史性をもつ実体である。

生物の多様化の歴史は、遺伝物質である DNA に頻繁に起こる科学的な変化である「突然変異」に環境の表現形質の相互作用である「自然淘汰」が働いてもたらされる適応進化と、さらに遺伝的な交流を妨げる効果、「隔離」が加わって起こる種分化によって刻まれたものである（鷲谷 1999）。

1992 年の生物多様性条約が採択されてから、生物多様性を護ることの根拠と生物多様性が失われていく現状把握を科学的に調べ、とりまとめようという動きが生まれた。（中村ら 2010）これは「ミレニアム生態系評価」と呼ばれ、2001 年から 2005 年の間実施された。その目的は、生態系の変化が人間の福利に及ぼす影響を評価することであり、生態系の保全と持続的な利用を進め、人間の福利への生態系の貢献を高めるために、我々がとるべき行動は何かを科学的に示すことにあった。また、ミレニアム生態系評価は、生態系と人間の福利との間のつながり、特に「生態系サービス」に焦点を合わせている（横浜国立大学 2007）。

加えて、2005 年に総合報告書として「生態系サービスと人類の将来」が出版された。「ミレニアム生態系評価」によれば、生物多様性を守ることによって「生態系サービス」と呼ばれる自然の恵みが維持され、それによって人間の福利が維持される。

生態系サービスは以下の四つに分けて理解される。土壌の形成・植物による一次生産・養分循環などの「基盤サービス」、食料や水などの「供給サービス」、気候を制御し病気の蔓延を防ぐ「調整サービス」、風景に感じる安らぎ、宗教や文化の精神的な背景などの「文化的サービス」である。人間の福利のほうは以下の五つに分けて理解される。個人の生存や資源を安全に利用し、災害を避ける「安全性」、食料や住居、物資などの「豊かな生活の基本資材」、心身の「健康」、連帯感や互恵的な信頼関係のある「社会的な絆」、それらに基

づいて個人の価値観を遂行できる「選択と行動の自由」である（中村ら 2010）。

生物多様性の危機

人間の暮らしの多くは、「生態系サービス」、つまり「自然の恵み」によって成り立っているが、それはとりもなおさず「生物多様性の恵み」でもある。たとえば、生命の基盤である大気と水がどのように循環し、そして再生するかを思い起こしてほしい。植物は空气中に放出された二酸化炭素を取り入れて酸素としてはき出し、森林は台地を潤した雨を浄化して飲み水にかえる。このように、生命の基盤でもある大気と水も生物多様性の恵みによる。さらに、食料となる米や野菜、魚などはもちろん、先端のバイオテクノロジーを駆使してつくられる医薬品も微生物やいろいろな生きものの働きを利用したものだ。生物多様性の恵みは私たち人間の「暮らし」、そして「生命」を支えている。

しかし、日本における生物多様性は、今 4 つの危機にさらされている。第一の危機は、開発による生息地の減少や乱獲など人間の介入による種の減少や絶滅である。それとは逆に、第二の危機は、管理不足の悪影響とよばれるものである。たとえば、これまでは十分に手入れされていた里山の農地や森林が、生活様式の変化により人手が入らなくなり、かえって生物多様性が失われることである。第三の危機は、外来種や化学物質などの持ち込みによる生態系の攪乱である。ブラックバスやアメリカザリガニの持ち込みにより、元々生息していた在来種は大きな影響を受けなかには絶滅の危機に瀕するものも出ている。そして第四の危機は、よく知られるようになった地球温暖化である。これら四つの危機が原因となって、種の絶滅や生態系の崩壊が地球上のあちこちで進行している（中村ら 2010）。

生物多様性の危機の現状を最も明瞭な形で表すのは種の絶滅とその危機の全般的な高まりである。地球規模のレッドリストとしては、国際自然保護連合が 1997 年 2 月に発表したレッドリストには、現存のほ乳類の種のほぼ 25%にあたる 1916 種がリストアップされている。

絶滅の直接的な原因としては、第一に、伐採、焼き払い、埋め立て、灌漑などの人間活動による生息・生育場所の破壊をあげることができる、第二に、食料あるいは毛皮や牙をとるための動物類の乱獲、園芸用・薬用を目的とした植物類の過剰採集などによって直接個体数が間引かれることで、個体群の存続が難しくなっている種も多く存在する。第三に、殺虫剤・除草剤による水や土壌の汚染、大気汚染などによる環境汚染が多くの植物の生存や繁殖を危うくすることで個体群の絶滅の危険性を高めている。

物資とヒトの長距離輸送が日常化した今日、地理的な障壁も生物の移動・分散能力における制約も、有効な隔離をもたらすに十分ではなくなってきた。そのため、都市や農地の広がる景観では攪乱地に適応した種がコスモポリタンとなって蔓延する一方で、侵入生物がもたらす新たな生物間相互作用が、地域に固有の種の絶滅の危険を高めている（鷲谷

1999)。

里山は農業の営みとともに生存してきた持続可能な自給自足による資源利用の場で、江戸期に成熟し完成した社会システムでもあった。その里山が日本の近代化、特に戦後の高度経済成長にともない解体し始めた。まず、燃料改革や化学肥料・農薬の使用、機械化といった一連の農業近代化の過程で、薪炭や落葉・下草による堆肥が不要となって二次林が放置され、牛馬の使役が機械に替わってえさ場の草地が消えた。奥山では大規模伐採・一斉植林からなる拡大造林事業が精力的に進められたが、外材の輸入拡大とともに林業が衰退し、スギ、ヒノキなどの人工林の管理が放棄されている。さらに、農地の構造改善事業で水田区画整理が進み、農道・用水が人工化された。こうして里山の恵みに依存しない生活様式が成立し、農業と里山の多様な生態系空間との結びつきが失われ、里山空間は次第に管理放棄された。関係の喪失から放棄への里山解体の進行である（砂土原ら 2011）。

伝統的な農村の生活様式が大きく変化した 1960 年代以降、里山の植物を取り巻く状況は大きく変化した。日本の隅々まで電気やガスが普及し、農業分野では化学肥料の普及が進んだ結果、里山における植生管理が行われることは少なくなった。この社会構造の変化が、里山の植物多様性の著しい低下を招く主要な要因になった（根本 2010）。

地球の環境、地域の環境が大きく変動しつつある今日、「生物多様性」と「健全な生態系」を損なわない人間活動のあり方を見いだすことは、後の世代の人々が私たちのように自然の恵みを享受しながら豊かな暮らしを営むことを保障するため、つまり「持続可能な社会」の実現のために最も優先しなければならない人類の課題となっている。しかし生物多様性も生態系も、おびただしい数の要素と、要素の数の何倍もの複雑に絡まりあう多様な関係を含むことから、全体を隈無く知り尽くし理解し尽くした上で対策を立てることは難しい。そのため、環境の変質や健全性の喪失の顕れとも言えるような異変の徴を見だし、それらに敏感に反応することが必要である（鷲谷 1999）。

生物多様性条約

1992 年にブラジルのリオデジャネイロで開催された「環境と開発に関する国連会議」（いわゆる地球サミット）では、気候変動枠組み条約と並んで、生物多様性条約が採択された。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するものである。ここにおいて生物多様性は、「種内の多様性、種の多様性、生態系の多様性からなる生命のあらゆる変異性」と定義される。このような生物多様性を保全し、持続的に利用し、失われた生態系を再生するのが、生物多様性条約の目標である（鷲谷ら 2005）。この条約は①地球上の多様な生物を、その生息環境とともに保全すること②生物資源を持続可能であるように利用すること③遺伝資源の利用から生ずる利益を、公平かつ衡平に配分すること、といった大きく三つの目的がある

(森林文化協会 2009)。

③については、先進国の資金により開発途上国の取り組みを支援する資金援助の仕組みと、先進国の技術を開発途上国に提供する技術協力の仕組みを指し、経済的・技術的な理由から生物多様性の保全と持続可能な利用のための取り組みが十分でない開発途上国に対する支援が行われることになっている。

2016年12月現在では、生物多様性条約をほぼ世界中の国全部に近い194カ国、欧州連合およびパレスチナが締約しているように(外務省HP)、「生物多様性の保全と持続可能な利用」は、温暖化防止とともに世界的な目標となっている(森林文化協会2009)。

生物多様性基本法

生物多様性基本法は、生物多様性の保全と持続可能な利用に関する施策を総合的・計画的に推進することで、豊かな生物多様性を保全し、その恵みを将来にわたり享受できる自然と共生する社会を実現することを目的としている。2008年5月に成立し、同年6月に施行された。この基本法では、生物多様性の保全と利用に関する基本原則、生物多様性国家戦略の策定、白書の作成、国が講ずべき13の基本的施策など、我が国の生物多様性施策を進めるうえでの基本的な考え方が示された。また、国だけでなく、地方公共団体、事業者、国民・民間団体の責務、都道府県および市町村による生物多様性地域戦略の策定の努力義務などが規定されている(環境省HP)。

生物多様性国家戦略

上述してある生物多様性基本法の(生物多様性国家戦略の策定等)第十一条では、「政府は、生物の多様性の保全及び持続可能な利用に関する施策の総合的かつ計画的な推進を図るため、生物の多様性の保全及び持続可能な利用に関する基本的な計画を定めなければならない」とある。わが国は、1995年に最初の生物多様性国家戦略を策定し、これまでに4度の見直しをしている。

2010年10月に開催された生物多様性条約第10回締約国会議(COP10)で採択された愛知目標の達成に向けた我が国のロードマップを示すとともに、2011年3月に発生した東日本大震災を踏まえた今後の自然共生社会の在り方を示すため、「生物多様性国家戦略2012-2020」を2012年9月28日に閣議決定している。

この戦略の一つ目のポイントは、愛知目標の達成に向けた我が国のロードマップを提示していること。愛知目標の達成に向けた我が国のロードマップとして、年次目標を含めた我が国の国別目標(13目標)とその達成に向けた主要行動目標(48目標)を設定するとともに、国別目標の達成状況を測るための指標(81目標)を設定している。二つ目のポイントは、2020年までに重点的に取り組むべき施策の方向性として「5つの基本戦略」を設定

していること。これまでの生物多様性国家戦略の4つから、新たに科学的基盤の強化に関する項目を追加していて、(1) 生物多様性を社会に浸透させる (2) 地域における人と自然との関係を見直し・再構築する (3) 森・里・川・海のつながりを確保する (4) 地球規模の視野を持って行動する (5) 科学的基盤を強化し、政策に結びつけるという5つの基本戦略となっている。三つ目のポイントは、今後五年間の政府の行動計画として約700の具体的な施策を記載し、50の数値目標を設定していることである（環境省HP）。

レッドリスト・データブック

レッドデータブックとレッドリストはいずれも、危機にさらされている世界の野生動物の現状を知る手がかりとなるものである。レッドデータブックは当初、絶滅のおそれのある動物および植物にランクを付けて、種ごとにデータを記載しまとめたものであった。1966年に初めてIUCNが発行し、81年からブック形式に統一された。レッドリストはもともと、IUCNとWCMC（世界自然保護モニタリングセンター）が、絶滅のおそれがある種、個体数が減少している種にランク付けして、リスト形式でまとめたものである。レッドデータブックよりも広範な、哺乳類、鳥類、両生類、爬虫類、魚類、無脊椎動物が網羅されており、学名、英名、分布域、主な脅威などを表示してある。

IUCNのレッドリストは、86年に第一版が、88年、90年、94年、96年、2000年、2004年に続版が刊行され、2006年以降は毎年レッドリストが更新されている。2000年以降は、データがデータベース化され、記載される情報も格段に増加。現在はその全てのデータを、インターネット上で検索することができる。近年のリストは、2001年版で設定された絶滅の度合いを測る基準と、ランクによって、種の絶滅の度合いを評価している。現在の日本の新しいレッドデータブックおよびレッドリストも、この基準を基にしている。

レッドリストやレッドデータブックに該当するものは、IUCNだけが作成しているわけではなく、各国には各国の、さらに地域や管轄省庁によって異なるものが作成されている。日本にも環境省が作成したレッドリストをはじめ、各県や学会などによるレッドデータブックがいくつも作成されている（WWFジャパンHP）。

環境省では、日本に生息する野生生物について、生物学的な観点から個々の種の絶滅の危険度を評価し、レッドリストとしてまとめている。動物については、哺乳類、鳥類、両生類、爬虫類、汽水・淡水魚類、昆虫類、陸・淡水産貝類、その他無脊椎動物の分類群ごとに、植物については、維管束植物、蘚苔類、藻類、地衣類、菌類の分類群ごとに作成している。

おおむね5年ごとに全体的な見直しを行っていて、平成24年度に第4次レッドリストを公表した。平成27年度からは、生息状況の悪化等によりカテゴリー（ランク）の再検討が必要な種については、時期を定めず必要に応じて個別に改訂することとしている。そこで、

第1回改訂版として平成27年に環境省レッドリスト2015を第2回改訂版として、平成29年に環境省レッドリスト2017を、さらに第3回改訂版として環境省レッドリスト2018を公表した。レッドリスト2018においては、67種についてカテゴリーを見直したところ、レッドリスト2017より絶滅危惧種が41種増加し、合計3,675種となった。既往のレッドリストと海洋生物レッドリストを合わせると、環境省が選定する我が国の絶滅危惧種は合計で3,731種となっている（環境省HP）。

群馬県では2012年レッドリストを短い周期で見直し、より現状に即した種の保全対策のための基礎資料を作成するため、2016（平成28）年よりレッドリストの部分改訂作業を行った（群馬県HP）。

今回の部分改定によって絶滅のおそれが高いランクに変更された種は21種にのぼり、絶滅のおそれが低いランクに変更された9種の2倍以上となった。特に、絶滅危惧1A類に変更された種は14種にのぼり、新たに絶滅のおそれがあると判定された23種の中で、絶滅危惧1A類にランク付けられた種も14種と、全体の半数以上を占めた。また、ガガブタとコホタルイは埋土種子より発芽した個体が確認された。一方で、ツツイトモが1953年にみどり市で採集されていたことが判明したが、その後の記録がなく、また現状では本種が生育する環境にないことから、絶滅と判定した。このため、群馬県における絶滅種は2種減少し、51種となっている。野生絶滅は2種で2012年レッドリストと変化はなかった。

今回の評価対象種に対する絶滅のおそれ要因は自然遷移、管理放棄、動物食害、土地造成、池沼開発の順に影響する種数が多く、特に草地の管理放棄による絶滅のおそれが急速に高まっていることも背景にあると考えられる。また、動物食害の大部分はニホンジカによるもので、ここ5年間に極めて深刻な状況まで悪化していることが裏付けられた。同様に、外来種との競合や交雑も絶滅のおそれ要因中で占める割合が高くなり、近年悪化傾向にあると考えられる。土地造成がこれらと並ぶ絶滅のおそれ要因となっているが、近年の太陽光発電施設の立地や圃場整備事業が急速に進行していることが背景になっていると考えられる。今回のレッドリスト部分改訂の対象種の中では園芸採取の影響を受けた種は6種のみであったが、これは当初から絶滅危惧1A類からのランク変動が予想しづらい種を対象から除外し、そのような種には園芸採取の影響が大きいラン科の種が多数含まれていたことが理由としてあげられる。したがって園芸採取の影響は今回の対象種の中では比較的少数の種に対する脅威であっただけで、実際には群馬県希少野生動植物保護条例の特定県内希少種も含めて今なお脅威が継続していることに変わりはない。さらに、その他の要因として、道路工事の割合が高いことも本県の特徴の一つにあげられる（群馬県HP）。

生物多様性モニタリング

生物多様性モニタリング調査とは、人為的影響の及ぶ二次的自然環境の地域において、

その地域の無機的環境と生物群集が、そこに作用する人為的影響、特に都市化（住宅地化等）によって変化していく過程をモニタリングし、人為的影響と生態系の変化との関係を明らかにし、よって、人間活動を含む地域生態系のモニタリング手法を検討確立することを目的としている。

この調査では、人為的影響を都市化のみに絞り、それによって地域の無機的環境と生物群集とが変化していく過程をモニタリングしている。中でも人為的影響として都市化の影響が表れやすい、都市近郊の都市化が進行しつつある、あるいは都市化の影響を受けていると思われる地域のうち、1/25000 地形図一図幅程度の範囲（約 10km×10km）を広域モニタリング地域、さらに広域モニタリング地域内の小地域（約 1km×1km）を重点モニタリング地域として調査地を設定した。1) 北海道（苫小牧東部・ウトナイ湖）2) 埼玉県（鎌北湖・毛呂山周辺）3) 静岡県（日本平周辺）4) 兵庫県（相生市北部）5) 沖縄県（名護市周辺）がそれぞれの地域である。

広域モニタリング地域においては、植生・植物相・動物相・猛禽類・中大型哺乳類の出現種数等、土地利用状況、大規模開発の状況、人口の推移、法律指定状況、森林の連続性のそれぞれの結果が得られている。一方、重要モニタリング地域においては、植生・土壌・土壌生物・鳥類・昆虫、景観構成要素、生物生息分布のそれぞれの項目について結果が得られている（環境省HP）。

SATOYAMAイニシアティブ

今の我々の社会は、食糧や資源の「使い切り型社会」である。たとえば、化石燃料は使い切れればなくなり、持続的な資源ではない。それに対し、里山は自然の資源を持続的に循環させるシステムである。現在の暮らしや生産を昔に戻すという意味ではなく、自然の資源を循環させるシステムを上手に取り込んだ 21 世紀の里山、あるいは、持続可能な社会のモデルを里山に見いだしていく英知が求められている。その一つが日本の環境省と国連大学高等研究所などが中心となって進めている「里山イニシアティブ」である(中村ら 2010)。

SATOYAMA イニシアティブとは、世界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ために、我が国で確立した手法に加えて、世界各地に存在する持続可能な自然資源の利用形態や社会システムを収集・分析し、地域の環境が持つポテンシャルに応じた自然資源の持続可能な管理・利用のための共通理念を構築し、世界各地の自然共生社会の実現に生かしていく取り組みである。

この長期目標は、自然のプロセスに沿った社会経済活動の維持発展を通じた「自然共生社会の実現」である。生物資源を持続可能な形で利用・管理し、結果として生物多様性を適切に保全することにより、人間は様々な自然の恵みを将来にわたって安定的に享受でき

るようになる。そのため、SATOYAMA イニシアティブでは、「社会生態学的生産ランドスケープ」と呼ぶ地域における、人と自然とのかかわり方を社会的及び科学的視点から見つめ直す。また、より持続可能な形で土地及び自然資源の利用と管理が行われるランドスケープの維持・再構築を目指し、3つの行動指針を提案している。(1) 多様な生態系のサービスと価値の確保のための知恵の結集 (2) 革新を促進するための伝統的知識と近代科学の融合 (3) 伝統的な地域の土地所有・管理形態を尊重したうえでの、新たな共同管理の在り方の探求、である（環境省HP）。

本研究の目的

近年、里山地域には、絶滅危惧種・希少種を含む多様な在来植物が生育することが明らかになりつつある。本研究では、この植物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。

里地・里山地域は、伝統的な農業により長期間にわたって人と自然の共生関係が維持されてきた。恐らくこのことが原因で、里地・里山地域は植物多様性が非常に高く、多くの絶滅危惧種・希少種が生育していることが報告されてる。しかし、里地・里山地域の環境は衰退の一途をたどり、植物多様性が低下し、絶滅危惧種・希少種の衰退が起こっている。2010年10月に開催された「生物多様性条約 COP10 名古屋会議」を契機に、日本は「SATOYAMA イニシアティブ」と呼ばれる生物多様性保全政策を実施していくことになった。この政策実現のためには、里山における生物多様性の現状の解明が必須であり、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がれる。

榛名山は戦前には全山が農地または薪炭林・採草地として利用されており、広い部分が植生区分としては荒地であった（昭和4年帝國陸軍謹製地図）。戦後植林や公園管理が行われている、いわば全山が里山あるいは自然再生地である。2006年以降の群馬県自然環境調査研究会の調査（群馬県自然環境課より委託）により、植物多様性の非常に高いホットスポットが複数地点確認された。このため2013年から、榛名山一帯を「群馬県生物多様性モニタリング調査」地域に指定し、継続調査を行うこととなった。

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）において、植物相調査、環境調査を行って里山の現状を解明する。また、代表的な在来種・絶滅危惧種・希少種（、、ヤクシソウ、モミジガサ、オニドコロ、カラハナソウ、キバナアキギリ、）について種子生産・発芽・生長に対する解明を行った。加えて、の種子発芽率が実験者・種子の採取年・採取地によ

って異なっており、その原因を2種類の休眠解除方法を適用することによって解明する。

なお、保護上の理由により、本稿の一部を非公開とし白紙としている。また、盗掘防止の観点から調査地の詳細な呼称の公表を控え、調査に用いているコードネームを使用し、正確な位置が特定されないように配慮した。

調査地概要

西榛名地域

西榛名地域は、群馬県の榛名山西麓に位置し、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、標高は 400-800m 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、コナラやアカマツ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（みょうが畑など）および薪炭林や農用地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（嶋方 2016）。

2006-2007 年の群馬県の調査により、シダ植物と種子植物が計 113 科 768 種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 2007；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）。これらの貴重植物種の中には、当地の農耕特性に適応して繁殖していると推察されるものもある。

北榛名地域

北榛名地域は、群馬県の榛名山麓北面、群馬県吾妻郡東吾妻町大字岩井に位置する、寺沢川流域の調査地である。海拔は 700-800m で、農耕地とスギ植林の間に集落が点在している。10 年ほど前から、この地域に が自生しているとの指摘があり（大森私信）、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。

材料および方法

植物相・開花個体数調査

一般的に用いられるコドラート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ため、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あげられる。しかし、今回は人数の関係上、
、
および

においてはこのような方法を用いて調査を行った。一方で、湿地生絶滅危惧種において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。どちらにおいても調査地を踏査し、デジタルカメラで撮影し、その後植物図鑑を用いて植物種の同定する作業を行う。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、比較的数量の多い植物種をピックアップすることになる。

さらに、希少植物種・絶滅危惧種（
、
、
）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共に、ポータブル GPS（GPSMAP64sc、GARMIN）を用いて生育位置を記録した。表 1 に調査地日程・調査地・調査内容の一覧をまとめた。

発芽実験・栽培実験

材料植物

オニドコロ（ヤマノイモ科 *Dioscorea tokoro* Makino）

山野に多くはえるつる性の多年生草本。地上部は冬に枯れる。茎は肥厚して横に長くのび、まっすぐになるものや、途中曲がってくるものもあり、ひげ根を出す。これは真の根茎でヤマイモのいもとは形態学的に全く違う、葉は長い柄で互生し、心臓形で先端がとがり、質薄く無毛である。雌雄異株で夏になると葉腋から長い花序を出し、淡緑色の花を並べ咲かせる。雄花序は花軸からさらに 2-5 花をつけた小花序に分かれるが、雌花序はたれ下がって一花ずつ並んだ無柄の雌花をつけたものである。花被は 6 片あり、雄花は雌しべ 6、雌花には 3 柱頭を持つ。さく果は 3 枚のはねがあり、たれ下がった穂に上向きについており種子の一方には膜質の翼がある。

カラハナソウ（クワ科 *Humulus lupulus* L. var. *cordifolius* (Miq.) Maxim）

山地帯にはえる多年生つる性草本。茎は長く強いつるとなり、盛んに他の草木に巻きついて茂り、葉柄と共に小さな鉤刺がある。葉には長柄があり、対生で、心臓状卵円形、先端は鋭形あるいは鋭尖形、しばしば 3 裂して、深く入り込んだ底は鈍円形、ふちには粗いきよ歯がある。葉面はざらつき、雌の花穂をつける小枝の葉は普通互生である。雌雄異株。秋に細かい花を開く。雄花は多数円錐花穂につき、淡黄色、がく片 5 個、雌しべ 5 個があ

る。雌花は淡緑色で球穂状にあつまり、2個の花が1個の鱗状の包につつまれ、子房の上には花柱が2個ある。果時にはこの包が成長して薄い膜質になり、重なり合いふくれて大きい卵状球形となり、淡黄白色で、多数が並んで枝からたれ下がる。包ごとに2個のそう果がつき、小包にだかれ、更にながくにつつまれている。

キバナアキギリ (シソ科 *Salvia nipponica* Miq.)

本州、四国、九州の低山地の木かげにはえる多年草である。根は細長い紡錘形で赤紫色である。茎は四角形で高さ20〜40cm位、直立するかあるいは初め地を這い後立上がるものもある。葉は対生し長い柄があり、ほこ形で長さ5〜10cm、幅4〜7cm、先は鋭く尖り、基部は心臓形。両端は三角形につきだし、ふちにはきょ歯がある、茎、葉、葉柄ともに立ったながい毛がある。秋、茎の頂に花穂をつけ、花茎の包葉のわきに短い柄のある黄色の唇形花を数段つける。花穂は長さ10〜20cm、包葉は卵形、ながくは唇形でいずれも立った長毛がある。花冠は長さ2.5〜3.5cm、上唇立上り、下唇は3裂して前に突き出す。雄しべは2本。花柱は上唇より長く花冠よりとびだす。国のレッドデータブックでは指定されていないが、京都府と鹿児島県で絶滅危惧Ⅰ類、東京都で準絶滅危惧に指定されている絶滅危惧種である。

モミジガサ (キク科 *Cacalia delphiniifolia* Sieb. et Zucc.)

北海道南部から九州までの山地の林下にはえている多年草で、茎は単一、直立して高さ90cm内外になり、上部には短いちじれ毛がある。葉は互生し、長い柄があり、葉身は基部が心臟形で掌状に5~7中裂し、深緑色で軟らかく、上面無毛、下面ははじめ密に、のちまばらに細毛がある。上葉は小形になり裂片の数も少なく、葉柄も短くなる。夏に茎上部で分枝して、細微な包状葉がある頭花を円錐状につける。1頭花に5個ある管状花は白色でときに少しばかり紅紫色をおび、長さ9mm足らず、そう果は長さ5mm、冠毛は白色で長い。

ヤクシソウ (キク科 *Paraixeris denticulata* (Houtt.) Maxim.)

日当たりのよい草地や道ばたにはえる二年草。朝鮮半島、中国大陸、ベトナムに分布する。茎は直立し、高さ30~60cmくらい、やや堅く、分枝する。根生葉はかたまってつき、さじ形で長い柄があり、花期には枯れる。茎生葉は互生し、葉柄はなく基部で茎を抱く。形は長楕円形、あるいは倒卵形、へりに低いきょ歯がある。薄く柔らかで裏面はやや白色をおび、切ると白色の乳液を出す。全株に毛はない。8~11月頃、枝上にほぼ傘形にみえる散房状に多数の柄のある頭状花をつける。頭状花は直径約1.5cm、全部黄色舌状花よりなり、花期が終わると下を向く。

種子発芽の冷湿処理・培養温度依存性

里山植物種子の発芽条件の解析

①【オニドコロ、 、モミジガサ、ヤクシソウ】

オニドコロ、
、モミジガサ、ヤクシソウの計4種類の植物の種子について発芽実験を行った。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。

各植物種において、5段階の培養温度 (30/15℃、25/13℃、22/10℃、17/8℃、10/6℃の各温度区) で計5セット (1セットにつき種子を50個入れたシャーレを3つ) 用意し、石英砂を敷いた直径9mmのプラスチック製のシャーレに種子を入れた。

その後、シャーレに蒸留水を注ぎ、4℃に設定した冷蔵庫内で2ヶ月培養 (冷湿処理) した。

2ヶ月経過後、これらのシャーレを温度勾配恒温器 (TG-100-ADCT, NK system) に入れて培養した。器内の温度は5段階 (30/15℃、25/13℃、22/10℃、17/8℃、10/6℃) とし、昼14hr、夜10hr 昼間の光量子密度は $30 \mu \text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ とした。培養は約2ヶ月間行った。

実験開始後は、毎日種子を観察し、肉眼で幼根が確認できたものを発芽種子とみなし、

数を記録して取り除いた。また、観察日ごとに蒸留水を注ぎ足し、常に湿った状態を保った。

発芽した種子は、別の石英砂と蒸留水を入れた別の直径 9 mm のプラスチック製のシャーレに移し、25/30℃ (オニドコロ、
、ヤクシソウ) または 25/13℃、17/8℃ (モミジガサ) で培養を続け、生長解析に供した。

② 【カラハナソウ、キバナアキギリ、 】

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。

各植物種において、カラハナソウ・キバナアキギリは各 1 セット分、
は 2 セット分の種子を用意した。

この 3 種については、これまでの発芽実験の結果、発芽率が極めて低かった。本研究では、これらの植物の種子の種皮が不透水性を有することが、発芽率が極めて低いことの一因であるという仮説をたて、これを検証するため、濃硫酸で種皮を溶かすことによって吸水できるように前処理を行った。

濃硫酸の処理時間はカラハナソウが 40 分、キバナアキギリおよび
が 10 分であった。

濃硫酸処理後、種子を水道水で 10 分洗浄した後、蒸留水に浸して吸水を確認した後、石英砂を敷いた直径 9 mm のプラスチック製のシャーレ 3 個 (カラハナソウ、キバナアキギリ) または 6 個 () に各 50 個ずつ種子を入れた。ただし、キバナアキギリは種子の数が不足したため、各シャーレ 25 コずつの種子で実験を行った。

カラハナソウ、キバナアキギリはシャーレを温度勾配恒温器 (25/13℃) に入れて培養、
は 2 ヶ月冷湿処理を施した後、温度勾配恒温器 (30/15℃および 17/8℃) で培養し、発芽数を記録した。培養は約 2 ヶ月間、昼 14hr、夜 10hr 昼間の光量子密度は $30 \mu \text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ で行った。

実験開始後は、毎日種子を観察し、肉眼で幼根が確認できたものを発芽種子とみなし、数を記録して取り除いた。また、観察日ごとに蒸留水を注ぎ足し、常に湿った状態を保った。

発芽した種子は、別の石英砂と蒸留水を入れた別の直径 9 mm のプラスチック製のシャーレに移し、25/30℃ (カラハナソウ、キバナアキギリ) または 25/13℃、17/8℃ () で培養を続け、生長解析に供した。

異なる環境下における栽培実験

オニドコロ、
、ヤクシソウの3種の植物種について栽培実験を行った。
栽培スケジュールは表4に示す。

実験用植物の育苗およびサンプリング方法

発芽実験で発芽した実生を、改めて用意した石英砂を敷いたプラスチック製のシャーレに移植した後、ゴールドデンピートバン（サカタのタネ）に移植し、グロースキャビネット（MLR-350T, SANYO, LED 球を用いて 14L/10D の日長で昼の相対光量子密度を約 $380\sim 400\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ とし室温/20°Cに調節した）内で1~2ヶ月栽培した。

実生が複数の本葉を有するようになった時点で、黒土を入れたプラスチック製苗ポット（約95mL容量）に1個体ずつ移植した。これらの苗を約2週間、群馬大学荒牧キャンパス構内の裸地で栽培した。

初期サンプリングに際しては、苗の見かけが大きいサイズ順に並べ、これを順番に処理区数+1で等区分して、区分ごとにサイズ分布と個体数がおおむね同等になるようにした。このうち1区分を初期サンプルとして採取し、残りの区分をそれぞれの処理区に供した。サンプリングした個体は、個体ごとに葉・茎・根にそれぞれ分けて紙袋に入れ、80°Cに設

定した送風定温乾燥機に入れて約 1 週間乾燥させ、その後電子式上皿天秤を使用して重量を測定した。葉面積はカラスキャナーを用いて解像度 300dpi、16bit グレーでスキャンした後、ImageJ1.44o (NIH) を利用してドット数を図り、148 cm²あたり 2118109 ドットとして面積を算出した。

光強度を調節した栽培実験

寒冷紗を用いて相対光量子密度を 3%、9%、13%、100% (裸地) に調節した 4 つの光条件区を群馬大学荒牧キャンパス内の裸地に設けた。これらの光条件区内にポット植え苗を入れて栽培した。栽培期間中は毎日 1 回水道水を与えた。肥料は与えていない。

以上の栽培実験を約 3 - 4 週間行った後、全ての個体をサンプリングした (最終サンプリング)。サンプリングした個体は、前述の初期サンプルと同様に処理し、各器官別乾燥重量および葉面積を測定した。

生長解析

生長解析の各パラメータは以下の式を用いて算出した。

・相対生長速度 (RGR : Relative Growth Rate) : 各個体の乾燥重量ベースの生長速度を表す指標。

$$RGR = (\ln(TW2) - \ln(TW1)) / (T2 - T1)$$

TW1 : 初回サンプリングにおける個体総乾燥重量 (g)

TW2 : 最終サンプリングにおける個体総乾燥重量 (g)

T1 : 初回サンプリング日

T2 : 最終サンプリング日

- 純同化率 (NAR : Net Assimilation Rate) : 各個体の光合成活性を表す指標。

$$NAR = (TW2 - TW1) (\ln(LA2) - \ln(LA1)) / (LA2 - LA1) / (T2 - T1)$$

TW1 : 初回サンプリングにおける個体総乾燥重量 (g)

TW2 : 最終サンプリングにおける個体総乾燥重量 (g)

LA1 : T1 における個体の葉面積 (m²)

LA2 : T2 における個体の葉面積 (m²)

T1 : 初回サンプリング日

T2 : 最終サンプリング日

- 葉面積比 (LAR : Leaf Area Ratio) : 各個体の乾燥重量と葉面積の比率を表す指標。

$$LAR = (LA1/TW1 + LA2/TW2) / 2$$

TW1 : 初回サンプリングにおける個体総乾燥重量 (g)

TW2 : 最終サンプリングにおける個体総乾燥重量 (g)

LA1 : T1 における個体の葉面積 (m²)

LA2 : T2 における個体の葉面積 (m²)

- 比葉面積 (SLA : Specific Leaf Area) : 各個体の葉の厚みを葉面積/重量ベースで表す指標。

$$SLA = LA/TW$$

LA : 最終サンプリングにおける個体の葉面積 (m²)

TW : 最終サンプリングにおける個体葉乾燥重量 (g)

- 器官別重量比 : 光合成生産物をそれぞれの器官にどれくらい配分したかを表す指標。

- 葉重比 (LWR : Leaf Weight Ratio)

$$LWR = LW/TW$$

LW : 最終サンプリングにおける個体の葉乾燥重量 (g)

TW : 最終サンプリングにおける個体総乾燥重量 (g)

- 茎重比 (SWR : Stem Weight Ratio)

$$SWR = SW/TW$$

SW : 最終サンプリングにおける個体の茎乾燥重量 (g)

TW : 最終サンプリングにおける個体総乾燥重量 (g)

- ・根重比 (RWR : Root Weight Ratio)

$$RWR = RW / TW$$

RW : 最終サンプリングにおける個体の根乾燥重量 (g)

TW : 最終サンプリングにおける個体総乾燥重量 (g)

それぞれのパラメータ間には、以下のような関係がある。

$$RGR \cong NAR \cdot LAR$$

$$LAR = SLA \cdot LWR$$

これらの式によって、処理区間で RGR または LAR の差異があった場合、それがどのパラメータの差異によって引き起こされたかを確認することができる。

統計解析

生長解析結果については、JMP9.0 (SAS Institute Inc.) を用いて分散分析を行った。

結果および考察

植物相調査

現地調査によって在来種 71 種、うち 23 種の希少種および絶滅危惧種の生育が確認された（表 5, 6）。西榛名地域では、群馬大学社会情報学部・環境科学研究室が 2008 年よりモニタリング調査を継続して行っている。

2018 年 4 月 15 日、5 月 5 日、5 月 9 日、5 月 11 日、6 月 7 日、6 月 26 日、9 月 28 日の計 7 回の現地調査により、棚田・ため池・休耕田・二次林と広範囲に及ぶ地域を踏査した（表 1）。

2017 年までの調査結果と同様、2018 年の調査においても農薬に弱いサジオモダカの生育が確認できたことから、当地点では、農薬の使用量が少ないと考えられる。このことが、休耕田やため池に多数の在来種が生育している原因であると推察された（高橋 2009）が、それから 10 年が経過した現在でも、引き続き良好な自然環境が継続していると考えられる。

西榛名地域

北榛名地域

発芽の冷湿処理・温度依存性解析

モミジガサ（キク科多年生草本、*Cacalia delphiniifolia*）

2 ヶ月間の冷湿処理を施した種子の最終発芽率は、30/15°Cで 99.3%、25/13°Cで 99.3%、22/10°Cで 98.7%、17/8°Cで 99.3%、10/6°Cで 100.0%となった（表 7、図 13）。全ての温度区で高い発芽率を示し、温度区ごとに顕著な差はみられない。

諏訪間（2018）が 2017 年に行った同様の実験では、採取から 2 年経過した種子および 5 年経過した種子を用いていたため、冷蔵保存（1 年）・冷凍保存（4 年）による劣化により、

発芽率が70%程度となったのではないかと考察されている。、2017年に採取し-80℃で冷凍保存されていた種子を使用したところ、全ての温度区で発芽率がほぼ100%となっている。また、塚越(2013)が2012年に行った同様の実験では、採取から1年経過(4℃で冷蔵保存)した種子を用いたところ、最終発芽率は30/15℃の76%(30/15℃)～95.3%(25/13℃)と高かった。

以上の結果から、モミジガサの種子は2年ほど冷蔵・冷凍保存すると劣化して発芽率が低下するが、発芽に必要な冷湿処理期間は短くなると推察される。

ヤクシソウ(キク科二年草、*Paraxeris denticulata* (Houtt.) Maxim.)

2ヶ月間の冷湿処理を施した種子の最終発芽率は、30/15℃で97.3%、25/13℃で98.7%、22/10℃で95.3%、17/8℃で86.7%、10/6℃で80.0%となった(表7、図14)。全ての温度区で80%以上となり、25/13℃で最大となった。観察から2日後に22/10℃以上、3日後に17/8℃、4日後に10/6℃の発芽が確認され、約1週間でほとんどの種子が発芽し終えている。

以上の結果から、冷湿処理は本種の種子発芽を促進する効果があると推察されるが、今後冷湿処理を施さない種子について実験を行い、検証する必要がある。

本種は里山の道端など半日陰で攪乱を受けやすい立地に生育する。本研究結果のように、本種の種子は休眠が解除され土壌水分が十分にあれば季節にかかわらず発芽すると考えられることから、田畑の畦や作業路の普請や草刈りといった、比較的不定期に攪乱を受けやすい立地に適応した発芽特性を有していると推察される。

カラハナソウ(クワ科 *Humulus lupulus* L. var. *cordifolius* (Miq.) Maxim)

40分の硫酸処理と2ヶ月間の冷湿処理を施した種子の最終発芽率は、25/13℃で3.3%となった(表7、図15)。また、冷湿処理中に発芽した種子は発芽した種子の半数以上を占めている。

高橋(2009)が2008年に行った同様の実験では、2ヶ月間の冷湿処理のみを行った種子の発芽率が25/13℃で3.3%となっており、本研究と同様の結果となっている。一方、石川が2007年に行った3ヶ月間の冷湿処理を施した後の発芽実験では、温度レジームにかかわらず、20～30%が発芽した。以上より、本種の休眠解除のためには、3ヶ月以上の冷湿処理が必要であると推察される。

硫酸処理はカラハナソウの種皮の不透水性を解除するために行ったものであるが、今後最適な処理時間を再検証する必要がある。

キバナアキギリ (シソ科多年生草本、*Salvia nipponica*)

10 分間の硫酸処理と 2 ヶ月間の冷湿処理を施した種子の最終発芽率は、25/13°C で 2.7% となった (表 7、図 17)。

また、冷湿処理中に発芽した種子は発芽した種子の半数以上を占めている。

諏訪間 (2018) が 2017 年に行った同様の実験では、冷湿処理のみを行った種子の発芽率が 25/13°C で 22.67% であった。本研究ではこれと比べて極めて低い発芽率となった原因は、種子に対する硫酸処理の時間が長すぎてダメージを与えたためと推察される。硫酸処理はキバナアキギリの種皮の不透水性を解除するために行ったものであるが、今後最適な処理時間を再検証する必要がある。

オニドコロ (ヤマノイモ科多年生草本、*Dioscorea tokoro* Makino)

2 ヶ月間の冷湿処理を施した種子の最終発芽率は、30/15°C で 83.0%、25/13°C で 90.0%、22/10°C で 90.0%、17/8°C で 96.7%、10/6°C で 95.3% となった (表 7、図 18)。全ての温度区で 80% 以上となり、17/8°C で最大となった。全体的に高い発芽率となっているが、発芽が比較的遅く、観察開始から 10 日後に発芽が確認された。また、種子より下に向かって発根していたため、確認が 1-2 日遅れた可能性もある。

本種は里山の林内など攪乱を受けやすい立地に生育する。本研究結果のように、本種の種子は休眠が解除され土壌水分が十分にあれば季節にかかわらず発芽すると考えられることから、動物の移動や下草刈りといった、比較的不定期に攪乱を受けやすい立地に適応した発芽特性を有していると推察される。

異なる相対光量子密度で栽培した植物の生長解析

群馬大学荒牧キャンパス構内の気温を図 28 に示す。栽培期間中の群馬大学荒牧キャンパス構内圃場の気温の経時変化を示す。7 月から 9 月までの栽培実験期間中の気温は、おおむね 14〜38℃の範囲であった。

ヤクシソウ

本種の各個体の平均乾燥重量は、初期サンプリング時には約 0.042g であったが、最終サンプリング時には約 0.054g (3%区)、約 0.145g (9%区)、約 0.155g (13%区)、約 0.079g (100%区) であった (表 14)。

相対生長速度 (RGR、 $\text{gg}^{-1}\text{day}^{-1}$) は、3%区、100%区でそれぞれ約 0.013、約 0.030 を示し、9%区で最も高い約 0.062 を示していることから (表 14, 図 30)、本種は相対光量子密度が 9%~13%という日陰で良く生長するが、極端に明るい場所や暗い所では生長が悪くなると考えられる。これは、本種が里地・里山の道端など半日陰になっている立地に生育している理由の一つであると考えられる。

光合成活性を表す純同化率 (NAR、 $\text{gm}^{-2}\text{day}^{-1}$) は、3%区で約 0.268、9%区で約 1.513、13%区で約 1.466、100%区で約 0.908 と、相対光量子密度 9%区で最も高くなった (表 14, 図 30)。

各個体の乾燥重量と葉面積の比率を表す葉面積比 (LAR、 m^2g^{-1}) は、3%区~100%区で有意な差は無く約 0.037~0.051 であった (表 14, 図 30)。以上の結果から、本種の RGR が 100%区で極めて低くなった主な原因は、葉面積の増大分を補えないほどの光合成活性 (NAR) の極端な低下であると考えられる。

各個体の葉の厚みを葉面積/重量ベースで表す比葉面積 (SLA、 m^2g^{-1}) は、3%区で約 0.087、9%区で約 0.065、13%区で約 0.061、100%区で約 0.050 と、相対光量子密度が低い区ほど高くなった (表 14, 図 30)。

器官別重量比 (WR) のうち葉の重量比である LWR は約 54%—約 60%、茎の重量比である SWR は約 17%—約 25%、根の重量比である RWR は約 15%—約 30%となった (図 30)。

これらの LAR、SLA の処理による違いは、光が不足して光合成活性が低下した場合に、葉の厚さを薄くして、同じ資源量でもより広い面積の葉を生産することで、光合成生産量を確保しようという、多くの植物種に現れる特性と同様のものである。しかし、暗い環境下では LAR の増加が完全に NAR の低下を補えずに、結果として RGR の低下を引き起こすと考えられる。

オニドコロ

本種の各個体の平均乾燥重量は、初期サンプリング時には約 0.041g であったが、最終サンプリング時には約 0.037g (3%区)、約 0.061g (9%区)、約 0.041g (13%区)、約 0.019g (100%区) であった (表 14)。

相対生長速度 (RGR、 $\text{gg}^{-1}\text{day}^{-1}$) は、3%区、100%区でそれぞれ約-0.016、約-0.028 を示し、9%区で最も高い約 0.022 を示していることから (表 14, 図 31)、本種は相対光量子密度が 9%—13%という日陰で良く生長するが、極端に明るい場所や暗い所では生長が悪くなると考えられる。これは、本種が里地・里山の林内という日陰になっている立地に生育している理由の一つであると考えられる。

光合成活性を表す純同化率 (NAR、 $\text{gm}^{-2}\text{day}^{-1}$) は、3%区で約-0.876、9%区で約 1.492、13%区で約 0.391、100%区で約-1.731 と、相対光量子密度 9%区で最も高くなった (表 14, 図 31)。

各個体の乾燥重量と葉面積の比率を表す葉面積比 (LAR、 m^2g^{-1}) は、3%区—100%区で有意な差は無く約 0.015—0.019 であった (表 14, 図 31)。以上の結果から、本種の RGR が 100%区で極めて低くなった主な原因は、葉面積の増大分を補えないほどの光合成活性 (NAR) の極端な低下であると考えられる。

各個体の葉の厚みを葉面積/重量ベースで表す比葉面積 (SLA、 m^2g^{-1}) は、3%区で約 0.078、9%区で約 0.055、13%区で約 0.043、100%区で約 0.049 と、相対光量子密度が低い区ほど高くなった (表 14, 図 31)。

器官別重量比 (WR) のうち葉の重量比である LWR は約 24%—約 35%、茎の重量比である SWR は約 8%—約 15%、根の重量比である RWR は約 50%—約 69%となった (図 31)。

これらの LAR、SLA の処理による違いは、光が不足して光合成活性が低下した場合に、葉の厚さを薄くして、同じ資源量でもより広い面積の葉を生産することで、光合成生産量を確保しようという、多くの植物種に現れる特性と同様のものである。しかし、暗い環境下では LAR の増加が完全に NAR の低下を補えずに、結果として RGR の低下を引き起こすと考えられる。

モミジガサ

他の植物種と同様の条件下で培養を行ったが、ピートバンに移植し培養している段階でほとんどが枯死し、栽培実験を行うことができなかった。本研究では、2017年産の種子を使用したにもかかわらず、冷蔵保存、冷凍保存の影響を受け種子が劣化したことで栽培できなかった可能性がある。また、諏訪間（2018）は、本種の2012年産および2015年産の種子を用いて実験を行ったが、同様に栽培できていない。

異なる温度条件下で栽培した植物の生長解析

結論

本研究により、群馬県内には、
をはじめとする多数の絶滅危惧・希少植物種
が生育できる良好な里地・里山地域が現存していることが分かった。

本研究の現地調査によって、西榛名地域では、23種の希少種および絶滅危惧種を含む在
来種71種の生育が確認され、植物種多様性の高い地域であることが判明した。

絶滅が危惧されている
や
の開花個体調査では、昨年同様多くの
個体が確認され、この地域における生育環境が良好な状態で維持されていることが確認で
きた。

以外の植物種の発芽実験では、実験の結果、里地・里山地域に生育する在来植物種の多様な発芽特性が確認できた。オニドコロ、
、モミジガサ、ヤクシソウの4種において各種冷湿処理を行った結果、高い発芽率が記録された。また、オニドコロを除く3種が観察開始後2〜3日で発芽開始し、約1週間ほどでほとんどの種子が発芽し終えているのに対し、オニドコロは約10日後に発芽が確認されている。カラハナソウとキバナアキギリにおいては、硫酸処理に加えて冷湿処理を施しただけでは解除できないほど深い休眠状態にあることが判明した。今後も様々な条件下での実験を行い、休眠解除の条件を調べる必要がある。

は、最終発芽率が非常に低い結果となった。休眠を解除する条件が解明できていないため、今後も同様の実験を行い、休眠解除の要因を解明する必要がある。

植物に対する光条件を変化させた生長解析では、実験結果から、
は幅広い光環境で生育できるが、草本の生い茂る林内では生育できないことが明らかになった。また、ヤクシソウとオニドコロは、ある程度被日陰のある地域を生育環境として好み、裸地や草本の生い茂る林内では生育できないことが明らかになった。モミジガサは生育不良のため実験を行うことができず、種子の劣化が原因であると推察される。

の温度条件を変化させた生長解析では、実験結果から、ある程度日陰のある温度の低い地域を生育環境として好み、裸地などの温度の高い地域では生育できないことが明らかになった。

謝辞

本研究は、群馬大学社会情報学部情報社会科学科・石川真一教授のご指導の下、環境科学研究室内で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、最後まで熱心なご指導・ご助言を賜りました。

西榛名地域での調査におきましては、群馬県自然環境調査研究会・大平満氏にご協力いただきました。

また、調査に協力していただいた群馬大学大学院修士課程社会情報学研究科 1 年生の管雪氏、馬圓氏をはじめとする、研究室の学生の皆様のご協力なしには完成し得なかったものであります。心から感謝し、厚く御礼申し上げます。

引用文献・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卒業論文
- 石井実 (2006)「生態学からみた里山の自然と保護」. 1, 5, 25, 120, 147, 160, 178, 183.
- 石井実・植田邦彦・重松敏則 (2000)「里山の自然をまもる」築地書館. 19, 40, 104, 115, 118, 128, 130.
- 犬井正 (2002)「里山と人の履歴」. 14, 15, 21, 26, 28, 83, 91, 130, 167, 171, 186.
- 江方一紀 (2010)「群馬県内の水辺の自然環境に生育する植物相の動態に関するモニタリング調査」群馬大学社会情報学部卒業論文
- 大橋広好・門田裕一・木原浩・邑田仁・米倉浩司 (編) (2017)「改訂新版 日本の野生植物 2」平凡社. 106
- 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
- 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
- 佐土原聡・小池文人・嘉田良平・佐藤裕一 (2011)「里山創生」. 17.
- 嶋方里佳 (2016)「榛名山西部の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」群馬大学社会情報学部卒業論文
- 森林文化協会 (2009)「生物多様性の日本」. 11, 12, 22, 111.
- 須賀丈・岡本透・丑丸敦史 (2012)「草地と日本人」
- 諏訪間 (2018)「榛名山の里山地域における希少植物種の保全と再生方法に関する生態学的研究」群馬大学社会情報学部卒業論文
- 高橋美絵 (2009)「里山の植物多様性の形式メカニズムに関する環境科学的基礎研究」群馬大学社会情報学部卒業論文
- 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最低額的基础研究」群馬大学社会情報学部卒業論文
- 中村浩二・嘉田良平 (2010)「里山復権」. 24, 26, 39.
- 根本正之 (2010)「身近な自然の保全生態学」. 10, 49, 52, 54, 185.
- 牧野富太郎 (2000)「新訂 牧野新日本植物図鑑」(小野幹雄・大場秀章・西田誠編) 北隆館. 48, 647, 795, 803, 826, 882,
- 丸山徳次・宮浦富保 (2009)「里山学のまなざし」. 141, 180, 260.
- 山里純 (2017)「群馬県内の里地・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」群馬大学社会情報学部卒業論文

鷺谷いづみ (1999) 「生物保全の生態学」. 2, 18, 22, 26, 36, 41, 49.

鷺谷いづみ・武内和彦・西田睦「生態系へのまなざし」. 37, 38, 56, 133, 289.

横浜国立大学 (2007) 「生態系サービスと人類の将来」. xiii, 9, 65.

外務省 HP

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

環境省 HP

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

<http://www.env.go.jp/press/103881.html>

<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=15758>

http://www.biodic.go.jp/biodiversity/about/biodiv_crisis.html

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

群馬県 HP

<http://www.pref.gunma.jp/04/e2300266.html>

<https://www.pref.gunma.jp/04/e2300278.html>

WWF ジャパン HP

<https://www.wwf.or.jp/activities/wildlife/cat1014/cat1085/#01>

写真・表・図

写真 1 西榛名地域における里山風景

上：二次林（撮影日：2018年9月28日）

下：棚田（撮影日：2018年9月28日）

写真 2

写真 2 (続)

写真 2 (続)



写真 2 (続) 西榛名に自生する在来種 キバナアキギリ

写真 5

表・図

表 1 野外調査の日程・調査内容・調査場所一覧

表 2

表 3 発芽実験日程一覧

科名	種名	種子採取日時	種子採取地	処理条件	実験温度区分					発芽実験開始日	発芽実験終了日	実験日数
					10/6℃	17/8℃	22/10℃	25/13℃	30/15℃			
キク科		2017	西榛名	冷湿処理2ヶ月	○	○	○	○	○	2018/6/9	2018/8/9	61
キク科	モミジガサ	2017	西榛名	冷湿処理2ヶ月	○	○	○	○	○	2018/6/9	2018/8/9	61
キク科	ヤクシソウ	2017	西榛名	冷湿処理2ヶ月	○	○	○	○	○	2018/6/8	2018/8/8	61
ヤマノイモ科	オニドコロ	2017	西榛名	冷湿処理2ヶ月	○	○	○	○	○	2018/6/9	2018/8/9	61

科名	種名	種子採取日時	種子採取地	処理条件	実験温度区分	発芽実験開始日	発芽実験終了日	実験日数
キク科	キバナアキギリ	2016	西榛名	硫酸処理+冷湿処理2ヶ月	25/13℃	2018/9/25	2018/11/26	61
クワ科	カラハナソウ	2017	西榛名	硫酸処理+冷湿処理2ヶ月	25/13℃	2018/9/25	2018/11/26	61

表 3 (続き) 発芽実験日程一覧

表 4 栽培実験日程一覧

科名	種名	補え替え日	実験開始日	サンプリング日	実施光条件(および温度条件)区			
					100%	13%	9%	3%
ヤマノイモ科	オニドコロ	2018/8/21	2018/8/21	2018/9/5	○	○	○	○
				2018/10/3				
キク科		2018/7/17	2018/7/17	2018/7/17	○	○	○	○
				2018/8/7				
キク科	ヤクシソウ	2018/7/17	2018/7/17	2018/7/17	○	○	○	○
				2018/8/7				

表 5 西榛名地域において生育が確認された植物およびその生態学的特徴一覧

(調査日は、4月15日、5月5日、5月9日、5月11日、6月7日、6月26日、9月28日であった。)

科名	種名	学名	花期	生活型	分布地域	生育地	確認日	備考
イネ科	ヒロハノハネガヤ	<i>Orthophyllum coreanum</i> var. <i>kengii</i>	8-10月	多年草	本州・四国・九州	山地	2018/9/28	
イネ科	コウガイゼキシヨウ	<i>Juncus prismatocarpus</i> subsp. <i>leschenaultii</i>	6-7月	多年草	北海道・本州・四国・九州	湿地、水辺	2018/9/28	
イラクサ科	アオミス	<i>Pilea mongolica</i>	8-10月	一年草	北海道・本州・四国・九州	沢沿いの湿地	2018/9/28	
イラクサ科	クサコアカリ	<i>Boehmeria tricuspis</i> var. <i>unicuspis</i>	8-9月	多年草	日本各地	山野、土手	2018/9/28	
ウキゴケ科	イチヨウウキゴケ	<i>Ricciocarpos natans</i>	—	—	日本各地	水田	2018/9/28	
オオバコ科	ムシクサ	<i>Veronica peregrina</i>	4-5月	一年草	日本各地	水田、湿地	2018/9/28	
オトギリシウ科	コケオトギリ	<i>Hypericum laxum</i>	7-8月	一年草	北海道・本州・四国・九州	休耕地、湿地	2018/9/28	
オミナエシ科	オトコエシ	<i>Patrinia villosa</i>	7-10月	多年草	北海道・本州・四国・九州	山野	2018/9/28	
オモダカ科	オモダカ	<i>Sagittaria trifolia</i>	8-10月	多年草	日本各地	水田、湿地	2018/9/28	
カヤツリグサ科	ウシクダ	<i>Oyperus orthostachyus</i>	8-10月	一年草	日本各地	畦、河川敷	2018/9/28	
カヤツリグサ科	ヒメクダ	<i>Oyperus brevifolius</i>	7-10月	多年草	北海道・本州・四国・九州	道端、田畑	2018/9/28	
キク科	アキノキリシロウ	<i>Solidago virgaurea</i> var. <i>asiatica</i>	8-11月	多年草	北海道・本州・四国・九州	山地	2018/9/28	
キク科	ゴマナ	<i>Aster glaberrimus</i> var. <i>hondoensis</i>	8-9月	多年草	北海道・本州・四国	低山	2018/9/28	
キク科	コメナミ	<i>Siegesbeckia glabrescens</i>	9-10月	一年草	北海道・本州・四国・九州	山野、道端	2018/9/28	
キク科	シラヤアザミ	<i>Aster scaber</i>	8-10月	多年草	日本各地	山地	2018/9/28	
キク科	シロヨメナ	<i>Aster leucophyllus</i>	9-11月	多年草	本州・四国・九州	林内、林縁	2018/9/28	
キク科	セイタカトコロシロ	<i>Saussurea tanakae</i>	9-10月	多年草	本州(関東・中部・中国地方)	山地	2018/9/28	
キク科	タウコギ	<i>Bidens tripartita</i>	8-10月	一年草	日本各地	湿地	2018/9/28	
キク科	タカサフロウ	<i>Elipha prostrata</i>	8-9月	一年草	本州・四国・九州・南西諸島	水田の脇、湿地	2018/9/28	
キク科	ノコンギク	<i>Aster ageratoides</i> subsp. <i>ovatus</i>	9-11月	多年草	本州・四国・九州	草原、土手	2018/9/28	
キク科	ノハラアザミ	<i>Cirsium oligophyllum</i>	9-10月	多年草	本州中部以北	山地	2018/9/28	
キク科	ノコキ	<i>Adenocaulon himalaicum</i>	7-10月	多年草	北海道・本州・四国・九州	林内、林縁	2018/9/28	
キク科	モミジガサ	<i>Caecalia delphinifolia</i>	8-10月	多年草	北海道・本州・四国・九州	山地	2018/9/28	
キク科	ヤクシソウ	<i>Youngia denticulata</i>	8-11月	越年草	日本各地	野原、道端	2018/9/28	
キク科	ユウガキク	<i>Kalimeris pinnatifida</i>	7-10月	多年草	本州・四国・九州	山野	2018/9/28	
キンポウゲ科	サラシナシヨウ	<i>Cimicifuga simplex</i>	8-10月	多年草	北海道・本州・四国・九州	林内、林縁	2018/9/28	
クワ科	カラハナソウ	<i>Hemulus lupulus</i> var. <i>cordifolius</i>	8-9月	多年草	北海道・本州中部以北	山地、林縁	2018/9/28	
クワ科	クワササ	<i>Fatoua villosa</i>	9-10月	一年草	本州・四国・九州	道端	2018/9/28	
サトウモロコシ科	カライサヲシロシヨウ	<i>Arisaema longilaminum</i>	6月	多年草	本州	林内、半湿地	2018/9/28	

表 5 (続き) 西榛名地域において生育が確認された植物およびその生態学的特徴一覧

科名	種名	学名	花期	生活型	分布地域	生息地	確認日	備考
シソ科	アキタムラサキ	<i>Salvia japonica</i>	8-11月	多年草	本州東北以南・四国・九州	道端、土手	2018/9/28	
シソ科	イヌトウバナ	<i>Olinopodium micranthum</i>	8-10月	多年草	本州・四国・九州	山地	2018/9/28	
シソ科	キバナアキギリ	<i>Salvia nipponica</i>	8-10月	多年草	本州・四国・九州	山地	2018/9/28	
シソ科	ヒメシジ	<i>Mosla dianthera</i>	9-10月	一年草	北海道・本州・四国・九州	林縁、道端	2018/9/28	
シヤブクモ科	シヤブクモ	<i>Chara braunii</i>	—	—	日本各地	ため池、水田	2018/9/28	
セリ科	シラネセンキュウ	<i>Angelica polymorpha</i>	9-11月	多年草	本州・四国・九州	沢沿い、林内	2018/9/28	
セリ科	ノダケ	<i>Angelica decursiva</i>	9-10月	多年草	本州・四国・九州	草原、林縁	2018/9/28	
タデ科	アキノウナギツカミ	<i>Polygonum sieboldii</i>	7-9月	一年草	北海道・本州・四国・九州	草叢、荒れ地	2018/9/28	
タデ科	イヌタデ	<i>Polygonum longisetum</i>	7-11月	一年草	日本各地	道端、土手、空き地	2018/9/28	
タデ科	ハナタデ	<i>Polygonum caespitosum var. laxiflorum</i>	9-10月	一年草	日本各地	林内、道端	2018/9/28	
タデ科	ミソソバ	<i>Persicaria thunbergii</i>	8-10月	一年草	日本各地	湿地	2018/9/28	
ツユクサ科	イホクサ	<i>Anelema keisak</i>	9-10月	一年草	本州・四国・九州	池沼、湿地	2018/9/28	
ツリフネソウ科	ツリフネソウ	<i>Impatiens textori</i>	7-9月	一年草	日本各地	湿地	2018/9/28	
ナデシコ科	フシダロセンノウ	<i>Lychnis niqueliana</i>	8-10月	多年草	本州・四国・九州	山地	2018/9/28	
ハナ科	キツミスズキ	<i>Agrimonia pilosa</i>	8-10月	多年草	日本各地	林縁、藪	2018/9/28	
ヒルムシロ科	ホソバミスズキモ	<i>Potamogeton octandrum</i>	6-9月	多年草	日本各地	ため池、湿地、水田	2018/9/28	
ヒルムシロ科	イトイヌビエ	<i>Eriocaulon decemflorum var. nipponicum</i>	8-9月	一年草	日本各地	湿地	2018/9/28	
マメ科	ナシトシハギ	<i>Vicia unjuga</i>	6-10月	多年草	北海道・本州・四国・九州	草原	2018/9/28	
マメ科	ヌスビトハギ	<i>Desmodium racemosum</i>	8-10月	多年草	日本各地	山野、道端	2018/9/28	
ミズアオイ科	コナギ	<i>Monochoria vaginalis</i>	8-10月	一年草	本州・四国・九州	水田	2018/9/28	
ミズニナコ科	ミズニナコ	<i>Isoetes japonica</i>	—	多年草	本州・四国・九州	水田、休耕地	2018/9/28	
ミソハギ科	ヒメミソハギ	<i>Amannia multiflora</i>	9-11月	一年草	日本各地	水田、湿地	2018/9/28	
ヤブノイモ科	ヤブノイモ	<i>Dioscorea japonica</i>	7-8月	多年草	日本各地	山野、道端	2018/9/28	
ユキノシタ科	チダケサシ	<i>Astilbe microphylla Knoll</i>	7-8月	多年草	本州・四国・九州	湿原、林縁	2018/9/28	日本固有種
ユリ科	ウハユリ	<i>Cardiocrinum cordatum</i>	7-8月	多年草	日本各地	山地、林内	2018/9/28	
ユリ科	ヤブユリ	<i>Lilium auratum</i>	7月	多年草	本州	山地	2018/4/15	
ユリ科	ユキザサ	<i>Smilacina japonica</i>	5-7月	多年草	北海道・本州・四国・九州	山地、林内	2018/9/28	
							2018/9/28	
							2018/9/28	
							2018/6/7	

表 6

表 7 発芽実験を行った植物種の最終発芽率

科名	種名	種子採取日時	種子採取地	処理条件	温度区	最終発芽率(%)	標準偏差
キク科		2017	西樺名	冷湿処理2ヶ月	30/15°C	89.3	4.6
キク科		2017	西樺名	冷湿処理2ヶ月	25/13°C	94.7	3.1
キク科		2017	西樺名	冷湿処理2ヶ月	22/10°C	94.0	4.0
キク科		2017	西樺名	冷湿処理2ヶ月	17/8°C	91.3	4.2
キク科		2017	西樺名	冷湿処理2ヶ月	10/6°C	88.7	1.2
キク科	モミジガサ	2017	西樺名	冷湿処理2ヶ月	30/15°C	99.3	1.2
キク科	モミジガサ	2017	西樺名	冷湿処理2ヶ月	25/13°C	99.3	1.2
キク科	モミジガサ	2017	西樺名	冷湿処理2ヶ月	22/10°C	98.7	1.2
キク科	モミジガサ	2017	西樺名	冷湿処理2ヶ月	17/8°C	99.3	1.2
キク科	モミジガサ	2017	西樺名	冷湿処理2ヶ月	10/6°C	100.0	0.0
キク科	ヤクシソウ	2017	西樺名	冷湿処理2ヶ月	30/15°C	97.3	1.2
キク科	ヤクシソウ	2017	西樺名	冷湿処理2ヶ月	25/13°C	98.7	1.2
キク科	ヤクシソウ	2017	西樺名	冷湿処理2ヶ月	22/10°C	95.3	1.2
キク科	ヤクシソウ	2017	西樺名	冷湿処理2ヶ月	17/8°C	86.7	9.5
キク科	ヤクシソウ	2017	西樺名	冷湿処理2ヶ月	10/6°C	80.0	2.0
ヤマノイモ科	オニドコロ	2017	西樺名	冷湿処理2ヶ月	30/15°C	83.0	7.1
ヤマノイモ科	オニドコロ	2017	西樺名	冷湿処理2ヶ月	25/13°C	90.0	4.0
ヤマノイモ科	オニドコロ	2017	西樺名	冷湿処理2ヶ月	22/10°C	90.0	7.2
ヤマノイモ科	オニドコロ	2017	西樺名	冷湿処理2ヶ月	17/8°C	96.7	2.3
ヤマノイモ科	オニドコロ	2017	西樺名	冷湿処理2ヶ月	10/6°C	95.3	2.3
キク科	キバナアキギリ	2016	西樺名	硫酸処理+冷湿処理2ヶ月	25/13°C	2.7	1.2
クワ科	カラハナソウ	2017	西樺名	硫酸処理+冷湿処理2ヶ月	25/13°C	3.3	3.1
ケシ科		2016	西樺名	硫酸処理+冷湿処理2ヶ月	25/13°C	0.0	0.0
ケシ科		2016	西樺名	硫酸処理+冷湿処理2ヶ月	17/8°C	0.0	0.0
ケシ科		2016	西樺名	硫酸処理+冷湿処理2ヶ月+再冷湿処理2ヶ月	25/13°C	0.0	0.0
ケシ科		2016	西樺名	硫酸処理+冷湿処理2ヶ月+再冷湿処理2ヶ月	17/8°C	0.7	1.2

表 8

表 9

表 10

表 10 (続き)

表 10 (続き)

表 10 (続き)

表 10 (続き)

表 10 (続き)

表 10 (続き)

表 11

表 11 (続き)

表 11 (続き)

表 11 (続き)

表 11 (続き)

表 11 (続き)

表 12

表 12 (続き)

表 12 (続き)

表 12 (続き)

表 12 (続き)

表 12 (続き)

表 13 栽培実験における各植物種の乾燥重量平均値・標準偏差一覧

なお、モミジガサについてはほとんどの個体が枯死し、栽培実験を行うことができなかった。

科名	種名	生活型	乾燥重量平均値・標準偏差	初期サンプリング時	最終サンプリング時			
					3%	9%	13%	100%
キク科		多年草	乾燥重量平均値(g)	0.135	0.134	0.304	0.301	0.355
			標準偏差	0.055	0.066	0.089	0.146	0.124
キク科	ヤクシソウ	越年草	乾燥重量平均値(g)	0.042	0.054	0.145	0.155	0.079
			標準偏差	0.022	0.019	0.041	0.111	0.061
ヤマノイモ科	オニドコロ	多年草	乾燥重量平均値(g)	0.041	0.037	0.061	0.041	0.018
			標準偏差	0.014	0.039	0.026	0.030	0.007

表 14 栽培実験における各植物種の生長解析の結果一覧

なお、モミジガサについてはほとんどの個体が枯死し、栽培実験を行うことができなかった。

科名	種名	生活型	相対光量子密度	平均				標準偏差			
				RGR(g/g/day)	LAR(m ² /g)	NAR(g/m ² /day)	SLA(m ² /g)	RGR(g/g/day)	LAR(m ² /g)	NAR(g/m ² /day)	SLA(m ² /g)
キク科		多年草	3%	-0.006	0.033	-0.174	0.058	0.010	0.004	0.277	0.006
			9%	0.042	0.028	1.511	0.041	0.013	0.004	0.299	0.004
			13%	0.041	0.027	1.596	0.040	0.008	0.004	0.331	0.005
			100%	0.043	0.025	1.788	0.035	0.007	0.004	0.391	0.006
キク科	ヤクシソウ	越年草	3%	0.013	0.051	0.268	0.087	0.008	0.005	0.158	0.012
			9%	0.062	0.043	1.513	0.065	0.010	0.005	0.218	0.008
			13%	0.056	0.041	1.466	0.061	0.017	0.004	0.570	0.007
			100%	0.030	0.037	0.908	0.050	0.009	0.007	0.461	0.018
ヤマノイモ科	オニドコロ	多年草	3%	-0.016	0.019	-0.876	0.078	0.030	0.009	1.746	0.058
			9%	0.022	0.015	1.492	0.055	0.012	0.001	0.786	0.014
			13%	0.008	0.016	0.391	0.043	0.014	0.004	0.928	0.013
			100%	-0.028	0.017	-1.731	0.049	0.004	0.005	0.502	0.014

☒ 1

図 1 (続き)

图 2

☒ 3

图 4

☒ 5

☒ 6

☒ 7

☒ 8

☒ 9

☒ 10

☒ 11

図 12 冷湿処理を施した
の種子の発芽率の経時変化

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
た温度勾配恒温器内で 2 ヶ月間培養した。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。

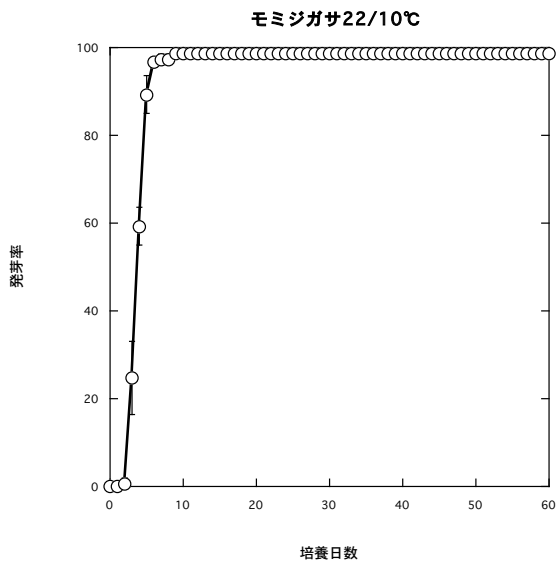
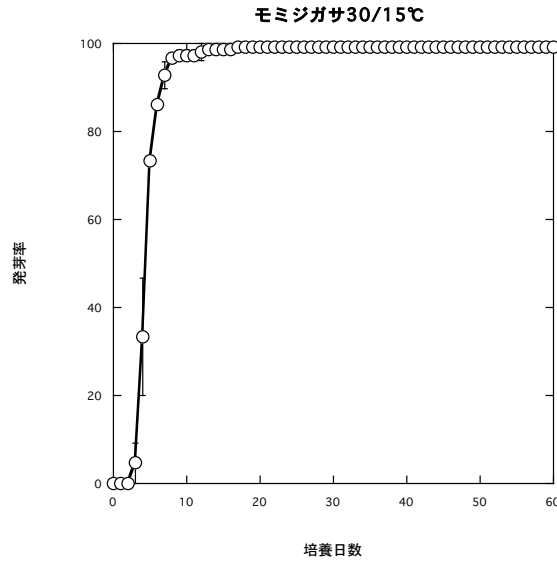
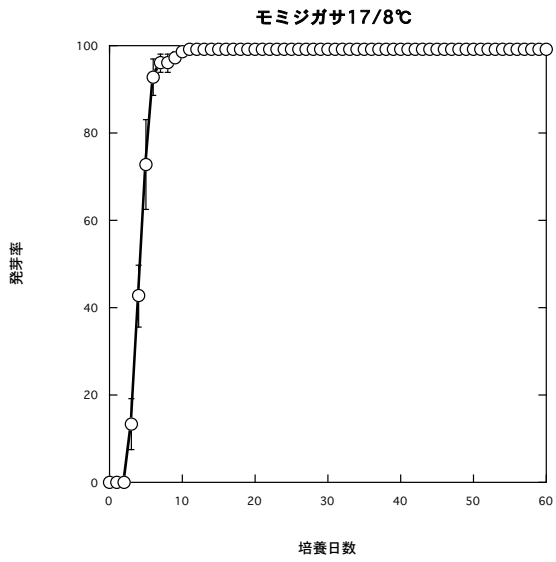
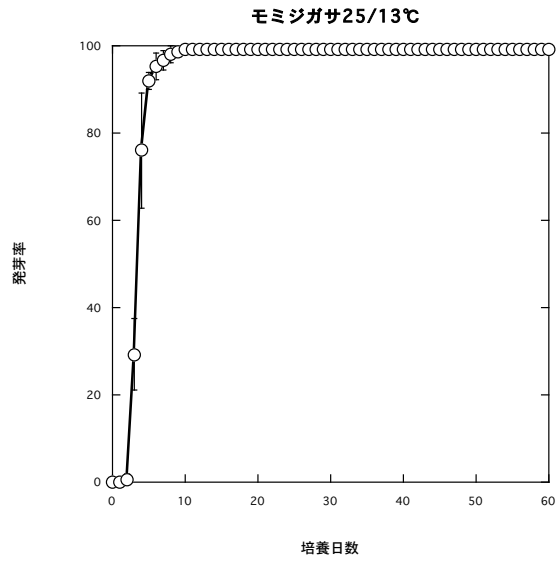
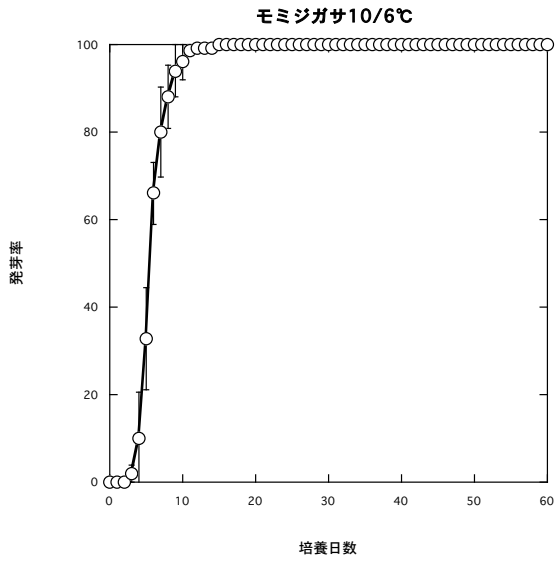


図 13 冷湿処理を施したモミジガサの種子の発芽率の経時変化

温度条件をそれぞれ 30/15℃、25/13℃、22/10℃、17/8℃、10/6℃（昼/夜）に設定した温度勾配恒温器内で2ヶ月間培養した。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

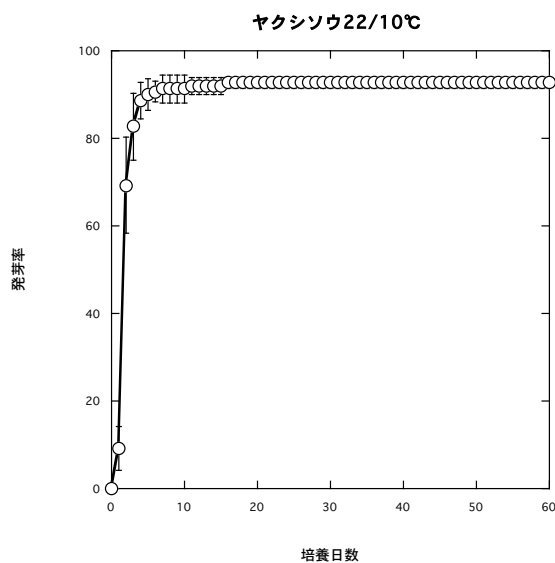
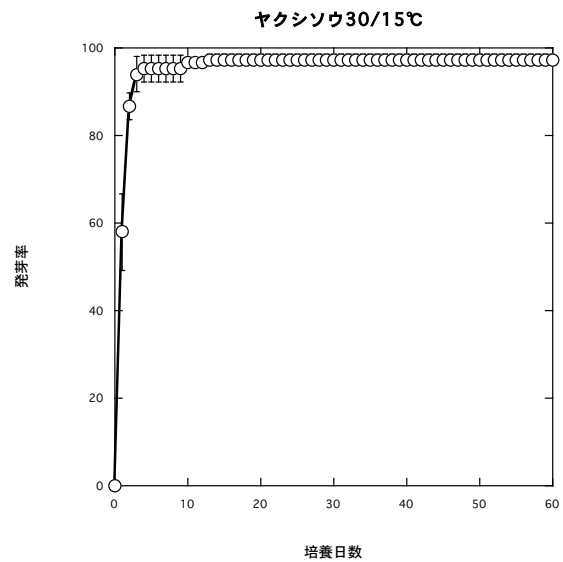
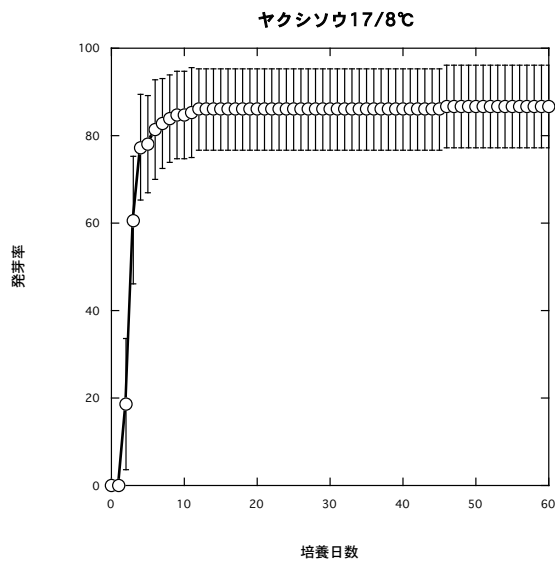
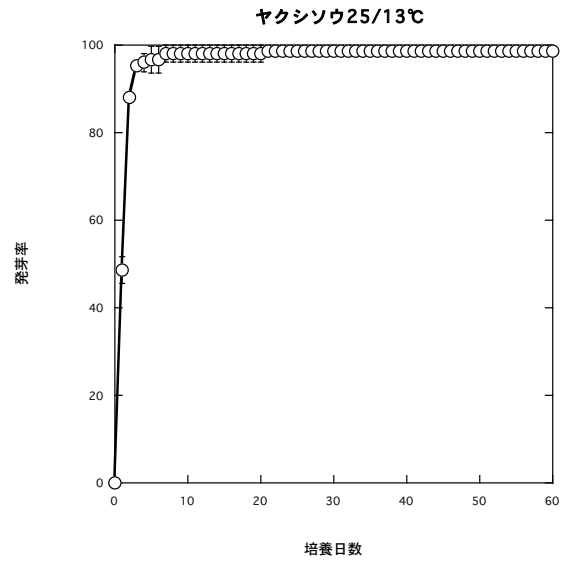
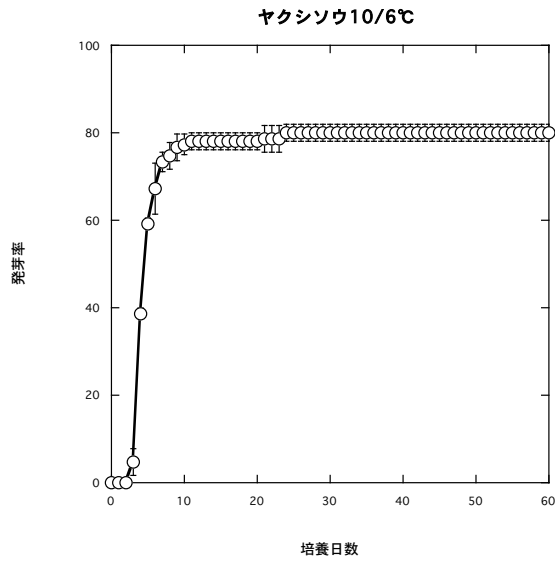


図 14 冷湿処理を施したヤクシソウの種子の発芽率の経時変化

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恒温器内で2ヶ月間培養した。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。

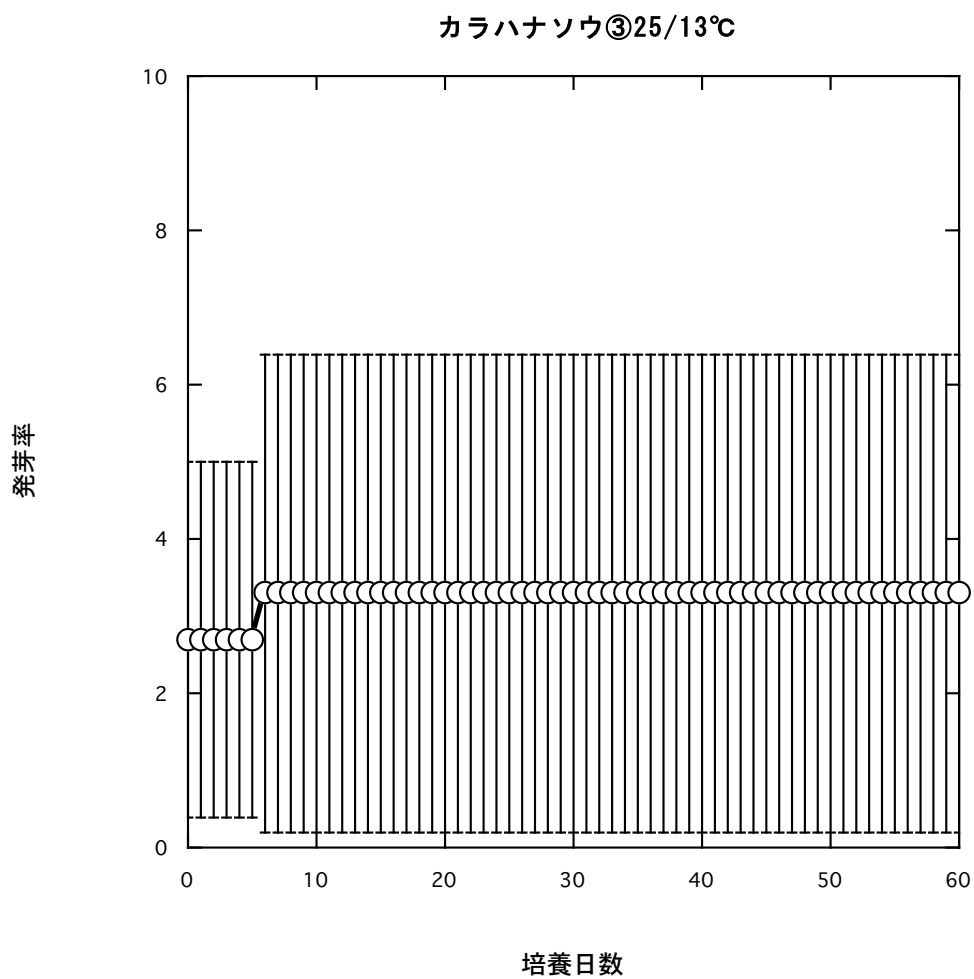


図 15 硫酸処理と冷湿処理を施したカラハナソウの種子の発芽率の経時変化

温度条件を 25/13℃（昼/夜）に設定した温度勾配型恒温器内で 2 ヶ月間培養した。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 16 硫酸処理と冷湿処理を施した

の種子の発芽率の経時変化

4℃の冷蔵庫内で2ヶ月間冷湿処理を行った後、温度条件を25/13℃、17/8℃（昼/夜）に設定した温度勾配型恒温器内で2ヶ月間培養した。この際に1回目の発芽観察を行った。

その後、発芽が観察されなかった種子については、さらに4℃の冷蔵庫内で再度2ヶ月間冷湿処理を実施した後、再び同じ条件下で2ヶ月間培養し、この際に2回目の発芽観察を行った。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。

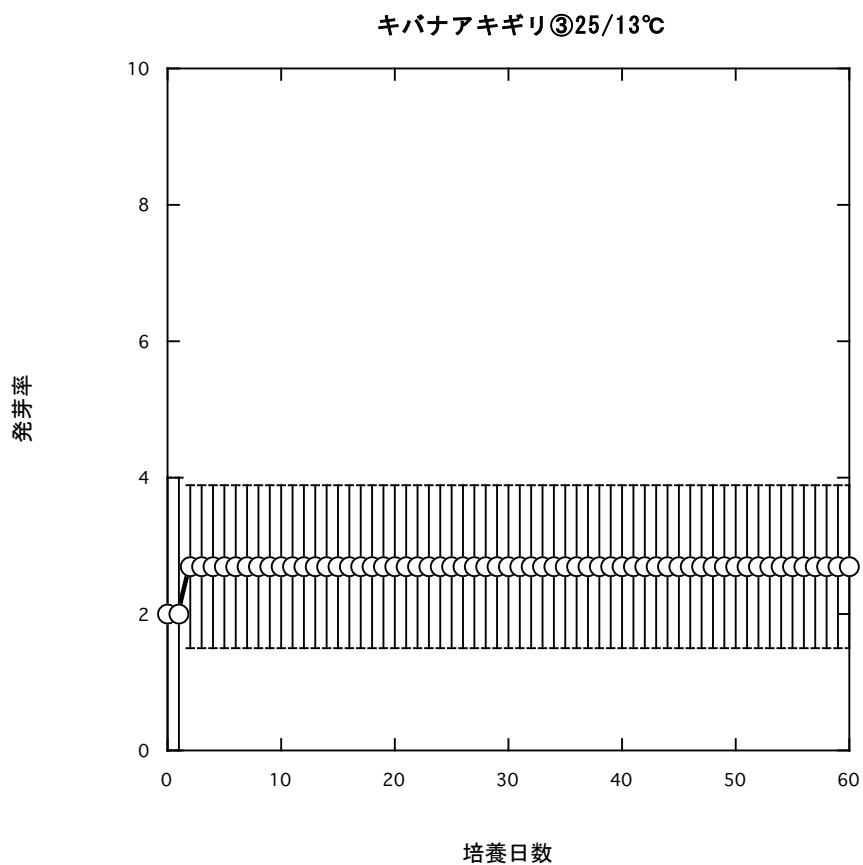


図 17 硫酸処理と冷湿処理を施したキバナアキギリの種子の発芽率の経時変化

温度条件を 25/13℃（昼/夜）に設定した温度勾配型恒温器内で 2 ヶ月間培養した。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。

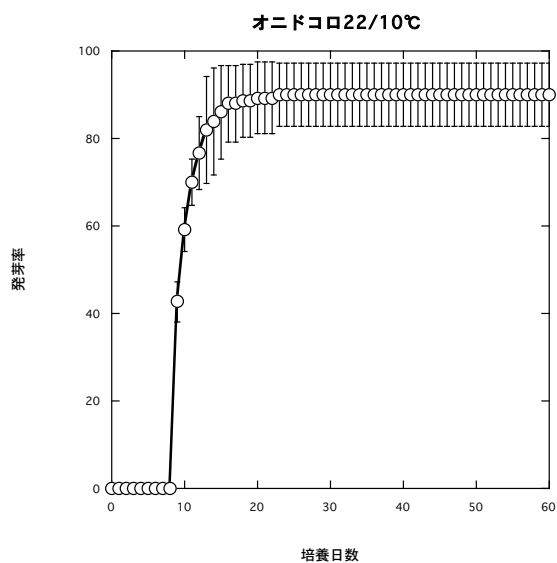
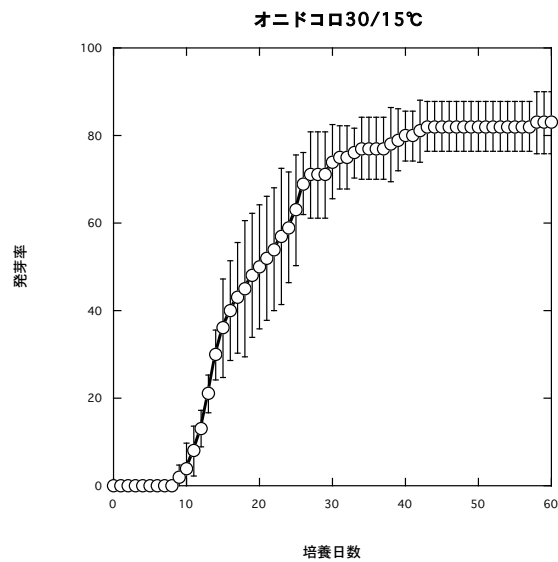
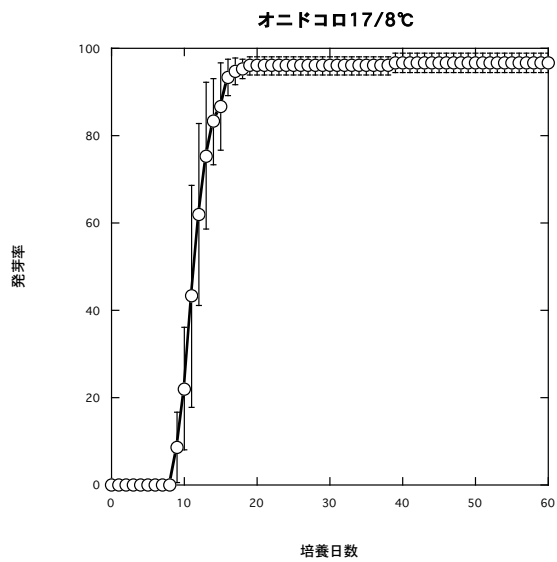
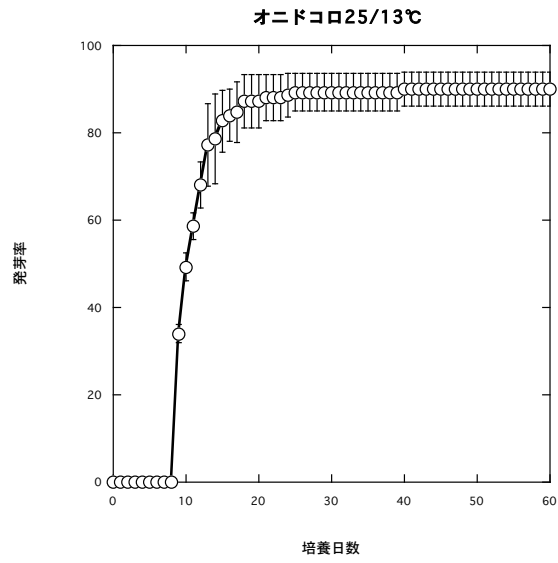
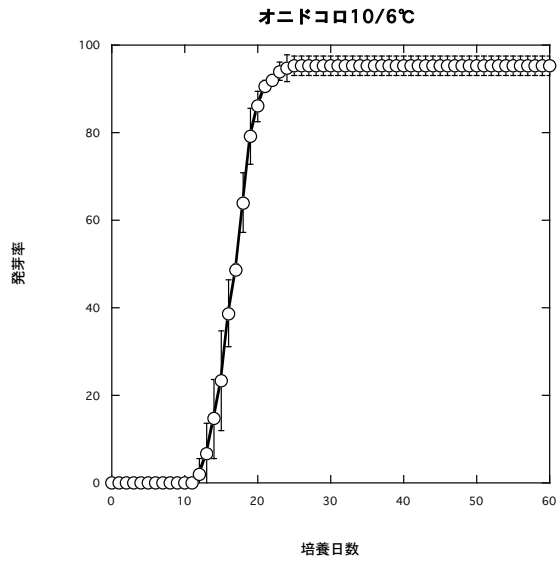


図 18 冷湿処理を施したオニドコロの種子の発芽率の経時変化

温度条件をそれぞれ 30/15℃、25/13℃、22/10℃、17/8℃、10/6℃（昼/夜）に設定した温度勾配恒温器内で2ヶ月間培養した。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。

图 19

図 19 (続)

図 19 (続)

☒ 20

図 20 (続)

図 20 (続)

図 20 (続)

图 21

☒ 22

图 23

图 24

图 25

☒ 26

☒ 27

図 27 (続き)

図 27 (続き)

図 27 (続き)

図 27 (続き)

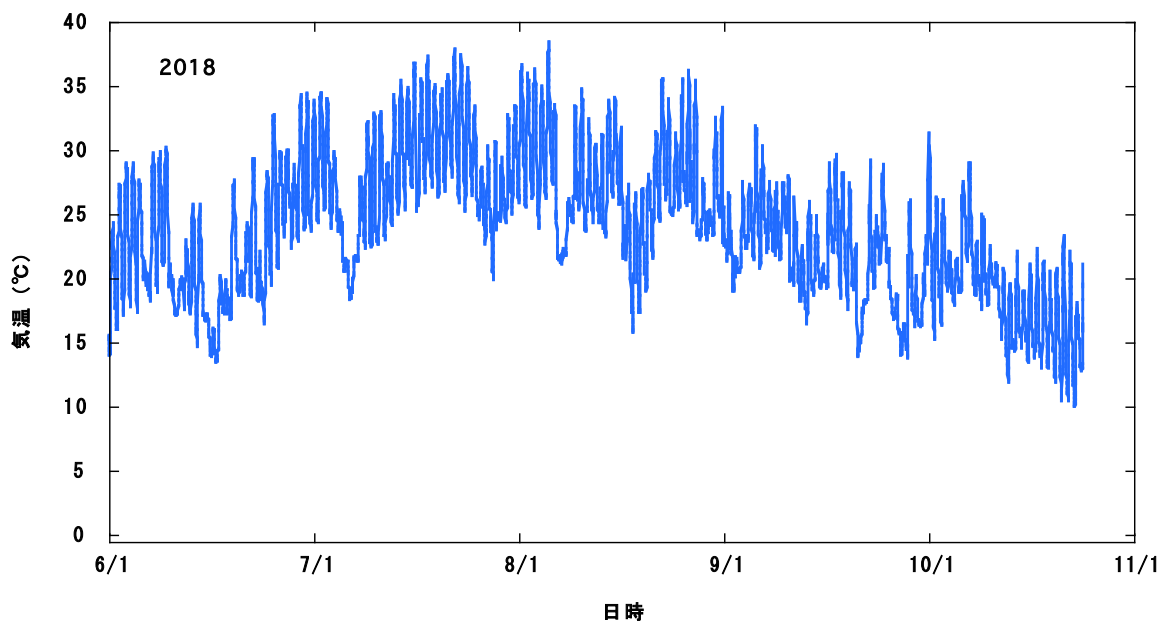
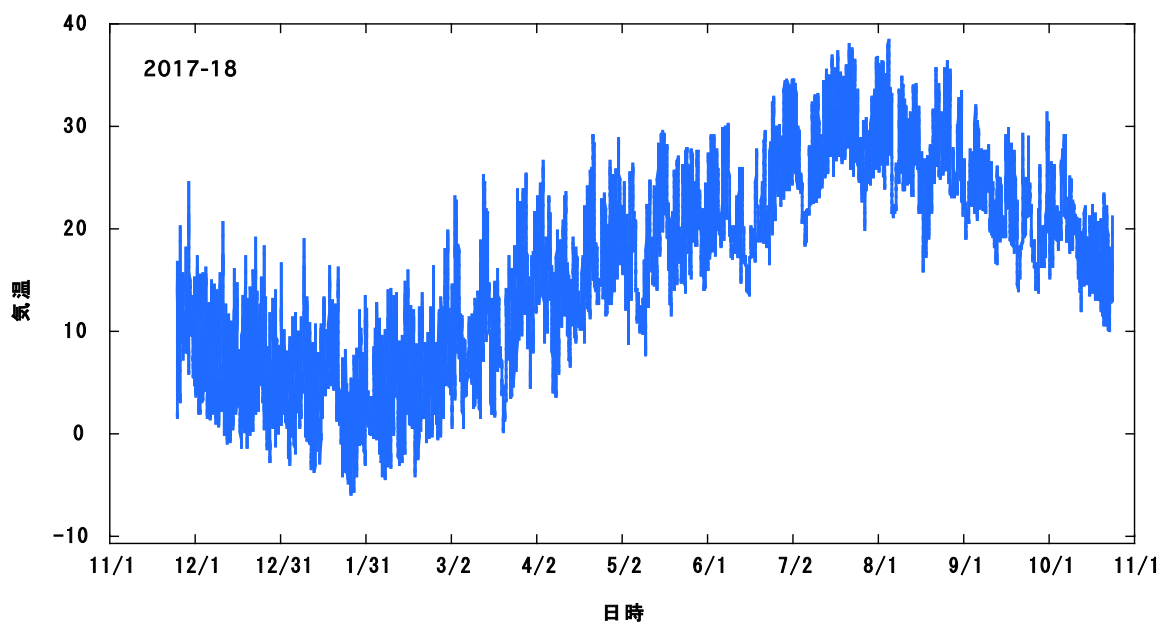


図 28 群馬大学荒牧キャンパス構内の栽培実験中期間中の圃場の気温

2017年11月から2018年11月までの間、群馬大学荒牧キャンパス構内の圃場で気温を温度データロガー（TR52,T&D corporation）をそれぞれ高さ1.5m付近に設置し、30分おきに連続測定した。上図は2017年11月から2018年11月、下図は2018年6月から11月の圃場の気温を示す。

図 29 異なる相対光量子密度下で栽培した
の生長解析結果

群馬大学荒牧キャンパス内の裸地に設置した異なる光条件区（相対光量子密度 3%、9%、13%、100%）内でポット植えにした苗を約 1 ヶ月間栽培した。相対生長速度（RGR）、純同化率（NAR）、葉面積比（LAR）、比葉面積（SLA）、器官別重量比（WR）を示す。縦棒は標準偏差。n=6。

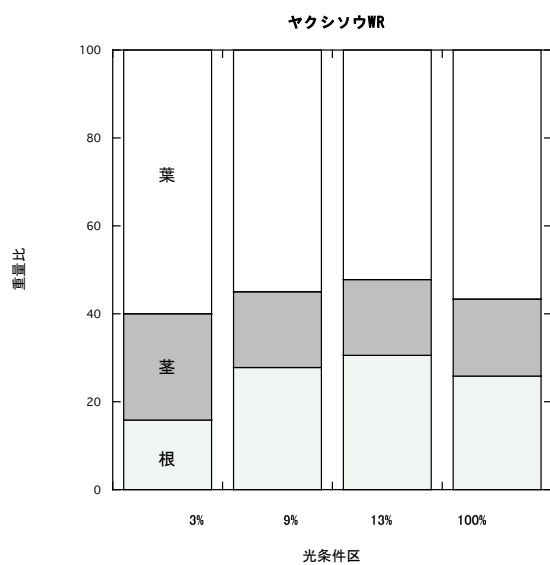
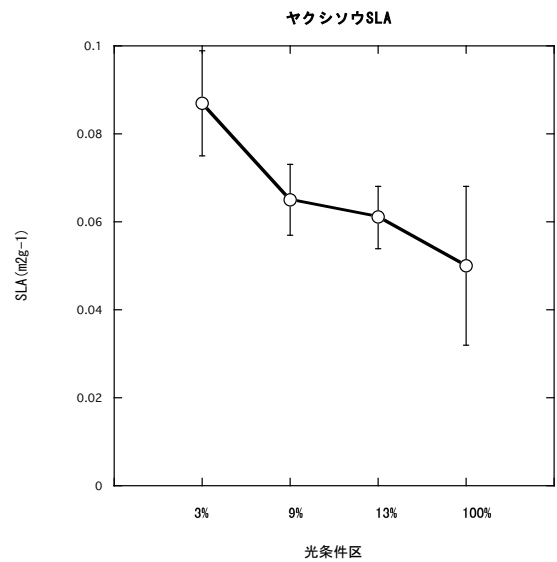
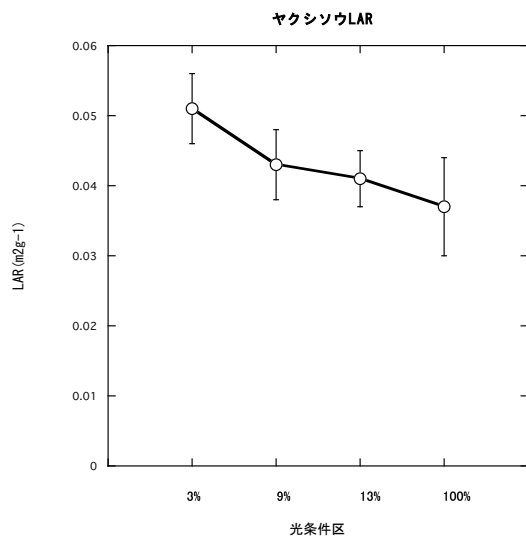
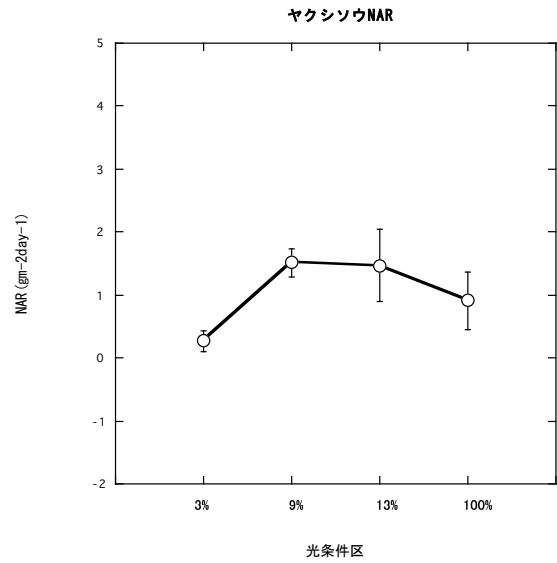
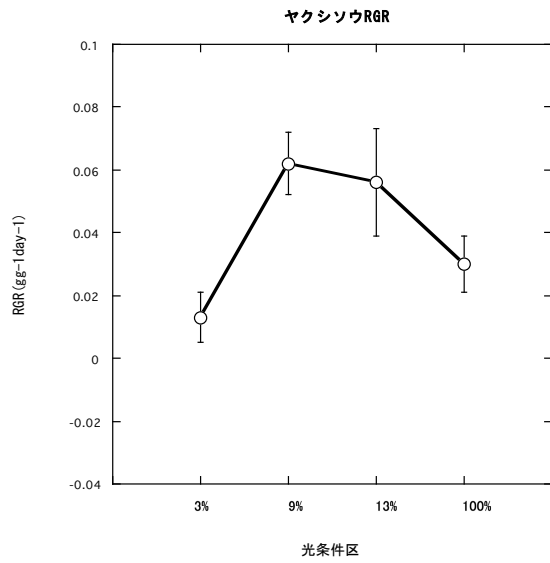


図 30 異なる相対光量子密度下で栽培したヤクシソウの生長解析結果

群馬大学荒牧キャンパス内の裸地に設置した異なる光条件区（相対光量子密度 3%、9%、13%、100%）内でポット植えにした苗を約 1 ヶ月間栽培した。相対生長速度（RGR）、純同化率（NAR）、葉面積比（LAR）、比葉面積（SLA）、器官別重量比（WR）を示す。縦棒は標準偏差。n=6

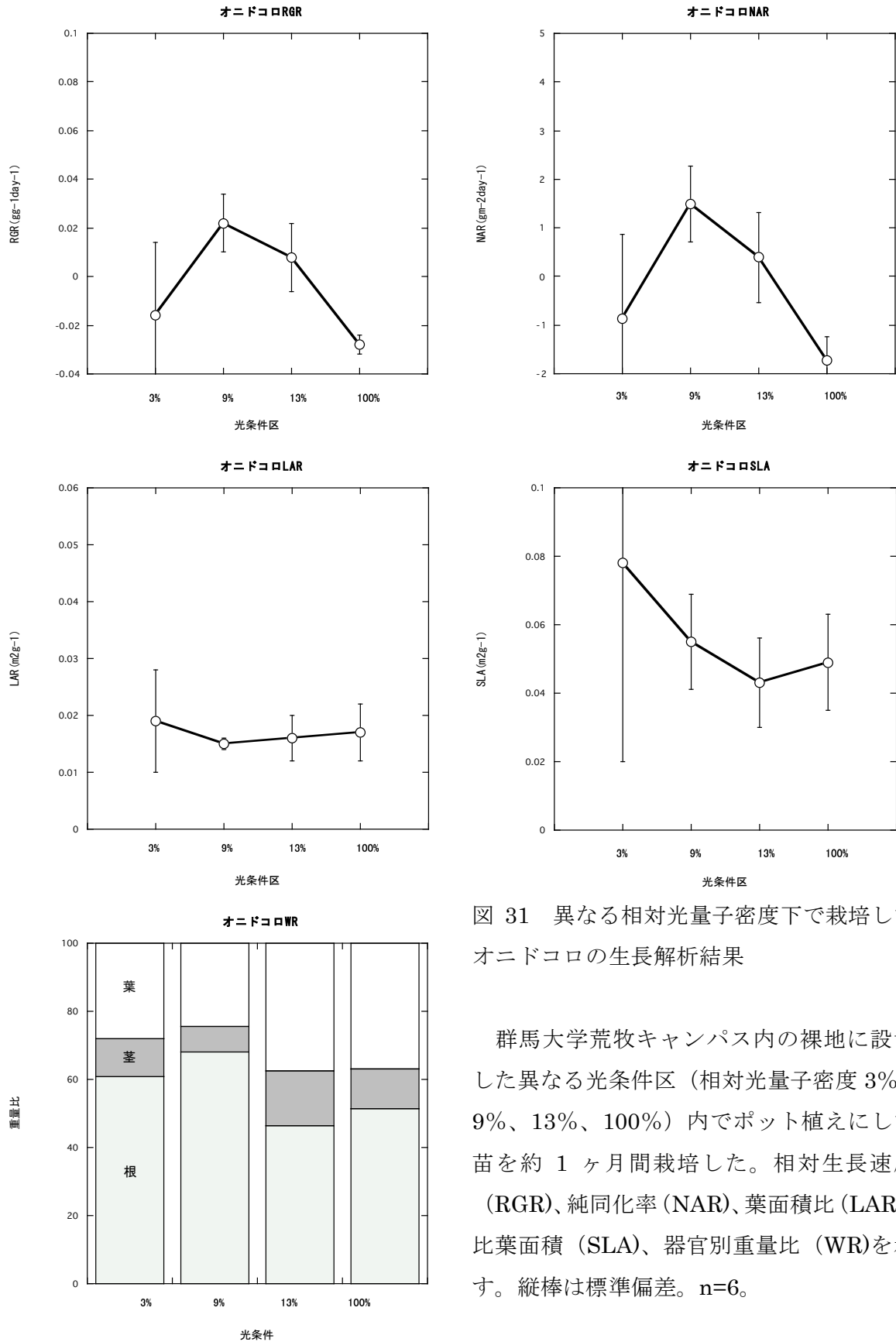



図 31 異なる相対光量子密度下で栽培したオニドコロの生長解析結果

群馬大学荒牧キャンパス内の裸地に設置した異なる光条件区（相対光量子密度 3%、9%、13%、100%）内でポット植えにした苗を約 1 ヶ月間栽培した。相対生長速度（RGR）、純同化率（NAR）、葉面積比（LAR）、比葉面積（SLA）、器官別重量比（WR）を示す。縦棒は標準偏差。n=6。

図 32

25/13℃ (昼/夜) に設定したグロースキャ
ビネット内で前培養した  を温度
勾配型恒温器内 (10/6℃、17/8℃、22/10℃、
25/13℃、30/15℃) で約 1 ヶ月間栽培した。
相対生長速度 (RGR)、純同化率 (NAR)、
葉面積比 (LAR)、比葉面積 (SLA)、器官別
重量比 (WR)を示す。縦棒は標準偏差。n=6。