

# 修　士　論　文

題　　名　大型ビオトープにおける植物種多様性の  
育成管理方法に関する環境科学的研究

学籍番号　S1810010

氏　　名　馬圓

指導教員名　石川　真一　教員

年　月　日　提出

## 概要

ビオトープは、失われた身近な自然と生態系の再生、環境教育の場の提供、各地域における絶滅危惧種の系統維持、既存の緑地の間をつなぎ鳥類や昆虫類に利用されるネットワーク（緑の回廊）など、生物多様性の保全において重要な役割を担うことが期待されている（西廣 2003）。しかし、はるか遠くのほかの生息地の生物を持ち込んだり、外来植物の繁茂を放置したりしている例もある。これらは地域の生物多様性の保全を行っているとは言えない。そこで、本研究では大型ビオトープにおける植物種多様性の育成管理方法の環境科学的研究において、外来植物を抑制あるいは駆除しつつ、在来植物の増加を促進する方策を検討するために、2001年4月に竣工したアドバンテスト・ビオトープ（群馬県邑楽郡明和町）、2010年10月に竣工したチノー・ビオトープ（群馬県藤岡市森）、2012年竣工した男井戸川調整池（群馬県伊勢崎市）、2010年3月竣工した東洋水産ビオトープ（群馬県館林市）で現地調査を行った。さらに、各ビオトープ内およびビオトープ周辺の数カ所に定着する絶滅危惧種、危険外来植物種、これに対応した持続的な育成管理法を検討した。

自然再生を目的として造成され育成管理されている大型ビオトープ（アドバンテスト・ビオトープ、チノー・ビオトープ、男井戸川調節池）の植物種多様性は、一定の定常状態に達している。各ビオトープ内に記録された植物種数は、それぞれ半数前後の種が交代していることになる。一方地域の絶滅危惧種の系統維持や生物多様性の保全を実現するためには、移植などを行うことが必要とされる。その際には対象種の生態学的特性、すなわち結実、発芽、生長特性を解明し、自生地とビオトープの生育条件とを比較して、移植後の健全な育成が実現するようにしなければならない。

アドバンテスト・ビオトープでは、在来種105種、外来種41種の計146種の生育が確認された。確認種数は、外来種数この数年間ほぼ定常状態にあるが、在来種は2015年度、2001年以降で初めて100種を超える、今年度も105種の生育が確認されている。2001年から2019年までの総確認種数は在来種180種、外来種82種と記録されたので、それぞれ半数前後の種が交代している。絶滅危惧種フジバカマやミゾコウジュなどの絶滅危惧種は多年にわたり継続して確認されている。

チノー・ビオトープでは、在来種105種、外来種43種の計148種の生育が確認された。本ビオトープでは2011年度から2019年度まで継続して在来種179種、外来種107種と記録された、それぞれ半数前後の種が交代している。外来種数この数年間ほぼ定常状態にある。カワジシャ、ミゾコウジュ、コギシギシなど多くの絶滅危惧種は、2011年度の調査から継続して確認されている。また、竣工から目立っていた園芸種は引き抜き除去の継続により、2011年度調査では17種が確認されたが、今年度の調査では4種となった。

男井戸川調整池では、在来種 64 種、外来種 41 種の計 105 種の生育が確認された。今年度の調査では、2010 年の植物相調査以降、最も多くの種が確認された。2010 年から 2019 年までの総確認種数は在来種 109 種、外来種 53 種と記録されたので、在来種の半数前後の種が交代している一方で、外来種は交代が少ないことになる。また、コギシギシ、カワヂシャ、ミゾコウジュをはじめとした準絶滅危惧種、絶滅危惧 II 類の植物計 4 種を引き続き確認することができた。2017 年度の調査ではじめて確認された絶滅危惧 II 類のキタミソウの生育も引き続き確認することができた。

東洋水産ビオトープでは、在来種 28 種、外来種 12 種の計 40 種が確認された。水田在来種コナギ、群馬県絶滅危惧 IB 類のマツカサススキが本ビオトープ内に生育している。また、緊急避難対策として、準絶滅危惧種のチョウジソウとフジバカマを本ビオトープ内に移植し、保護されている。

このように、これらのビオトープ敷地内と周辺には生態系が豊かな休耕田が多数存在するなど、周囲の環境にも恵まれていることもあり、絶滅危惧種が生育しやすい環境にある。調査地で確認された植物には、ビオトープの目標となるべき里地・里山の植物、または類似の植物も確認されているため、生物の保護上重要性の高い地域であるといえる。

発芽の温度依存性実験では、絶滅危惧種フジバカマ(アドバンテスト、碓氷川、谷田川、矢場川の 4 产地)、コギシギシ(男井戸川産)、チョウジソウ(館林市産)、ミゾコウジュ(観音山公園産)、ジョウロウスゲ(館林中野沼産)、タチスマレ(渡良瀬遊水池産)の 9 種と外来種ヒメモロコシ(前橋市江木町産) 計 10 種の植物種子について、発芽特性を分析した。絶滅危惧種のコギシギシ、ジョウロウスゲ、外来種のヒメモロコシが高温度帯で発芽率が高い傾向を示し、春季から夏季にかけて発芽する特徴があることが分かった。

コギシギシ、ミゾコウジュ、ジョウロウスゲ種子は永続的な土壤シードバンクを形成しないため、生育中の個体群が何らかの壊滅的な影響を受けると、土壤シードバンクからの再生は望めないことになると考えられる。コギシギシ、ミゾコウジュ最終発芽率低かったのは自生地に生育する個体数が少ないと近親交雑が起こっているためだと考えられる。ジョウロウスゲの種子は散布後に冬季の低温によって冷湿処理を受けて発芽が促進されるが、低温である冬一初夏の時期は休眠し、夏の高温に反応して発芽すると推察される。本研究では、初めて館林産の野生のチョウジソウ種子と渡良瀬遊水池産タチスマレ種子を用いて発芽実験を行ったところ、栽培品種のチョウジソウから採取した種子と比べ極めて低い発芽率となった。タチスマレは冬季の火入れが本種の発芽を促進していると考察されている。土壤シードバンク状態を形成するこれらの 2 種は発芽条件の特定を実験的に行った先行研究データが少ないと引き続き、慎重にこの 2 種の発芽を促す方法及びより多くの種子が発芽する条件を解明する必要がある。外来種ヒメモロコシは種皮が厚くなる方向に進化し、不透水性を獲得したものと推察される。今後は、硫酸処理と冷湿処理を施して

から発芽実験を行う必要がある。本研究ではフジバカマにおける最終発芽率に産地による温度依存性は有意な差は見られなかった。アドバンテスト・ビオトープ産はこれまで報告されている本種の発芽率と比べ低い値であった。原因としてはヒヨドリバナ種子と混同し実験を行ったためと推測される。今後はフジバカマのみから種子を採取し、実験を行う必要がある。

絶滅危惧種のフジバカマ(4産地)、コギシギシ、ミゾコウジュ、外来種ヒメモロコシを異なる光条件下(相対光量子密度3%、9%、13%、100%)で栽培し生長解析を行ったところ、いずれの種において明るい環境下では良く生長し、暗い環境下では生長が悪くなつた。そのため、他の植物が繁茂し、光条件が劣悪な環境下では、生長できず、他の植物と共に存する場合、本種の光環境に悪影響を及ぼさない植物である必要があることがわかつた。フジバカマは産地による有意な差は見られなかつた。外来種ヒメモロコシは意外と日陰に強く、樹木が育っても減らないため、本種を駆除する際に引き抜き管理が必須である。

異なる温度条件下で栽培した植物の生長解析を行った結果、フジバカマ(碓氷川)、チョウジソウ(館林産)、ジョウロウスゲ(館林中野沼産)について、温度上昇による生長の促進が確認された。平均気温が15°C以上、最高気温は15°C~30°Cとなる夏季によく生長すると考えられる。このことは、温度上昇とともに良く生長するこれら植物種は夏季の気温が30°Cを超える館林市のような低地の湿地に分布する理由の一つであるとも推測される。

本研究により、ビオトープは絶滅危惧種の保護や生物多様性保全という目的を達成する可能性が高いことが明らかになった。大型ビオトープでは、育成管理のための経費・労力の規模も大きなものとなる。特に、外来植物の除去においては、相当の労力を費やすこととなるが継続的な育成管理が行われることにより、生物相、物理化学的環境条件の多様性が実現される。すなわち、今後も継続的にモニタリングや実験を行い、育成管理を行っていく必要がある。ビオトープの目的は対象地域本来の自然環境を復元し、保全することにある。ビオトープは、人為的な生物種の導入ではなく、在来種が自然に移入・定着するような管理と、外来種の積極的駆除といった二つの育成管理を同時に両立させていくことにより、生物多様性と地域特性を持つ自然を守ることが可能になるのである。

## 目次

1.はじめに.....	1
1.1 生物多様性.....	1
1.2 生態系.....	2
1.3 生態系サービス.....	3
1.4 生態系管理.....	4
1.5 生物多様性の危機.....	5
1.6 生物多様性条約.....	8
1.7 外来種・外来生物.....	9
1.8 外来生物の侵入プロセス.....	10
1.9 外来種がもたらす影響.....	11
1.10 レッドリストとレッドデータブック.....	12
1.11 群馬県における絶滅危惧植物の現状.....	15
1.12 休眠・吸水・発芽.....	17
1.13 休眠の解除.....	18
1.14 湿地の管理.....	18
1.15 一般的な沼沢地の管理技術例.....	19
1.16 自然再生と自然再生推進法.....	20
1.17 自然再生事業としてのビオトープ.....	21
1.18 人工ビオトープ.....	22
1.19 ビオトープ整備の七原則.....	22
1.20 ビオトープ設置の目的と目標.....	23
1.21 大型ビオトープの実例.....	24
1.22 本研究の目的.....	25
2.調査地概要.....	27
3.材料および方法.....	30
3.1 植物相調査.....	30
3.2 実験材料植物.....	30
3.3 種子発芽の冷湿処理・培養温度依存性実験.....	32
3.4 異なる環境条件下における栽培実験.....	34
3.5 生長解析.....	35
3.6 統計解析.....	37

3.7 植物データベースの構築.....	37
4. 結果および考察.....	38
4.1 植物相調査.....	38
4.2 植物データベースの構築.....	45
4.3 種子発芽の冷湿処理・培養温度依存性実験.....	45
4.3.1 ビオトープの絶滅危惧植物種フジバカマ発芽特性.....	45
4.3.2 ビオトープの絶滅危惧植物種コギシギシ発芽特性.....	48
4.3.3 ビオトープの絶滅危惧植物種ミゾコウジュ発芽特性.....	49
4.3.4 ビオトープ周辺の絶滅危惧種チョウジソウ発芽特性.....	50
4.3.5 ビオトープ周辺の絶滅危惧種ジョウロウスゲ発芽特性.....	51
4.3.6 ビオトープ周辺の絶滅危惧種タチスミレ発芽特性.....	51
4.3.7 外来植物種ヒメモロコシ発芽特性.....	51
4.4 異なる光条件下で栽培した植物の生長解析.....	52
4.4.1 異なる光条件下で栽培したフジバカマの生長解析.....	52
4.4.2 異なる光条件下で栽培したコギシギシの生長解析.....	56
4.4.3 異なる光条件下で栽培したミゾコウジュの生長解析.....	57
4.4.4 異なる光条件下で栽培したヒメモロコシの生長解析.....	59
4.5 異なる温度条件下で栽培した植物の生長解析.....	60
4.5.1 異なる温度条件下で栽培したフジバカマの生長解析.....	60
4.5.2 異なる温度条件下で栽培したコギシギシの生長解析.....	61
4.5.3 異なる温度条件下で栽培したチョウジソウの生長解析.....	61
4.5.4 異なる温度条件下で栽培したジョウロウスゲの生長解析.....	62
5. 統合考察.....	64
6. 謝辞.....	71
7. 引用文献.....	72
8. 引用ウェブサイト.....	74
9. 写真・表・図.....	76

## はじめに

### 生物多様性

地球レベルでの生物多様性評価においては、生物多様性は、生物とそれが要素となるいるシステムの全般的な多様性と変異性として定義される。生物地理学的、景観及び生態系及び生息・生育場所レベルでの、また、種から個体群、個体という生物の階層での、システムおよび生物の包含する変異や生物の間に見られる多様性の全体を包含する。それは、人間の行為や時間的空間的な意味での起源と進化など、それら多様性を編み出すあらゆるレベルにおける作用をも含んでいる (Heywood 1995)。

地球上の生き物は長い歴史の中で、様々な環境に適応して進化し、3000 万種とも言われる多様な生き物が生まれた。これらの生命は各自個性があり、全て直接に、間接的に支えあって生きている。生物多様性条約では、生態系の多様性、種の多様性、遺伝子の多様性という 3 つレベルで多様性があるとしている(環境省 HP)。森林、河川、湿原、干潟、サンゴ礁、海洋といった多様なタイプの生態系があることを「生態系の多様性」、このような生態系の中にいろいろな種類の生きものがいることを「種の多様性」、同じ種の中でも体の大きさや模様が異なったり、疾病への抵抗力に違いがあったりするなど、さまざまな遺伝的な差異があることを「遺伝子の多様性」と言う (環境白書 2010)。

生態系の多様性とは、地球上のさまざまな循環によって、多様な環境がつくられていることを指す。例えば、降雨が地面にしみ込み草木から蒸散して雲となり雨を降らせるという水の循環。食物連鎖によって消費者を巡った有機物が、最後は分解者によって無機物に戻り、再び生産者が有機物をつくり出すという物質の循環。私たちの経済活動も含め、地球上の生きものの活動に伴って排出される二酸化炭素を森林が吸収し、酸素を生み出すという大気の循環。これらのさまざまな循環が、例えば、特定の池や林という小さい単位から、それらが集まった流域という単位、いくつもの流域からなる列島や大陸という単位、さらに地球全体というように切れ目なくつながって地球の生態系が成り立っていて、全く同じ生態系は存在しません。それが、生態系の多様性と言う。

種の多様性とは、地球上のさまざまな環境にあわせて生きものが進化した結果、未知の生物も含め、現在約 3,000 万種ともいわれる多様な生物が暮らしていることを指す。また、生きものの種類が多様だと、生きもの相互の作用も多様になる。食べる・食べられる、寄生する・住み場所を提供する、資源をめぐって競争する、死んだ生きものを分解するなど、直接・間接のさまざまな相互の作用が生じる。例えば、食べる・食べられるという関係において、食べられるものは何でも餌にするという利用の仕方であれば、この昆虫はこの種類の草の葉っぱだけを食べるといったように特定の種同士が強く結びついている関係もある。生態系がつくり出すさまざまな物理環境が存在すること、生きものと物理環境との関

係や生きもの同士の関係といったさまざまな相互作用によって種の自然な淘汰が起きること、進化を引き起こすような遺伝的な差異があること、これらによって種の多様性が生まれているといえる。また、日本は南北に長く複雑な地形を持ち、湿潤で豊富な降水量と四季の変化もあることから、既知のものだけで9万種以上、まだ知られていないものまで含めると30万種を超える生物が存在すると推定されている。加えて、日本の生物相は他の地域には見られない固有種の比率が高いことが特徴だが、日本の生物相の保全を考えていく際には、種数や個体数だけに着目するのではなく、種の固有性を保全していくことが重要である（生物多様性国家戦略2012-2020）。

遺伝子の多様性とは、同じ種の生物であっても、遺伝子のレベルでの多様性を有している。ある生物種の集団が遺伝的に多様であれば、例えば環境が変化した場合に生き残る確率が高くなると考えられる。反対に、生息地の分断や個体数の減少による集団の遺伝的多様性の減少は、近親交配による遺伝的障害の生じる確率を高めたり、集団内の形質の画一化によって集団が病気が蔓延した場合など環境の変化に対応する能力を減少させることにつながる可能性があるため、生物多様性を保全するうえでの重要な課題である。

近年、人間活動によってさまざまな面から遺伝的多様性が低下していることが指摘されており、個体数が著しく減少した種については、一度遺伝的な多様性が損なわれると、たとえその後個体数が回復したとしても、遺伝的な多様性を回復することは容易ではないと考えられている。例えば、北海道東部地域に生息するタンチョウは、乱獲や湿原の開発により数十羽まで減少した。現在は、給餌や生息環境の保護によって千羽程度まで個体数が回復しているものの、遺伝的な多様性は非常に低い状況となっている。また、個体の人為的な移動・移入による遺伝子の攪乱も、種内の遺伝的構造を乱すことにつながる。現状では遺伝的多様性が十分に把握されないまま、多くの地域集団などが危機に瀕しているおそれがあり、今後、現状を把握していく必要がある（生物多様性国家戦略2012-2020）。

## 生態系

生態系はシステムである。特定の空間に暮らすあらゆる生物とその環境要素からなる。システムは、「要素」と「関係」の両方を含む集合を意味する。システムとしての生態系の性質や動態は、要素間の膨大で複雑な関係によって決められている。生態系の要素としては、生物要素（その集合は群集）と非生物環境要素（物理的環境要素）がある。物質循環やエネルギーの流れなどの生態系の機能もそれら要素との関係によって担われる（鷲谷2016）。単に樹木の集まりとしてみた森林は、生態系とは呼ばない。森林を生態系としてみるということは、樹木だけでなく、そこで生活する植物、昆虫、脊椎動物、土壤微生物など、あらゆる生物、さらには、土壤、空気、水などの無生物的要素を含む複雑な相互作用

のシステムとしてみるということである。生態系は、システムとしては共通する特性を持っており、要素として複数の生物種の個体群などの生物的要素を含み、その間には様々な種間の関係が結ばれ、その全体が非生物学的な環境の影響を強く受ける一方で、生物の活動が非生物的な環境を作り出すという性格を持っている（鷲谷 1999）。

同じ場所で生活する生物の種同士は、さまざまな関係で結ばれている。「食べる-食べられる」の関係や餌や光などの資源をめぐって競い合う関係だけでなく、花とハナバチのように栄養価のある餌を与えて受粉を助けてもらう、あるいは樹木が鳥に実を与えて種子を運んでもらうなど、必要な資源サービスを交換する共生関係もある。また生態系は、気候、地形、地質など本来の自然環境のみならず、人間活動の影響もうけて多様な姿をとる（鷲谷 2010）。

## 生態系サービス

豊かな生態系は、私たち人間に、きれいな水や空気を提供するなど、安全で快適な生活を保障し、衣食住に必要な資格を提供する。病気を予防したり直したりする医療品も、古来より生物を原料にしたものが多い。さらに、自然の風景など、精神を高揚させ満足感を与えるさまざまな刺激は、心身ともに豊かな生活を営むに不可欠である（鷲谷 2010）。

ミレニアム生態系評価は、国連の主唱により 2001 年から 2005 年にかけて行われた、地球規模での生物多様性及び生態系の保全と持続可能な利用に関する科学的な総合評価の取組である。生物多様性は生態系が提供する生態系サービスの基盤であり、生態系サービスの豊かさが人間の福利に大きな関係のあることが分かりやすく示された。ミレニアム生態系評価の報告書は、生態系サービスを以下の 4 つの機能に分類し、生物多様性の意義について紹介している。

### 1) 供給サービス (Provisioning Services)

食料、燃料、木材、繊維、薬品、水など、人間の生活に重要な資源を供給するサービスを指す。このサービスにおける生物多様性は、有用資源の利用可能性という意味で極めて重要である。現に経済的取引の対象となっている生物由来資源から、現時点では発見されていない有用な資源まで、ある生物を失うことは、現在及び将来のその生物の資源としての利用可能性を失うことになる。

### 2) 調整サービス (Regulating Services)

森林があることによって気候が緩和されたり、洪水が起こりにくくなったり、水が浄化されたりといった、環境を制御するサービスのことを指す。これらを人工的に実施しようとすると、膨大なコストがかかる。このサービスの観点からは、生物多様性が高いことは、

病気や害虫の発生、気象の変化等の外部からのかく乱要因や不測の事態に対する安定性や回復性を高めることにつながると言える。

#### 3) 文化的サービス (Cultural Services)

精神的充足、美的な楽しみ、宗教・社会制度の基盤、レクリエーションの機会などを与えるサービスのことを指す。多くの地域固有の文化・宗教はその地域に固有の生態系・生物相によって支えられており、生物多様性はこうした文化の基盤と言える。ある生物が失われることは、その地域の文化そのものを失ってしまうことにもつながりかねない。

#### 4) 基盤サービス (Supporting Services)

1)から3)までのサービスの供給を支える基盤的なサービスのことを指す。例えば、光合成による酸素の生成、土壤形成、栄養循環、水循環などがこれに当たる（環境省 2007）。

私たちが将来の世代にもわたってさまざまな生態系サービスを得ていくことを可能としていくためには、その源となる生物多様性を維持・回復していくことが重要である。また、複数の生態系サービス間の関係については、ある生態系サービスの向上を追求した場合、複数の生態系サービスが正の相乗効果によって向上する場合と、ある生態系サービスは向上するものの、他の生態系サービスは低下すると言ったトレードオフ（二律背反）の関係にある場合がある。生態系サービスを通じて生物多様性の保全と持続可能な利用を考えいく際には、このような生態系サービス間の関係性についても考えていくことが必要である。また、生態系は生物の生息・生育の場の提供をはじめ、生物多様性を維持する上で重要なさまざまな機能を有しており、これらの機能を損なうことがないようにしていくことも必要である（生物多様性国家戦略 2012-2020）。

## 生態系管理

大規模な生態系管理には、保全生態学や生態学における多くの要素の統合だけでなく、生態系における人間としてのわれわれの位置に関する、他の専門分野の要素も必要なものである。Maltby *et al.* (1999)は、この科学的観点と人類社会学的観点の混合を説明する生態系管理の10原則を提案した。

### 原則の説明

- 1、管理目的は社会的選択の問題である。
- 2、生態系は、人の側面から管理されなければならない。
- 3、生態系は、自然の範囲内で管理されなければならない。
- 4、管理においては、変化は避けられないことを理解しておかなければならない。
- 5、生態系管理は、適切なスケールで実施されなければならず、そして保全は、保護区域全体にわたって行わなければならない。

## 作戦上の原則

- 6、生態系管理では、世界的な問題に焦点をあて、現地の状況に合わせて行動する必要がある。
- 7、生態系管理は、生態系の構造や機能を維持、もしくは高めるように努めなければならない。
- 8、政策決定者は、科学から発生した適切な手段を使用すべきである。
- 9、管理者は、予防原則に従わなければならない。
- 10、学際的なアプローチが必要である(Pullin著 井田ら訳 2004)。

## 生物多様性の危機

生物多様性の衰退は、私たちのすぐ身の回りの生活域の二次的な自然から、熱帯雨林のような原生的な自然まで、至る所で広くしかも深く進行している。種の絶滅は、生物多様性の衰退の最も顕著な現れである。しかし、種が絶滅しないまでも、限られた個体群だけになったり、個体数が著しく減少したり、またそれに伴い遺伝的変異も失われるという現象は、今では野生生物の多くの種で起こっている。しかし、ごく一部の種についてしか調査が行われているために、その危機の現状を十分に把握することができない。

生物多様性の危機とは、人間活動のきわめて大きな影響のもとで、多くの生物種の個体群が衰退するとともに遺伝的な変異を失い、同時に豊かな生態系や景観をも喪失しつつあるという問題である。また生物多様性は、要素の多様性だけでなく、生態的なプロセスの多様性をもふくむ概念であることに留意する必要がある。つまり生物間の関係や、例えば洪水や山火事など、その場での生物の生活を規定する物理的プロセスをふくむ。「生物多様性の危機」は、今ではもっとも深刻な地球環境問題の一つとして認識されており、その保全は、国際的にも国内的にも重要な社会目標になっている（鷲谷 2001）。

「生物多様性国家戦略 2012-2020」の中で、原因や影響のタイプによって、人間活動の負の影響を4つに整理したものが、生物多様性を脅かす「4つの危機」である。

第1の危機、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。オーバーユースとも呼ばれる。

市街地化や森林伐採、河川改修、沿岸部の埋め立てや護岸建設、農地の圃場整備などの開発に伴う物理的な環境の劇的な変化により、多くの生物の生育場所の条件が悪化し、また失われてきた。切り開かれた道は、森林の光や水分環境を変化させ、また森林を分断し、広大な森林を必要とする生き物の棲みかを奪った。河原は、かつては大雨によって水量が増えた際に、もともと地表を覆う植物が流され、そうした場は、明るい環境を好む種の生育場所となっていたが、堤防やダムの建設によって固有の生き物が失われている。

乱獲や、希少種を対象とした鑑賞・商業目的での盗掘など、生き物のもつ繁殖力を超えた過剰な利用も、直接的に生き物を減らす人間活動の1つである。押し寄せる登山客や観光客による踏み荒らしも、回復の遅い高山や湿地などの植生に深刻な影響をもたらしている（石濱 2016）。

## 第2の危機（自然に対する働きかけの縮小による危機）

第二の危機は、管理不足の悪影響である。生活様式・産業構造の変化により、これまで十分に手入れされていた里山の農地や森林に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。アンダーユースとも呼ばれる。

里地里山のような、長い年月、人とのかかわりがあった生態系は、人間活動によって維持された環境に依存する種が多数生息している。平野部の氾濫原は、多くが水田に変えられてきたが、田や水路を代わりの棲みかとして生き残った種が多く生息する。また、里山では、薪としての利用などによって木々が適度に間引かれ、明るい林が保たれてきた。また牧や茅場は、放牧や草刈り、火入れなどによって維持されてきた明るい草原環境で、温暖湿潤な日本では、人間活動なくしてはすぐにササや樹木などの丈の高い植物が生い茂ってしまう。これら里地里山の生き物や生態系は長い間、人間と共に存してきた。そういう生き物や生態系が、人による利用が減ることで、失われつつある（石濱 2016）。

また、人間活動によりこれまで個体数が抑えられてきた大型の哺乳類、サル、シカ、クマ、イノシシなどが、農林業の衰退や狩猟圧の低下などによって、数を増やし、農作物被害などの人間との確執、食害による植生の急激な衰退などを引き起こしている（石濱 2016）。

## 第3の危機（人間により持ち込まれたものによる危機）

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搅乱である。

人間は、車両、鉄道、航空機、大型船舶など、高速で長距離を移動可能な交通・輸送手段を発達させた。これらの手段により輸入穀物に混ざった野生植物の種子や穀物の害虫、ペットとして取引される哺乳類、魚類、両生類、爬虫類、昆虫など様々な動物、花壇の花々も多くが海外から移動してきた。これらの外来生物の一部の種類は野外へと逃げ出し、在来の生き物を食べ尽くしたり、巣場所などの棲みかを奪ったり、繁茂して他の生き物が生育できないようにするなどの脅威となっている。外来の新たな病原体も、抵抗力をもたない在来の生き物には、思いがけない重大な症状をもたらす。逆に、クズやイタドリ、マメコガネなど、日本から海外に「輸出」された侵略的な外来生物もいる。

殺虫剤や除草剤などを含む、様々な化学物質も、人間が生態系に持ち込んだものである。これらが、野外の生き物にどのような影響をもたらしているのかは十分にわかっていない。近年、ネオニコチノイド系の殺虫剤が、マルハナバチなどの送粉昆虫をはじめとする様々な昆虫の減少の原因となっている恐れがあるとして、影響の評価が進められている(石濱 2016)。

#### 第4の危機（地球環境の変化による危機）

近年よく知られるようになった、地球温暖化により引き起こされる危機である。

IPCC の第5次報告書では、地球の温暖化が起きていことは「疑う余地がなく」、人間活動が20世紀半ば以降に観測された温暖化の支配的な要因であった可能性が極めて高いと報告されている。気温の上昇とともに、強い台風など極端な気象現象が増加するなどの気候変動が起きていると考えられ、また、海水へ溶解する二酸化炭素濃度が高まり、海洋の酸性化を引き起こしていると考えられている。広域で影響が起り、誰が直接的な原因となっているのかを特定するのが難しいという点で、第1の危機と異なる。

気候変動により、これまで生育していた地域の気候条件がもはや生育に適さなくなった生き物は、より適した気候の場所に移動することができれば生き延びられる可能性がある。しかし、現在起きている気候の変化はとても速く、多くの生き物にとって、移動が追いつかない速さである可能性がある。海水平面上昇の影響を受けやすい沿岸部の種や、逃げ場のない山頂付近に生育する高山植物などは特に気候変動に脆弱であると考えられている(石濱 2016)。

「4つの危機」は、それぞれが独立しているわけではない。たとえば、十分に高い移動能力を持った生き物は、適した気候の場所に移動することで気候変動（第4の危機）に対応することができる可能性がありますが、開発（第1の危機）により、適した気候の場所が生育可能な状態で残っていないのであれば、生き延びることはできない。道路開発（第1の危機）によって森林の光環境が変化した結果、外来生物（第3の危機）が侵入することもある(石濱 2016)。

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むずかしい。自然再生の取組によって、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、種間関係を伝わ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。すなわち、帰結としてなにがもたらされるか予測が難しく、ときに重大な帰結がもたらされる可能性もある（鷲谷 2007）。

## 生物多様性条約

いつの間にか生物種が多数姿を消し、絶滅のスピードが年々加速している。生物種の絶滅速度は、恐竜のいた時代は約 1000 年に一種、1600～1900 年は約四年に一種、20 世紀前半は毎年約一種だったのに対し、1975 年ごろには毎年約 1000 種にものぼり、20 世紀最後の 25 年間に 100 万種が絶滅すると推定されていた（環境省 2015）。

人類は、地球生態系の一員として他の生物と共存しており、また、生物を食糧、医療、科学等に幅広く利用している。近年、野生生物の種の絶滅が過去にない速度で進行し、その原因となっている生物の生息環境の悪化及び生態系の破壊に対する懸念が深刻なものとなってきた。このような事情を背景に、希少種の取引規制や特定の地域の生物種の保護を目的とする既存の国際条約（絶滅のおそれのある野生動植物の種の国際取引に関する条約（ワシントン条約）、特に水鳥の生息地として国際的に重要な湿地に関する条約（ラムサール条約等）を補完し、生物の多様性を包括的に保全し、生物資源の持続可能な利用を行うための国際的な枠組みを設ける必要性が国連等において議論されるようになった。

1987 年の国連環境計画（UNEP）管理理事会の決定によって設立された専門家会合における検討、及び 1990 年 11 月以来 7 回にわたり開催された政府間条約交渉会議における交渉を経て、1992 年 5 月 22 日、ナイロビ（ケニア）で開催された採択会議において本条約は採択された（外務省 HP）。

この条約は、生物の多様性の保全、その構成要素の持続可能な利用及び遺伝資源の利用から生ずる利益の公正かつ衡平な配分をこの条約の関係規定に従って実現することを目的としている（環境省 HP）。

1993 年（平成 5 年）に生物多様性条約が発効して以降、国際社会での取組が進んできた。2002 年にオランダのハーグで開催された生物多様性条約 COP6 では、「生物多様性の損失速度を 2010 年までに顕著に減少させる」という「2010 年目標」を含む「生物多様性条約戦略計画」が採択された。しかし COP10 で 2010 年目標の達成状況を評価するため、2010（平成 22 年）年 5 月に条約事務局が公表した「地球規模生物多様性概況第 3 版（GB03）」では、世界の生物多様性の状況を表す 15 の指標のうち 9 の指標で悪化傾向であることが示されるなど、「2010 年目標は達成されず、生物多様性は引き続き減少している」と評価されている（環境白書 2010）。

COP10 では、2011 年以降の生物多様性に関する新たな世界目標を含む今後 10 年間の戦略計画が採択されるとともに、この世界目標を「愛知目標」と呼ぶことが合意された。

愛知目標は、2050 年までの長期目標として「自然との共生」、2020 年までの短期目標として「生物多様性の損失を止めるために効果的かつ緊急な行動の実施」が掲げられ、さらに具体的な数値目標を含む 20 の個別目標によって構成されている（環境白書 2011）。

2050 年までの長期目標は、「自然と共生する」世界の実現が掲げられているが、それは「2050 年までに、生物多様性が評価され、保全され、回復され、そして賢明に利用され、そのことによって生態系サービスが保持され、健全な地球が維持され、全ての人々に不可欠な恩恵が与えられる」世界の実現を目指している。

2020 年までの短期目標は、生物多様性の損失を止めるために効果的かつ緊急な行動を実施することである。これによって 2020 年までに回復力のある生態系と、そこから得られる恩恵が継続されることを確保し、そして、地球の生命の多様性を確保し、人類の福利と貧困解消に貢献することを目標にしている。このためには、

- (1) 生物多様性への圧力（損失原因）の軽減・生態系の回復・生物資源の持続可能な利用
- (2) 遺伝資源の利用から生ずる利益の公正かつ衡平な配分
- (3) 適切な資金・能力の促進
- (4) 生物多様性の課題と価値が広く認知され、行動につながること（主流化）
- (5) 効果的な政策の実施、予防的アプローチと科学に基づく意思決定

を必要としている。

本目標は、生物多様性条約全体の取組を進めるための柔軟な枠組みとして位置付けられ、今後、各締約国が生物多様性の状況や取組の優先度等に応じて国別目標を設定するとともに、各国の生物多様性国家戦略の中に組み込んでいくことが求められている（環境白書 2011）。

## 外来種・外来生物

人間によって自然分布域以外の地域に移動させられた生物を「外来生物／外来種」「侵入生物／侵入種」「移入生物／移入種」などと言う。貿易大国の日本では、これまでに 2000 種を超える外来生物が記録されている。外来生物は、移動先で繁殖集団を形成し（定着または帰化と呼ばれる）、その土地の生態系・農林漁業・人間の健康や日常生活などに對して影響を及ぼすことがある。大きな影響を及ぼすものを、特に「侵略的外来生物」といい、世界的な問題となっている（国立環境研究所 侵入生物データベース）。

日本の外来植物はいったい何種あるのだろうか。毎年のように発見され、増え続ける外来植物の種数を把握することは容易ではない。日本の外来植物研究の中心を担ってきた久内清孝氏は著書「帰化植物」（1950）の中で、およそ 500 種と書いている。また、長田（1976）は「原色日本帰化植物図鑑」の序文ではおよそ 800 種と書いている。清水（2003）では、1,200 種以上、村中（2008）では 2,237 種としている。これだけの種数が侵入している現在、市街地で見る雑草のほとんどが外来植物という場合がある（村中 2010）。

## 外来生物の侵入プロセス

外来種の移入経路は、三タイプに分けられる。意図的導入、目的があつて導入されたが逸出（逸出導入）、非意図的導入である。

意図的導入はさまざまな経路があるが、理由としては経済的利益目的や、生物的コントロール目的、緑化などの環境整備目的などにより移入された。

例えば初夏の花粉症の重要な原因となっているカモガヤ、ネズミムギなどは、飼料、牧草として、ハリエンジュ、イタチハギ、シナダレスズメガヤなどは、緑化、砂防用として輸入された。ハリエンジュは、緑化用としてだけではなく、肥料木、観賞、蜜源など複数の用途をもつ。このうち、生態系などに被害をもたらしている侵略的外来植物は飼料・牧草、緑化・砂防の用途をもつ種に多いことが確かめられている。特に、緑化、砂防用の外来植物では、5種に1種が侵略的外来植物として認識される（川道 2001）。

外来水草の中には、観賞用として導入されたものが多い。水生植物は成長が早く、様々な散布体から繁殖する特性を有しているため、水域のような比較的均一な環境では異常繁茂という事態が起こりやすい。ホテイアオイ、ボタンウキクサ、オオフサモなどの水生植物が水面付近を繁茂すると、水中に光が到達しなくなる。その結果、沈水植物が生育できなくなるだけでなく、植物プランクトンの生育不良によって水域の酸素供給源が失われる。

土壤の富栄養化は外来植物を含む農地雑草の侵入を促進することが多く、本来、貧栄養な生育環境に適応した在来植物は深刻な影響を受ける。外来植物が窒素固定細菌と共生関係にある場合、土壤の窒素成分が増加する。例えば、ハリエンジュが海浜などの貧栄養立地に侵入すると、土壤中の窒素栄養塩濃度が高まり、クロマツと菌根菌との共生関係が喪失する可能性がある。これは、ハリエンジュの侵入が間接的にクロマツの個体群存続を阻害する可能性を示唆するものである（川道 2001）。

緑化植物として流通しているシナダレスズメガヤは、中山間地域の砂防用として利用されてきた外来植物であるが、現在では、上流域で生産された種子が中流域の河川敷などに運ばれ、砂礫質河原を優占して、カワラノギクなどの河原に固有な動植物の生息・生育を著しく脅かしている。それには、シナダレスズメガヤが持つ生態的特性が原因となって、砂礫質河原に特有な裸地的環境を喪失されるだけでなく、河原への砂の堆積などの微地形の改変などといった影響が指摘されている（川道 2001）。

逸出導入の経路は、おもに飼育下の動物や養魚場の魚、植物園や個人の庭園からの脱出である（川道 2001）。以下に述べるマイマイガのケースは一つの典型例であろう。1869年に絹糸の研究のために、フランスから北米に持ち込まれたこの蛾は、マサチューセッツ州の昆虫学者の家から逃げ出したといわれる。1889年に最初の大発生が認められ、樹木を

丸裸にするほどだった（ブライト, 1999）。現在でも年に 21 kmずつ分布を拡大し、1991 年には 520 万平方キロに侵入している（OTA 1993）。

非意図的導入の経路はさまざまであるが、国際間の貨物輸送量や人間の移動が増大した結果、思いがけないところで生物が移動する。その経路は、よほど慎重に調査を行わないと見逃してしまうことが多いだろう。もっとも典型的な非意図的導入は、船のバラストに混入した例であろう。船のおもりとして積みこまれた土、砂礫には、多くの植物種子、地表性甲虫、土壤生物が含まれていた。バラストは港に積み上げられ、そこから動植物が逃げ出し広がっていった。1880 年以降船のバラストとして水が使われるようになった（川道 2001）が、現在バラスト水は世界中で 1 億トンが毎年運ばれ続けている。一週間で 1 万 5000 種の生物（原生生物、クラゲ、線虫類、小型の甲殻類や貝類、海藻類）が運ばれる（Carlton, 1999）。例えば日本のバラスト水をニュージーランドで放出したため、ワカメが海岸で繁茂して問題になっている（川道 2001）。

### 外来種がもたらす影響

外来種の生物多様性への影響は大きい。なかでも顕著な有害性を示す外来侵入種は、移入先の生態系の中でキーストーン種としての役割を果たし、生物群集の構造を変化させてしまう。それまであった生物間のバランスを変化させ、在来の種は、それまでとは異なる生存をめぐる競争にさらされる。直接の捕食圧やニッチを奪われることで、特定の種の個体数を激減させる場合も多い（川道 2001）。

農地、市街地、人為的に改変された沿岸域など、在来の生物がすめない環境に適応している外来生物は、競争相手がなく、侵入・定着に成功しやすい。たとえ在来の競争相手が存在しても、外来の生物は、「生態的に解放」されているため、在来種よりも有利である。つまり、病害生物や天敵などの影響を受けにくく、その分、在来の生物よりも生き残りやすい。そのため同じような環境の要求性（ニッチ）をもつ在来種との競争に強い。

例えば、温室トマトの受粉用に導入されたセイヨウオオマルハナバチは、北海道で野生化して、急速に分布域を広げている。その理由として、セイヨウオオマルハナバチは餌（花と花粉）を園芸植物も含めてより広範囲の花から得られること、営巣場所の取り合いになったときに在来種よりも強いこと、などが考えられている（鷺谷 2010）。

外来種がもたらす影響は、以下のように分類整理される。

#### →生態系への影響

- ・ 外来種が在来の生き物を食べてしまうことにより、本来の生態系が破壊される。
- ・ 外来種が日陰を作ってしまい、在来の植物の生活の場を奪う。在来の生物と同じ餌を食べることにより、餌を巡って競争が起こる。

・近縁の在来種と交雑して雑種を作ってしまい、在来種の遺伝的な独自性がなくなる。

#### →人の生命・身体への影響

・毒、あるいはかまれたり、刺されたりするなどによる被害。

#### →農林水産業への影響

・農林水産物を食べたり、畑を踏み荒らしたりすることによる被害（国立環境研究所 侵入生物データベース）。

外来生物は、競争、捕食、病害を通じて、あるいは生態系の物理的基盤（環境）の改変を通じて、侵入先での在来種の絶滅の危険を増大させる。それは、次のような理由による。

一方が犠牲を強いられるような生物間相互作用であっても、いずれも在来種で進化の歴史を共有していれば、被害を被る側が防御機構を適応進化させているなど、何らかの生態的な対抗手段や絶滅抑止の機構が存在する。そうでなければ、すでに絶滅が起こったはずだからである。共存の事実は、すでに起こった適応進化による「調整」を意味するのである。ところが、外来種と在来種との間には、歴史的に未だそのような調整が働いていない。そのため、防御の術を持たない在来種が食べ尽くされたり、重篤な疫病にかかったりして、絶滅に追いやられる可能性がある。つまり、外来種の侵入は一方的に在来種が犠牲になるような生物間相互作用をもたらしやすい（村上・鷲谷 2002）。

一方で、地理的隔離によって独自の進化の道を歩んできた近縁種が人為的に導入されることによって、（本来その地域にいた）在来種との間に雑種をつくり、在来種の純系を失わせることも、在来種の絶滅や遺伝的な多様性の喪失という生物多様性保全上の大きな脅威となる（村上・鷲谷 2002）。

外来種がもたらす影響は不可逆的な物で、外来種および交雑の結果生じた子孫を全て駆除しない限り、元に戻すことはできない。この意味で外来種は、近年では、長期的に見れば生育場所の喪失や分断・孤立化、乱獲・過剰利用などより、生物多様性に最も深刻な影響を与える要因として認識されている（村上・鷲谷 2002）。

### レッドリストとレッドラデータブック

地球上にはさまざまな種類の野生生物が生息、生育している。その進化の過程では、絶滅して地球上から姿を消してしまった生物も多い。このように、絶滅することも自然のプロセスなのである。しかし、今日の絶滅は、こうした自然のプロセスとはまったく異なるものである。さまざまな人間活動の影響で、かつてない速さと規模で絶滅が進んでいる（環境省 HP）。現在は、六度目の大絶滅の時代のまっただなかにある。いま、一年間におよそ4万種もの生物が、絶滅しつつあると推測されている（鷲谷 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（環境省 HP）。また種の大量絶滅を回避するためには、種ごとに絶滅リスク（その種が絶滅する確率）を科学的に評価し、優先的に対策を立てるべき種を特定して、効果的・効率的な対策を立案・実施する必要がある。そのような目的で、国際的な基準にもとづく生物の絶滅リスクの評価と「レッドリスト（絶滅危惧動植物のランク付け）」の作成が行われている（須田ら 2009）。

レッドリストとは野生生物について、専門家で構成される検討会が、生物学的観点から個々の種の絶滅の危険度を科学的・客観的に評価し、その結果をリストにまとめたものである。レッドデータブックとはレッドリストに掲載された種について、それらの生息状況や存続を脅かしている原因等を解説した書籍である（環境省レッドリスト HP）。

レッドリストやレッドデータブックを編集する活動を国際的に進め、そのランク・基準を策定しているのは、国際自然保護連合（IUCN）という国際組織である。IUCNは日本を含む各国政府のほかに、日本自然保護協会、WWF ジャパン、日本野鳥の会などの非政府組織系喪加盟した国際環境団体である。多くの専属の科学者を擁している点に特色があり、さまざまな環境問題に対して、科学的な裏付けのある提言を発表し、国際的に大きな影響力を維持している（矢原 2003）。

IUCNでは、それぞれの専門分野の研究者グループが、野生生物を調査した結果に基づき、野生生物1種ごとの絶滅危機の度合いを査定している（環境省レッドリスト HP; WWF ジャパン HP）。

レッドリストにおける危機のランクは、

- Extinct : EX 絶滅
- Extinct in the Wild : EW 野生絶滅
- Critically Endangered : CR 絶滅危惧 I A 類
- Endangered : EN 絶滅危惧 I B 類
- Vulnerable : VU 絶滅危惧 II 類
- Near Threatened : NT 準絶滅危惧種
- Least Concern : LC （環境省の呼称該当なし）
- Data Deficient : DD 情報不足

とわけられており、ランクは再評価のたびに変化し、個体数や生息域の減少が確認された種は、より危機の高いランクに移され、逆に回復が認められた種については、危機ランクが下がるか、リストから外されることになる（WWF ジャパン HP）。

このランクの中で一般的に「絶滅のおそれのある野生生物」とされているのは、絶滅危惧 IA 類、絶滅危惧 IB 類、絶滅危惧 II 類の特に絶滅の危機が高いとされる 3 つのカテゴリーにランクされている野生生物である。また、現時点での絶滅危険性は少ないが、生息条件の変化によっては上位ランクに移行する要素を持った種は準絶滅危惧種 (NT) とされる（須田ら 2009）。2016 年 9 月の時点で公開されている IUCN の「レッドリスト」には、最も絶滅の恐れが高いとされる、3 つのカテゴリーに、2 万種以上（動物は約 1 万 2000 種、植物は約 1 万 1000 種）の野生生物が記載された。レッドリストに掲載されたこれらの野生生物は、単にその危機が明らかになっただけで、すぐに法的な保護下に置かれるわけではない。これらの野生生物を絶滅の危機から救うためには、生息地のある国や地域が、それぞれルールや手立てを講じて保護しなければならないのである（WWF ジャパン）。

日本は、ほぼ同じ緯度の北半球温帶地域と比べ、植物の種類が豊かなことが世界的に知られている。日本には、シダ植物と種子植物をあわせると、約 7000 種類の植物が自生している。その 4 割に相当する約 2900 種類は、世界でも日本だけに自生する固有植物である。そのなかには、シラネアオイ科に分類されるシラネアオイのように、とくに近縁な植物がない、植物学上貴重な植物もあれば、ユリ属やギボウシ属の植物のように、園芸植物として世界的に有名な植物も数多く含まれている。しかし、日本の野生植物の多くに、絶滅の危機が迫っている。環境省が 2000 年に発表した植物レッドデータブックには、25 種類が「絶滅」、1665 種類が「絶滅危惧」としてリストされた。これらをあわせると、日本の野生植物の約 24% に達する。（矢原 2003）。

日本の貴重な生物を保護するための基準として、最初の植物レッドデータブックは、1989 年に、日本自然保護協会と世界野生生物基金日本委員会によって発行された。1994 年には、日本植物分類学会絶滅危惧物問題専門委員会が、環境庁（当時）から植物レッドデータブックの改訂のため調査事業の委託を受け、約 400 名の植物研究者・愛好者の協力を得て調査を開始した。この調査にもとづき、環境庁は 1997 年に新しい植物レッドリストを作成した（矢原 2003）。その後レッドデータブックはおおむね 10 年ごとに刊行しており。現在のレッドデータブックは平成 26 年～27 年に刊行（第 4 次レッドリストに対応）したものである（環境省 HP）。

全国版レッドリストは、植物など一部の分類群では IUCN の定量的判定基準に準拠する、客観的ランク付けがなされている。しかし、定量データの収集が困難な分類群（動物種の

多くなど) では、現在でも定性的な判断基準に頼っているため、絶滅危惧 IA 類 (CR) と IB 類 (EN) の区分も行われていない (須田ら 2009)。

一方で、IUCN 判定基準にも、たとえば生息域の広さや個体数など、植物や鳥類、哺乳類を基準として設定されたと考えられる項目が多く、昆虫など、他の分類群にはそのまま適用できないという問題もある。また個体群動態シミュレーションに基づく定量的な絶滅リスクの評価を行うことができるほど、長期間にわたって多くの種の情報が蓄積されている分類群はほとんどない。データが十分ではない状況のもとで、一律に、「客観的な」数値情報のみで種の絶滅リスクを算出した場合には、絶滅リスク評価そのものが不適切なものとなる危険性がある (須田ら 2009)。

上記のような状況のもとで絶滅のリスク評価を行う場合には、対象となる分類群の専門家の意見を柔軟かつどれだけ客観的に取り込むことが有効である。一方で、種の絶滅リスク評価の基準となる広範囲かつ継続的な生物の分布情報の集積には、市民参加によるデータ収集が今後重要な手段となると考えられる (須田ら 2009)。

### 群馬県における絶滅危惧植物の現状

群馬県レッドデータブック 2012 年の改訂版では 633 種を評価対象として掲載した。このうち 274 種は前回(2001 年版群馬県レッドデータブック植物編)は掲載されていなかったが、今回新たに掲載された種である。内訳をみると、274 種のうち 161 種は絶滅危惧 IA 類と IB 類で 58.8% を占めた。今回の評価対象 633 種のうち、絶滅危惧 IA 類が 217 種と最多であった。この理由として、群馬県の植物相がもともと地域間の差異が大きく分布地点の限られる希少種が多いことに加え、従来からの開発行為による生育地消失のほか、近年は農地や里山の管理放棄、動物による食害、外来種との競合など様々な要因によって生育環境が悪化し、深刻な状況に追いやられているためと考えられる(群馬県レッドデータブック 2012)。

今回評価対象となった 633 種のうち、302 種は 2007 年版環境省レッドリスト植物 I(維管束植物)に掲載された種(以下、国の絶滅危惧種とする)である。したがって、県内に生育する絶滅危惧種の約半数は全国的にみても絶滅のおそれがあり、残りの約半数は、全国的にみれば絶滅のおそれはないが、県内では既に絶滅したか絶滅のおそれがあるといえる。なお、国の絶滅危惧種のうち、全国的にみれば残存しているが、県内では絶滅した種が 30 種あった(群馬県レッドデータブック 2012)。

絶滅リスクの要因を 23 項目に類型化し、評価対象種毎に主な要因を 3 項目以内で選択したところ、多く選ばれた順に、自然遷移(181 種)、園芸採取(134 種)、湿地開発(120 種)、

土地造成(110種)、管理放棄(104種)となった(その他を除く)。自然遷移が選ばれた種の生育地をみると湿地や河川敷、裸地が多いが、自然遷移の中には湿地の富栄養化や排水工事等に伴う乾燥化といった人為的な改変との相互作用による遷移の進行も含まれている。また、裸地や貧栄養地に生育する種では、外来種の侵入に伴う植被率の増大が遷移に影響を及ぼしている例もある。これら人為的な要因や外来種の問題が複合的に影響を及ぼしているケースも含め、多くの種で選択されたと思われる。園芸採取については、絶滅危惧 IA類及び IB類、II類に評価された種のいれにおいても自然遷移に次いで多く選ばれた。絶滅リスクの高い種ほど希少価値が高いため、園芸や販売目的で採取される危険性が高まり、他の要因による絶滅リスクをより深刻にしてしまうことが憂慮される。湿地開発のほか、池沼開発(83種)と河川開発(80種)も上位に位置し、水辺の開発が植物に大きな影響を及ぼすことを示している。絶滅及び野生絶滅と評価された種でみると、多く選ばれた順に池沼開発(24種)と湿地開発(24種)、土地造成(18種)、水質汚濁(14種)となり、これは既に絶滅した種に水生植物や湿生植物が多いことと一致する。土地造成には、分譲地やリゾート施設等の開発といった大規模なものだけでなく、個人の駐車場整備のような小規模なものも含む。また、表土の入れ替えや盛土を伴う圃場整備もこれに含まれ、その規模や内容は多様である。近年深刻になりつつある要因として、管理放棄(104種)、外来種との競合や交雑(68種)、野生動物による食害(42種)があげられる。永年にわたり人間によって維持管理してきた農地や里山が突然放置されることで環境が急変し、そこに生育してきた植物の生育環境が悪化してしまうことがある。このことは、野生動物の行動範囲の拡大や個体数の増加とも密接に関係しており、動物による食害も深刻化している。また、外来種の分布域の拡大や種数の増加は、在来種の生育環境を奪い、個体数を減少させることとなり、これらは看過できない要因となっている(群馬県レッドデータブック 2012)。

群馬県内5地域のうち、評価対象種の記録が最も多かったのは東部地域(308種)で、西部地域(297種)がこれに次ぎ、中部地域(194種)が最も少なかった。絶滅及び野生絶滅と評価された55種のうち43種が東部地域で記録され、際だって多い結果となった。絶滅危惧 IA類と評価された種でも、最多の西部地域(104種)に次いで東部地域(101種)が多かった。ただし、西部地域で絶滅危惧 IA類と評価された種の多くは草地性で、いわゆる里山周辺に生育するのに対し、東部地域のものは多くは水草や湿生植物である。絶滅危惧 II類や準絶滅危惧に評価された種の割合をみると、利根沼田地域と吾妻地域が多く、東部地域が少なかった。これらのことから、東部地域では開発行為によってウエットランドの消失や質的変化が起こり、過去に記録された評価対象種の約13%が既に絶滅し、今もなお、多くの種が危機的な状況にあると言える(群馬県レッドデータブック 2012)。

西部地域は、絶滅危惧 IA 類のほか IB 類と II 類に評価された種が 5 地域中最も多いことから、絶滅危惧種が多数現存し、その中でも絶滅リスクの高い種が多いことがわかる。これは、西部地域にはもともと石灰岩地や大規模な断崖などの特殊な立地がある上、埼玉県の秩父山地に接する山岳部から高原、丘陵、草地、谷津田を有する里山、関東平野に連続する平地と環境が多様である。しかし、近年の開発行為によってこれらの立地や環境の消失や劣化が著しい地域であると考えられる。利根沼田地域や吾妻地域では、絶滅や絶滅危惧 IA 類に評価された種の占める割合が低く、相対的に絶滅リスクの低い種が多かった。これは、両地域で評価対象となった種の多くが高山や高層湿原などに生育するもともと分布の限られる種であり、生育地の多くが国立公園や自然環境保全地域など法令で保護されている区域内にあることによる。動物食害を除き大幅な減少が確認されていない場合が多く、減少率を考慮した場合、絶滅リスクは相対的に低く見積もられる結果となった(群馬県レッドデータブック 2012)。

近年植物をとりまく状況は急速に変化している中で、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われた。本研究の実験材料植物となるフジバカマ、チョウジソウは河川開発、管理放棄、外来種競合・交雑、護岸工事や堤防工事によって失われるが多くなり、絶滅危惧 IB から絶滅危惧 IA まで新たに評価された。現在保全対策に依存して生存している状況である。

### 休眠・吸水・発芽

種子植物の個体群は、一般に、地上の植物体からなる地上個体群と土壤表面や土壤中の生きた種子からなる地下個体群の両方で構成される。植物の種子の寿命は、種によっては 100 年のオーダーにも及び、個体群の存続性や搅乱後の植生回復などに地下個体群が果たす役割はきわめて大きい(鷺谷 2010)。

種子の休眠や発芽にかかわる生理的な性質、休眠・発芽特性は、植物の種によって大きく異なるだけでなく、同一の種子サンプルにおいても、時と共に変化する。それは、植物が芽生えに適した時と場所を選んで発芽するための休眠・発芽戦略である。時とともに変動する休眠・発芽特性を把握するにあたっては、種子の採集・保存の方法、実験方法などを、その調査・研究の目的によくかなうように計画する必要がある(鷺谷 2010)。

発現時期によって休眠は二つのタイプに分類されている。種子が親植物体上で成熟した時点ですでに休眠状態にある場合の休眠は一次休眠/生得的休眠、非休眠種子にのちに誘導される休眠は二次休眠と呼ぶ。種にとってどちらかのタイプに分類されるというものではなく、種子の置かれた環境や時間の経過に依存して休眠の解除や誘導が起こり、種子はその休眠状態を絶えず変化させているとみたほうがよい(鷺谷 2010)。

発芽は、種子の吸水から始まる。周囲に水が十分に存在しても、内的な要因で吸水が妨げられれば、種子は休眠を続けることになる。そのような休眠、すなわち吸水が妨げられていることが重要な原因の休眠は硬皮休眠とよばれる。硬皮休眠の状態にあれば、種子は、水につけても吸水せず体積も重量も変化しない。生理的な温度域を超える高温度に短時間される、物理的に傷が与えられる、などにより、硬皮休眠が解除されてはじめて吸水するよいになる。硬皮休眠のように種皮に原因のある休眠は、「種皮に原因のある休眠(coat imposed dormancy)」とよばれる(鷺谷 2010)。

休眠の誘導・解除に必要な環境条件や経過時間および発芽に必要な環境条件を明らかにすれば、野外におかれた種子がたどる運命を予測できる(鷺谷 2010)。

### 休眠の解除

種子の休眠は、一般に、「種子の内部に発芽の阻害要因(block)が存在している状態」として定義される。すなわち、休眠とは、発芽に適した環境条件(適当な温度、通気を妨げない程度の十分な水分など)のもとでも発芽しない種子の「生理的な状態」と指す。休眠種子が発芽するためには、まず、そのような「内的な阻害要因」が取り除かれ、さらに、発芽に都合の良い環境条件(外的条件)が与えられることが必要である。内的な阻害要因が取り除かれることを「休眠の解除」、新たに内的な阻害要因が生じることを「休眠の誘導」という。休眠の解除・誘導は、光や温度など外的条件に応じておこることもあれば、時間の経過以外の特定の環境要因の効果では説明できないこともある(鷺谷 2010)。

### 湿地の管理

日本において最も失われた景観は、草地と湿地だといわれている。一方、森林や農地は、その中身には変質があったものの、総面積としては大きな変化が見られない(矢原・川窪 2002)。このような事実を反映してか、環境省の維管束植物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く生育している。また、水田では、浅く広い止水域としての田面だけではなく、水路や溜め池などの多様な水辺、畦など水域と陸域の境界領域、さらに草刈りで維持される半自然草原など多様な環境が形成されている。このような多様な環境の存在が豊かな生物相を育んできたと言える。

湿原や沼地から生じる二つ異なるタイプの湿地に関する管理事例は、管理の多様性が広範囲に及ぶ生育地のカテゴリーを必要とするところを説明するのに十分である。

隆起湿原は泥炭でできた凸状のレンズからなり、一般的には沼澤地や湖にはじまる窪地から発達する。これらの自然にできた窪地大部分は最終的な氷河作用が残したものである。湿原は高い降水量地域に開放水域から始まる湿性遷移系列とよばれる植生遷移の一つのタ

イプの結果として形成される。植生が湖の縁に侵入すると、リターや、やがては泥炭が堆積し、スゲやヨシの優占する沼沢地タイプの生育地を形成する。沼沢地の縁は木本植物が侵入するようになるが、中央部では泥炭が堆積し続ける。これが冬季における氾濫の高さの限界に達したとき、泥炭は貧栄養状態になり、もはや地下水の影響を受けなくなる。その代わりに泥炭は本来、酸性である雨水による影響を受ける。その結果、群落はミズコゲが優占する酸性湿原に変化する。最初に定着する種はアルカリ性や富栄養状態へもっとも耐性があるミズコゲであるが、立地条件が酸性や貧栄養状態に変化すれば、他種が侵入する。その後の条件では、ミズコゲは湿原の縁よりも中央部でより急速に生長し、その外形は隆起しドーム型になる。泥炭は酸性で、かなり浸水し、貧栄養状態なため、低木林の侵入は問題ではない(Pullin著 井田ら訳 2004)。

隆起湿原のおもな脅威は、商業的な泥炭の掘削に利用されることである。泥炭を取り除きのため、表層をより低くするばかりでなく、排水の施設と関連するための乾燥作用をも生じる。さらに、富栄養な地下水の浸透は問題になり、通常、次に乾燥化を引き起こす。湿原の乾燥化はカバノキ科カバノキ属やマツ科の低木・樹木の侵入を可能にする。通常、保全を目的とした隆起湿原の管理は地下水面を復元するための水文学的管理を必要とする。

沼地はシルトに覆われた永久に湿った地域であり、一般的には、かなりな泥炭層の堆積によって形成される。大量の水が周辺の丘由来の雨水から生じ、そのため富栄養となり、たびたびアルカリ性に傾く。このことは湿原の性質を非常に異なる立地条件にさせる。しかし、これらの原因は非常によく似ており、その初期相の湿性遷移系列は、地下水面や酸性度、また初期相の優占種をミズコゲやヨシのどちらかに決める要因となる栄養塩類の供給に依存して、湿原か沼地のどちらかへ進むであろう(Pullin著 井田ら訳 2004)。

### 一般的な沼沢地の管理技術例

放牧湿原：夏季の放牧は潜在的に豊富で多様な植物相を生ずる沼地や湿原における伝統的な管理である。もし地域が過放牧されれば、この技術は植生や植物相の多様性を低下させるイグサ（イグサ属：*Juncus*）のような競争的なイネ科のような、単子葉草本や好ましくない植物の成長を促進させる。草地やヒースと同様に放牧の結果は家畜の利用や密度、捕まえどころのない総合的なもに決定的に影響を受ける(Pullin著 井田ら訳 2004)。

ヨシの刈り取り：ヨシの冬季の刈り取りはヨシ群落の高さと密度を維持する伝統的な管理慣行である。ヨシ群落は特別湿地の鳥類や無脊椎動物群集にとっての適した生息地を提供する。冬季の刈り取りは、刈る前に地表面を乾燥させる排水及び放水システムによる地下水面の管理を必要とする(Pullin著 井田ら訳 2004)。

**泥炭の掘削**：小規模な泥炭の掘削は、湿地地域の質を高める。これは遷移を開放水域に戻し、本質的に沼地を再発達することを可能にする。泥炭は小区画ごとに掘削され、持ち運びや乾燥のために切った泥炭を積み重ねて置かれる。これは小さな穴のパッチをつくり、もし活発に水を吸い上げなければ、水があふれる。洪水の際、土手は崩壊し、開放水域の広い地域に水が流れ出すかもしれない(Pullin著 井田ら訳 2004)。

**夏季の採草**:刈り取りによる除去を伴う株の収穫のための夏季の採草はより貧栄養な植物相を成立させ、ヨシの優占を妨げる。芝地はより草丈が短くなり、密度が高くなる傾向があり、スゲ類や草本植物、特に貧栄養な場合、ミズコゲにとって有利な立地条件である。刈り取りによる植物体の除去はしばしば問題となり、とくに離れており、近づきにくい地域において課題となる。刈り取られた植物体はよく山にして集められ、燃やされ、これは雑草の侵入を促す富栄養状態の局所的なパッチを成立させる(Pullin著 井田ら訳 2004)。

**火入れ**：植生やとくに無脊椎動物への負の影響を与えるかもしれないため、生育期の植生に直接的に火入れを実施することは、論争の的となる沼地の管理技術である。この技術は大部分の沼地における伝統的な活動として検討されていないが、便利で比較的安価である。一般的な利用を考慮する前に、その影響に関するより多くの研究が必要とされる(Pullin著 井田ら訳 2004)。

## 自然再生と自然再生推進法

「自然再生」とは、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、関係行政機関、関係地方公共団体、地域住民、NPO、自然環境に関し専門的知識を有する者等の地域の多様な主体が参加して、河川、湿原、干潟、藻場、里山、里地、森林その他の自然環境を保全し、再生し、若しくは創出し、又はその状態を維持管理することを行うこと。

自然再生の「基本理念」は①生物多様性の確保を通じた自然と共生する社会の実現、②地域の多様な主体による連携、透明性の確保、自主的かつ積極的な取り組み、③地域の自然環境の特性、自然の復元力、生態系の微妙な均衡を踏まえた科学的な知見に基づく取り組み、④事業着後にも自然再生の状況をモニタリングし、その結果に科学的評価を加えた事業に反映させる順応的管理、⑤自然環境学習の場としての活用への配慮の5点を基本理念として挙げている(環境省HP)。

## 自然再生事業としてのビオトープ

近年の人間活動の拡大に伴い、二次林や干潟、藻場、自然海岸などの減少が続き脊椎動物や維管束植物については全体種数の約20%が絶滅のおそれのある種となり、メダカやキキヨウなど間近な存在と考えられていた種にも絶滅の危険が生じている。このため、大規模な自然再生が必要だという認識が強くなってくる。

ビオトープとは、ギリシャ語の「生命：bio」と「場所：topos」の合成語で生物の生息空間を意味する。広義には森林や海洋などの自然、これらを含む地球もビオトープである。生物の多様性の維持や生態系の保護・再生のため、新たに造られる生物の生息空間もビオトープと呼んでいる。ビオトープには、原生林などのように「人の手を排除した自然のままの空間」という考え方と、人が自然とが関わり合うことによって多様な生きものが生息できる環境をつくり維持するという考え方である。

雑木林や溜池、小川、田んぼなどの日本のビオトープの多くは、自然を人の手から遠ざけるのではなく、人が手を加え、かく乱することによって遷移する植生が逆戻りし、動植物の生育密度や複雑な環境構造が維持されてきた（養父 2006）。

さまざまに区分されるビオトープの中で、生態学的に価値の非常に高い原生的なビオトープを優先的に保護し、環境管理によって里山のようなビオトープの健全化を図り、土木的な工事などによって生物に乏しい都市部のビオトープの価値までを上げようというのが、近年の傾向である。このために、埋め立て地に人工的な水辺のビオトープを用意したりする。つまり、どのような場所でも、保護対策を行えるというのが、自然をビオトープとして整理することの利点で、身近な自然を少し良くする個人レベルのことから、大面積の保護や大規模な自然再生事業までと、対策の範囲は広い。いずれも、ビオトープの生態学的な価値を高め、健全化させる目的があり、投資（資金、投入労力）に対する生態系への見返り（費用対効果）は原生自然に近づくほど大きくなる（中島 2004）。

現代の日本人は人間生活にとって本来あるべき自然環境や体験の機会が奪われており、それに代わって人工的な環境や装置、商業的な娯楽に取り囲まれて生活しているといつてよい。しかし多くの日本人がいますぐ都市から農山村に転住し、かつてのように自然とともににある生活をおくることは不可能である。したがって、まず都市域においても、幼児でもアクセスしやすい日常の身近な場所に、たとえ小規模でも生きものが生息する空間、すなわちビオトープを創成することが必要なのである。ビオトープづくりには種多様性の保全や野生生物を呼び戻すという目的のみならず、好奇心や感動を触発する自然体験や生物体験の場を確保するという役割も大きいのである（重松 2002）。

## 人工ビオトープ

人工ビオトープとは、ヒトの関与によって、その環境が造られてできたものを指す。広義には、コナラなどの植樹を行った里山も人工だと言えるが、一般には水辺の創出によってできたトンボ池などが、人工ビオトープの典型と言える。

人工ビオトープを作り、管理する過程では、多くのエネルギーを費やしてしまうことが多い。そのため、可能な限り人力で、その場の資源を活用することが望ましい。それには、面積が大きすぎないということが一つの目安となる（根本 2004）。

一方、生物を保護していく上での生息地には、より大面積であることが望ましい。個々の生息地（コア）が、生物が行き来する老化のような空間「エコロジカル・コリドー（生態学的回廊）」で連結され、ネットワーク化されていると、開発によって分断、孤立、点在してしまったコア同士がつながり、面的な広がりを持つようになる。すると、互いにほかのコアの個体との交配が可能になって、遺伝子の多様性が維持される（長谷川 2004）。

ビオトープの創成は長期的な事業となる。そのため、ビオトープの創成に当たってはビオトープがどのような姿を目指すのかの方向性や方針を固め、イメージを整理し、多くの人々の間で共通の目標と理解を得ることが重要である。そうすることで、関係者に意識の統一が確認できるだけではなく、外部に対する説明も容易にする。短期目標も立てやすくなる上、各自の役割や、現在の能力も整理できる。この将来展望は状況によって見直しても良い。自然相手のことであるので、イメージは何度も変わら方が普通であろう。柔軟な対応は、行為と目標のずれをいち早く察知することにつながり、目標の実現を容易にするばかりか、方向性の見直しも可能にする。結果的に、長い活動への個人負担は軽減される（井上 2004）。

加えて、造成後は、自分たちの行動が計画通りに進んでいるのかを確認するため、監視、観察（モニタリング）を継続することも重要である。モニタリングで得られた結果は、効果や成果の評価指標となるだけでなく、危機を察知する際にも使える。また、モニタリングの頻度が高いほど、目標に対しての「ずれ」をいち早く発見でき、手遅れにならない前に適切な対応が取れるようになる（長谷川 2004）。

## ビオトープ整備の七原則

ビオトープの概念が一般化しつつあることと平行して、ビオトープづくりも日本各地で展開され始めている。しかし、多様なビオトープがつくられるることは好ましいことなのだが、そこに生物の持続できる空間が確保されていなければ、ただ人間の自己満足で終わってしまう。

なおこの分野でも先進国のドイツでは、ビオトープ整備について次のような「整備七原則」が定められ、厳格な姿勢で取り組んでいる。

- ① 整備対象地本来の自然環境を復元し、保全する。そのための自然環境の把握は必要条件（この復元の中には創造も含む。創造の場合は「この地本来」となる）
- ② ①の理由により、設計に際しては、利用素材（生物も非生物も全て含む）はその地本来のものとする。
- ③ 回復・保全する生物の持続的な生存のために、それ相応の水質の用水を確保する。
- ④ 純粋な自然生態系の保全・復元のために人が立ち入らない中核ゾーンを設定する。
- ⑤ 設計図面に基づき整備した当初のビオトープは完成半ばであり、その後自然が仕上げて完成状態となる読みが設計技術には必要である。
- ⑥ ビオトープ整備は行政の思惑のみで進めないで、何らかの形で市民参加を図る。
- ⑦ ビオトープ・ネットワーク・システム構築のために、当該ビオトープの整備後のモニタリングを十分に行う。

この七原則は、ドイツにおけるビオトープづくりの歴史の中から確立されたものであり、本来のビオトープづくりには欠かせない原則である（秋山 2000）。

### ビオトープ設置の目的と目標

ビオトープは、失われた身近な自然の再生、環境教育の場の提供、各地域における絶滅危惧種の系統維持など、生物多様性の保全において重要な役割を担うことが期待される（西廣 2003）。しかし、遙か遠くの他の地域産の植物を植え込んだり、外来植物の繁茂を放置したり、ホタルやトンボといったシンボル的な動物の保護・増殖だけに偏重したりしている例もある。これらは地域の生物多様性の保全を行っているとは言えない。まずは地域の生物多様性の保全のため、地域の生態系の再生をめざす事業であるという目的を、管理者が理解・合意することが不可欠である。またあまりにも小規模な、例えば学校ビオトープのようなサイズでは、生態系の再生はできないので、生態系の再生のため、できるだけ広い土地をビオトープとして用意する必要がある（石川 2013）。

ビオトープの育成管理の出発点で、地域の里山林、溜め池、草原、湿地（水田）など明確な再生目標を設定すると、再生の出発点として利用する土壤・植物成体の出処を明確にし、遠い地域産のものは持ち込まず、造成後は、原則として生物を持ち込ず、植物種の増減は、自然遷移に委ね、外来種は持ち込まない、発生したら除去する事ことが不可欠となる（石川 2013）。

## 大型ビオトープの実例

### アドバンテスト・ビオトープ

群馬県邑楽群明和町、株式会社アドバンテスト群馬 R&D センター2号館敷地内に 2001 年 4 月に竣工したもので、面積が 17,000m<sup>2</sup>と民間企業所有としては国内最大級のビオトープである。本ビオトープの育成管理について、竣工時から群馬大学社会情報学部環境科学研究室の石川真一教授が、生態学的学術調査に基づいたアドバイスを行っている。ビオトープの趣旨にそぐわない外来植物が確認された場合は、その除去・時期を検討しアドバンテスト社に提案してきた。アドバンテスト社はこれを基にしてビオトープの管理を行っている(須永 2017)。

アドバンテスト・ビオトープおよび周辺地域には本研究の実験材料植物である絶滅危惧種のフジバカマ、チョウジソウ、タチスマレ、ジョウロウスゲが生育している。

### チノー・ビオトープ

群馬県藤岡市森、株式会社チノー藤岡事業所敷地内に造成された大型ビオトープである。本ビオトープは、記録計、調整計、温度センサー、データロガー、放射温度計など各種試験装置の製品とサービスを提供するチノー社が、環境への取り組みの一環として自然環境との共生を目的に、2009 年 9 月に新プロジェクトとして計画し、2010 年 10 月に竣工したものである。本ビオトープの面積は約 10,119m<sup>2</sup>である。本ビオトープの育成管理について、設計段階から群馬大学社会情報学部環境科学研究室の石川真一教授が、生態学的学術調査に基づいたアドバイスを行っている(須永 2017)。

チノービオトープでは本研究の実験材料植物である絶滅危惧種のフジバカマ、ミゾコウジュが生育している。フジバカマが緊急避難対策で本ビオトープに移植し保護されている。

### 男井戸川調節池ビオトープ（通称やたっぽり）

群馬県伊勢崎市により、たびたび起こる男井戸川の洪水に備えるため、利根川の支流である男井戸川に造成された調整池である。計画段階において、男井戸川は市街地を流れているので川幅を広げることが難しく、早急な対策を行うためには遊水池をつくることが有効であると考えられたため、治水だけでなく水質改善、生物の成育・生息環境の確保などの点において同時に整備することが基本方針に盛り込まれた。2001 年から住民と県との懇談会が開かれ、調整池の管理に対する住民参加を促進している。この段階から、本ビオトープの育成管理について群馬大学社会情報学部環境科学研究室の石川真一教授が、生態学的

学術調査に基づいたアドバイスを行っている。また、2008年11月から住民参加型の検討委員会が開かれており、利活用計画を検討してきた。2009年に県（河川管理者）としての技術的・行政的な検討を加えた最終的な利活用計画が確定した。これにより、本調整池の一部を水生ビオトープとして整備することとなった。2012年3月に竣工したばかりである（都丸 2013）。

男井戸川調節池ビオトープでは本研究の実験材料植物である県指定の準絶滅危惧種コギシギシが自生しておる。本ビオトープ周辺には、絶滅危惧植物種の自生地が点在する。いせさき聖苑（伊勢崎市波志江町）では群馬県指定の絶滅危惧 IB類の植物の生育が確認され、2016年から当研究室がモニタリング調査を行っている。鯉沼（伊勢崎市三和町）では2017年に群馬県指定の絶滅危惧 IA類であるキタミソウの生育が当研究室の調査で初めて報告された。キタミソウは男井戸川の川沿いに鯉沼まで広く分布している。

### 東洋水産ビオトープ

群馬県館林市、株式会社東洋水産関東工場敷地内に造成されたビオトープである。本ビオトープは、水産加工を初め、「マルちゃん」ブランドで知られる総合食品メーカー社が、「食の安全・安心」と「自然との共生」を目標に掲げ、2010年3月に造成したものである。本ビオトープの面積は約1650m<sup>2</sup>である。本ビオトープの育成管理について、2019年から群馬大学社会情報学部環境科学研究室の石川真一教授が、生態学的学術調査に基づいたアドバイスを行っている。

本ビオトープでは水田在来種コナギ、群馬県絶滅危惧 IB類のマツカサススキが生育している。一方、緊急避難対策として、準絶滅危惧種のチョウジソウとフジバカマを本ビオトープ内に移植し保護されている。

### 研究目的

ビオトープは、失われた身近な自然と生態系の再生、環境教育の場の提供、各地域における絶滅危惧種の系統維持、既存の緑地の間をつなぎ鳥類や昆虫類に利用されるネットワーク（緑の回廊）など、生物多様性の保全において重要な役割を担うことが期待されている（西廣 2003）。しかし、はるか遠くのほかの生息地の生物を持ち込んだり、外来植物の繁茂を放置したりしている例もある。これらは地域の生物多様性の保全を行っているとは言えない。ビオトープづくりには種多様性の保全や野生生物を呼び戻すという目的のみならず、好奇心や感動を触発する自然体験や生物体験の場を確保するという役割も大きいのである。

ビオトープの育成管理として必要不可欠な事項のひとつは外来植物の駆除である。外来植物は一般に繁殖力が強く、周辺に生育する在来種の育成を阻み、衰退、消滅させる恐れがある。さらに、生物多様性の低下や生態系の破壊を引き起こす危険性が高いため、ビオトープ内の植物相を初めとする生物多様性を高め、本来の目的に沿った構築を行うためには、勢力過大な外来植物の駆除を継続的に進めていく必要がある。また、ビオトープの植物種多様性を高めるには、在来種の増殖を促進していくことが効果的である。

そこで、本研究では大型ビオトープにおける植物種多様性の育成管理方法の環境科学的研究において、外来植物を抑制あるいは駆除しつつ、在来植物の増加を促進する方策を検討するために必要な生態学的知見を、環境情報として蓄積すること、そして地域の生態系の再生という機能を果たし、地域の絶滅危惧種の保護・増殖場所となる可能性を高めるために、大型ビオトープ（2001年4月竣工したアドバンテスト・ビオトープ・群馬県邑楽郡明和町、2010年10月に竣工したチノー・ビオトープ・群馬県藤岡市森、2012年3月竣工した男井戸川調整池・伊勢崎市、2010年3月に竣工した東洋水産ビオトープ・群馬県館林市）における植物種多様性の育成管理方法に関する研究を行う。これらのビオトープ内で出現植物種の記録を主とした現地調査を行い、また、これらのビオトープ内に生育する国指定絶滅危惧種生態学的特性を明らかにするため、発芽実験および生長解析を行うこと。これらの結果を踏まえて、今後の各ビオトープにおける、植物種多様性育成管理手法を考案する。

## 調査地概要

本研究で調査地とした大型ビオトープは4つで、いずれも群馬県内の平野部の、従来の農耕地が都市化または工業団地化された場所に位置している（図1）。またアドバンテスト・ビオトープ、チノー・ビオトープ、男井戸川調節池これら三つのビオトープは設計または竣工段階から、群馬大学社会情報学部環境科学研究室の石川真一教授が、生態学的学術調査（モニタリング調査）に基づいたアドバイスを行い、育成管理を続けている。一方、東洋水産ビオトープは2010年3月竣工したものですが、2019年度から当研究室がモニタリング調査を開始したばかりである。

またビオトープ周辺の数カ所においても、同研究室が絶滅危惧植物種のモニタリング調査を行っている（図1）。

### ・アドバンテスト・ビオトープ

群馬県邑楽郡明和町、株式会社アドバンテスト群馬R&Dセンター2号館敷地内に2001年4月に竣工した大型ビオトープである（図2、写真1）。

本ビオトープは「多様な生き物の生育空間の創出とネットワーク」、「失われつつある昔ながらの風景の再現」、「従業員の安らぎの場の創出」を目標として造成された。「多様な生き物の生育空間の創出とネットワーク」とは、地域の多様な生物種が生息できるよう、生態学的な知見に基づいた生育空間を創出し、R&Dセンター北側に谷田川をはじめとする、周辺環境との連続性とネットワークを形成しようというものである。「失われつつある昔ながらの風景の再現」とは、ひと昔前には関東平野北部のどこにでも広がっていた広大な氾濫原、失われてしまった水辺、湿性環境、雑木林と空き地の草原などの風景の再生をめざし、周辺環境の保全を行うというものである。「従業員の安らぎの場の創出」とは、工場内で働く従業員の人々に対して、自然と触れ合える安らぎの場を創出するものである。

このように、本ビオトープは単純に緑地を創出しようというものではなく、本来の定義に沿ったビオトープの創出を目指している（関 2016）。

本ビオトープの設計にあたっては、関東平野の昔ながらの田園風景の復元を目指して、高低差3m程度の微地形と、大きく分けて水辺、樹林、草地からなる多様な環境が配置されている。これにより、エコトーンと呼ばれる性質の異なった2つの環境が接する推移帯が形成され、より自然に近い環境を創出し、多様な生物種が生息できる空間が確保されている。また、ビオトープ内には、ビオトープ装置（石積ビオトープ：2地点、伐採木ビオトープ：4地点、伐採竹ビオトープ：3地点、砂礫ビオトープ：1地点）が配置されており、多様な小動物種の生育を可能としている。

この19年間外来植物を継続的に駆除したことによって、のべ100種を越える在来植物が出現し定着しつつある。群馬大学社会情報学部環境科学研究室、清水建設の共同研究結果を基にして、アドバンテストとアドバンテスト・グリーン社が管理を行っている。

アドバンテスト・ビオトープの周辺には、絶滅危惧植物種の自生地が多数点在する(図1)。谷田川(板倉町)および矢場川(館林市)では、群馬県指定の絶滅危惧IA類であるフジバカマが自生し、2010年から当研究室がモニタリング調査を行っている。また谷田川には群馬県指定の絶滅危惧IA類であるチョウジソウが自生し、県内における自生地がこの1カ所となつたため、2017年から当研究室が館林土木工事事務所と共同でモニタリング調査を行っている。中野沼(邑楽町)では群馬県指定の絶滅危惧IB類であるジョウロウスゲが自生し、2014年から当研究室がモニタリング調査を行っている。渡良瀬遊水池(板倉町)では、群馬県指定の絶滅危惧IA類であるタチスミレが自生し、2010年から当研究室がモニタリング調査を行っている。

#### ・チノー・ビオトープ(群馬県藤岡市森)

群馬県藤岡市森、株式会社チノー藤岡事業所敷地内に造成された大型ビオトープである(図3、写真2)。2009年9月に新プロジェクトとして計画し、2010年10月に竣工したものである。本ビオトープの面積は竣工時約10119m<sup>2</sup>であったが、2013年に増設したため、広くなっている。当地にはかつての水田が埋まっており、この土地を掘り起こし、ビオトープ内に小規模な水域を造成して、土を撒きだして「水田ビオトープ」が創出されている。本ビオトープの周辺にはJR高崎線、国道17号が走り、敷地内600m北側には烏川が、約1km西側には鏑川が流れている(石田 2015)。

チノー・ビオトープの周辺には、絶滅危惧植物種の自生地が点在する。藤岡市岡之郷では群馬県指定の絶滅危惧IB類である水生植物種ササバモ(ヒルムシロ科)が自生していたが、自生地が用水路工事で破壊されたため、2015年に本ビオトープに緊急避難的に移植した。また高崎観音山では、旧カッパピア跡地を整備し「観音山公園」が造られたが、その工事中から、群馬県指定の準絶滅危惧種であるミゾコウジュの自生が当研究室の調査により確認されている。

#### ・男井戸川調整池ビオトープ(通称・やたっぽり)(群馬県伊勢崎市豊城町)

群馬県伊勢崎市により、たびたび起こる男井戸川の洪水に備えるため、利根川の支流である男井戸川に造成された調整池である(図4、写真3)。計画段階において、男井戸川は市街地を流れているので川幅を広げることが難しく、早急な対策を行うためには遊水池をつくることが有効であると考えられたため、治水だけでなく水質改善、生物の成育・生息

環境の確保などの点において同時に整備することが基本方針に盛り込まれた。2001年から住民と県との懇談会が開かれ、調整池の管理に対する住民参加を促進している。また、2008年11月から住民参加型の検討委員会が開かれており、利活用計画を検討してきた。2009年に県（河川管理者）としての技術的・行政的な検討を加えた最終的な利活用計画が確定した。これにより、本調整池の一部を水生ビオトープとして整備することとなった。2012年3月に竣工した（都丸 2013）。

造成開始前の2008年度に行われた現地調査により、調整池予定地の一部に水を引いてつくられた湿地において、水田・湿地生在来種23種、畑地雑草14種、外来種18種が確認された。この中には直近の自生地（天野沼）から2000年代中頃に移植されたアサザをはじめ、オモダカ、カワジシャ、シャクジモの計4種の絶滅危惧種が含まれている（高橋 2009）。こうした保護の重要性が高い植物相を水生ビオトープ内に再生するため、群馬県中部県民局・伊勢崎土木事務所によって、当地の表土の一部を別所に温存して調整池整備後に再配置し、土壤シードバンクから植生ビオトープ内に再生する計画が実施されている（関 2016）。当調整池は竣工直後より、群馬県伊勢崎土木事務所および地域団体である「殖蓮地区自然環境を守る会」が共同して草刈りなどの管理を行っている。

男井戸川調節池ビオトープの周辺には、絶滅危惧植物種の自生地が点在する。いせさき聖苑（伊勢崎市波志江町）では群馬県指定の絶滅危惧IB類の植物の生育が確認され、2016年から当研究室がモニタリング調査を行っている。鯉沼（伊勢崎市三和町）では2017年に群馬県指定の絶滅危惧IA類であるキタミソウの生育が当研究室の調査で初めて報告された。キタミソウは男井戸川の川沿いに鯉沼まで広く分布している（石川 私信）。

#### ・東洋水産ビオトープ（群馬県館林市）

群馬県館林市、株式会社東洋水産関東工場敷地内に2010年造成されたビオトープである。本ビオトープの面積は約1650m<sup>2</sup>である（図5、写真4）。本ビオトープは、水産加工を初め、「マルちゃん」ブランドで知られる総合食品メーカー社が、「食の安全・安心」と「自然との共生」を目標に掲げ、風力発電や太陽発電、屋上緑化など様々な環境配慮の取り組みを進めている。周辺には利根川のほか、童謡のたぬき林で有名な茂林寺沼やハクチョウの飛来地となっている城沼などの豊かな自然がある。そこで、地域の自然の質をさらに高めることにを目的に、周辺の自然とのつながりに配慮したビオトープを工場の敷地内に創出した。

## 研究材料および方法

### 植物相調査

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法である。そのため、植物種多様性の低い地域以外では見落とす種が多くなる。そこで、本調査では広範囲にわたる生育植物種をリストアップする植物調査を行った。各調査地域を踏査し、開花・結実している植物を中心として目視による確認の後、ポータブル GPS (GARMIN GPSmap62SCJ) の内蔵カメラで撮影することにより生育位置を記録した。なお、この調査方法では、踏査により目視可能な種が対象となるために、比較的量の多い植物種をピックアップすることになる。

また、撮影した写真は Garmin Base Camp に取り込むことによってジオタグ情報を読み込み、これらを用いて各植物の分布図を作成し、撮影した各植物の写真と共に各ビオトープの出現植物種データベースに取りまとめた。データベースの一例を（図 12, 13, 14, 15）に、調査の実施日程を（表 1）に示す。

### 実験材料植物

主に 4 つの調査対象ビオトープおよび周辺に定着している以下の植物を、モデル植物として用いた。

#### <ビオトープの絶滅危惧植物種>

コギシギシ（タデ科、多年草、*Rumex nipponicus*）

本州、四国、九州に分布するタデ科の多年草で、河原や、田んぼのあぜなど低湿地に生育する。国のレッドリスト（2012）では絶滅危惧 II 類に指定されている。群馬県レッドデータブック（2012）では、準絶滅危惧種に指定されている。チノー・ビオトープおよび男井戸川調整池ビオトープに自生する（岡村 2018）。

ミヅコウジュ（シソ科、越年草、*Salvia plebeia*）

本州、四国、九州、沖縄に分布するシソ科の越年草で、水辺の裸地的な立地に生育する。河川工事や除草剤散布などにより減少傾向にあることから、国のレッドリスト（2012）では準絶滅危惧種に指定され、群馬県のレッドデータブック（2012）でも準絶滅危惧種に指定されている。チノー・ビオトープ、男井戸川調整池ビオトープおよびアバンテスト・ビオトープに自生する（岡村 2018）。

4 産地フジバカマ（キク科、多年草、*Eupatorium fortunei* Turcz）

関東地方以西の日本および朝鮮半島、中国大陸に分布し、河岸の湿った草地にはえる多年草。秋の七草の一つであり、かつては全国各地の河川敷では普通の植物であったと考えられるが、河川改修工事などにより自生地の消失が激化した結果、現在では野生は希である。国のレッドデータブック（2012）では準絶滅危惧、群馬県のレッドデータブック（2012）では絶滅危惧 IB 類に指定された。近年群馬県所管の河川改修工事などにより自生地の消失や改変が相次いでいるため、2018 度から群馬県では絶滅危惧 IA 類に指定された（群馬県自然環境課ウェブサイト）。2006 年からアドバンテスト・ビオトープに自生し、2012 年からチノー・ビオトープに県内産の株が緊急避難として保全されている（都丸 2013）。2019 年現在、群馬県内の自生地は矢場川、碓氷川、谷田川、アドバンテスト・ビオトープおよび渡良瀬遊水池の 5 カ所のみである（石川 私信）。遺伝子の違いがある場合、保全方法も異なるため、産地ごとに遺伝子の違いがあるかどうかを究明するために、本研究では 4 产地の種子を用いて実験を行った。

#### <外来植物種>

##### ヒメモロコシ（イネ科、多年草、*Sorghum halepense*）

ヨーロッパ地中海地域原産で、1945 年前後に関東地方で見出され、その後本州東北以南～沖縄の各地の道ばた、堤防などに広がっている。根茎、種子の両方で繁殖するため、畑地・牧草地の強害雑草となっている。2001 年からアドバンテスト・ビオトープに侵入し、継続的に引き抜き駆除を行っているが、根絶に至っていない。

またビオトープ周辺に自生しているが、自生地の環境の変化により今後衰退する怖れがあり、対策としてビオトープ内での緊急避難的管理を実現するために、生態学的特性を解説する必要がある絶滅危惧植物種についても、実験材料植物として用いた。

#### <ビオトープ周辺-中野沼>

##### ジョウロウスゲ（カヤツリグサ科、多年草、*Carex capricornis*）

北海道、本州に分布するカヤツリグサ科の多年草で、低地帯の湖畔や河原の沼辺などの湿地に生育する。国のレッドリスト（2012）では絶滅危惧 II 類に指定され、群馬県のレッドデータブック（2012）では準絶滅危惧 IB 類に指定されている。

#### <ビオトープ周辺-渡良瀬遊水池>

##### タチスマリ（スミレ科、多年草、*Viola raddeana Regel*）

関東の利根川水系、九州の一部、局地的で限られている地方に分布する。河川が氾濫しやすい平坦で陽あたりの良いオギやヨシなどの湿った草原、河畔林に生育する。国のレッドリスト（2012）では絶滅危惧 IB 類に指定され、群馬県のレッドデータブック（2012）では

絶滅危惧 IA 類に指定され、2015 年に施行された群馬県の「希少野生動植物の保護に関する条例」で指定種となっている。絶滅危惧に指定されるまでに減少した要因は生育地の管理放棄、自然遷移、河川開発とされ、関東地方の生育地は利根川水系に属している。

〈ビオトープ周辺-館林市〉

チョウジソウ（キョウチクトウ科、多年草、*Amsonia elliptica*）

北海道、本州、九州、朝鮮半島、中国に分布し、川岸の原野にはえる多年草。国のレッドデータブック（2012）では準絶滅危惧、群馬県のレッドデータブック（2012）では絶滅危惧 IA 類に指定されている。群馬県内では東毛のわずか 1 カ所の河川敷に生育するのみとなっており、種子や挿し木からの保護増殖や、ビオトープなど人の管理による保全が可能な場所への一時退避を実施せざるをえない状況である。

### 種子発芽の冷湿処理・培養温度依存性実験

様々な温度帯で植物種子を培養しその種子の発芽条件を解明する実験である。種子が発芽するために、温度など適切な発芽条件が必要である。また、植物種子の多くは、冬を経験しないと発芽せずに、休眠状態（水と温度があっても発芽しない状態）になる。そのため、発芽条件、休眠解除条件が解明されれば、絶滅危惧種の保全、外来種の駆除に直結する貴重な知見となる。

フジバカマは矢場川、碓氷川、矢田川、アドバンテスト・ビオトープの 4 产地で 2017 に採取し、その後-80℃で冷凍保存した種子、チョウジソウは 2017 年に館林市の自生地で採取し、その後-80℃で冷凍保存した種子、コギシギシ 2017 年に男井戸川調節池ビオトープで採取し、その後-80℃で冷凍保存した種子、ミゾコウジュは 2017 年に高崎市「観音山公園」（旧カッパピア）で採取し、その後-80℃で冷凍保存した種子、ジョウロウスゲは 2017 年に館林市中野沼で採取し、その後-80℃で冷凍保存した種子、タチスマリは 2019 年に渡良瀬遊水池で採取した種子、ヒメモロコシは 2017 年前橋市江木町で採集しその後 4℃で冷蔵保存した種子を用いた。各種の種子の採取日時・場所・前処理（冷湿処理、硫酸処理の有無）・実験のスケジュールを（表 2）に示す。

保存されていた種子のうちから健全な種子だけを峻別し、石英砂を敷いた直径 9cm のプラスチック製シャーレに成熟した種子を 50 個ずつ入れ、各々のシャーレに蒸留水を注入した。このシャーレを各植物各処理区あたり 3 シャーレずつ用意（これを以後 1 セットという）し、温度勾配型恒温器（TG-100-ADCT, NKsystem）に入れて培養した。設定温度は 30/15℃、25/13℃、22/10℃、17/8℃、10/6℃の 5 段階とし、各段階に 1 セットずつ入れて 62 日間以上培養し、発芽数を記録した。記録は培養開始から 1 ヶ月間は毎日、その後は 1-2 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見なして数を記録し、取り除

いた。また観察日ごとにシャーレに蒸留水をつぎ足し、シャーレの内部が常時湿った状態を保った。こうして得られた最終的な積算発芽率を、最終発芽率とした。

### 硫酸処理

チョウジソウ、タチスミレ、ヒメモロコシの3種については、予備的な発芽実験において無処理で培養した結果、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おこなった。

それぞれの種子を濃硫酸で10分間処理したのち、水道水で10分間洗浄した。蒸留水に浸かして吸水を確認した後、石英砂を敷いた直径9mmのプラスチック製のシャーレに各50個ずつ種子を入れた。

各植物種において、ヒメモロコシは5セット、チョウジソウ、タチスミレは2セット用意した。

ヒメモロコシはシャーレを5段階の培養温度(30/15°C、25/13°C、22/10°C、17/8°C、10/6°Cの各温度区)に入れて培養し、チョウジソウとタチスミレは2ヶ月間冷湿処理(後述)を施した後、温度勾配型恒温器内(22/10°Cおよび25/13°C)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 $300\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 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、栽培実験に用いるため別の石英砂と蒸留水を入れた別の直径9mmのプラスチック製のシャーレに移した。

### 冷湿処理による休眠解除実験

チョウジソウ、ジョウロウスゲ、タチスミレの計3種類の植物の種子については、先行研究(山里、長倉)または予備実験により、発芽に冷湿処理が必要なことが示唆された。このため本研究では、4°Cの薬用保冷庫(SANYO MPR-504(A) Medzcool)を用いて2ヶ月間冷湿処理を行った。

冷湿処理終了後、ジョウロウスゲは5段階の培養温度(30/15°C、25/13°C、22/10°C、17/8°C、10/6°Cの各温度区)に各1セット、チョウジソウは22/10°Cの温度区に2セット、タチスミレを25/13°Cの温度区に2セット入れて培養した。培養条件は昼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つた。そして、新たな発芽が3日以上にわたってみられなくなるまで培養を続けた。最終的な積算発芽数を最終発芽率として算出した。

## 異なる環境条件下における栽培実験

### 前栽培と初期サンプリング

2018年にフジバカマ（碓氷川産、谷田川産）、コギシギシ、ヒメモロコシ、ミゾコウジュ、ジョウロウスゲの種について、前述の発芽実験で発芽した実生をジフィーピートバンに移植して1ヶ月～2ヶ月栽培した。その後各種子の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ポット（直径3～5cm）に1個体ずつ移植し、群馬大学荒牧キャンパス内の圃場で栽培した。2018年の実験で発芽が不良または実生の生育が不良であったフジバカマ（矢場川、谷田川、アドバンテスト産）、ミゾコウジュ、チョウジソウ、タチスマレは2019年に実験をやり直した。タチスマレは2018年に発芽率が低く、2019年産種子を用いて再度実験を行ったが、十分な数の苗が得られなかつたため、栽培実験は行わなかつた。

初期サンプリングに際しては、前述のプラスチックポットに植栽した苗の本葉の数の多さおよび見かけのサイズが大きい順に並べ、これを順番に6区に配分して、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。

サンプリングした苗は個体ごとに根・茎・葉に分けて紙袋に入れ、送風定温乾燥機（DRS620DA, ADVANTEC）に入れて1週間80°Cで乾燥させた後、電子式上皿天秤（BJ210S, Sartorius）で乾燥重量を測定した。葉面積はカラースキャナー（GT-S640, EPSON）を用いて解像度300dpi、16bitグレーでスキャンした後、ImageJ1.41o（NIH）を用いてドット数を計測した。今回は148cm<sup>2</sup>あたり2100664ドットとした。栽培実験のスケジュールを（表3）に示す。

### 光強度を調節した栽培実験

寒冷紗を用いて光量子密度を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圃場に設けた。フジバカマ（矢場川産、碓氷川産、矢田川産、アドバンテストの4产地）、コギシギシ、ミゾコウジュ、外来種のヒメモロコシの苗を初期サンプリングした後、ただちに残りの苗ポットをこれらの処理区に配置して、

各材料植物の苗をそれぞれ1ヶ月～2ヶ月間栽培した。栽培中は1～2日に1度、ポットから水が流れ出るまで十分に水道水を与えた。肥料は与えていない。

以上の栽培実験終了直後、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、各器官の乾燥重量と葉面積を求めた。

### 気温を調節した栽培実験

温度勾配型恒温器（TG-100-ADCT, NKsystem）にコギシギシ（男井戸川産）、ジョウロウスゲ（邑楽町産）、チョウジソウ（館林市産・野生）、フジバカマ（碓氷川産）、ミヅコウジュ（「観音山公園」産）の苗を入れて培養した。設定温度は30/15°C、25/13°C、22/10°C、17/8°C、10/6°Cの5段階とし、14L/10Dの日長（昼間の光量子密度はおよそ $300\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ）下で、各材料植物の苗をそれぞれ約一か月間栽培した。栽培中は、ポットの下から5分の1程度の高さまで水道水を張った受け皿にポットを置き、毎日確認して水量が減った場合は隨時水を足した。肥料は与えていない。

以上の栽培実験を行った後、すべ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。

各材料植物ごとの栽培のスケジュールを（表3）に示す。

### 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である。

$$\text{RGR} = (\ln(\text{TW2}) - \ln(\text{TW1})) / (\text{T2} - \text{T1}) \quad (\text{g g}^{-1} \text{ day}^{-1})$$

TW1：初期または当月サンプリングにおける個体乾燥重量（g）

TW2：最終または次月サンプリングにおける個体乾燥重量（g）

T1：初期または当月サンプリング日

T2：最終または次月サンプリング日

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

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

$(\text{g m}^{-2} \text{ day}^{-1})$

TW1：初期または当月サンプリングにおける個体乾燥重量（g）

TW2：最終または次月サンプリングにおける個体乾燥重量 (g)

LA1 : T1 における個体の葉面積 ( $m^2$ )

LA2 : T2 における個体の葉面積 ( $m^2$ )

T1 : 初期または当月サンプリング日

T2 : 最終または次月サンプリング日

- ・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である。

$$LAR = (LA1/TW1 + LA2/TW2) / 2 \quad (m^2 g^{-1})$$

TW1 : 初期または当月サンプリングにおける個体乾燥重量 (g)

TW2 : 最終または次月サンプリングにおける個体乾燥重量 (g)

LA1 : T1 における個体の葉面積 ( $m^2$ )

LA2 : T2 における個体の葉面積 ( $m^2$ )

- ・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である。

$$SLA = LA/TW \quad (m^2 g^{-1})$$

LA : 最終または次月サンプリングにおける個体の葉面積 ( $m^2$ )

TW : 最終または次月サンプリングにおける個体の葉乾燥重量 (g)

- ・器官別重量比: 光合成産物をそれぞれの器官にどれくらい配分したかを示す指標である。

( $g g^{-1}$ )

- ・葉重比 (LWR : Leaf Weight Ratio)

$$LWR = LW/TW$$

LW : 最終または次月サンプリングにおける個体の葉乾燥重量 (g)

TW : 最終または次月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)

$$SWR = SW/TW$$

LW : 最終または次月サンプリングにおける個体の茎乾燥重量 (g)

TW : 最終または次月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：最終または次月サンプリングにおける個体の根乾燥重量 (g)

TW：最終または次月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。

$RGR \approx NAR \cdot LAR$

$LAR \approx SLA \cdot LWR$

これらの式によって、処理区間で RGR または LAR の変化があった場合、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。

## 植物データベースの構築

各ビオトープで生育が確認された植物の分類学的情報、確認日時、写真、位置図、生態学的特性情報を、サーバ経由で閲覧・検索可能な植物データベースの構築を行った。データベースの構築には FileMaker Pro18 (ファイルメーカー社) を用いた。

なおこの植物データベースは、スマートフォン・タブレット用の無料アプリである FileMaker GO (ファイルメーカー社) でも利用可能である。

## 結果および考察

### 植物相調査

#### アドバンテスト・ビオトープ

アドバンテスト・ビオトープでは、2019年度（4-10月）の計5回の調査により在来種105種、外来種41種の計146種の生育と開花が確認された（表4）。これまでの調査では、2009年度には在来種86種、外来種33種の計119種（鈴木 2010）、また、2010年度は在来種66種、外来種32種の計98種（青木 2011）、2011年度には在来種68種、外来種27種の計94種（松田 2012）、2012年度には在来種49種、外来種23種の計82種（浦野 2013）、2013年度には在来種81種、外来種38種の計119種（春原 2014）、2014年度には在来種67種、外来種30種の計97種（石田 2015）、2015年度には在来種107種、外来種33種の計140種（関 2016）、2016年度には在来種82種、外来種34種の計116種（須永 2017）の生育と開花が確認されている。2017年度一旦調査中止した。2018年度の調査では在来種97種、外来種36種の計133種の生育と開花が確認されている。確認種数は、外来種はこの数年間ほぼ定常状態にあるが、在来種は2015年、2001年以降で初めて100種を超え、2019年度も105種の生育が確認されている。在来種が生育しやすい環境が維持されているといえる。

2019年度の調査における帰化率（出現植物の総数に占める外来種の割合）は約28.1%であった。2016年度、2015年度、2014年度、2013年度、2012年度、2011年度の調査ではそれぞれ約29.3%、約23.6%、約30.9%、約31.9%、約28.0%、約27.9%であった（須永 2017；関 2016；石田 2015；春原 2014；浦野 2013；松田 2012）。これまでの調査では約23.6%～31.9%の間であったことから、依然平衡状態が続いていると言える。

2013年度の調査から現在まで継続して確認された外来種は、要注意外来生物であるアメリカセンダングサ、ハルジオンなどをはじめとする13種であった。ビオトープ内の生態系を脅かすそれがあり、注意が必要である。外来種には、地下茎や種子により旺盛に繁殖するために完全な駆除が難しい種が存在するが、そのなかで、イヌムギ、カモガヤなどをはじめとする外来生物は、繁殖力が高く、あらゆる環境に耐性をもつものが多くあるため、在来種に影響をおよぼすそれがある。また、セイタカアワダチソウ、ヒメモロコシ、ハルジオン、ヒメジョオンの4種は2001年の調査開始年から継続して確認されている。これらの外来植物種に対しては引き抜きまたは刈り取りによる勢力抑制が有効であると考えられるが、根絶は難しいものの、継続して勢力抑制を図る必要がある。

2018年度および2019年度も引き続きミゾコウジュ、ミコシガヤといった準絶滅危惧種が確認された。またイヌトウバナやノコンギクなど里山植物も多数継続して生育が確認された。

絶滅危惧種 1A フジバカマはアドバンテスト・ビオトープでの自生が初めて確認された 2006 年以来個体数はあまり増加せず、2010 年に至っても 2 個体を確認しただけであった（青木 2011）。2011 年の調査でも確認個体数が少なかった（松田 2012）ため、2011 年 5 月 26 日に谷田川の自生地で採取したフジバカマの苗を 5 月 30 日に挿し木し、群馬大学荒牧キャンパス内の裸地で栽培し、2011 年 10 月 27 日に本ビオトープの池の端の盛り土に移植した（松田 2012）。その後主な生长期（7 月）以前に草刈りを行い、光環境を改善したことで 2012 年は、盛り土に移植した個体で初めて開花が確認され、その後の調査においても開花を確認した（浦野 2013；関 2016）。2018 年度および 2019 年度の調査では、本種の生育、開花確認することができた一方、2019 年度には近縁種のヒヨドリバナの生育が初めて確認された。ヒヨドリバナと本種は非常に似ているので、区別しにくい。また、2018 年はフジバカマの個体が大量に虫に食われたため、生育不良との状態になっていた。

2012 年 9 月 20 日に、伊勢崎市の天野沼から移植し当研究室で栽培していたアサザ（国・準絶滅危惧種、県・絶滅危惧 IA 類）を、緊急避難対策としてアドバンテスト・ビオトープ内の池に移植した。しかし、2012 年に移植したアサザは、継続して生育はしていたものの生育不良であった。そこで 2015 年 5 月 20 日の調査の際に、本研究室で栽培していたアサザを、これまでと同じ池内の水深が浅く、水の流れが緩やかで陽当たりの良い地点に再移植した。同年 6 月 24 日の調査の際には、開花こそ確認できなかったが、広い範囲にわたり生育している様子がみられた。2018 年度および 2019 年度の調査でも本種の開花を確認できた。

2019 年に、本ビオトープの周辺地域で群馬県内では東毛のわずか 1 力所の河川敷に生育するのみとなっているチョウジソウ（国・準絶滅危惧種、県・絶滅危惧 IA 類）を、緊急避難対策としてアドバンテスト・ビオトープ内に移植した。その後調査の際には、本種の開花を確認できた。

これらの希少種については、周辺に繁茂する外来植物等の刈り取り、引き抜きを行い、脅威を減らし、良好な生育環境を保つことが個体維持のためには重要である。また、アサザに関しては、2015 年度の移植の際、苗を石にくくりつけたり、苗の周辺に竹の囲いを設けたりすることで、苗が流失してしまうことを防ぐことができた。今後も生育状況をモニタリングし、適切な管理を行うことでより良い生育環境を整えていくことが重要である。

#### チノー・ビオトープ

チノー・ビオトープでは、2019 年度（4-10 月）の計 5 回の調査により在来種 105 種、外来種 43 種の計 148 種が確認された（表 5）。2010 年度竣工前の調査では在来種 49 種、外来種 21 種の計 70 種が確認され（青木 2011）、2011 年竣工直後の調査では在来種 99 種、

外来種 69 種の計 168 種が確認され（石川 未発表）、2012 年の調査では在来種 100 種、外来種 47 種の計 147 種（都丸 2013）、2013 年の調査では在来種 99 種、外来種 55 種の計 154 種が確認され（春原 2014）、2014 年の調査では在来種 87 種、外来種 37 種の計 124 種（石田 2015）、2015 年度の調査では在来種 107 種、外来種 42 種の計 149 種（関 2016）、2016 年度の調査では在来種 92 種、外来種 44 種の計 136 種が確認された（須永 2017）。2017 年度の調査では在来種 85 種、外来種 40 種の計 125 種が確認された（岡村 2018）。2018 年度の調査では在来種 98 種、外来種 42 種の計 140 種が確認された。

2011 年以降、出現種数に大きな変化はないと言えるが、チノ一・ビオトープ竣工直後（在来種 49 種、外来種 21 種の計 70 種；青木 2011）に比べると約 2 倍の種数が継続して確認されていることになる（図 7）。

チノ一・ビオトープ内で生育が確認されている絶滅危惧種は、4 種類確認されている。竣工直後から確認されている県指定の準絶滅危惧種コギシギシ、2012 年から引き続き確認されている県指定の準絶滅危惧種カワヂシャ、ミゾコウジュとミコシガヤの生育が確認された。

チノ一・ビオトープの帰化率は 2019 年度で約 29.1% であった。2011 年度は約 42.6%（松田 2012）、2012 年度は約 31%（都丸 2013）、2013 年度は約 37.1%（春原 2014）、2014 年度は約 29.8%（石田 2015）、2015 年度は約 28.2%（関 2016）、2016 年度は約 32.4%（須永 2017）、2017 年度は約 32%（岡村 鈴木 2018）であり、例年より減少傾向があり、ほぼ 30% ほどで平衡状態が続いている。

また、2011 年で 17 種（松田 2012）、2012 年で 10 種と園芸種の生育が目についた本ビオトープであったが、2013 年度 5 種（春原 2014）、2014 年度 3 種（石田 2015）、2015 年度（関 2016）は 6 種、2016 年度（須永 2017）は 5 種、2017 年度（岡村 鈴木 2018）3 種であり、今年度は 4 種であった。2012 年以前と比べると園芸種数は減っており、引き抜き除去の効果が出ているといえる。この中でもなお継続して確認された園芸種はユウゲショウである。2015 年以後から本ビオトープ内で確認されなかつたが特に群馬県危険外来種のナガミヒナゲシについては、2018 年度および 2019 年度は生育が確認されなかつた。引き抜き除去の効果が出ているといえる。今後も継続して引き抜き管理を要する。

2012 年に緊急避難対策として、矢場川から採取した挿し穂から作出したフジバカマ苗を、本ビオトープのせせらぎ横に移植した（写真 7）。2013 年には開花するまでに生長し（春原 2014）、2014 年も開花が確認できた（石田 2015）。しかしその後生育が不良で、2014 年は生存個体を確認することができなかつた。そのため、2015 年 5 月 25 日に、本研究室で栽培していたフジバカマ（矢場川産）を、本ビオトープ内のせせらぎ横およびトンボの池

南側に移植した。2015年度から開花が見られ、2018年度および2019年度も開花がみられたので現在順調に生育しているといえる。

2012年7月30日に伊勢崎市の天野沼から移植し当研究室で栽培していたアサザ（国・準絶滅危惧種、県・絶滅危惧IA類）を緊急避難対策で本ビオトープ内のトンボの池（写真2）に移植した（都丸2013）。2018年度および2019年度も、トンボの池およびせせらぎ横の一面をアサザが覆い、5月の調査の際には開花を確認することができたため、生育は良好であるといえる（写真2）。

板倉町小保呂沼から避難させ当研究室で栽培していたトチカガミ（国・準絶滅危惧種、県・絶滅危惧IA類）を、2013年に本ビオトープ内のトンボの池に移植したが、生育が不良であった。そこで2015年5月25日に、同種をトンボの池内に再移植した。2015年9月の調査の際には、個体が増殖していることが確認された（関2016）。

2017年はふたたびせせらぎ横に当研究室で栽培していたトチカガミを再移植したが、その後開花を確認することができなかった。トンボの池およびせせらぎ横はアサザが繁茂して一面を覆っており本種の生長を阻害している可能性がある。

本種は群馬県内でわずか2カ所に生育しているのみで、絶滅を回避するために、今後も生育状況をモニタリングし保護育成に取り組んでいかなければならない。今後なぜ開花が見られないのか原因を解明し、来年度以降は定着し多くの開花を確認できるよう期待したい。

本年度確認された在来植物種の中には、オカトラノオやオトコエシなど榛名山西部の里山にも生育している種が2011年竣工直後から引き続き確認された。また、2017年度の調査では里山の林床で見られるシロヨメナが本ビオトープ内で初めて確認されたが、その後確認することができなかった。

2015年10月22日、本ビオトープに、水生絶滅危惧植物種ササバモ（ヒルムシロ科、群馬県絶滅危惧IB写真7）を緊急避難的に移植した。本種は藤岡市内の数地点の河川・用水路において生育が確認されていた（群馬県自然史博物館・大森武宏氏私信）が、そのうちの1カ所、岡之郷用水路が群馬県により改修されることとなったためである。岡之郷用水路は、同じく絶滅危惧種で藤岡市の天然記念物に指定されているヤリタナゴの生育地でもあるため、群馬県と関係農家および魚類専門家が協議会を組織して対策を検討していたが、工事着工1ヶ月前に至っても、この協議会はササバモの保全に関して一切の具体的な協議を行わなかった（群馬県自然環境課私信）。これは所管する自治体として無策も甚だしい所作であるが、本研究室の提案により、着工まで1ヶ月を切ってから取り得る対策として、チノー・ビオトープ、および工事を行わない岡之郷用水路上流部への移植、および群馬大学荒牧キャンパスへの緊急避難が決定した（関2016）。

これをうけて 2016 年度、チノー・ビオトープのトンボの池およびトンボの池から流出するせせらぎの計 3 カ所に、麻紐で素焼き鉢にくくりつけたササバモを沈めた。また、くくりつけられなかった短いササバモは、直接せせらぎの川床に植え込んだ（関 2016）。

2018 年度および 2019 年度、これらのササバモの確認をしたところ、2017 年度と同じくトンボの池から流出するせせらぎに移植したササバモは生育していた。これら緊急避難させたササバモについては、今後も継続してモニタリング調査を行い、より確かな管理方法を検討する必要がある。

#### 男井戸川調整池ビオトープ

男井戸川調整池ビオトープでは、2019 年度（4 月～10 月）の計 4 回の調査により在来種 64 種、外来種 41 種の計 105 種が確認された（表 6）。2010 年当調整池工事中の植物相調査で生育が確認されたのは在来種 13 種、外来種 6 種の計 19 種（青木 2011）であった。2012 年では在来種 37 種、外来種 27 種の計 64 種（浦野 2013）、2013 年では在来種 45 種、外来種 33 種の計 78 種（春原 2014）、2014 年では在来種 41 種、外来種 25 種の計 66 種（石田 2015）、2015 年度では在来種 59 種、外来種 39 種の計 98 種（関 2016）、2016 年度の調査では在来種 69 種、外来種 34 種の計 103 種（須永 2017）、2017 年度では在来種 72 種、外来種 31 種の計 103 種（岡村 鈴木 2018）、2018 年度では在来種 27 種、外来種 67 種の計 94 種であったことから、植物の多様性が着実に増加しているといえる（図 8）。当調整池が完成した 2012 年 3 月以降、着実に多様な植物が生育できる環境の形成が進んでいるといえる。

2017 年度の調査ではじめて、国の指定する絶滅危惧 II 類、県の指定する絶滅危惧 IB 類に分類されている、キタミソウの生育が確認された（写真 8）。キタミソウは男井戸川の川沿いに鯉沼まで広く分布し、2018 年度および 2019 年度もこの一帯でキタミソウ個体群の生育を確認することができた。キタミソウは図鑑では 6 ～ 10 月が花期とされるが、現地で見られるキタミソウは 4 月 16 日の調査の際にも開花が確認されたため、冬から春にかけてが花期であると考えられる。また一般に多年草であるとされるが、当地では 6 月 26 日調査の際には確認することができなかつたため、夏季には暑さや水位の上昇などにより枯死すると考えられる。

2012 年以来毎年生育が確認されていた県指定の準絶滅危惧種のコギシギシが、2014 年に開花前に草刈りされてしまい確認できなくなってしまったことへの対応として、本研究室で 2014 年から栽培していた当地産のコギシギシを、2015 年 4 月に本調整池の土手に移植した。その後 2015 年 5 月の調査において開花・結実している様子が確認され、2016 年、2017 年、2018 年、そして本年度ともに生育が確認された。また、男井戸川調整池における

草刈りの実施計画も見直され、本年度の調査においては、移植した本調整池の土手にて広く分布しているのを確認した。ビオトープの生態系管理には適切な管理が不可欠である。人の手による管理がその場所に与える影響も十分考慮した上でモニタリングを継続していく必要があると言える。

川辺と開けた場所においては準絶滅危惧種のカワヂシャの生育を確認した(写真8)。カワヂシャは調整池の造成前の2008年、造成中の2010年、造成後の2012年、2013年、2014年、2015年、2016、2017年の調査でも生育が確認されており(高橋 2009; 青木 2011; 浦野 2013; 春原 2014; 石田 2015; 関 2016; 須永 2017; 岡村 鈴木 2018)、継続的に生育しているものと考えられる。一方で、2015年から引き続き確認された特定外来生物のオオカワヂシャが本年度も確認され、カワヂシャの生息域が侵略を受ける可能性があるため、適切に引き抜きや刈払を行う必要がある。

2016年に引き続き準絶滅危惧種のミヅコウジュを確認できたほか、2012年9月に浦野ら(2013)が本調整池に移植したアザザは一部流失しかけていたから、水の流れが緩やかな地点に移植し、その後の調査では、川の水の流れが穏やかな地点で定着していることが確認された(写真9)。また2013年から引き続き県指定の準絶滅危惧種であるミコシガヤは2018年度および2019年度も生育が確認された。このように、当地は多くの絶滅危惧種・在来種が生育しており、生物保護上の重要性が高い地域であると言える。

男井戸川調整池ビオトープの帰化率は2019年度で約39.0%であった。2012年度は約42.2%(浦野 2013)、2013年度は約42.3%(春原 2014)、2014年度は約37.9%(石田 2015)、2015年度は約40.2% (関 2016)、2016年度は約33% (須永 2017)、2017年度は約30.1% (岡村 鈴木 2018) であり、ほぼ平衡状態である。

一方で、2019年度に確認された外来種は41種で、そのうちにはオオカワヂシャ、オオキンケイギク、アレチウリの3種の特定外来生物が含まれる。帰化率は約39.0%と去年度の約37.3%と比べやや高くなった。園芸種は2016の調査で7種(須永 2017)、2017年度の調査ではユウゲショウの1種のみが確認された(岡村 鈴木 2018)。2019年度の調査ではユウゲショウ、ゼラニウム、ニワゼキショウ、カラシナの計4種の生育が確認された。

今年新たに生育が確認された植物は6種であり、うち外来種はカラシナ、キショウブの2種類、普通種のキランソウ、スペリヒュ、スミレ、マコモの4種類であった。外来種のうちショカツサイは一度定着すると、なかなか駆除出来ない種で、群馬県には危険外来種として扱っている。在来種の新規参入は生態系の再生として望ましいことであるが、外来種の新たな侵入は、生態系の破壊へと繋がりかねない。外来種の流入は減少傾向にあるが、今後もモニタリングを行いながら、適切な引き抜き・刈り取り作業を続け、外来種の侵入を抑制することが求められる状況である。

以上の結果より、当調整池では絶滅危惧種をはじめとする在来種が整備されつつある一方で、生態系に悪影響を与えるような外来種の侵入を防ぐことや繁茂を抑えることが今後の課題となる。また絶滅危惧類のキタミソウについては、生態学的特徴を今後の調査により明らかにしていかなければならない。当調整池は竣工直後より、群馬県伊勢崎土木事務所および地域団体である「殖蓮地区自然環境を守る会」が共同して草刈りなどの管理を行っているが、群馬県伊勢崎土木事務所の管理する区域を中心として群馬県危険外来種であるヒメモロコシが広く繁茂するなど適切な管理が行われているとは言いがたい状況にある。これらの組織と連携をとりつつ、モニタリング調査および適切な維持管理計画の提案を行っていく必要がある。

#### 東洋水産ビオトープ

本年度から初めて調査開始した本ビオトープでは、2019年度(4月～9月)計4回の調査により在来種28種、外来種12種の計40種が確認された(表7)。2018年9月に、緊急避難対策として、準絶滅危惧種のチョウジソウとフジバカマを本ビオトープ内に移植した。東洋水産ビオトープ本年度の帰化率は約30.0%であった。一方、本年度確認された外来種は12種で、うち要注意外来種アメリカセンダンクサ、カモガヤ、セイタカアワダチソウ、セイヨウタンポポ、ヒメジョオンの5種であった。

#### 各ビオトープにおける出現植物数の補正

アドバンテスト・ビオトープ、チノー・ビオトープおよび男井戸川遊水池ビオトープにおけるこれまでの植物相調査結果を一覧表にまとめ、調査年によって時に未確認のため計数されなかった植物種を確認し、これらを存在していたものとして、各ビオトープにおける出現植物数の補正を行った。

アドバンテスト・ビオトープに生育する在来植物種数は、2001年の竣工直後の26種を最低値とし、その後2008年までに114種まで増加した後、新規参入と消失により、90～113種で平衡状態を保っているといえる。また外来種数は2001年の竣工直後の15種を最低値とし、2002年から2019年まで、新規参入と消失により、30～47種で平衡状態を保っているといえる。2001年から2019年までの総確認種数は在来種180種、外来種82種と記録されたので、それぞれ半数前後の種が交代していることになる(図9)。

外来種の多くは積極的に駆除されており、また移植した樹木の生長に伴って林床の外来種は消滅しているので、種数は平衡状態であるが、量は激減している。

チノー・ビオトープに生育する在来植物種数は、2010年の竣工直後の49種を最低値とし、その後2012年までに102種まで増加した後、新規参入と消失により、90～107種で平

衡状態を保っているといえる。また外来種数は2010年の竣工直後の21種を最低値、2011年の69種を最大値とし、2012年から2019年まで、新規参入と消失はあるが40種前後まで減少した後平衡状態を保っているといえる。2010年から2019年までの総確認種数は在来種179種、外来種107種と記録されたので、それぞれ半数前後の種が交代していることになる(図10)。

外来種の多くは積極的に駆除されており、また移植した樹木の生長に伴って林床の外来種は生育不良となっているので、種数は平衡状態であるが、量は激減している。

男井戸川遊水池ビオトープに生育する在来植物種数は、2008年の竣工直前には在来種41種、外来種17種であった。在来種数は2013年の竣工直後にわずか48種で竣工前とほぼ変わらず、その後2017年までに78種まで増加した後、新規参入と消失により、70種で平衡状態を保っているといえる。また外来種数は2013年の竣工直後に17種に増加し、2015年最大で45種まで徐々に増加した後、2019年の41種まで減少した。外来種の多くは積極的に駆除されいるので、種数は増加しているが、量は激減している(図11)。2008年から2019年までの総確認種数は在来種135種、外来種72種と記録されたので、それぞれ半数前後の種が交代していることになる。

### 植物データベースの構築

データベースの構築にはFileMaker Pro12(ファイルメーカー社)を用い、各ビオトープで生育が確認された植物の分類学的情報、確認日時、写真、位置図、生態学的特性情報を、サーバ経由で閲覧・検索可能な植物データベースの構築を行った。結果の一部を図12、13、14、15に載せた。

### 種子発芽の冷湿処理・培養温度依存性実験

〈ビオトープの絶滅危惧植物種〉

フジバカマ(キク科、多年草、*Eupatorium fortunei* Turcz)

本種の発芽における最適温度、および産地間の種子発芽率の違いの有無を解明するため、アドバンテスト産、矢場川産、谷田川産、碓氷川産の4産地の種子を用い、冷湿処理を施さずに各温度区で培養した。

アドバンテスト産種子の最終発芽率は30/15°Cで最大15.3%で、10/6°C～25/13°Cにおいて2.0%～6.0%となった(表8、図18)。全体に、これまで報告されている本種の発芽率(後述)と比べ低い値である。

碓氷川産種子の最終発芽率は25/13°C～30/15°Cで45.3%～46.7%と比較的高く、10/6°C～22/10°Cで32.7%～40.7%と、培養温度の高い区ほど高くなつたが、培養温度による差は比較的小さかつた（表8、図16）。

谷田川産種子の最終発芽率は25/13°C～30/15°Cで33.3%～34.7%と比較的高く、10/6°C～22/10°Cで18.0%～30.0%と、培養温度の高い区ほど高くなつたが、培養温度による差は比較的小さかつた（表8、図17）。

矢場川産種子の最終発芽率は30/15°Cで最大（23.3%）で、10/6°C～25/13°Cにおいて8.0%～15.36.0%となつた（表8、図19）。全体に、これまで報告されている本種の発芽率（後述）と比べ低い値である。

谷田川産の種子を用いた先行研究での最大発芽率は、2ヶ月間の冷湿処理を施した場合は、22/10°C区で24%（鈴木 2010）、1ヶ月間の冷湿処理を施した場合は、22/10°C区で50.7%（青木 2011）、10/6°C区で54.7%（松田 2012）であった。冷湿処理を施していない場合は、25/13°Cで20.7%（須永 2017）、30/15°Cで53.3%（岡村 2018）だった。

一方、アドバンテスト・ビオトープで採取した種子を用いた25/13°C区の実験の先行研究は、高岩（2008）、高橋（2009）、松田（2012）、浦野・都丸（2013）、春原（2014）、関（2016）、岡村（2018）が行っており、最終発芽率は4%（高橋 2009）から56.0%（岡村 2018）と、採集・実験年度によって大きな差が認められた。

高岩（2008）、高橋（2009）の先行研究の結果から、アドバンテスト・ビオトープに生育するフジバカマは、その起源と考えられる谷田川の個体群よりも種子の発芽能力あるいは種子の稔実率自体が低くなつており、最終発芽率の低下がみられると考えられた。その原因是、アドバンテスト・ビオトープのフジバカマは個体数が少ないため、近親交雑あるいは花粉不足による種子の未熟や劣化によるものではないかと推察された（松田 2012）。

そこで、2010年の青木の研究時点より、近隣の谷田川のフジバカマ個体群由来の種子から栽培して移植を開始し（青木 2011）、2011年も谷田川産種子から栽培に成功したフジバカマを、10月27日に本ビオトープ内に移植した。また、谷田川産のフジバカマの挿し木実験も成功し、本ビオトープ内に移植した（松田 2012）。これら継続的な移植により、近親交雑や花粉不足の問題が解消される傾向にあり、浦野ら（2013）が行った2011年に採取した種子の発芽実験結果では、最終発芽率に産地による有意な差は見られなかつた（25/13°C区でアドバンテスト・ビオトープ産50.7%、谷田川産47.3%）。

春原（2014）の発芽実験結果において、アドバンテスト・ビオトープ産の種子の発芽率が谷田川産のそれよりも有意に低かつたのは（17/8°C区でアドバンテスト・ビオトープ産16.0%、谷田川産55.3%）、4°Cでの冷蔵後1年を経過し劣化した種子を用いたことによると考えられ、保存は冷凍で行うことが不可欠であるといえる（関 2016）。

本研究の発芽実験の結果においては、アドバンテスト・ビオトープ産のフジバカマ種子は他の3产地と比べると、全ての温度区で最終発芽率が低かった。2019年の植物相調査で、アドバンテスト・ビオトープにはフジバカマと近縁の在来種ヒヨドリバナが、フジバカマと同所的に多数生育していることが明らかになった。両種は形態が酷似しているので、いつからかは不明であるが、ヒヨドリバナ個体をフジバカマ個体と誤認して報告し、種子も混同して採取した可能性が高い。つまり、本研究において、この2種の植物の種子が混同した状態で発芽実験に供した可能性が高い。実際、栽培実験のために発芽種子を生育させたところ、複数のヒヨドリバナ個体が混入していることが確認された。ヒヨドリバナはきわめて発芽率が低い（赤上 2011）ので、このような混同種子を実験に供したため、最終発芽率が低くなったのかもしれない。今後はフジバカマのみから種子を採取し、実験を行う必要がある。

矢場川産のフジバカマを用いて行った石田（2015）、須永（2017）、岡村（2018）の先行研究では、冷湿処理を施さず、25/13°C区で培養した場合の最終発芽率が22%～47%であった。今回の実験では25/13°Cで15.3%となっており、上記3回の実験結果より低い値となった。矢場川では、本実験に用いた種子を採取した2017年においては、5月に管理委託業者のミスによって、自生するフジバカマのほとんどが刈り取られたため、生育が不良となり、秋に確認された開花個体数はこれまでの調査年に比べて少なくなった（長倉 2018）。このことが原因で、未熟な種子が多くなり、発芽率が低くなったと考えられる。今後本種の種子を実験や保全のための栽培に用いる際には、自生地でのフジバカマの健全な育成、および充実した種子を選別することが不可欠である。

本研究における碓氷川産フジバカマ種子の発芽実験では、25/13°C区で46.7%と最も高い発芽率となった。他の温度区において概ね30%の最終発芽率になった。2017年碓氷川産のフジバカマを用いて行った岡村（2018）の先行研究では、冷湿処理を施さず、25/13°C区で培養した最終発芽率が26.7%であったことから、2年間-80°Cで冷凍保存した同じロットの種子を用いた本研究の結果のほうが、高い値となったことになる。冷凍保存によって、少なくとも種子の劣化は起こっていないといえる。

碓氷川の自生地では、フジバカマはわずか二株のみの生育が確認されており、個体数が少ないため、近親交雑あるいは花粉不足によって種子の未熟や劣化が生じている可能性が考えられるが、いまのところ種子に影響はでていないといえる。しかし個体数が極めて少ないので、今後は個体数の増加のため移植などの対策や、継続的な調査が求められる。

以上の結果から、フジバカマの種子発芽に冷湿処理は必須ではなく、10°C～30°Cの幅広い温度条件下で発芽可能で、永続的な土壌シードバンクを形成しないといえる。河川敷と

いう洪水などたびたび自然攪乱が生ずる湿性環境を生育地とする本種は、こうした発芽特性をもって自然攪乱後のギャップに速やかに侵入し繁殖すると考えられる。

ただし、生育条件が悪化すると、本種はアドバンテスト・ビオトープ定着の初期の頃のように、未熟な種子を多く作ってしまう危険性がある。また永続的な土壌シードバンクを形成しないため、河川改修や護岸工事などの強度人為的攪乱によって親株が消滅すると、ただちにその地点で絶滅してしまう危険性が極めて高い。群馬県においてわずかに残された自生地は、アドバンテスト・ビオトープを除いて全ての危険性が高い。群馬県や関係者は、本種の生態学的特性と本種が絶滅危惧 IA となることを重く受け止めて、全力で保全に努めるべきである。また、ビオトープには本種の自生地に近い環境が復元されているため、緊急避難場所として活用できると考えられる。

#### コギシギシ（タデ科、冬季一年草、*Rumex nipponicus*）

冷湿処理を施さず 2 ヶ月培養した 2017 年男井戸川産の種子の最終発芽率は 10/6°C 区で 1.7%、17/8°C 区で 36.7%、22/10°C 区で 52.2%、25/13°C 区で 42.8%、30/15°C 区で 35% となり、22/10°C 区で最も高い発芽率となった（表 8 図 25）。

コギシギシの種子を用いて行った先行研究では、冷湿処理を施さず、25/13°C の温度区で培養したところ、男井戸川産の種子の最終発芽率は 22%（須永 2017）、69.3%（岡村 2018）と、採集・実験した年の間で大きな違いがみられた。チノー・ビオトープ産の種子の最終発芽率は 96.7%（関 2016）、92.7%（岡村 2018）と、いずれも高い値となった。

2012 年チノー・ビオトープ産の種子を用いた実験（都丸 2013）では、2 ヶ月間の冷湿処理後に培養したところ、最終発芽率は 25/13°C、30/15°C の温度区で 84.0%～84.7% となり、すべての温度区において約 64～84% の範囲であった。また、冷湿処理を施さず 25/13°C の温度区で培養したところ、最終発芽率は 82.7% となったことから、本種の最終発芽率は培養温度と冷湿処理の有無に関して有意な差がみられず、最終発芽率に対する冷湿処理の有意な効果はないとした（都丸 2013）。

2012 年のチノー・ビオトープ産の種子を -80°C のディープフリーザーで 2 年間保存し、2014 年に同様の条件で行った発芽実験では、冷湿処理を施さず、25/13°C の温度区で培養したところ、最終発芽率は 96.0% と高い値となった（石田 2015）。

2012 年の男井戸川産の種子を -80°C のディープフリーザーで 2 年間保存し、2014 年に同様の条件で行った発芽実験では、冷湿処理を施さず、25/13°C の温度区で培養したところ、最終発芽率は 83.3% と高い値となった（石田 2015）。

一方、2016年男井戸川産の種子を用いた発芽実験では、冷湿処理を施さずに培養した種子の最終発芽率は、10/6°C区～30/15°C区全ての温度区で0.7%～22.0%と、本実験結果と同様、低い値となった（須永 2017）。

以上の結果から、本種の種子は17/8°C以上の高温でよく発芽し、10/6°C程度の低温ではほぼ発芽しない、すなわち6月頃の種子散布後速やかに発芽を開始し、永続的土壌シードバンクを形成せず、冬には発芽しないものと考えられる。

また、男井戸川産の種子は採取年によっては最終発芽率の低いことが多く、これは男井戸川に生育するコギシギシの個体数が少ないことが原因で近親交雑が起こっているためだと考えられる。実際、個体数の多いチノー・ビオトープ産のコギシギシ種子は、採取年にかかわらず安定的に高い最終発芽率となっている。

コギシギシは冬季一年草で永続的土壌シードバンクを形成しないため、その個体群の安定的維持のためには、男井戸川においては、人工的に栽培して移植するなどして現地個体数を増やすことで、近親交雑を低減し種子発芽率を高めることが必要となる。

また、コギシギシの種子は、-80°Cのディープフリーザーで保存後も高い発芽率を維持していることが明らかになったといえる。このため本種の種子を人工的に冷凍保存して、個体群の維持を保障することも効果的と考えられる。

#### ミゾコウジュ（シソ科、冬季一年草、*Salvia plebeia*）

冷湿処理を施さずに最適温度である25/13°C区で培養したところ、本種の最終発芽率は76.1%となった（表8 図23）。

ミゾコウジュの種子を用いた発芽実験の先行研究では、依田（2006）、高橋（2009）、青木（2011）、松田（2012）、浦野（2013）、関（2016）、岡村（2018）が行っており、高い温度区（30/15°C～22/10°C）で発芽率が高く（94.6%～42.0%）、10/6°C区での発芽率はいずれも7.3%以下であった。なお、これらの先行研究では、すべてアドバンテスト・ビオトープ産またはチノー・ビオトープ産の種子が用いられている。本研究ではこれらと比較するために、高崎観音山丘陵に造成された「観音山公園」（旧カッパピア）で採取した種子を用いたところ、ビオトープ産種子より発芽率がやや低いことが明らかになった。これは「観音山公園」に生育するミゾコウジュの個体数が少ないことが原因で、近親交雑が起こっているためだと考えられる。

本種は高い温度区で発芽率が高く、低い温度区で発芽率が低いことから、初夏から秋季にかけて発芽し、冬季はロゼットで越冬し、春季から夏季にかけ開花し種子をつくるという生活史を有し、種子は永続的な土壌シードバンクを形成しないものと推測される。した

がって本種は生育中の個体群が何らかの壊滅的な影響を受けると、土壤シードバンクからの再生は望めないことになると考えられる。

本種の野外での発芽適地の確保や野外生育中の個体群の生長・生存を可能にするためには、断続的な草刈り管理などによって個体の生育を促進することが不可欠といえる。ミヅコウジュは冬季一年草で永続的土壤シードバンクを形成しないため、その個体群の安定的維持のためには、「観音山公園」においては、人工的に栽培して移植するなどして現地個体数を増やすことで、近親交雑を低減し種子発芽率を高めることが必要となる。ただし、本種は中規模な攪乱後によく見られるが、それは種子が光発芽特性を有していて、土壤中に埋まると発芽しないためという説もあるため、今後実験的な検証が必要である。

#### 〈ビオトープ周辺の絶滅危惧種〉

チョウジソウ（キヨウチクトウ科、多年草、*Amsonia elliptica*）

10分間の硫酸処理と2ヶ月冷湿処理を施した館林市産の野生種子の最終発芽率は、22/10°C区で4.5%となった。予備実験として硫酸処理も冷湿処理も施さずに22/10°C区で培養した種子は、全く発芽しなかった（表8 図21）。

販売されている栽培品種のチョウジソウから採取した種子を用いて行った先行研究では、2ヶ月間冷湿処理を施した場合、最終発芽率は22/10°C区で最大(34%)（岡村 2018）、または22/10°C～25/13°Cで最大(27%～29%)（山里 2017）と、およそ1/3の種子が発芽した。また冷湿処理を施さないと、最終発芽率は25/13°C区で0.0%（山里 2017; 岡村 2018）と全く発芽しなかった。

本研究では、初めて館林産の野生のチョウジソウ種子を用いて発芽実験を行ったところ、栽培品種のチョウジソウから採取した種子と比べ極めて低い発芽率となった。この原因是、野生種子には強い種皮の不透水性があり、これは10分間の硫酸処理では時間が短くてほとんど解除されてないためと推察される。

そこで追試として、60分間の硫酸処理と2ヶ月冷湿処理を館林市産の野生種子に施した後22/10°C区で2ヶ月間培養したが、やはりほとんど発芽しなかった。

なお、今後のための予備実験として、追試に用いて全く発芽しなかったチョウジソウの種子の種皮にピンセットで傷をつけて再度培養したところ、1ヶ月ほどで17.8%程度が発芽した（表8 図22）。このことから、今後は種子内に発芽阻害物質が蓄積されている可能性も視野に入れて研究を続ける必要があると思われる。

以上の結果より、本種は冷湿処理、すなわち冬を経験することが種子発芽に必要な条件であると考えられるが、野生種子には強い種皮の不透水性があり、今後はこれを解除する条件をまず解明しなければならない。本種は群馬県内の自生地が1カ所しかないため、引

き続き、慎重に本種の発芽を促す方法及びより多くの種子が発芽する条件を解明する必要がある。また今後は本種を緊急避難的にビオトープに移植、栽培していく必要もあり、そのための最適な栽培環境を解明する実験を行う必要があると考えられる。

#### ジョウロウスゲ（カヤツリグサ科 多年草 *Carex capricornis*）

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区で66.1%，25/13°C区で46.1%、22/10°C区で55.0%、17/8°C区で2.2%、10/6°C区で0.0%と、22/10°C～30/15°C区で高く、10/6°C区で発芽しなかった（表8 図26）。本種の種子を用いて行った山里（2017）の先行研究では、2ヶ月間冷湿処理を施した種子の最終発芽率は、22/10°C～30/15°C区で96.0%～100.0%と高い発芽率となり、10/6°C区で0.0%であった。本研究によりこれと同様の結果が得られたことから、この温度特性は、ジョウロウスゲ固有の種子発芽特性であるといえる。

冷湿処理を施してない種子の最終発芽率は25/13°C区で36.0%（山里 2017）と、冷湿処理を施したものより低い結果が報告されている。

本種は夏季の気温が30°Cを超える館林市など低地の湿地で生育している。これらの結果から、ジョウロウスゲの種子は散布後に冬季の低温によって冷湿処理を受けて発芽が促進されるが、低温である冬～初夏の時期は休眠し、夏の高温に反応して発芽すると推察される。

#### タチスマレ（スミレ科、多年草、*Viola raddeana Regel*）

10分間の硫酸処理と2ヶ月間冷湿処理を施した種子の最終発芽率は25/13°C区で57.8%となった（表8 図24）。

タチスマレの発芽条件の特定を実験的に行った先行研究はすくない。タチスマレの自生地である茨城県の菅尾沼および渡良瀬遊水池での野外調査により、冬季の火入れがタチスマレ種子の発芽を促進していると考察されている（澤田ら 2010；澤田ら 2011）。本研究結果より、冬季の火入によって、土壤シードバンク状態となっているタチスマレ種子の種皮に損傷が生じ、吸水が開始され、その後低温を経験することで休眠が解除され、春の地温上昇とともに発芽したものと考えられる。本種は草刈りや火入れなどの人為搅乱がなくなると衰退していく傾向にある。人為搅乱依存型の植物とでもいうべき性質をもち、人の生活と深い関わりの中で生育場所を確保してきた植物であり、これらを守るためには、人間の積極的な保全活動が必要であると考えられる。

#### 〈外来植物種〉

### ヒメモロコシ（イネ科、多年草、*Sorghum halepense*）

10 分間の硫酸処理の後、冷湿処理を施さずに培養したヒメモロコシの最終発芽率は 30/15°C 区で 39.4%、25/13°C 区で 21.7%、22/10°C 区で 13.3%、17/8°C 区で 2.2%、10/6°C 区で 0.0% となった（表 8 図 27）。

ヒメモロコシの種子発芽に関する初期の先行研究では、2003 年採取の種子をただちに硫酸処理を施さずに 109 日間冷湿処理を施した後、同様の温度条件で培養したところ、最終発芽率は 10/6°C 区で 70% 程度となったが、17/8°C 区以上の温度区ではすべて 100% となつた（狩谷 2004；佐藤 2005）。すなわち、当時のヒメモロコシは、種子散布後に水分と 17°C 以上の温度があれば、ただちに 100% 発芽するという、品種改良された牧草ならではの性質を保有していた。

2007 年産の本種の種子を 2 年間 4°C で冷蔵保存した後、2009 年に硫酸処理を施さずに 1 ヶ月あるいは 2 ヶ月の冷湿処理を施し、その後同様の培養温度条件で培養したところ、最終発芽率は最高でも 16% 程度の発芽率だった（河毛 2010）。当時はこの結果は、2 年間の冷蔵保存による種子の劣化のためと考えられた（河毛 2010）。

ところが、2016 年採取の種子を、ただちに硫酸処理と冷湿処理を施さずに同様の培養温度条件で培養したところ、最終発芽率はすべての温度区で 0% となつた（佐藤 2017）。

以上の結果から、野外に逸出し拡大を開始した 2003 年頃のヒメモロコシは、品種改良された牧草のため種皮に不透水性はなく、休眠することもなかったが、野外で種子散布と繁殖により分布を拡大していくなかで、種子が道路上を移動中に吸水して発芽するがないう、種皮が厚くなる方向に進化し、2007 年頃から不透水性を獲得したものと推察される。

本研究ではヒメモロコシ種子に冷湿処理を施さずに発芽実験を行ったため、本種が冬を経験することによって解除されるような休眠性を進化的に獲得したかどうかは不明である。今後は、硫酸処理と冷湿処理を施してから発芽実験を行う必要がある。

### 異なる光条件下で栽培した植物の生長解析

#### 栽培時の気温

図 28 に栽培期間中の群馬大学荒牧キャンパス内圃場の気温の経時変化を示す。栽培実験期間中の気温は、おおむね 15°C～35°C の範囲であった。

#### ビオトープの絶滅危惧種

フジバカマ（アドバンテスト・ビオトープ産）

フジバカマ実生の個体乾燥重量は、初回サンプリング時に 0.039g であったものが、最終サンプリング時には 0.012g (3%区) ～0.059g (100%区) となった（表 9）。

本種実生の相対生長速度 (RGR,  $\text{g g}^{-1}\text{day}^{-1}$ ) は、相対光量子密度 3%区で -0.070、9%区で -0.061、13%区で -0.029、100%区で 0.038 (表 10、図 29) となり、本種は相対光量子密度 9%～100% という比較的広範囲の明るさの場所で良く生長し、極端に暗い場所では生長が悪くなると考えられる。

光合成活性を表す純同化率 (NAR,  $\text{g m}^{-2}\text{day}^{-1}$ ) は、3%区では約 -5.047、9%区では約 -4.900、13%区では約 -2.505、100%区では約 3.857 (表 10、図 29) と光条件が良いほど有意に大きい値となった ( $P < 0.0001$ )。各個体の乾燥重量と葉面積の比率を表す葉面積比 (LAR,  $\text{m}^2\text{g}^{-1}$ ) は 9%区で約 0.025 と最大になり 100%区で約 0.011 と最小となった。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,  $\text{m}^2\text{g}^{-1}$ ) も 9%区で約 0.090 と最大になり、100%区で約 0.042 と最小となった。LAR、SLA の値とともに、相対光量子密度が低い区の方が大きくなる傾向が見られた (表 10、図 29)。以上の結果から、本種の RGR が光条件の暗い区ほど低くなった主な要因は、光合成活性 (NAR) の低下であると考えられる。

器官別重量比のうち葉の重量比である LWR は 9%区で約 41% と最大になり、100%で約 25% と最小となり、光条件が悪い条件区ほど LWR の増加がみられた。茎の重量比である SWR は 3%区で約 28%、9%区で約 26%、13%区で約 16%、100%区で約 34% となった。根の重量比である RWR は 9%区で約 33% と最低になり、100%区で約 41%、13%区で約 56% と最大になり、光条件がよい条件区ほど RWR の増加が見られた (表 11 図 29)。

SLA、LAR のこれらの反応は、光が不足して光合成活性が低下した際に、より多くの光合成産物を葉に投資し、またより薄い葉を生産することによって、限られた光合成生産量を有効に葉面積の生産につなげるという、多くの植物にみられる特性である (浦野 2013)。しかし本種においては、3%区のような暗い環境下では NAR の低下を補うことができずに、RGR の著しい低下を起こしてしまったと考えられる。

### フジバカマ (谷田川産)

谷田川産フジバカマ実生の個体乾燥重量は、初回サンプリング時に 0.025g であったものが、最終サンプリング時には 0.011g (3%区) ～0.095g (100%区) となった (表 9)。

相対生長速度 (RGR,  $\text{g g}^{-1}\text{day}^{-1}$ ) は、相対光量子密度 3%区で -0.061、9%区で 0.010、13%区で 0.037、100%区で 0.047 と光条件が良いほど有意に大きい値となり ( $P < 0.0001$ )、3%区では生長が著しく悪くなった (表 10 図 31)。すなわち、本種は明るいところでよく生長し、暗い環境下では著しく生長が悪くなると考えられる。春原 (2014) の行った実験 (3%区で約 -0.007、100%区で約 0.043)、関 (2016) の行った実験 (3%区で約 0.015、

100%区で約 0.061)、岡村(2018)の行った実験 (3%区で約 0.003、100%区で約 0.111)においても、同様の結果が得られた。

光合成活性を表す純同化率 (NAR,  $\text{g m}^{-2} \text{day}^{-1}$ ) は、3%区では約-3.960、9%区では約 0.993、13%区では約 3.112、100%区では約 8.162 (表 10 図 31) と光条件が良いほど有意に高い値となった ( $P < 0.0001$ )。

各個体の乾燥重量と葉面積の比率を表す葉面積比 (LAR,  $\text{m}^2\text{g}^{-1}$ ) は、3%区では約 0.020、9%区では約 0.012、13%区では約 0.014、100%区では約 0.009 (表 10 図 31) と暗い光条件下ほど有意に大きい値となった ( $P < 0.0001$ )。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,  $\text{m}^2\text{g}^{-1}$ ) も、3%区では約 0.087、9%区では約 0.057、13%区では約 0.058、100%区では約 0.045 と光条件が悪いほど大きい値となった。以上の結果から、本種の RGR が光条件の暗い区ほど低くなった主な要因は、光合成活性 (NAR) の低下であると考えられる。

器官別重量比のうち葉の重量比である LWR は 3%区で約 37%と最大になり、9%区で約 26%、13%で約 34%、100%区で約 19%と最低となり、光条件が悪い条件区のほうが LWR の増加がみられた。茎の重量比である SWR は 3%区で約 29%、9%区で 21%、13%区で約 21%、100%区で約 30%となった。根の重量比である RWR は 3%区で約 34%と最低になり、9%区で約 53%と最大になり、続いて 100%区で約 50%となり、光条件がよい条件区の方が RWR の値が高くなかった。

SLA、LAR のこれらの反応は、光が不足して光合成活性が低下した際に、より多くの光合成産物を葉に投資し、またより薄い葉を生産することによって、限られた光合成生産量を有効に葉面積の生産につなげるという、多くの植物にみられる特性である (浦野 2013)。しかし本種においては、3%区のような暗い環境下では NAR の低下を補うことができずに、RGR の著しい低下を起こしてしまったと考えられる。

#### フジバカマ (矢場川産)

フジバカマ実生の個体乾燥重量は、初回サンプリング時に 0.087g であったものが、最終サンプリング時には 0.055g (3%区) ～0.132g (100%区) となった (表 9)。

本種実生の相対生長速度 (RGR,  $\text{g g}^{-1}\text{day}^{-1}$ ) は、相対光量子密度 3%区で-0.031、9%区で-0.004、13%区で 0.018、100%区で 0.024 (表 10 図 32) となり、本種は相対光量子密度 9%～100%という比較的広範囲の明るさの場所で良く生長し、極端に暗い場所では生長が悪くなると考えられる。

光合成活性を表す純同化率 (NAR,  $\text{g m}^{-2} \text{day}^{-1}$ ) は、3%区では約-2.952、9%区では約-0.153、13%区では約 1.998、100%区では約 3.331 (表 10 図 32) と光条件が良いほど有意に大き

い値となった ( $P < 0.0001$ )。各個体の乾燥重量と葉面積の比率を表す葉面積比 (LAR,  $\text{m}^2\text{g}^{-1}$ ) は 9% 区で約 0.016 と最大になり 100% 区で約 0.008 と最小となった。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,  $\text{m}^2\text{g}^{-1}$ ) も 9% 区で約 0.066 と最大になり、100% 区で約 0.036 と最小となった。LAR、SLA の値とともに、相対光量子密度が低い区の方が大きくなる傾向が見られた（表 10 図 32）。以上の結果から、本種の RGR が光条件の暗い区ほど低くなった主な要因は、光合成活性 (NAR) の低下であると考えられる。

器官別重量比のうち葉の重量比である LWR は 9% 区で約 34% と最大になり、13% で約 19% と最小となり、光条件が悪い条件区ほど LWR の増加がみられた。茎の重量比である SWR は 3% 区で約 28%、9% 区で約 16%、13% 区で約 20%、100% 区で約 21% となった。根の重量比である RWR は 3%、9% 区でそれぞれ約 49% と最低になり、100% 区で約 57%、13% 区で約 60% と最大になり、光条件がよい条件区ほど RWR の増加が見られた。

SLA、LAR のこれらの反応は、光が不足して光合成活性が低下した際に、より多くの光合成産物を葉に投資し、またより薄い葉を生産することによって、限られた光合成生産量を有効に葉面積の生産につなげるという、多くの植物にみられる特性である（浦野 2013）。しかし本種においては、3% 区のような暗い環境下では NAR の低下を補うことができずに、RGR の著しい低下を起こしてしまったと考えられる。

#### フジバカマ（碓氷川産）

フジバカマ実生の個体乾燥重量は、初回サンプリング時に 0.068g であったものが、最終サンプリング時には 0.102g (3% 区) ～ 0.113g (100% 区) となった（表 9）。

本種実生の相対生長速度 (RGR,  $\text{g g}^{-1}\text{day}^{-1}$ ) は、相対光量子密度 3% 区で 0.026、9% 区で 0.055、13% 区で 0.040、100% 区で 0.035（表 10、図 30）となり、本種は相対光量子密度 9%～100% という比較的広範囲の明るさの場所で良く生長し、極端に暗い場所では生長が悪くなると考えられる。

光合成活性を表す純同化率 (NAR,  $\text{g m}^{-2}\text{day}^{-1}$ ) は、3% 区では約 1.014、9% 区では約 2.572、13% 区では約 2.442、100% 区では約 2.498（表 10、図 30）と光条件が良いほど有意に大きい値となった ( $P < 0.0001$ )。各個体の乾燥重量と葉面積の比率を表す葉面積比 (LAR,  $\text{m}^2\text{g}^{-1}$ ) は 3% 区で約 0.028 と最大になり 100% 区で約 0.017 と最小となった。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,  $\text{m}^2\text{g}^{-1}$ ) も 3% 区で約 0.068 と最大になり、100% 区で約 0.025 と最小となった。LAR、SLA の値とともに、相対光量子密度が低い区の方が大きくなる傾向が見られた（表 10、図 30）。以上の結果から、本種の RGR が光条件の暗い区ほど低くなった主な要因は、光合成活性 (NAR) の低下であると考えられる。

器官別重量比のうち葉の重量比である LWR は 3% 区で約 45% と最大になり、13% で約 23% と最小となり、光条件が悪い条件区ほど LWR の増加がみられた。茎の重量比である SWR は 3% 区で約 26%、9% 区で約 24%、13% 区で約 34%、100% 区で約 39% となった。根の重量比である RWR は 100% 区で約 26% と最低になり、3% 区で約 29%、9% 区で約 42%、13% 区で約 44% と最大になり、光条件がよい条件区ほど RWR の増加が見られた。

SLA、LAR のこれらの反応は、光が不足して光合成活性が低下した際に、より多くの光合成産物を葉に投資し、またより薄い葉を生産することによって、限られた光合成生産量を有効に葉面積の生産につなげるという、多くの植物にみられる特性である。しかし本種においては、3% 区のような暗い環境下では NAR の低下を補うことができずに、RGR の著しい低下を起こしてしまったと考えられる。

以上の結果から、本種は周辺に背丈の高い植物が繁茂し、光環境が劣悪である場合、十分な生育は困難であることが考えられる。周辺に植物が生育していても、陽当たりがある程度あり、土壌中に十分な水分があれば一定の生育が可能であり、陽当たりが十分な裸地であれば十分な生育が可能であることが考えられる。

浦野（2013）は、4 月から 8 月にかけてフジバカマの越年草を用いて生長解析を行い、本種が最も生長するのは夏期の 7-8 月であり、初夏の 5-7 月にかけても生长期であるとした。すなわちビオトープや谷田川の草刈り管理においては、初夏から夏季に十分な光がフジバカマに当たるように、スケジュールを組まなくてはならないといえる。

初夏から夏季の草刈りなどで草体が失われると、フジバカマは開花・結実に至れない危険性があると考えられる（富沢 1998）。フジバカマの安定的な生育、増殖を促進するためには、里山保全の一手法である下草刈りによってフジバカマまで刈ることがないように、フジバカマの草丈がまだ小さい 5 月までに草刈りを行うか、冬に行うことが望ましく、もし初夏以降に行う場合は、フジバカマ以外の草を選択的に刈る必要があると考えられる。

#### コギシギシ（男井戸川産）

コギシギシ実生の個体乾燥重量は、初回サンプリング時に 0.054g であったものが、最終サンプリング時には 0.079g（3% 区）～0.138g（100% 区）となった（表 9）。

相対生長速度（RGR,  $\text{g g}^{-1}\text{day}^{-1}$ ）は、相対光量子密度 3% 区では約 0.027、9% 区では約 0.093、13% 区では約 0.100、100% 区では約 0.028 と、相対光量子密度が高い明るい区ほど有意に大きい値となった ( $P < 0.0001$ )。特に 3% の光条件区で著しく低い値となった（表 10、図 33）。関（2016）、岡村（2018）はチノ一産本種について同様の研究を行い、ほぼ同等の結果を得ている。しかし、本研究では 100% 区相対生長速度の結果が著しく低くなかった。

それは完全な裸地環境では酷暑でコギシギシの光合成を阻害し、生長速度を低下させたものと考えられる。

光合成活性を表す純同化率 (NAR,  $\text{g m}^{-2} \text{day}^{-1}$ ) は、3%区では約 0.693、9%区では約 3.032、13%区では約 4.180、100%区では約 2.195 と、相対光量子密度が高い区ほど有意に高くなり ( $P < 0.0001$ ) 、特に 3%の光条件区で著しく低い値となった（表 10、図 33）。

各個体の乾燥重量と葉面積の比率を表す葉面積比 (LAR,  $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$ ) は、3%区では約 0.039、9%区では約 0.033、13%区では約 0.027、100%区では約 0.018（表 10、図 33）と、相対光量子密度が低い区の方が有意に高い値となった ( $P < 0.0001$ )。

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,  $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$ ) は、3%区では約 0.090、9%区で約 0.072、13%区では約 0.053、100%区では約 0.021（表 10、図 33）と、相対光量子密度が低い区ほど高くなった。

器官別重量比のうち葉の重量比である LWR は、3%区で約 49%、9%区で約 43%、13%で約 36%、100%区で約 22% となった。3%区で値が最大になり、100%区で最低になった。茎の重量比である SWR は、3%区で約 29%、9%区で約 20%、13%区で約 22%、100%区で約 29%との値を示した。根の重量比である RWR は、3%区で約 22%、9%区で約 37%、13%区で約 42%、100%区で約 50% となった。光条件がよい条件区ほど RWR の増加が見られた。

9%区～100%区でみられる SLA、LAR、LRW のこれらの反応は、光が不足して光合成活性が低下した際に、限られた光合成生産量を有効に葉面積の生産につなげるという特性である。

都丸（2013）は 2012 年に本種について同様の研究を行ったが、100%区の RGR の値が約 0.040 と、本研究と同様、100%区の値が低くとなった。他の被陰区での RGR はいずれも本研究の値の方が高くとなった、また LAR はいずれの区でも本研究の値と同等であった。一方 100%区の NAR の値が本研究と同様に低かったことから、酷暑が 100%区のコギシギシの光合成を阻害し、生長速度を低下させたものと考えられる。

以上から、コギシギシは裸地から相対光量子密度 9%程度までの広い光条件下で良く生育することができるが、裸地において極端な高温にさらされると生長が阻害される場合もあると考えられる。気候は年々変動し、特に今後は温暖化による気温上昇も顕著になってくる危険性もあるため、今後も野外での検証実験を繰り返すことで、結果の確度を高める必要がある。

ミヅコウジュ（「観音山公園」産）

ミゾコウヅュ実生の個体乾燥重量は、初回サンプリング時に 0.029g であったものが、最終サンプリング時には 0.026g (3%区) ～0.123g (100%区) となった（表 9）。

相対生長速度 (RGR,  $\text{g g}^{-1}\text{day}^{-1}$ ) は、相対光量子密度 3%区で約 -0.028、9%区で約 0.067、13%区で約 0.086、100%区で約 0.105（表 10、図 34）と、3%区で全く生長せず、9%区以上の光条件がよい条件区ほど有意に値が大きくなった ( $P < 0.0001$ )。

すなわち、本種は比較的広い範囲の光条件下でよく生長するが、林床のような極端に暗い環境下 (3%区) では生長できないと考えられる。

光合成活性を表す純同化率 (NAR,  $\text{g m}^{-2}\text{day}^{-1}$ ) は、3%区では約 -1.032、9%区では約 1.823、13%区では約 2.775、100%区では約 6.040（表 10、図 34）と光条件が良いほど有意に大きい値となった ( $P < 0.0001$ )。

各個体の乾燥重量と葉面積の比率を表す葉面積比 (LAR,  $\text{m}^2\text{g}^{-1}$ ) は、3%区では約 0.033、9%区では約 0.036、13%区では約 0.030、100%区では約 0.019（表 10、図 34）と、暗い光条件下になると有意に大きい値になった ( $P < 0.0001$ )。以上の結果から、本種が 3%区で生長しなかった主な要因は、光合成活性 (NAR) の低下であると考えられる。

浦野 (2013)、関 (2016)、須永 (2017) は本種について同様の研究を行い、100%区以外では本研究とほぼ同等の結果を得ている。しかし、100%区においては、これら 3 つの先行研究で本種の RGR は 0.023～0.06 と本研究での値の 2/3 以下となっており、NAR も本研究での値の 2/3 以下であった。本研究は岡村 (2018) と同等の結果を得ている。

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,  $\text{m}^2\text{g}^{-1}$ ) は、3%区では約 0.090、9%区では約 0.100、13%区では約 0.085、100%区では約 0.036 と暗い光条件下ほど大きい値となった。

器官別重量比のうち葉の重量比である LWR は、3%区で約 49%、9%区で約 50%、13%区で 45%、100%区で約 42% と、光条件が良い区ほど値が低くなる傾向が見られる。。茎の重量比である SWR は 3 %区で約 19%、100%区で約 10% となっており光条件が悪いほど大きな値になった。根の重量比である RWR は、100%区で約 48% と最も大きく、13%区で約 41%、9%区で約 37%、3%区で約 32% となり、100%区のような光条件が極端よい場合は増加し、光条件が暗くなる場合低くなっている。

SLA、LAR、LWR のこれらの反応は、光が不足して光合成活性が低下した際に、限られた光合成生産量を有效地に葉面積の生産につなげるという特性である。本種は 9%～13% という中程度の被圧下においては、NAR の低下を LAR の増加で補完してある程度の RGR を達成しているが、3% では NAR がマイナスになってしまったため生長できないといえる。

以上の結果から、本種は裸地や草丈の低い草原といった比較的明るいところで良く生長するが、他の植物が繁茂し、光条件が劣悪な環境下では、生長が悪くなると考えられる。

このことは、本種が主に陽当たりのよい通路沿い（ミゾコウジュの名の由来）といった明るい環境下に分布する理由の一つであると推察される（浦野 2013）。そのため、他の植物と共に存する場合、本種の光環境に悪影響をおよぼさない植物である必要がある。また、本種の十分な生育のためには周辺の植物を刈り取り、陽当たりの良い環境を作り出すことも重要であるといえる。

#### 〈外来植物種〉

##### ヒメモロコシ(前橋江木町産)

ヒメモロコシ実生の個体乾燥重量は、初回サンプリング時に 0.038g であったものが、最終サンプリング時には 0.253g (3%区) ～0.916g (100%区) となった（表 9）。

相対生長速度 (RGR,  $\text{g g}^{-1}\text{day}^{-1}$ ) は、相対光量子密度 3%区で約 0.115、9%区で約 0.173、13%区で約 0.187、100%区で約 0.204（表 10、図 35）と、3%区であまり生長せず、9%区以上の光条件がよい条件区ほど有意に値が大きくなつた ( $P < 0.0001$ )。

すなわち、本種は比較的広い範囲の光条件下でよく生長するが、林床のような極端に暗い環境下 (3%区) では生長も悪いと考えられる。

光合成活性を表す純同化率 (NAR,  $\text{g m}^{-2}\text{day}^{-1}$ ) は、3%区では約 2.543、9%区では約 5.377、13%区では約 6.909、100%区では約 11.525（表 10、図 35）と光条件が良いほど有意に大きい値となつた ( $P < 0.0001$ )。

各個体の乾燥重量と葉面積の比率を表す葉面積比 (LAR,  $\text{m}^2\text{g}^{-1}$ ) は、3%区では約 0.073、9%区では約 0.069、13%区では約 0.068、100%区では約 0.064（表 10、図 35）と、暗い光条件下になると有意に大きい値になつた ( $P < 0.0001$ )。以上の結果から、本種が 3%区で生長しなかつた主な要因は、光合成活性 (NAR) の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,  $\text{m}^2\text{g}^{-1}$ ) は、3%区では約 0.052、9%区では約 0.043、13%区では約 0.038、100%区では約 0.021 と暗い光条件下ほど大きい値となつた。

器官別重量比のうち葉の重量比である LWR は、3%区で約 51%、9%区で約 38%、13%区で 37%、100%区で約 36%と、光条件が良い区ほど値が低くなる傾向が見られる。茎の重量比である SWR は 3 %区で約 27%、100%区で約 26%となっており光条件が悪いほど大きな値になつた。根の重量比である RWR は、100%区で約 38%と最も大きく、13%区で約 31%、9%区で約 24%、3%区で約 22%となり、100%区のような光条件が極端よい場合は増加し、光条件が暗くなる場合低い値となつた。

SLA、LAR、LWR のこれらの反応は、光が不足して光合成活性が低下した際に、限られた光合成生産量を有効に葉面積の生産につなげるという特性である。本種は NAR の低下を LAR の増加で補完してある程度の RGR を達成している。

以上の結果から、本種は RGR が光条件の明るい区ほど高くなった主な原因は、光合成活性(NAR)の増加であると考えられる。すなわち、本種は明るいところでよく生長し、暗い環境下では生長が悪くなると考えられる。これは、本種が主に道路沿いや裸地といった明るい環境下で生育していることの理由の一つであると考えられる。

### 異なる温度条件下で栽培した植物の生長解析

〈ビオトープの絶滅危惧種〉

フジバカマ（碓氷川産）

本種の個体当たりの乾燥重量平均値は、初期サンプリング時には 0.068g であったが、最終サンプリング時には約 0.083g (10/6°C 区) ～約 0.212g (30/15°C 区) であった（表 9）。

相対成長速度 (RGR, g g<sup>-1</sup>day<sup>-1</sup>) は、10/6°C 区で 0.018、17/8°C 区で 0.061、22/10°C 区で約 0.058、25/13°C 区で約 0.075、30/15°C 区で 0.074（表 10、図 36）と、温度の高い区の方が高い値となる傾向になった ( $P < 0.0001$ )。本種は平均気温が 15°C 以上、最高気温は 15°C～30°C となる夏季によく生長すると考えられる。

光合成活性を表す純同化率 (NAR, g m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>) は、10/6°C 区で 1.008、17/8°C 区で 4.059、22/10°C 区で約 3.774、25/13°C 区で約 4.769、30/15°C 区で約 5.223（表 10、図 36）と、温度条件の高い区の方が有意に高い値となった ( $P < 0.0001$ )。

各個体の乾燥重量と葉面積の比率を表す葉面積比 (LAR, m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup>) は、10/6°C 区で 0.019、17/8°C 区で 0.018、22/10°C 区で約 0.017、25/13°C 区で約 0.018、30/15°C 区で約 0.017 と、温度の高い区ほど低くなつた（表 10、図 36）。

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<sup>2</sup>g<sup>-1</sup>) は、10/6°C 区で 0.039、17/8°C 区で 0.036、22/10°C 区で約 0.035、25/13°C 区で約 0.044、30/15°C 区で約 0.034 と温度の低い区のほうが値が大きくなつた傾向となつた。

器官別重量比のうち葉の重量比である LWR は、10/6°C 区で 38%、17/8°C 区で 29%、22/10°C 区で約 29%、25/13°C 区で約 26%、30/15°C 区で約 27% となつた。温度の低い区ほど値も多くなつた。茎の重量比である SWR は、10/6°C 区で 26%、17/8°C 区で 29%、22/10°C 区で約 26%、25/13°C 区で約 28%、30/15°C 区で約 27% となつた。根の重量比である RWR は、10/6°C 区で 36%、17/8°C 区で 42%、22/10°C 区で約 45%、25/13°C 区で約 46%、30/15°C 区で約 46% となつた。

以上の結果により、本種は相対生長速度（RGR）は温度の高い区ほど高くなった。平均気温が15°C以上、最高気温は15°C～30°Cとなる夏季によく生長すると考えられる。

#### コギシギシ(男井戸川産)

本種の個体当たりの乾燥重量平均値は、初期サンプリング時には0.054gであったが、最終サンプリング時には約0.183g（10/6°C区）～約0.377g（30/15°C区）であった（表9）。

相対成長速度（RGR、 $\text{g g}^{-1}\text{day}^{-1}$ ）は、10/6°C区で0.086、17/8°C区で0.111、22/10°C区で約0.134、25/13°C区で約0.124、30/15°C区で0.131（表10、図37）と、温度の高い区の方が高い値となる傾向になった（P<0.0001）。本種は平均気温が15°C以上、最高気温は15°C～30°Cとなる夏季によく生長すると考えられる。

光合成活性を表す純同化率（NAR、 $\text{g m}^{-2}\text{day}^{-1}$ ）は、10/6°C区で5.075、17/8°C区で6.237、22/10°C区で約8.665、25/13°C区で約7.053、30/15°C区で約8.265（表10、図37）と、温度条件の高い区の方が有意に高い値となった（P<0.0001）。

各個体の乾燥重量と葉面積の比率を表す葉面積比（LAR、 $\text{m}^2\text{g}^{-1}$ ）は、10/6°C区で0.022、17/8°C区で0.023、22/10°C区で約0.022、25/13°C区で約0.023、30/15°C区で約0.022と、温度区の間に大差が見られなかった（表10、図37）。

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、 $\text{m}^2\text{g}^{-1}$ ）は、10/6°C区で0.033、17/8°C区で0.037、22/10°C区で約0.038、25/13°C区で約0.041、30/15°C区で約0.031と温度の低い区のほうが値が大きくなつた傾向となつた。

器官別重量比のうち葉の重量比であるLWRは、10/6°C区で31%、17/8°C区で33%、22/10°C区で約25%、25/13°C区で約28%、30/15°C区で約33%となつた。温度の低い区ほど値も多くなつた傾向があつた。茎の重量比であるSWRは、10/6°C区で約20%、17/8°C区で約19%、22/10°C区で約15%、25/13°C区で約16%、30/15°C区で約17%となつた。温度の高い区ほど値が低くなつた。根の重量比であるRWRは、10/6°C区で50%、17/8°C区で48%、22/10°C区で約59%、25/13°C区で約56%、30/15°C区で約50%となつた。

以上の結果により、本種は相対生長速度（RGR）は温度の高い区ほど高くなつた。平均気温が15°C以上、最高気温は15°C～30°Cとなる夏季によく生長すると考えられる。

#### 〈ビオトープ周辺の絶滅危惧種〉

##### チョウジソウ(館林産)

本種の個体当たりの乾燥重量平均値は、初期サンプリング時には0.254gであったが、最終サンプリング時には約0.315g（10/6°C区）～約0.548g（30/15°C区）であった（表9）。

相対成長速度 (RGR、 $\text{g g}^{-1}\text{day}^{-1}$ ) は、10/6°C区で 0.017、17/8°C区で 0.004、22/10°C区で約 0.024、25/13°C区で約 0.036、30/15°C区で 0.054（表 10、図 39）と、温度の高い区の方が有意に高い値となった ( $P < 0.0001$ )。本種は平均気温が 15°C以上、最高気温は 15°C～30°Cとなる夏季によく生長すると考えられる。

本種は里地の水辺という、ビオトープの再生目標に近い環境で生育しており、また群馬県内における自生地がわずか 1 カ所にまで減少しているため、保全のためにビオトープに移植栽培する必要が考えられる。本種をビオトープ内に移植栽培する場合、裸地以外の被陰環境では生長が極めて悪いので、水辺の裸地に移植するのが望ましい。また陽当たりを確保するため、頻繁に草刈りを行う必要があると考えられる。

光合成活性を表す純同化率 (NAR、 $\text{g m}^{-2}\text{day}^{-1}$ ) は、10/6°C区で 1.361、17/8°C区で 0.408、22/10°C区で約 2.000、25/13°C区で約 2.985、30/15°C区で約 4.406（表 10、図 39）と、相対光量子密度の高い区の方が有意に高い値となった ( $P < 0.0001$ )。

各個体の乾燥重量と葉面積の比率を表す葉面積比 (LAR、 $\text{m}^2\text{g}^{-1}$ ) は、全ての温度区ではほぼ同様の値を得ていた（表 10、図 39）。

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、 $\text{m}^2\text{g}^{-1}$ )は、10/6°C区で 0.022、17/8°C区で 0.022、22/10°C区で約 0.020、25/13°C区で約 0.018、30/15°C区で約 0.018 と温度の低い区のほうが大きい値となった。

器官別重量比のうち葉の重量比である LWR は、10/6°C区で 48%、17/8°C区で 48%、22/10°C区で約 53%、25/13°C区で約 59%、30/15°C区で約 59% となった。茎の重量比である SWR は、10/6°C区で 23%、17/8°C区で 22%、22/10°C区で約 18%、25/13°C区で約 19%、30/15°C区で約 18% となった。根の重量比である RWR は、10/6°C区で 29%、17/8°C区で 30%、22/10°C区で約 29%、25/13°C区で約 23%、30/15°C区で約 23% となった。

以上の結果により、本種は相対生長速度 (RGR) は温度の高い区ほど高くなった。平均気温が 15°C以上、最高気温は 15°C～30°Cとなる夏季によく生長すると考えられる。本種は群馬県内の自生地が限られているため、今後保全のためにビオトープ内に移植栽培する必要があり、最適な栽培環境を特定するため継続的な実験を行う必要があると考えられる。

#### ジョウロウスゲ(館林中野沼産)

本種の個体当たりの乾燥重量平均値は、初期サンプリング時には 0.039g であったが、最終サンプリング時には約 0.105g (10/6°C区)～約 0.469g (30/15°C区) であった（表 9）。

相対成長速度 (RGR、 $\text{g g}^{-1}\text{day}^{-1}$ ) は、10/6°C区で 0.049、17/8°C区で 0.090、22/10°C区で約 0.119、25/13°C区で約 0.135、30/15°C区で 0.164（表 10、図 38）と、温度の高い区の

方が高い値となった ( $P < 0.0001$ )。本種は平均気温が 15°C 以上、最高気温は 15°C～30°C となる夏季によく生長すると考えられる。

光合成活性を表す純同化率 (NAR,  $\text{g m}^{-2} \text{day}^{-1}$ ) は、10/6°C 区で 3.735、17/8°C 区で 7.036、22/10°C 区で約 9.228、25/13°C 区で約 9.406、30/15°C 区で約 12.931 (表 10、図 38) と、温度条件の高い区の方が有意に高い値となった ( $P < 0.0001$ )。

各個体の乾燥重量と葉面積の比率を表す葉面積比 (LAR,  $\text{m}^2\text{g}^{-1}$ ) は、10/6°C 区で 0.016、17/8°C 区で 0.015、22/10°C 区で約 0.015、25/13°C 区で約 0.016、30/15°C 区で約 0.016 と、温度ごとに大差が見られなかった (表 10、図 38)。

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,  $\text{m}^2\text{g}^{-1}$ ) は、10/6°C 区で 0.032、17/8°C 区で 0.030、22/10°C 区で約 0.024、25/13°C 区で約 0.028、30/15°C 区で約 0.027 と温度の低い区のほうが値が大きくとなった。

器官別重量比のうち葉の重量比である LWR は、10/6°C 区で 39%、17/8°C 区で 36%、22/10°C 区で約 43%、25/13°C 区で約 46%、30/15°C 区で約 43% となった。茎の重量比である SWR は、10/6°C 区で 15%、17/8°C 区で 17%、22/10°C 区で約 17%、25/13°C 区で約 17%、30/15°C 区で約 10% となった。根の重量比である RWR は、10/6°C 区で 46%、17/8°C 区で 46%、22/10°C 区で約 40%、25/13°C 区で約 37%、30/15°C 区で約 47% となった。

以上の結果により、本種は平均気温が 15°C 以上、最高気温は 15°C～30°C となる夏季によく生長すると考えられる。このことは、温度上昇とともに良く生長する本種は夏季の気温が 30°C を超える館林市のような低地の湿地に分布する理由の一つであるとも推測される。

## 統合考察

本研究により、大型ビオトープは適切に育成管理することによって、そこに生育する在来植物種の種数が平衡状態になり、地域の自然景観が安定的に再現され、また絶滅危惧種の保護や生物多様性の保全という機能を発揮できる可能性が高いことが明らかになった。

本来の地域生態系としての機能の一部である、平衡状態の在来植物種数とが安定的な地域の自然景観を大型ビオトープが有するようになるまでは、できるだけ人為的な在来生物の導入を行わず、自然に移入・定着できるように管理することが望ましい。人為的に導入した生物は、ビオトープを本来再生されるべき地域の生態系と異なる姿にしてしまう恐れがあるからだ。生物の自然移入や定着を促すためには、外来種の駆除及び物理化学的環境条件の多様化などを行う必要がある。

ビオトープが本来の地域生態系としての姿に近づいたならば、アドバンテスト・ビオトープおよびチノー・ビオトープでのアサザやフジバカマなどの緊急避難的移植活動のように、地域の絶滅危惧種の系統維持や生物多様性の保全を補助する機能も発揮できると想定される。その際には対象種の生態学的特性、すなわち結実、発芽、生長特性を解明し、自生地とビオトープの生育条件とを比較して、移植後の健全な育成が実現するようにしなければならない。

その中でも最も重要なことは周囲の自然から孤立させず、調和できるようにすることである。特定の種を特別扱いしすぎると全体の多様性が失われてしまう。ビオトープの目的は対象地域本来の自然環境を復元し、保全することにある。ビオトープは、人為的な生物種の導入ではなく、在来種が自然に移入・定着するような管理と、外来種の積極的駆除といった二つの育成管理を同時に両立させていくことにより、生物多様性と地域特性を持つ自然を守ることが可能になるのである。

アドバンテスト・ビオトープでは在来種 105 種、外来種 41 種の計 146 種の生育が確認された。2001 年から 2019 年までの総確認種数は在来種 180 種、外来種 82 種と記録されたので、それぞれ半数前後の種が交代していることになる。在来植物種数は、2001 年の竣工直後の 26 種を最低値とし、その後 2008 年までに 114 種まで増加した後、新規参入と消失により、90～113 種で平衡状態を保っているといえる。動的平衡状態を保っている。確認できた種の中には、絶滅危惧 IA のフジバカマや準絶滅危惧種のミゾコウジュといった湿地性絶滅危惧種や、イヌトウバナ、ノコンギクなどの里山植物も多数含まれており、継続的な生育が確認できた。

また外来種数は 2001 年の竣工直後の 15 種を最低値とし、2002 年から 2019 年まで、新規参入と消失により、30～47 種で平衡状態を保っているといえる。出現植物の総種数に占める外来種の割合は約 28.1% と、これまでの調査で約 23.6%～31.9% の間にであることから、

依然平衡状態が続いているといえる。外来種の多くは積極的に駆除されており、また移植した樹木の生長に伴って林床の外来種は消滅しているので、種数は平衡状態であるが、量は激減している。

チノー・ビオトープでは在来種 105 種、外来種 43 種の計 148 種が確認された。本ビオトープに生育する在来植物種数は、2010 年の竣工直後の 49 種を最低値とし、その後 2012 年までに 102 種まで増加した後、新規参入と消失により、90～107 種で平衡状態を保っていた。また外来種数は 2010 年の竣工直後の 21 種を最低値、2011 年の 69 種を最大値とし、2012 年から 2019 年まで、新規参入と消失はあるが 40 種前後まで減少した後平衡状態を保っているといえる。2010 年から 2019 年までの総確認種数は在来種 179 種、外来種 107 種と記録されたので、それぞれ半数前後の種が交代することになる。

本ビオトープでは生育が確認できた種の中には竣工直後から確認されている準絶滅危惧種のコギシギシ、2011 年度から確認されている準絶滅危惧種のカワヂシャとミゾコウジュの生育が確認できた。県の指定する絶滅危惧 IB 類であるササバモに関しては、2015 年度に工事予定地からの緊急避難として本種を素焼き鉢にくくりつけ、本ビオトープ内の池に沈めたが、本年度の調査でも本種を確認することができた。また 2015 年 5 月 25 日に本ビオトープ内の池に移植した、県が指定する絶滅危惧 IA 類のトチカガミの生育が確認できなかつたため、2017 年度も本ビオトープ内の池にふたたびトチカガミを移植したが、アサザが優占している池であるため 2018 年度および 2019 年度の調査では生長が確認できなかつた。今後本種の育成管理方法について継続して研究していく必要があると考えられる。また生息地の確保のため、当地に植栽されている県の指定する絶滅危惧 IB 類のフジバカラマは本年度も確認することができた。本種は 2018 年度から群馬県では絶滅危惧 IA 類に指定された、当地の重要性がいっそう増すことができたと思われる。

外来種の出現個体数は非常に少なく、ほとんどは出現確認と同時に引き抜き除去を行つたため、全体に減少傾向にある。しかしセイタカアワダチソウ の外来種は、多年生で根茎が発達しやすいので、抑制がうまくいっていない。引き続き注意深く引き抜き・刈り払いといった管理を行う必要がある。

園芸種は 2011 年度で 17 種(松田 2012) と目立っていたが、2012 年度の調査では 10 種、2013 年度は 5 種、2014 年度は 3 種、2015 年度は 6 種、2016 年度は 5 種、2017 年度は 3 種、そして 2019 年度は 4 種となっている。全体に種数が減つており、引き抜き除去を継続した成果であり、今後も継続する必要がある。

男井戸川遊水池では在来種 64 種、外来種 41 種の計 105 種の生育が確認された。2010 年から 2019 年までの総確認種数は在来種 135 種、外来種 72 種と記録されたので、それぞれ半数前後の種が交代することになる。

2012 年の調整池完成前の 2010 年の調査では 19 種確認できたのみであり、多様な植物が生育できる環境の形成がすんでいると言える。2017 年度の調査ではじめて、国の指定する絶滅危惧 II 類、県の指定する絶滅危惧 IB 類に分類されている、キタミソウの生育が確認された。キタミソウは図鑑では 6 ～ 10 月が花期とされるが、現地で見られるキタミソウは 4 月 20 日の調査の際にも開花が確認されたため、冬から春にかけてが花期であると考えられる。また一般に多年草であるとされるが、当地では 6 月 26 日の調査の際には確認することができなかつたため、夏季には暑さや水位の上昇などにより枯死すると考えられる。今後も本種の生態的特徴について継続して調査を行う必要がある。また、2012 年度より継続し準絶滅危惧種のコギシギシとカワヂシャを確認した。加えて、本年度も 2012 年度を最後に確認できず 2015 年度の調査で再び確認された準絶滅危惧種のミゾコウジュも確認することができ、その他の希少種も含めて今後定着することを期待したい。

東洋水産ビオトープでは在来種 28 種、外来種 12 種の計 40 種が確認された。本年度の帰化率は約 30.0% であった。2018 年 9 月に、緊急避難対策として、準絶滅危惧種のチョウジソウとフジバカマを本ビオトープ内に移植した。他に、本ビオトープでは水田在来種コナギ、群馬県絶滅危惧 IB 類のマツカサススキが生育している。

発芽実験では、絶滅危惧種のコギシギシ、ジョウロウスゲ、外来種のヒメモロコシが高温度帯で発芽率が高い傾向を示し、春季から夏季にかけて発芽する特徴があることが分かった。絶滅危惧種であるフジバカマ、コギシギシ、ミゾコウジュ、ジョウロウスゲ種子は永続的な土壌シードバンクを形成しないため、生育中の個体群が何らかの壊滅的な影響を受けると、土壌シードバンクからの再生は望めないことになると考えられる。河川改修や護岸工事などの強度人為的擾乱によって親株が消滅すると、ただちにその地点で絶滅してしまう危険性が極めて高い。群馬県においてわずかに残されたこれら絶滅危惧種の自生地はを除いてすべて危険性が高い。

男井戸川産のコギシギシは採取年によっては最終発芽率の低いことが多く、これは男井戸川に生育するコギシギシの個体数が少ないことが原因で近親交雑が起こっているためだと考えられる。本種は冬季一年草で永続的土壌シードバンクを形成しないため、その個体群の安定的維持のためには、男井戸川においては、人工的に栽培して移植するなどして現地個体数を増やすことで、近親交雑を低減し種子発芽率を高めることが必要となる。

同様に、ミゾコウジュの個体群の安定的維持のためには、「観音山公園」においては、人工的に栽培して移植するなどして現地個体数を増やすことで、近親交雑を低減し種子発芽率を高めることが必要となる。

ジョウロウスゲは夏季の気温が 30℃ を超える館林市など低地の湿地で生育している。これまでの研究から、ジョウロウスゲの種子は散布後に冬季の低温によって冷湿処理を受け

て発芽が促進されるが、低温である冬～初夏の時期は休眠し、夏の高温に反応して発芽すると推察される。

本研究では、世界で初めて館林産の野生のチョウジソウ種子と渡良瀬遊水池産タチスマレ種子に硫酸処理と冷湿処理を施して発芽実験を行った。野生のチョウジソウ種子は、栽培品種のチョウジソウから採取した種子（山里 2017；岡村 2018）と比べ極めて低い発芽率となった。タチスマレ種子は発芽したが、最終発芽率は 57.8% となった。チョウジソウは群馬県内の自生地が 1 カ所しかない。タチスマレは冬季の火入れが本種の発芽を促進していると考察されている（澤田ら 2010；澤田ら 2011）。土壤シードバンク状態を形成するこれらの 2 種は発芽条件の特定を実験的に行った先行研究データが少ないため、引き続き、慎重にこの 2 種の発芽を促す方法及びより多くの種子が発芽する条件を解明する必要がある。また今後は本種を緊急避難的にビオトープに移植、栽培していく必要もあり、そのための最適な栽培環境を解明する実験を行う必要があると考えられる。群馬県や関係者は、これら絶滅危惧種を全力で保全に努めるべきである。また、ビオトープには本種の自生地に近い環境が復元されているため、緊急避難場所として活用できると考えられる。

外来種ヒメモロコシは野外で種子散布と繁殖により分布を拡大していくなかで、種子が道路上を移動中に吸水して発芽するがないよう、種皮が厚くなる方向に進化し、不透水性を獲得したものと推察される。本種が冬を経験することによって解除されるような休眠性を進化的に獲得したかどうかは不明である。今後は、硫酸処理と冷湿処理を施してから発芽実験を行う必要がある。

本研究ではフジバカマにおける最終発芽率に産地による発芽温度依存性が有意な差は見られなかった。アドバンテスト・ビオトープ産はこれまで報告されている本種の発芽率と比べ低い値であった。また、他の 3 産地と比べると、全ての温度区でも最終発芽率が低かった。2019 年の植物相調査で、アドバンテスト・ビオトープにはフジバカマと近縁の在来種ヒヨドリバナが、フジバカマと同所的に多数生育していることが明らかになった。両種は形態が酷似しているので、いつからかは不明であるが、ヒヨドリバナ個体をフジバカマ個体と誤認して報告し、種子も混同して採取した可能性が高い。つまり、本研究において、この 2 種の植物の種子が混同した状態で発芽実験に供した可能性が高い。実際、栽培実験のために発芽種子を生育させたところ、複数のヒヨドリバナ個体が混入していることが確認された。ヒヨドリバナはきわめて発芽率が低い（赤上 2011）ので、このような混同種子を実験に供したため、最終発芽率が低くなったのかもしれない。今後はフジバカマのみから種子を採取し、実験を行う必要がある。碓氷川産の種子は先行研究と比べると、2 年間 -80°C で冷凍保存した同じロットの種子を用いた本研究の結果のほうが、高い値となったことになる。冷凍保存によって、少なくとも種子の劣化は起こっていないといえる。

フジバカマを異なる光環境下で栽培し生長解析を行ったところ、光環境が良好であればよく生長することがわかり、また浦野（2013）は同種の生长期のピークが7～8月であることを明らかにしている。よって、草刈りをそれ以前に行い、光環境を整える必要があると考えられる。

コギシギシ、ミゾコウジュを異なる光環境下で栽培し生長解析を行ったところ、光環境が良好であればよく生長することが明らかになり、他の植物に被陰されないよう継続的な周辺管理が不可欠である。

一方外来種であるヒメモロコシは異なる光環境下で栽培し生長解析を行ったところ、光環境が良好であればよく生長することが明らかになった。陽当たりのよいところに良く生育する本種は、意外と日陰に強く、樹木が育っても減らないため、本種を駆除する際に引き抜く管理が必須である。野外に逸出し拡大を開始した2003年頃のヒメモロコシは、品種改良された牧草のため種皮に不透水性ではなく、休眠することもなかつたが、野外で種子散布と繁殖により分布を拡大していくなかで、種子が道路上を移動中に吸水して発芽するこがないよう、種皮が厚くなる方向に進化し、2007年頃から不透水性を獲得したものと推察される。

異なる温度条件下で栽培した植物の生長解析を行ったところ、フジバカマ(碓氷川)、コギシギシ(男井戸川産)、チョウジソウ(館林産)、ジョウロウスゲ(館林中野沼産)について、温度上昇による生長の促進が確認された。いずれの種も平均気温が15℃以上、最高気温は15℃～30℃となる夏季によく生長すると考えられる。しかし今後温暖化が進行し、これ以上の気温上昇が起これば、これらの在来植物に悪影響をおよぼしかねないと危惧される。

本研究では、これまでのモニタリング調査結果に引き続き、アドバンテスト・ビオトープ内にミゾコウジュ、ミコシガヤ、フジバカマ、チョウジソウ、アサザ、チノー・ビオトープ内にフジバカマ、ミゾコウジュ、カワジシャ、コギシギシ、男井戸川調整池内にキタミソウ、コギシギシ、ミゾコウジュ、カワジシャなどの絶滅危惧種を確認することができた。今後は研究結果も踏まえてこれらの植物の生育環境が適切であるかどうかを継続的にモニタリングし、適切な管理を続けていく必要がある。

群馬県内にはフジバカマのように、近年の自生地の減少にともない、絶滅危惧IA類に指定された種もあり、川岸の開発などにより水辺の植物の生育環境は年々悪化していると言える。また開発などの影響がなくても、台風などの洪水によって水辺の植物の自生地は絶えず危険にさらされている。このような状況の中、水辺や林床のようなさまざまな環境があるビオトープは、種の保全という点で大きな意義を示すようになるだろう。脆弱な生息地を保全する上でもビオトープを緊急的な保護地として利用していくことは有効であると考えられる。緊急避難対策として、フジバカマをチノー・ビオトープに移植を行い、自

生地が減少しているチョウジソウをアドバンテスト・ビオトープ、東洋水産ビオトープに移植を行った。そのためにもビオトープ内の環境を整備し、継続的なモニタリングを続けていくことが必要であると言える。そして移植する種の生育条件を把握するためにも、今後も継続して希少種の発芽実験、栽培実験を行っていく必要がある。

ビオトープにおいて蓄積されてきた研究成果は、企業内緑地などに新規ビオトープを導入する際、多様な生物の生息環境創出に有効な施設の計画、設計、施行および管理・運営計画の指針となるものである。地域の生態系の再生をめざすこれら大型ビオトープの育成管理の基本方針の主要ポイントは以下のとおりである。

- ・事業目的を管理者が理解・合意したうえで、できるだけ広い土地をビオトープとして利用する
- ・里山林、ため池、草原、湿地(水田)など、地域の生態系のなかから明確な再生目標を設定する
- ・再生の出発点として、利用する土壤・植物成体の出どころを明確にし、遠い地域産のものや外来種は持ち込まないようにし、もし発生したら駆除する
- ・造成後は原則として生物を持ち込まず、植物種の増減は自然遷移に委ねる
- ・定期的・長期的に学術的な現地調査(モニタリング調査)を行って、出現生物種とその位置、量などを明らかにし、これらの管理方法とともに報告する
- ・管理者は、実際に管理を担当する者に専門的な教育訓練を受けさせながら、学術調査担当者からのモニタリング調査の結果報告をもとに、逐次管理を実施する(石川 2013)。

各ビオトープでは地域自然景観を再生しつつありながら、地域住民との交流を深め、また各ビオトープの交流を深めるため、ビオトープフォーラムを行っている。2019年度ビオトープフォーラムはアドバンテスト・ビオトープで、2018年度は男井戸川調整池で、2017年度チノーで開催された。ほかに、各ビオトープでは、地元小学生が理科や総合的な学習の授業の一環として、昆虫や植物などの生き物観察会の実施、地元高校生が地球温暖化の影響調査を行うなど、地元教育機関(小学校、高校、大学)のフィールドワークの場として活用されている。これらの活動を通じ、ビオトープ来訪者にはビオトープ内の自然を題材として、生態系、生物多様性について学び、環境保全の大切さについて、自ら考え、行動するきっかけとなる場が提供されている。また、里山産業再生に向けた取り組みとして、アドバンテスト・ビオトープ、チノー・ビオトープ内では薪炭採取、シイタケ栽培、果樹植栽など様々な活動を積極的に行っている。今後更なる群馬ビオトープフォーラムによるネットワーク化されることにより、大型ビオトープによる地域の生態系の再生がさらに進展すると期待される。

ビオトープの育成管理は、地域の自然の自己回復力に人間が手を添えるという創造作業の一局面である。持続的な自然再生を実現するためには、見た目の奇抜さや公園利用価値のある庭園や緑地帯を目指して作るべきではない。多様なタイプのビオトープがつくられるることは好ましいが、そこに生物の持続できる空間が確保されていなければ、ただの人間の自己満足で終わってしまう。地域特有の自然や立地環境の復元を目標にして、その目標に向けビオトープを育成管理し、持続的にモニタリングすることが不可欠である。同時に、ビオトープ利用者や地域住民への情報提供を行い、管理やモニタリングに可能な限り参加してもらうことで、ビオトープに対する理解や関心を深め、今後の更なる成長と共に見守っていくことにつながるだろう。そしてビオトープの意義として重要な自然体験の場を住民に提供することに繋がり、ひいては一人一人の環境問題への意識が高まっていくことが期待される。

## 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大変熱心にご指導・ご助言を頂きました。

アドバンテスト・ビオトープの調査におきましては、アドバンテストグリーン・代表取締役社長・中込哲也氏、砂川祐司氏、早野圭一氏にご指導頂きました。

チノー・ビオトープの調査につきましては、株式会社チノー機械事業環境開発課・高橋哲夫氏、小林孝旨氏、村田匡史氏にご協力いただきました。

男井戸川調節池の調査におきましては、群馬県議会・環境カウンセラー・臂泰雄氏、殖蓮地区自然環境を守る会・会長・膳福一氏、赤城自然塾・副代表・下條茂夫氏をはじめ、多くの会員の方々、地域の皆様にご指導・ご協力いただきました。

また同時期に修士論文に取り組んだ管雪氏、2017年度に共に研究に取り組んだ卒業研究生の岡村亮吾氏、櫻井翠氏、鈴木統子氏、諏訪間侑樹氏、長倉優希氏をはじめとする、研究室の学生の皆様のご指導・ご協力なしには決して完成し得なかつたものであります。心から感謝し、厚く御礼を申し上げます。

## 引用文献

- Pullin. Andrew S 著 井田秀行・大窪久美子・倉本 宣・夏原 由博 共訳 (2004) 「保全生物学」 丸善株式会社 195-197 282-283
- 鷺谷 いづみ(2010) 保全生態学の技法 東京大学出版社 4 6 7 8 10 11 15
- 青木良輔 (2011) 大型ビオトープの育成に関する環境科学的研究. 群馬大学社会情報学部卒業論文.
- 秋山恵二朗 (2000) ビオトープ環境の創造. 信山社サイテック 5, 7.
- 石川真一 (2013) 地域の里山環境の再生をめざした事業所敷地内ビオトープの育成--チノー・ビオトープフォレストの試み. GREEN AGE 40(11) 28-32.
- 石川真一 (2016) 工場緑地における生態学的自然再生・生物多様性保全. GREEN AGE 43(11) 13-18.
- 岡村亮吾(2018)群馬県の里地における地域の自然再生に関する環境科学的研究. 群馬大学社会情報学部卒業論文.
- 佐藤颯哉(2016) 群馬県内の里地・里山地域における外来植物の侵入状況と植生影響に関する環境科学的研究. 群馬大学社会情報学部卒業論文.
- 澤田みつ子、小幡和男、上條隆志、中村徹 (2010) 茨城県菅生沼における火入れがオギ二次草原のタチスマレに及ぼす影響. ランドスケープ研究(オンライン論文集) 3: 11-15.
- 澤田みつ子、小幡和男、上條隆志、中村徹 (2011) 利根川水系における絶滅危惧種タチスマレの生育立地とその植生管理.
- 森林環境研究会(2009) 生物多様性の日本 朝日新聞出版 28, 47.
- 杉山恵一、重松敏則 (2002) ビオトープの管理・活用 -続自然環境復元の技術-. 朝倉書店 5, 6.
- 鈴木由希 (2010) 大型ビオトープの有する生態系機能に関する基礎研究. 群馬大学社会情報学部卒業論文.
- 鈴木統子 (2018) 群馬県内のビオトープに生育する植物に対する地球温暖化の諸影響に関する生態学的研究. 群馬大学社会情報学部卒業論文.
- 須永勇樹 (2017) 群馬県内のビオトープに生育する植物に対する地球温暖化の諸影響に関する生態学的研究. 群馬大学社会情報学部卒業論文.
- 関拓也(2016) 地球環境変化下における持続的な自然再生方法に関する保全生態学的研究. 群馬大学社会情報学部卒業論文.

- バヤンサン ニヤムチンベ(2016) 地球環境変化の下における 生態系機能の再生に関する研究 , 群馬大学院社会情報学研究科修士論文 .
- 村中孝司・石濱史子(2010) 外来生物の生態学 進化する脅威とその対策. 文一総合出版社 14, 15, 21, 25-36, 39-53
- 都丸希美 (2013) 大型ビオトープとその目標となる植物相に関する生態学的研究-チノー・ビオトープを中心とした解析-. 群馬大学社会情報学部卒業論文.
- 富沢美和 (1998) フジバカマとセイタカアワダチソウの夏季における地上部喪失に対する反応-復元植生の育成管理を立てるために-.
- 長倉優希 (2017) 群馬県内の里地里山に生育する植物種に対する地球温暖化の直接影響に関する生態学的研究. 群馬大学社会情報学部卒業論文.
- 西廣淳・鷺谷いづみ(2003) 自然再生事業 生物多様性の回復をめざして. 鷺谷いづみ・草刈秀紀編 築地書館.
- 根本正之編著 (2010) 身近な自然の保全生態学. 培風館 50-52, 66.
- 長谷川明子、根本淳、井上雅義、中島敦司 (2004) 『環境復元と自然再生を成功させる101ガイド ビオトープ』. (近自然研究会 編). 誠文堂新社. 8, 82-83, 88, 98-100.
- 福山研二・安田喜憲 (2009) 森林環境 2009 生物多様性の日本. 森林文化協会. 93-95.
- 牧野富太郎 (2000) . 新訂 牧野新日本植物図鑑. 北隆館.
- 三輪晏史 (2017) 群馬県内のビオトープにおける来植物の侵入状況と植生影響に関する環境科学的研究. 群馬大学社会情報学部卒業論文.
- 村上興正、鷺谷いづみ (2002) 外来種ハンドブック. 地人書館. 5, 39-41.
- 矢原徹一 (2003) レッドデータプランツ. 山と渓谷社. 2, 3.
- 矢原徹一・川窪伸光 (2002) 復元生態学の考え方. 「保全と復元の生態学: 野生生物を救う科学的思考」種生物学会 編, pp. 223-233, 文一総合出版, 東京.
- 矢原徹一・松田裕之・竹門康宏・西廣淳(2010) 自然再生ハンドブック 9, 220
- 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.
- 養父志乃夫 (2006) ビオトープ再生技術入門. 農山漁村文化協会 19.
- 鷺谷いづみ、鬼頭秀一編 (2007) 自然再生のための生物多様性モニタリング. 東京大学出版 4, 5, 22.
- 鷺谷いづみ (2011) さとやま 生物多様性と生態系模様. 岩波ジュニア新書 66-68.
- 鷺谷いづみ (1999) 新生態学への招待 生物保全の生態学. 共立出版 60, 61.
- 鷺谷いづみ、武内和彦、西田睦 (2005) 生態系へのまなざし. 東京大学出版 37-42, 166-167, 166.

- 鷲谷いづみ（2001）生態系を蘇らせる。日本放送協会出版 31, 32.
- 鷲谷いづみ（2010）〈生物多様性〉入門。岩波書店 13, 20, 29, 37, 39.
- 鷲谷いづみ（2016）〈生態系学 基礎から保全へ〉培風館 11, 239–243

### 引用ウェブサイト

外務省 生物多様性条約

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

環境省 RL／RDB

<https://ikilog.biodic.go.jp/Rdb/>

環境省 自然環境局 生物多様性センター 生物多様性条約

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

環境省 生物多様性 生物多様性国家戦略

<http://www.biodic.go.jp/biodiversity/about/initiatives/index.html>

WWF ジャパン レッドリスト 生物多様性条約

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

環境省 レッドリストについて

<https://www.env.go.jp/press/106383.html>

環境省 平成 19 年度版 環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書

<https://www.env.go.jp/policy/hakusyo/zu/h19/html/vk0701020100.html>

環境省 平成 22 年度版 環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書

<http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/h22/index.html>

環境省 平成 23 年度版 環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書

<http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/h23/index.html>

環境省 自然環境局 外来生物法

<https://www.env.go.jp/nature/intro/index.html>

環境省 日本の外来種対策 特定外来生物等一覧

<https://www.env.go.jp/nature/intro/2outline/list.html>

環境省 日本の外来種対策 要注意外生物リスト

<https://www.env.go.jp/nature/intro/2outline/list/caution.html>

国立環境研究所 侵入生物データベース

<http://www.nies.go.jp/biodiversity/invasive/>

国立環境研究所 日本の生物多様性を脅かす「4つの危機」

<https://www.nies.go.jp/kanko/news/35/35-5/35-5-05.html>

群馬県立自然史博物館 群馬県レッドデータブック 2012

[http://www.gmnh.pref.gunma.jp/research/gunma-rese/red\\_data2012](http://www.gmnh.pref.gunma.jp/research/gunma-rese/red_data2012)

高崎市 観音山公園（カッパピア跡地）基本計画

<http://www.city.takasaki.gunma.jp/docs/2013122401233/>

野生生物調査協会 日本のレッドデータ検索システム

<http://jpnrdb.com/index.html>

株式会社アドバンテスト グリーン

[http://www.afc-advantest.co.jp/agc/topics/topics\\_data](http://www.afc-advantest.co.jp/agc/topics/topics_data)

株式会社チノー チノーの新しい取り組み

<https://www.chino.co.jp/company/eco/challenge/>

いせさきふらっと観光「男井戸川調整池ビオトープ」

[https://www imap.ne.jp/news\\_detail/page/286/2112](https://www imap.ne.jp/news_detail/page/286/2112)



写真 1: アドバンテスト・ビオトープの風景

(上) : 建物と風景 4月 26 日撮影

(下) : 草原風景 4月 26 日撮影



写真 2:チノービオトープの風景  
(上) : 入口 4月 17 日撮影  
(下) : トンボの池 6月 14 日撮影



写真 3: 男井戸川調節池風景

(上) : 4月 18日撮影

(下) : 5月 17日撮影



写真 4: 東洋水産ビオトープの風景

(上) : 5月 24日撮影

(下) : 9月 20日撮影



写真 5: アドバンテスト・ビオトープ内の絶滅危惧植物

(上) ビオトープ内に生育するフジバカマ 9月13日撮影

(下) ビオトープ内に生育するミゾコウジュ 5月25日撮影

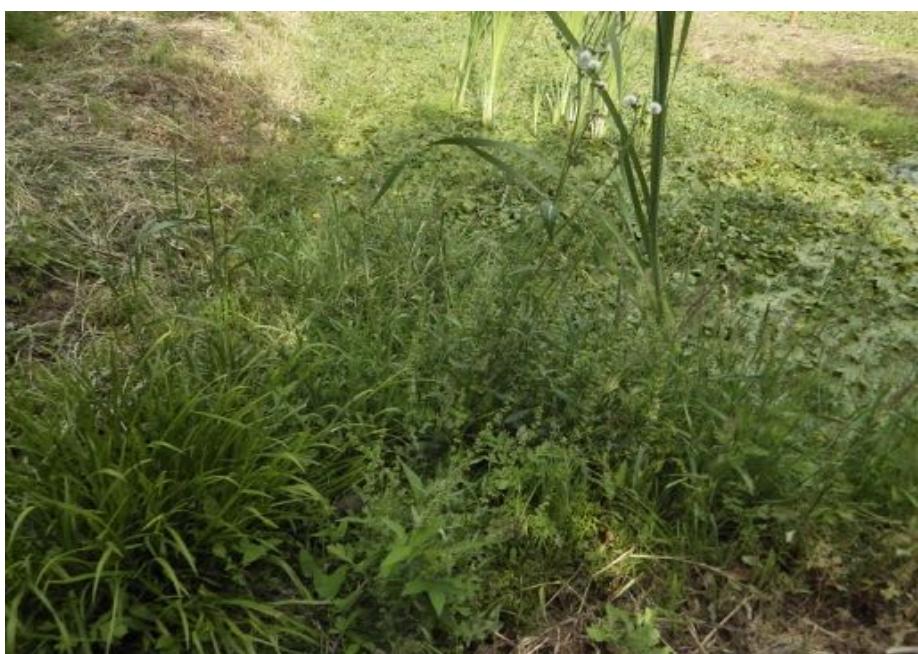


写真 6:チノー・ビオトープ内の絶滅危惧植物

(上) ビオトープ内に生育するミゾコウジュ 5月16日撮影

(下) ビオトープ内に生育するコギシギシ 5月16日撮影



写真 7:チノービオトープ内に移植された植物

(上) ビオトープ内に移植されたササバモ 5月 16 日撮影

(下) ビオトープ内に移植されたフジバカマ 9月 24 日撮影



写真 8: 男井戸川調整池内の絶滅危惧植物

(上) ビオトープ内に生育するカワジシャ 5月 16 日撮影

(下) ビオトープ内に生育するキタミソウ 4月 29 日撮影



写真 9：男井戸川調整池 アサザ

(上)：場所変えた当初 5月 16 日撮影

(下)：場所変えた後 9月 24 日撮影

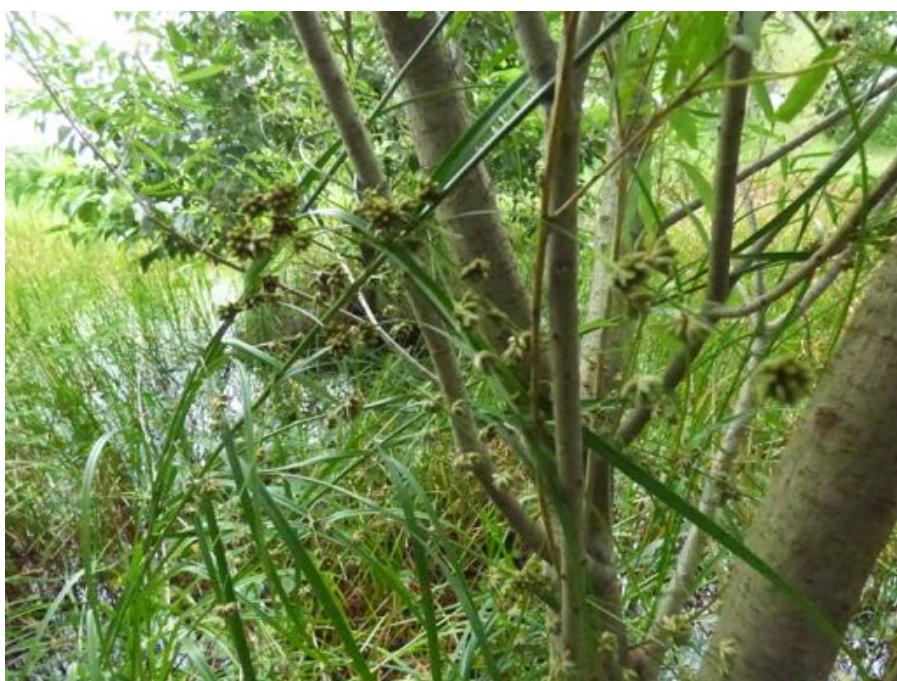


写真 10: 東洋水産ビオトープ内の絶滅植物

(上) ビオトープで緊急避難しているチョウジソウ 5月 24日撮影

(下) ビオトープ内に生育しているマツカサススキ 9月 13日撮影

表 1. 各調査地の調査日一覧

植物相調査

調査地	日程
アドバンテスト・ビオトープ	2019年04月24日、2019年5月24日、2019年6月24日、2019年9月13日、2019年10月28日
東洋水産	2019年04月24日、2019年5月24日、2019年6月24日、2019年9月13日
チノー・ビオトープ	2019年04月18日、2019年5月16日、2019年6月26日、2019年9月24日、2019年10月30日
男井戸川調整池	2019年04月18日、2019年5月16日、2019年06月26日、2019年9月24日

注：東洋水産 2019 年から調査開始

表 2. 発芽の温度依存性実験スケジュール表  
冷湿処理なし

科名	和名	学名	生活型	採取年	採取場所	冷温処理有無	硫酸処理有無	実験開始日～終了日	実施期間	備考
キク科 フジバカマ		<i>Eupatorium fortunei Turcz.</i>	多年草	2017	矢場川	—	—	2018年5月25日～7月26日	62日間	
				2017	碓氷川	—	—	2018年5月25日～7月26日	62日間	
				2017	谷田川	—	—	2018年5月25日～7月26日	62日間	
タデ科 コギシギシ	ヒメモロコシ	<i>Rumex japonicus</i>	多年草	2017	アド・ハテス・ビオトープ	—	—	2018年5月25日～7月26日	62日間	
イネ科 ミゾコウジュ		<i>Sorghum halepense</i>	多年草	2017	男井戸川	—	—	2018年5月15日～7月16日	62日間	
		<i>Salvia plebeia</i>	多年草	2017	前橋市江木町	—	あり	2018年5月15日～7月16日	62日間	
				2017	高崎觀音山公園	—	—	2018年5月15日～7月16日	62日間	
<b>冷湿処理あり</b>										
科名	和名	学名	生活型	採取日付	採取場所	冷温処理有無	硫酸処理有無	実験開始日～終了日	実施期間	備考
キョウチクトウ科 チヨウジンワ-1	チヨウジンワ-1	<i>Amsinia elliptica</i>	多年草	2017	館林市産	●約2ヶ月	あり	2018年6月25日～8月26日	62日間	1硫酸処理のみ実験
スミレ科 タチミシ	タチミシ	<i>Amsinia elliptica</i>	多年草	2017	館林市産	●約2ヶ月	あり	2019年9月17日～11月18日	62日間	2硫酸処理+種皮処理
カヤツリグサ科 ジョウロウスゲ	ジョウロウスゲ	<i>Viola raddeana Regel</i>	多年草	2017	渡良瀬遊水池	●約2ヶ月	あり	2018年10月23日～12月24日	62日間	
		<i>Carex capricornis</i>	多年草	2017	館林中野沼産	●約2ヶ月	—	2018年6月25日～8月26日	62日間	

表 3. 栽培実験スケジュール表

和名	採取場所	植え替え日	栽培開始日	サンプリング日	光実験	温度実験	備考
フジバカマ	矢場川	2019/7/23	2019/9/3	2019/10/29	●	—	3% 9% 13% 100%
	碓氷川	2018/6/25	2018/7/8	2018/8/8	—	●	10/6 17/8 22/10 25/13 30/15
	谷田川-1	2018/6/25	2018/7/18	2018/8/8	●	—	3% 9% 13% 100%
	谷田川-2	2019/7/23	2019/9/3	2019/10/29	●	—	3% 9% 13% 100%
アドバンテスト・ビオトープ	2019/7/23	2019/9/3	2019/10/29	●	—	—	3% 9% 13% 100%
和名	採取場所	植え替え日	栽培開始日	サンプリング日	光実験	温度実験	備考
コギンギシ	男井戸川	2018/6/19	2018/6/27	2018/7/26	●	—	3% 9% 13% 100%
ヒメロコシ	前橋市江木新	2018/6/19	2018/6/27	2018/7/28	—	●	10/6 17/8 22/10 25/13 30/15
ミゾコウジュー-温度	カツナビア	2018/8/21	2018/10/10	2018/11/27	—	●	3% 9% 13% 100%
ミゾコウジュー-光	2019/7/23	2019/9/3	2019/10/29	●	—	22/10 17/8 10/6	3% 9% 13% 100%
チヨウジソウ	館林市座	2018/12/18	2019/1/8	2019/2/8	—	●	10/6 17/8 22/10 25/13 30/15
ジョウロウスゲ	館林中野沼産	2018/8/7	2018/8/29	2018/9/27	—	●	10/6 17/8 22/10 25/13 30/15
タチスミレ	渡良瀬遊水池	—	—	—	—	—	失敗

表4-1. アドバンテスト・ビオトープにおいて開花・生育が確認された植物と生態的特性  
2019年4月～10月までに行った調査で生育が確認できた植物種のリスト。  
科名の前にある＊は、その種が外来種であることを示す。

科名	学名	通称(英名)	園芸名(学名)	生长期	花期	果実生長期	分類	備考	確認日
イネ科	アサガホソバ	アサガホソバ	<i>Oenanthe javanica</i>	多年生	4～7月	道端、林地	日本全土	4月16日	
ミズキ科	アサギリ(暗葉白実)	アサギリ	<i>Aconitum leucostomum</i>	多年生	3～5月	林内	日本全土	3月13日	
* キク科	アカツバメウチ	アカツバメウチ	<i>Taraxacum officinale</i>	多年生	5～11月	道辺、林内、荒れ地	野地固着性被植物	3月16日	
* ハナツブリ科	アカバガシラ	アカバガシラ	<i>Stellaria japonica</i>	多年生	8～1月	山野、林地	本州、四国、九州、沖縄	3月12日	
イネ科	アキノエココダマツ	アキノエココダマツ	<i>Spiraea salicifolia</i>	一年生	8～10月	道辺、林地、空地地	日本全土	3月13日	
キク科	アキノミツバツ	アキノミツバツ	<i>Leristea rotunda var. acutifolia</i>	一～二年生	8～11月	山野	日本全土	3月12日	
ヒメジシロ科	アサギリ(暗葉)	アサギリ(暗葉)	<i>Hippocratea galathoides</i>	多年生	4～7月	荒地	本州、四国、九州、沖縄	4月16日	
イネ科	アシナギ	アシナギ	<i>Leymus japonicus</i>	多年生	6～10月	道地、水田、林地	本州、四国、九州、沖縄	3月13日	
イネ科	アスギリヤナギ	アスギリヤナギ	<i>Polygonum avicinatum</i>	多年生	4～5月	林地、林蔭	北海道(寒帯)、本州(中温带以北)	4月16日	
カヤツリグサ科	アセナルコ	アセナルコ	<i>Carex diandra</i>	多年生	4～6月	湿地	日本全土	4月16日	
* テング科	アリカラクモホタルズキ	アリカラクモホタルズキ	<i>Gaudium pterophyllum</i>	一年生	8～10月	山野	北海道固着性被植物	3月13日	
* イガ科	アリカスズラン	アリカスズラン	<i>Paspalum nodosum</i>	多年生	7～9月	林地、田	東アフリカ固着	3月13日	
* ナンキン	アリカラクモホタルズキ	アリカラクモホタルズキ	<i>Rubus frondosa</i>	一年生	9～11月	道辺、林地	北海道固着性被植物	3月16日	
* フラゴナ科	アリカラクモホタルズキ	アリカラクモホタルズキ	<i>Geum urbanum</i>	一年生	4～5月	道辺、林地、田	北海道固着性被植物	4月16日	
* リヂ科	アレキサンダリヤ	アレキサンダリヤ	<i>Rubus rosaceus</i>	多年生	8～10月	道辺、林地	北海道固着性被植物	3月13日	
* キク科	イヌキウイタケ	イヌキウイタケ	<i>Hedera helix ssp. japonica</i>	多年生	7～8月	林地	日本全土	3月13日	
タマネギ科	イヌタマネギ	イヌタマネギ	<i>Polygonatum longiflorum</i>	多年生	6～10月	野原、道ばた、山地の林蔭	北海道、本州、四国、九州	3月16日	
シソ科	イヌカラシ	イヌカラシ	<i>Chrysanthemum maximum</i>	多年生	8～10月	道、灌叢地、林蔭	日本全土	3月13日	
イネ科	イヌビ玉	イヌビ玉	<i>Echinochloa crusgalli</i>	一年生	7～9月	道辺、林地	北海道固着性被植物	3月16日	
* イネ科	イヌムギ	イヌムギ	<i>Bromus catharticus</i>	多年生	6～9月	道辺、林地	日本全土	3月13日	
アシダ科	ウツバコ	ウツバコ	<i>Stellaria aquatica</i>	多年生	4～10月	山野	北海道、本州、四国、九州	3月16日	
ワニギリ科	ワツブ	ワツブ	<i>Aralia nudicaulis</i>	多年生	8～9月	山野	北海道、本州、四国、九州	3月16日	
* キク科	ウツブロコトリコヅラ	ウツブロコトリコヅラ	<i>Gennaria tridentata</i>	多年生	7～9月	道辺、荒れ地	北海道固着性被植物	3月16日	
* キク科	エゾノギラヅチ	エゾノギラヅチ	<i>Ranunculus esculentus</i>	多年生	6～9月	道辺、林地	日本、北海道、本州、四国、九州、沖縄	4月16日	
ミツバ科	エノコロ	エノコロ	<i>Coldenia paniculata</i>	高丈草系	4～5月	山地、丘陵地	日本全土	3月13日	
イネ科	エノコロヅサ	エノコロヅサ	<i>Spiraea viridis</i>	一年生	8～9月	道地、空地、田	東アフリカ固着	3月13日	
* ゴマノハグサ科	オオイヌノフグサ	オオイヌノフグサ	<i>Veronica macrostachys</i>	多年生	7～10月	道地、荒れ地	北海道固着性被植物	4月16日	
キク科	オオイヌノフグサ	オオイヌノフグサ	<i>Veronica persica</i>	多年生	3～5月	道、道ばた、林地	日本全土	4月16日	
オオバコ科	オオバコ	オオバコ	<i>Veronica sericea</i>	多年生	4～5月	水路、河川、湿地の水際	ヨーロッパ・アジア北部固着	4月16日	
* アカルギ科	オオヤマガタゲ	オオヤマガタゲ	<i>Chenopodium glaucum</i>	多年生	7～10月	海岸、河岸	日本全土	3月16日	

表4-2（続）・アドバンテスト・ビオトープにおいて開花・生育が確認された植物と生態的特性  
2019年4月～10月までに行った調査で生育が確認できた植物種のリスト。科名の前にある＊は、その種が外来種であることを示す。

科属	科名	種類名(学名)	種類別(学名)	生長型	生長地	分類	調査日
イネ科	イネ科	オトコヨモギ	Molinia caerulea (L.) Poir.	多年生	4～10月 溪野、湿地、河川	北海道、本州、四国、九州	9月13日
キク科	キク科	オニウツクサギササ	Asterolasia amurensis	多年生	春～10月 山野、丘陵地、林	日本全土	4月14日
キク科	キク科	オニヨビワコ	Yucca aloifolia	一二年生	5～10月 溪ばたけ	熱帯性外来植物	4月14日、5月14日
アブラナ科	アブラナ科	オランダガラシ	Brassica oleracea	多年生	4～8月 水辺、水田、池沼	日本全土	4月14日
チジンゴ科	チジンゴ科	オランダヒオウガサ	Carex kobomugi	越年生	4～9月 溪、運ばたけ	熱帯性外來植物	4月14日
カヤツリグサ科	カヤツリグサ科	カサスギ	Carex diffracta var. diffracta	多年生	5～8月 沼沢	北海道、本州、四国、九州	4月14日、5月14日
クワ科	クワ科	カジカキ	Bromus sterilis	高草本	5～10月 山野	北海道、本州、四国	5月14日
イネ科	イネ科	カモウサ	Eragrostis ferruginea	多年生	8～9月 土手、道端	日本全土	5月13日
カバノハ科	カバノハ科	カバノハ	Chloris virgata	多年生	5～8月 溪、運ばたけ	日本全土	5月14日
イネ科	イネ科	カヤツリ	Typha latifolia	多年生	8～9月 沼	北海道、本州、四国、九州	5月13日
イネ科	イネ科	カモガサ	Oryzopsis glomerata	多年生	7～8月 溪ばたけ、湿地	熱帯、西アジア原産外来種	5月14日
イネ科	イネ科	カモジサ	Elymus trachycaulus Honda var. thunbergii	多年生	5～7月 溪ばたけ、幹涸	日本全土	5月14日
アオイ科	アオイ科	カモスノミズク	Vitis riparia	多年生	3～8月 幹涸	本州、四国、九州、沖縄	4月14日
イネ科	イネ科	カラスムギ	Aceria fuscata	一年生	5～7月 溪、林地、河川、開けた場所	日本全土	5月14日
イソクサ科	イソクサ科	カラムシ	Rubus rosifolia var. cinnabarinus	多年生	8～9月 溪、土手、河川敷	本州、四国、九州、沖縄	5月13日
キク科	キク科	キクイモ	Polygonum multiflorum	多年生	9～12月 溪、運ばたけ、荒れ地	北米原産	5月14日
ウコギ科	ウコギ科	キヅナ	Polygonum perfoliatum	多年生	10～12月 林縁、林内、渓野	本州、四国、九州、沖縄	5月13日
キク科	キク科	キヅナアザキ	Polygonum persicaroides	多年生	5～8月 溪、空き地	本州、四国、九州、沖縄	5月14日
ムラサキ科	ムラサキ科	キヅナアザキ	Tragopogon dubius	一年生	8～10月 山野	日本全土	4月14日
バガ科	バガ科	キンシタカ	Agrostemma githago	多年生	5～10月 山野	北海道、本州、四国、九州	5月13日
アマメ科	アマメ科	クサアマメ	Astragalus sinicus	一年生	7～10月 水辺、川敷、湿地	日本全土	4月14日
アマメ科	アマメ科	クサ	Phragmites australis	多年生	7～8月 山野	北海道、本州、四国、九州	4月14日、5月13日
イネ科	イネ科	ケイヨビミ	Eichornia crassipes	一年生	8～9月 溪、運ばたけ、河川	日本全土	5月13日
ミツバ科	ミツバ科	ケンカバ	Eichornia crassipes	多年生	4～5月 溪地、山野、平地	日本全土	5月14日
キク科	キク科	コウリナ	Polygonum latifolium subsp. japonicum	多年生	5～10月 山野	北海道、本州、四国、九州	4月14日、5月14日
キク科	キク科	ココブキ	Aster dasycarpus	多年生	5～8月 溪川敷、水辺	本州、四国	5月14日
キク科	キク科	コセツボウヅサ	Bistorta polystachya	一年生	9～10月 溪ばたけ、荒れ地	熱帯性外來植物	5月13日
ミツバ科	ミツバ科	コセツボウヅサ	Phacelia subulata	多年生	7～8月 溪ばたけ	本州、四国	5月14日
イソクサ科	イソクサ科	コセツボウヅサ	Phacelia anomala	多年生	5～6月 空き地、林、灌木	熱帯性外來植物	4月14日
アマメ科	アマメ科	コロブクサ	Teloxys dubia	多年生	5～8月 溪ばたけ、荒れ地	熱帯、北アフリカ原産外来種	4月14日
アマメ科	アマメ科	コロブクサ	Teloxys repens	多年生	5～10月 山野、空き地	日本全土	4月14日
アマメ科	アマメ科	スイカズラ	Lamium galeobdolon	多年生	5～10月 山野	日本全土	

表 4-3 (続) . アドバンテスト・ビオトープにおいて開花・生育が確認された植物と生態的特性

2019年4月～10月までに行った調査で生育が確認できた植物種のリスト。科名の前にある＊は、その種が外来種であることを示す。

学名	和名	種類(記号)	原産地(原産)	生長型	特徴	分類	備考
多子梅	スイカズラ	Rhamnus frangula		多年生	5～6月 開花、葉、鮮	北海道、本州、関東、九州	4月24日
トクサ科	スギナ	Erythronium revolutum		多年生	3～5月 遊ばせた、鮮緑	日本全土	4月14日
イネ科	ススキ	Miscanthus sinensis		多年生	3～6月 山野	日本全土	4月13日
ツリソ	スズラン	Lathyrus vernus		つる性一年生	8～1月 葉剝、木立	本州、四国、九州、沖縄	4月13日
ヤマメ	スズメノヒナヅチ	Viola cornuta		二年生	4～5月 遊ばせた、鮮	本州、四国、九州、沖縄	4月24日
* キク科	セイヨウアワダチソウ	Scutellaria galericulata var. aculeata		多年生	10～11月 黄れぬ	北海道屋外植物	4月13日
* キク科	セイヨウガマノハグサ	Taraxacum officinale		多年生	3～7月 遊ばせた、鮮緑	北海道屋外植物	4月24日
セリ科	セリ	Osterochloa disticha		多年生	3～5月 葉剝、木立	日本全土	4月14日
* ゴマノハグサ科	チヂミエンドウ	Hedysarum occidentale		一二年草	4～5月 遊ばせた、鮮	北海道屋外植物	4月24日
イネ科	チガヤ	Imperata cylindrica var. komarovii		多年生	4～5月 鮮緑	日本全土	4月24日、5月13日
イネ科	チガヤヒバ	Polygonum alpinum		多年生	8～11月 遊ばせた、	日本全土	5月13日
イヌサツマイヅリ科	チニコユリ	Dianthus barbatus		多年生	4～5月 山野、林内	本州、四国、九州	4月24日
キク科	シロヒヨウ	Aster amellus		多年生	4～7月 遊ばせた、鮮緑	北海道、本州、関東、九州	4月24日
イネ科	チヂミヒナゲシ	Ostendorfia undulatifolia		多年生	8～10月 山野	日本全土	4月13日
	キク科	チヂミヒナゲシ	Adonis amurensis	多年生	5～6月 同様の山野、葉剝	本州、九州	5月13日
* オオバコ科	ツボミヒオウ	Paeonia suffruticosa		一二年草	5～6月 遊ばせた、葉剝	日本全土	4月24日
ツユクサ科	ツユクサ	Ceratodon purpureus		一年生	8～9月 鮮、遊ばせた	日本全土	4月24日、5月13日
ツバメ科	ツルマツカ	Oryzopsis latifolia		一年生	8～9月 鮮緑	北海道、本州、関東、九州	5月13日
トリダチ科	トリダチ	Euphorbia heterophylla		多年生	4～6月 遊ばせた、葉剝	本州、四国、九州、沖縄	4月24日
アブラナ科	アブラナ	Abutilon theophrasti		多年生	8～7月 鮮、遊ばせた、	本州、四国、九州、沖縄	4月24日、5月14日、5月24日
アブラナ科	アブラナ	Ruta graveolens		多年生	6～9月 遊ばせた、葉剝	日本全土	4月24日
アブラナ科	アズダマ	Capsella bursa-pastoris		越年草	2～6月 鮮、遊ばせた、葉剝	日本全土	4月24日
ユリ科	アスガス	Phyteuma spicatum		多年生	4～5月 山野、草原	本州、四国、九州	4月24日
* アザミ科	ニワゼキシマ	Stachys sylvatica		多年生	5～6月 生地、遊ばせた	北海道屋外植物	4月24日
イネ科	ヌカヒビ	Polygonum hydropiper		一年生	7～8月 鮮緑、遊ばせた	日本全土	4月13日
クモハ科	ヌカヒビ	Osmunda japonica var. subulata		多年生	7～8月 山野、遊ばせた、林縁	日本全土	4月13日
クモハ科	ヌカヒビ	Alpinia japonica var. rosthornii		多年生	8～9月 草原、遊ばせた	北海道、本州、関東、九州	4月13日
クモハ科	ヌカヒビ	Lamprocapnos platycarpa		多年生	8～10月 生地、遊ばせた、葉剝	本州、四国、九州	4月13日
クモハ科	ヌカヒビ	Spiraea japonica var. amurensis		多年生	8～9月 鮮緑、遊ばせた	日本全土	4月24日
* イネ科	ヌカヒビ	Lolium multiflorum		一二年草	7～8月 山野	北陸、アフリカ、アジアの熱帯海岸付近、主要屋外植物	4月14日
イネ科	ヌカヒビ	Rosa multiflora		多年生	5～6月 葉剝、鮮緑、44種	日本全土	4月24日
イネ科	ヌカヒビ	Aster ageratoides var. multiflorus		多年生	8～11月 山野	本州、四国、九州	4月14日
ユリ科	ヌカヒビ	Abutilon theophrasti		多年生	5～6月 遊ばせた、鮮緑	日本全土	4月24日
トリダチ科	ヌカヒビ	Antennaria gmelinii var. Antoniogmelinii		多年生	7～8月 山野	北陸、本州、関東、九州、沖縄	4月24日
トリダチ科	ヌカヒビ	Onopordum aestivalis		越年草	4～6月 遊ばせた、鮮緑	日本全土	4月24日
* キク科	ハルジオン	Oligocarpus pedunculatus		多年生	5～7月 鮮緑、遊ばせた	北海道屋外植物	4月14日
キク科	ハルジオン	Sonchus oleraceus		一二年草	3～10月 遊ばせた、鮮	北海道、本州、関東、九州	4月24日
セリ科	ヒナゲシ	Alliaria officinalis var. flavescens		多年生	8～9月 遊ばせた、葉剝、細葉	本州、四国、九州	4月24日、5月13日
セリ科	ヒナゲシ	Microseris violacea		一年生	9～10月 遊ばせた、葉剝、細葉	日本全土	5月13日

表 4-4 (続)・アドバンテスト・ビオトープにおいて開花・生育が確認された植物と生態的特性  
2019年4月～10月までに行つた調査で生育が確認できた植物種のリスト。科名の前にある＊は、その種が外来種であることを示す。

科名	学名	種類名(学名)	種類名(学名)	生活型	花期	立ち生地	分布	備考	検出日
* アヤメ科	ヒメウツギ属 イヌヒメウツギ	<i>Oryzopsis spicata</i>	<i>Oryzopsis spicata</i>	多年生	3～6月	乾燥地、湿地	東アジアの原産地		4月24日
* リソ科	ヒメドリコウ属	<i>Lamium galeobdolon</i>	<i>Lamium galeobdolon</i>	越年生	4～7月	山野	歐州原産性多植物		4月24日
* キク科	ヒメアザミ属	<i>Baccharis diffusa</i>	<i>Baccharis diffusa</i>	一年生	6～10月	斜面、道ばた、荒れ地	北米原産性多植物		4月24日
* キク科	ヒメムラサキ属	<i>Erysimum cheiranthoides</i>	<i>Erysimum cheiranthoides</i>	越年生	7～10月	斜面、道ばた、荒れ地	北米原産性多植物		4月24日
ヨウラントウ科	ヒメウツギ属	<i>Physostegia intermedia</i>	<i>Physostegia intermedia</i>	一年生	8～10月	傾斜地	本州、四国、九州、沖縄		4月24日
* イネ科	ヒメジココリ	<i>Sorghum halepense f. var. mediterraneum</i>	<i>Sorghum halepense f. var. mediterraneum</i>	多年生	8～10月	荒れ地、林内	東・南アジア原産、世界		4月24日
ユリ科	ヒメタケヤシ	<i>Ophiopogon japonicus</i>	<i>Ophiopogon japonicus</i>	多年生	8～10月	山野、林内、灌木、海岸	北海道、本州、四国、九州、沖縄		4月24日
キク科	ヒメツブナリ	<i>Fragaria moschata</i>	<i>Fragaria moschata</i>	多年生	8～10月	林野、草原、溪流	日本全土		4月24日
ヒルガオ科	ヒメハナズオ	<i>Cypripedium acaule</i>	<i>Cypripedium acaule</i>	多年生	7～8月	斜面、道ばた	北海道、本州、四国、九州		4月24日
セリ科	フジツボ属	<i>Eupatorium fortunei</i>	<i>Eupatorium fortunei</i>	多年生	8～10月	斜面	本州、四国、九州	国・準絶滅危惧種、島・瀬戸内海100種	4月24日, 5月24日, 6月24日
アカネ科	ヘタクモ属	<i>Polygonum persicaria</i>	<i>Polygonum persicaria</i>	多年生	8～10月	斜面	日本全土		4月24日
バショウ科	ヘビイチゴ	<i>Duchesnea urticaris</i>	<i>Duchesnea urticaris</i>	多年生	4～6月	道ばた	日本全土		4月24日, 5月24日
セリ科	ホトリヅル属	<i>Comandra umbellata</i>	<i>Comandra umbellata</i>	多年生	8～10月	山野、丘陵地	北海道、本州、四国、九州		4月24日
* ゴマハナヒゲ科	アツミワタツヅリ	<i>Limnanthes macounii</i>	<i>Limnanthes macounii</i>	一年生	4～6月	道ばた、空き地	北米原産性多植物		4月24日
アマギ科	アツミワタツヅリ	<i>Spergularia villosa</i>	<i>Spergularia villosa</i>	多年生	8～10月	道ばた	本州、四国、九州		4月24日
ミツバチ科	ミツバ	<i>Spergularia villosa</i> var. <i>stolonifera</i>	<i>Spergularia villosa</i> var. <i>stolonifera</i>	多年生	8～10月	道ばた	日本全土		4月24日
セリ科	ヒメアザミ属	<i>Oenanthe javanica</i>	<i>Oenanthe javanica</i>	一年生	5～6月	斜面	本州(近畿以北)	島・準絶滅危惧種	5月24日
セリ科	ヒメアザミ属	<i>Oenanthe javanica</i>	<i>Oenanthe javanica</i>	越年生	5～6月	斜面	本州、四国、九州、沖縄		5月24日
セリ科	ヒメアザミ属	<i>Oenanthe javanica</i>	<i>Oenanthe javanica</i>	一年生	7～10月	斜面、道ばた	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヒメアザミ属	<i>Oenanthe javanica</i>	<i>Oenanthe javanica</i>	多年生	4～6月	斜面	本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヒメアザミ属	<i>Oenanthe javanica</i>	<i>Oenanthe javanica</i>	一年生	8～10月	道ばた、荒れ地	本州、四国、九州、沖縄		5月24日
セリ科	ヒメアザミ属	<i>Oenanthe javanica</i>	<i>Oenanthe javanica</i>	越年生	9～10月	海岸地の空き地など	北海道、本州、四国、九州	島・準絶滅危惧種	5月24日, 6月24日, 7月24日
セリ科	ヒメアザミ属	<i>Oenanthe javanica</i>	<i>Oenanthe javanica</i>	一年生	7～10月	斜面、空き地	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヒメアザミ属	<i>Oenanthe javanica</i>	<i>Oenanthe javanica</i>	多年生	8～10月	道ばた	日本全土		5月24日
セリ科	ヒメアザミ属	<i>Oenanthe javanica</i>	<i>Oenanthe javanica</i>	二年生	7～8月	道ばた、斜面	本州、四国、九州、沖縄		5月24日
セリ科	ヒメアザミ属	<i>Oenanthe javanica</i>	<i>Oenanthe javanica</i>	一年生	8～10月	海岸地の空き地など	北海道、本州、四国、九州	島・準絶滅危惧種	5月24日
アカネ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i> var. <i>anthophoroides</i>	<i>Gilia speciosa</i> var. <i>anthophoroides</i>	一年生	9～10月	斜面、空き地	日本全土		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	7～10月	空き地	日本全土		5月24日, 6月24日
アカネ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	8～10月	道ばた、林縁、荒れ地	日本全土		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	9～10月	道ばた、土手、林縁	北海道(鹿西町)、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	7～8月	道ばた、斜面	本州(笠置山周辺)、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	8～10月	道ばた、林縁	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	9～10月	道ばた	日本全土		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	7～8月	道ばた	日本全土		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	8～10月	道ばた	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	9～10月	道ばた	本州(笠置山周辺)、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	7～8月	道ばた	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	8～10月	道ばた	本州(笠置山周辺)、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	9～10月	道ばた	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	7～8月	道ばた	日本全土		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	8～10月	道ばた	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	9～10月	道ばた	本州(笠置山周辺)、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	7～8月	道ばた	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	8～10月	道ばた	本州(笠置山周辺)、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	9～10月	道ばた	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	7～8月	道ばた	日本全土		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	8～10月	道ばた	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	9～10月	道ばた	本州(笠置山周辺)、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	7～8月	道ばた	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	8～10月	道ばた	本州(笠置山周辺)、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	9～10月	道ばた	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	7～8月	道ばた	日本全土		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	8～10月	道ばた	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	9～10月	道ばた	本州(笠置山周辺)、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	7～8月	道ばた	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	8～10月	道ばた	本州(笠置山周辺)、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	9～10月	道ばた	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	7～8月	道ばた	日本全土		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	8～10月	道ばた	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	9～10月	道ばた	本州(笠置山周辺)、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	7～8月	道ばた	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	8～10月	道ばた	本州(笠置山周辺)、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	9～10月	道ばた	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	7～8月	道ばた	日本全土		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	8～10月	道ばた	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	9～10月	道ばた	本州(笠置山周辺)、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	7～8月	道ばた	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	8～10月	道ばた	本州(笠置山周辺)、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	9～10月	道ばた	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	7～8月	道ばた	日本全土		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	8～10月	道ばた	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	9～10月	道ばた	本州(笠置山周辺)、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	7～8月	道ばた	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	8～10月	道ばた	本州(笠置山周辺)、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	9～10月	道ばた	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	7～8月	道ばた	日本全土		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	8～10月	道ばた	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	9～10月	道ばた	本州(笠置山周辺)、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	7～8月	道ばた	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	8～10月	道ばた	本州(笠置山周辺)、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	9～10月	道ばた	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	7～8月	道ばた	日本全土		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	8～10月	道ばた	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	9～10月	道ばた	本州(笠置山周辺)、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	7～8月	道ばた	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	8～10月	道ばた	本州(笠置山周辺)、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	9～10月	道ばた	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	7～8月	道ばた	日本全土		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	8～10月	道ばた	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	9～10月	道ばた	本州(笠置山周辺)、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	7～8月	道ばた	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	8～10月	道ばた	本州(笠置山周辺)、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	9～10月	道ばた	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	7～8月	道ばた	日本全土		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	8～10月	道ばた	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	9～10月	道ばた	本州(笠置山周辺)、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	7～8月	道ばた	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	8～10月	道ばた	本州(笠置山周辺)、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	9～10月	道ばた	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	7～8月	道ばた	日本全土		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	多年生	8～10月	道ばた	北海道、本州、四国、九州		5月24日
セリ科	ヤエコトコロ属	<i>Gilia speciosa</i>	<i>Gilia speciosa</i>	一年生	9～10月	道ばた</			

表 5-1. チノー・ビオトープにおいて開花・生育が確認された植物と生態的特性  
2019年4月～10月までに行った調査で生育が確認できた植物種のリスト。  
科名の前にある＊は、その種が外来種であることを示す。

科名*	属名	種名(英名)	被検査(学名)	生长期	花期	果実期	葉生长期	生態	分布	備考
* ヤマボク科	アカバナ科	アカバナ	<i>Trollius japonicus</i>	多年生	4～7月	6～7月	6～7月	花被片、花被筒、花被片外側葉物	山野	4月18日、5月16日
シダ科	シダ科	アカシダ	<i>Molinia arundinacea</i>	多年生草本	5～7月	7～8月	8～9月	系状、倒葉、丸葉、河岸	日本本土	5月16日
イネ科	イネ科	アキメノス(ミコヅサ)	<i>Schoenus apogonoides</i>	一年生	6～7月	7～8月	8～9月	水田地、溝邊、林	日本本土	4月16日
* ヒツジ科	ヒツジ科	アキメノス(ミコヅサ)	<i>Lettuce indica var. indica</i>	一年生草本	8～11月	10～11月	11～12月	日当たりの良い開けた草地や草地	日本本土	5月16日
イネ科	イネ科	アキメノス(ミコヅサ)	<i>Oryzopsis undulata</i>	一年生	8～10月	9～10月	10～11月	林、草地	日本本土	4月16日
キク科	キク科	アサギ(ヒメ)	<i>Hypochaeris radicata</i>	多年生	6～8月	8～9月	9～10月	系状、倒葉、丸葉	水田、田園、河川	4月16日、4月26日
* ナス科	ナス科	アズチカイヌタケナズチ	<i>Solanum glaucophyllum</i>	一年生	8～10月	9～10月	10～11月	北東部原生の落葉物	山野	4月16日
* ナス科	ナス科	アズチカイヌタケナズチ	<i>Bidens pilosella</i>	一年生	8～10月	9～10月	10～11月	落葉地のある荒れ地や草地	北東部原生の落葉物	4月16日、5月16日
* ナス科	ナス科	アズチカイヌタケナズチ	<i>Gentianella amarella</i>	一年生	4～6月	5～6月	6～7月	北東部原生の落葉物	山野	5月16日
* ナス科	ナス科	アズチカイヌタケナズチ	<i>Polygonatum multiflorum</i>	多年生	8～10月	9～10月	10～11月	開けた、荒れ地、林	山野	4月16日
* ナス科	ナス科	アズチカイヌタケナズチ	<i>Gentiana paradoxa L.</i>	多年生	6～8月	7～8月	8～9月	水田、空地、河岸	北東部原生の落葉物	4月16日
アブラナ科	アブラナ科	アラヤマツリタケナズチ	<i>Purshia angustifolia</i>	一年生	6～10月	7～10月	8～10月	系状、倒葉、丸葉	日本本土	5月16日
アブラナ科	アブラナ科	アラヤマツリタケナズチ	<i>Datura meteloides</i>	一年生	3～6月	4～6月	5～6月	水田、田園、河川、河岸	山野	4月16日
イヌヒエ	イヌヒエ	イヌヒエ	<i>Eichornia crassipes</i>	一年生	8～10月	9～10月	10～11月	水田、田園、河川	山野	4月16日
イヌヒエ	イヌヒエ	イヌヒエ	<i>Bidens tripartita</i>	多年生	6～7月	6～7月	6～7月	開けた、荒れ地	北東部原生の落葉物	4月16日
シソ科	シソ科	イヌヒエ	<i>Molinia caerulea</i>	多年生草本	5～10月	6～10月	7～10月	水田、倒葉形、河岸	日本本土	5月16日
* シソ科	シソ科	ウツバク	<i>Phytolacca acinosa</i>	多年生	6～10月	7～10月	8～10月	水田、倒葉形、河岸	山野	4月16日
シソ科	シソ科	ウツバク	<i>Datura stramonium</i>	一年生草本	4～10月	5～10月	6～10月	水田、田園、河川、河岸	日本本土	4月16日
* シソ科	シソ科	エゾノギンナン	<i>Phytolacca americana</i>	多年生	6～7月	6～7月	6～7月	水田、倒葉形、河岸	山野	4月16日
ニコ科	ニコ科	エゾノギンナン	<i>Celosia cristata</i>	多年生草本	6～7月	7～8月	8～9月	石楠、山野、空地	日本本土	4月16日
シダ科	シダ科	エゾノギンナン	<i>Acalypha wilkesiana</i>	多年生	6～10月	7～10月	8～10月	系状、倒葉、丸葉	日本本土	4月16日
イヌ科	イヌ科	エゾノギンナン	<i>Setaria viridis</i>	一年生	8～11月	9～11月	10～11月	北東部、水田、田園、河川	山野	5月16日
* ヒルムシロ科	ヒルムシロ科	エゾノギンナン	<i>Polygonum aviculare</i>	多年生	5～10月	6～10月	7～10月	北東部原生の落葉物	日本本土	4月16日
シダ科	シダ科	エゾノギンナン	<i>Polygonum perfoliatum</i>	多年生	5～11月	6～11月	7～11月	系状、倒葉、圓錐花序	日本本土	4月16日
* ヒルムシロ科	ヒルムシロ科	エゾノギンナン	<i>Vernonia pannosa</i>	多年生	3～5月	4～5月	5～6月	石楠、山野、空地	日本本土	4月16日
イヌ科	イヌ科	エゾノギンナン	<i>Vernonia angustifolia-aquatica</i>	多年生	4～7月	5～7月	6～7月	系状、倒葉、圓錐花序	日本本土	4月16日
* ヒルムシロ科	ヒルムシロ科	エゾノギンナン	<i>Ischaemum adiantoides</i>	多年生	4～5月	5～6月	6～7月	系状、倒葉	日本本土	4月16日
* ヒルムシロ科	ヒルムシロ科	エゾノギンナン	<i>Eupatorium maculatum</i>	一年生	6～10月	7～10月	8～10月	北東部原生の落葉物	山野	5月16日
シソ科	シソ科	エゾノギンナン	<i>Eryngium planum</i>	多年生	6～7月	7～8月	8～9月	北東部の川辺	日本本土	4月16日
* ヒルムシロ科	ヒルムシロ科	エゾノギンナン	<i>Yucca aloifolia</i>	一年生草本	5～10月	6～10月	7～10月	日当たりの良い林	山野	4月16日、5月16日
シソ科	シソ科	エゾノギンナン	<i>Romulea rosea</i>	多年生	4～10月	5～10月	6～10月	開けた、空き地	日本本土	4月16日
ハラコ科	ハラコ科	エゾノギンナン	<i>Potentilla anserina var. robusta</i>	多年生	5～6月	6～7月	7～8月	系状、倒葉、丸葉	山野	4月16日

表 5-2. チノー・ビオトープにおいて開花・生育が確認された植物と生態的特性  
2019 年 4 月～10 月までに行った調査で生育が確認できた植物種のリスト。科名の前にある＊は、その種が外来種であることを示す。

科属	学名	種名(同義)	生息地	花期	特徴	備考	
*	アブラナ科	オランダガーリック オランダ豆ネギチヂク	<i>Nasturtium officinale</i> <i>Gutierrezia glomerata</i>	多年生 4～5月	水辺、荒木の 林、灌木林	セイヨウヒラジンジ、葉・茎に毒の臭をもつ 熱帯原産外来植物	4月19日、5月24日
*	ナデシコ科	カニコロモドキナデシコ	<i>Myosoton aquaticum</i>	多年生 6～8月	草場、湿地 野池、灌木林	熱帯原産外来植物	4月24日
スズラン科	スズラン		<i>Ophioglossum vulgatum var. gracillimum</i>	多年生 4～5月	野池、灌木林	北海道、本州、四国、九州	4月14日
カブトグサ科	カブトグサ	カブトグサ	<i>Carex kobomugi</i>	多年生 5～6月	水辺、湿地	北海道、本州、四国、九州	5月24日
タマネギ科	タマネギ	タマネギ	<i>Bromus japonicus</i>	多年生 5～6月	山野	日本全土 熱帯原産	4月24日、5月24日、5月24日
カキツバタ科	カキツバタ	カキツバタ	<i>Crataegus pinnatifida</i>	多年生 5～6月	林、灌木林 水辺、河川、湖沼	北海道、本州、四国、九州	5月24日
*	イネ科	イネ	<i>Polygonatum multiflorum</i>	多年生 6～8月	林、灌木林	熱帯原産アシカ尾根特有 熱帯原産	5月24日
カブトグサ科	カブトグサ	カブトグサ	<i>Osmunda japonica</i>	多年生 6～7月	山野	日本全土 熱帯原産	5月24日
タマネギ科	タマネギ	タマネギ	<i>Vitis riparia</i>	一年生	水辺、林	本州、山陰・九州	5月24日
イネ科	イネ	イネ	<i>Bistorta vivipara var. japonica</i>	多年生 6～7月	林地	本州、山陰・九州	5月24日
カブトグサ科	カブトグサ	カブトグサ	<i>Hedysarum occidentale</i>	多年生 6～7月	林地	本州、山陰・九州	5月24日
ヤナギ科	ヤナギ	ヤナギ	<i>Saxifrage alpinus</i>	多年生 6～8月	水辺、林	北海道原産、本州 熱帯原産	4月19日、5月24日
*	イヌナシ科	イヌナシ	<i>Phragmites australis</i>	多年生 7～8月	湿地	熱帯原産アシカ尾根特有 熱帯原産	4月24日、5月24日
キク科	キク	キク	<i>Hieracium laevigatum</i>	多年生 7～8月	林、灌木林	本州、四国、九州	4月14日、5月24日
ムクニチホリ科	ムクニチホリ	ムクニチホリ	<i>Polygonia polyonympha</i>	多年生 7～8月	林地	日本全土 熱帯原産	4月19日、5月24日
イネ科	イネ	イネ	<i>Solidago canadensis</i>	一年生 8～9月	水辺、林	北海道原産、本州 熱帯原産	4月19日、5月24日
ハマボウキ科	ハマボウキ	ハマボウキ	<i>Aegopodium podagraria</i>	多年生 8～9月	林地	日本全土 熱帯原産	4月19日、5月24日
クサソウ科	クサソウ	クサソウ	<i>Polygonum perfoliatum</i>	多年生 8～9月	林地	北海道原産、本州 熱帯原産	4月19日、5月24日
クサソウ科	クサソウ	クサソウ	<i>Monotropa uniflora</i>	多年生 8～9月	林地	日本全土 熱帯原産	4月19日、5月24日
イネ科	イネ	イネ	<i>Polygonatum multiflorum</i>	多年生 8～9月	林地	日本全土 熱帯原産	4月19日、5月24日
クサソウ科	クサソウ	クサソウ	<i>Agrostis capillaris</i>	多年生 8～9月	山野	北海道、本州、四国、九州	4月19日
クサソウ科	クサソウ	クサソウ	<i>Polygonum latifolium</i>	多年生 8～9月	林地	日本全土 熱帯原産	4月19日
クサソウ科	クサソウ	クサソウ	<i>Molinia beccabunga</i>	多年生 8～9月	林地	北海道、本州、四国、九州	4月19日
クサソウ科	クサソウ	クサソウ	<i>Equisetum variegatum var. viride</i>	一年生 7～8月	水辺、林地、林	日本全土 熱帯原産	4月19日
クサソウ科	クサソウ	クサソウ	<i>Equisetum arvense var. glaucum</i>	多年生 7～8月	山野	本州、山陰・九州、沖縄	4月19日
クサソウ科	クサソウ	クサソウ	<i>Phragmites australis</i>	多年生 7～8月	林地	熱帯原産	4月19日
クサソウ科	クサソウ	クサソウ	<i>Rumex acetosa</i>	多年生 7～8月	林地	熱帯原産	4月19日
クサソウ科	クサソウ	クサソウ	<i>Rumex acetosa</i>	一年生 8～9月	水辺、林	日本全土 熱帯原産	4月19日
クサソウ科	クサソウ	クサソウ	<i>Salicornia europaea</i>	一年生 8～9月	水辺地の湿地	北海道原産	4月19日
クサソウ科	クサソウ	クサソウ	<i>Portulaca oleracea</i>	一年生 8～9月	林地	日本全土 熱帯原産	4月19日
クサソウ科	クサソウ	クサソウ	<i>Lunaria annua</i>	多年生 8～9月	林地	ヨーロッパ原産	4月19日
クサソウ科	クサソウ	クサソウ	<i>Celastrolia Antoninae</i>	多年生 8～9月	林地	日本全土 熱帯原産	4月19日、5月24日
クサソウ科	クサソウ	クサソウ	<i>Oenothera biennis</i>	二年生 8～9月	水辺地	北アメリカ原産熱帯外原産	5月24日
アサガオ科	アサガオ	アサガオ	<i>Artemisia vulgaris</i>	多年生 8～9月	山野	本州、山陰・九州	4月19日
ヒルムシロ科	ヒルムシロ	ヒルムシロ	<i>Polygonatum multiflorum</i>	多年生 7～8月	水辺、林	熱帯原産	5月24日

表 5-3. チノー・ビオトープにおいて開花・生育が確認された植物と生態的特性  
2019 年 4 月～10 月までに行った調査で生育が確認できた植物種のリスト。科名の前にある＊は、その種が外来種であることを示す。

科名	属名	植物名(学名)	被植物(学名)	生息形	花期	主な生息地	分類	備考
エリク		ジヤマヒダガ ジユズダマ	<i>Ophiopogon japonicus</i> <i>Ceiba pentandra</i>	多年草 多年草	7～8月 7～8月	林内、道ばた 林内、道ばた	日本全土 日本全土	
クサ科		シントウソウ	<i>Oenothera biennis</i>	多年草	5～6月	山野、林縁	北海道、本州、四国、九州 北海道、本州、四国、九州	
クンキ		シラシナ	<i>Bistorta vivipara</i>	多年生	4～5月	山地	本州(関東以西)、四国、九州、沖縄諸島 本州(関東以西)、四国、九州、沖縄諸島	
* アカバナ科		シロツモ	<i>Chenopodium album</i>	一年生	9～10月	道ばた	日本全土	
* アザ科		シロツモアザ	<i>Tulipa gesneriana</i>	多年生	5～10月	道ばた、荒れ地	日本、北アフリカ原産外来種 日本、北アフリカ原産外来種	
スイカズラ科		スイカズラ	<i>Lathyrus japonicus</i>	木質のつる植物	5～7月	山野	北海道(鹿角郡)、本州、四国、九州 北海道(鹿角郡)、本州、四国、九州	
* ヒカリヅナ科		スイセン	<i>Ranunculus</i>	多年草	11～4月	水辺の湿地	日本全土	
アブサナ科		スズラン	<i>Ranunculus esculentus</i>	多年草	3～7月	水田、畑	日本全土	
トカラ科		スミナ	<i>Microrhiza umbellata</i>	多年草	8～10月	荒れ地、林縁地、灌叢地、灌叢地	日本全土	
イネ科		スミヌキ	<i>Vitis flexuosa</i>	二年生	4～6月	道ばた、田	本州、四国、九州、沖縄	
アサガオ科		スズランアサガオ	<i>Pisum sativum</i>	一年生	4～10月	道ばた、畑	日本全土	
イネ科		スズランアサガオ	<i>Solidago canadensis var. aculeata</i>	多年草	8～11月	荒れ地	北海道(外来種) 北海道(外来種)	
* キク科		セイヨウアキノノゲ	<i>Taraxacum officinale</i>	多年生	3～5月	道ばた、道ばた	日本全土	
* キク科		タカラアキノノゲ	<i>Filicium decipiens</i>	一年生	6～7月	山地	本州、四国、九州、沖縄	
ケシ科		タニニギサ	<i>Macrorhynchus tanakae</i>	多年生	7～8月	荒れ地	北海道、本州、四国、九州、沖縄	
スミレ科		タツナギアキラヒ	<i>Vitis riparia</i>	多年草	3～5月	道ばた、山地	日本全土	
イネ科		チリヤ	<i>Propria cylindrica</i>	多年生	4～6月	畠、海岸の草原	日本全土	
キク科		チリハリ	<i>Aster amellus</i>	多年草	4～6月	道ばた、海岸	北海道、本州、四国、九州、沖縄	
* オオバコ科		ツユクサ	<i>Plantago virginica</i>	一二年生	5～7月	道ばた、荒れ地	北海道、本州、四国、九州、沖縄	
ツユクサ科		ツユクサ	<i>Oenothera lamarckiana</i>	一年生	6～7月	畠、道ばた	日本全土	
イネ科		ツツジ	<i>Phragmites australis</i>	多年生	7～8月	河畔、湖岸といった沿地	日本全土	
* クワ科		トウダマ	<i>Morus alba</i>	落葉高木	4～5月	人里	中華原産外来種 本州、四国、九州	
トウダマギク科		トウダマギク	<i>Euphorbia helioscopia</i>	越冬性	4～5月	日当たりの良い場所、道ばた	本州、四国、九州、沖縄	
トカラ芋科		トカラ芋	<i>Houttuynia cordata</i>	多年生	6～7月	道ばた、道ばた	本州(関東以西)、四国、九州、沖縄 本州(関東以西)、四国、九州、沖縄	
* タケ科		トウシキシマツ	<i>Humulus lupulus</i>	多年生	6～7月	道ばた、道ばた	日本全土	
アブラナ科		ナズナ	<i>Quercus ilex var. aculeata</i>	樹木	3～4月	道ばた	日本全土	
* アヤメ科		ニワゼキシマツ	<i>Symplocarpus foetidissimus</i>	多年生	5～6月	道ばた、道ばた	北米原産外来種 本州、四国、九州	
イネ科		ヌカモビ	<i>Polygonatum multiflorum</i>	一年生	8～9月	畠、耕、空き地、道ばた	日本全土	
アザ科		ヌヌビトハハキ	<i>Dactylis glomerata subsp. oxycephala</i>	多年生	7～9月	山野	日本全土	
ウルシ科		ヌルシ	<i>Phytolacca acinosa</i>	落葉小高木	6～7月	林縁	日本全土	
クンキ		ヌズナ	<i>Spiraea sinensis var. amurensis</i>	多年生	4～5月	山地	日本全土	
イネ科		ヌズナ	<i>Lathyrus nodulatus</i>	一二年草	7～8月	道ばた、道ばた	欧州原産外来種 本州、四国、九州	
アサガオ科		ヌグツジ	<i>Watsonia borbonica</i>	落葉外洋性木本	4～5月	山地、丘陵地	本州、四国	
エリク		ヌル	<i>Allium ursinum</i>	多年草	5～6月	道ばた	日本全土	
ブドウ科		ヌル	<i>Armeniaca glauca var. koreana</i>	落葉外洋性木本	7～8月	山野	日本全土	

表 5-4. チノー・ビオトープにおいて開花・生育が確認された植物と生態的特性

2019 年 4 月～10 月までに行った調査で生育が確認できた植物種のリスト。科名の前にある \* は、その種が外来種であることを示す。

科属	学名	種小名(学名)	生长期	花期	主要な育地	備考
ナス科	アーティチョーク ナス科	<i>Cynara cardunculus</i> <i>Solanum melongena</i>	越年生	4～10月	畠、開けた地 畠、耕、道端、荒れ地	北海道、北海道、石狩、九戸 日本本土
* ヒダボウズ科	ヒダボウズ	<i>Hydrostachys diffusa</i>	多年生	5～8月		アカゼンジンの宿葉
* キウイ科	キウイ	<i>Actinidia chinensis</i>	越年生	4～6月	遅咲き、初花	日本本土
* キウイ科	ハスウツリウツリ	<i>Actinidia polygama</i>	多年生	5～7月	早咲き、遅咲き	北海道、北海道、石狩、九戸 日本本土
ニコ科	ニコ	<i>Nicotiana tabacum</i>	一年生	3～10月	遅咲き、初花	北海道、北海道、石狩、九戸 日本本土
* シソ科	ヒメオオバコ	<i>Lamium galeobdolon</i>	多年生	8～9月	遅咲き、初花	北海道、北海道、石狩、九戸 日本本土
* キウイ科	ヒメイワシ	<i>Actinidia arguta</i>	越年生	7～10月	道端	北海道、本州、石狩、九戸 日本本土
* キウイ科	ヒメイワシ	<i>Actinidia amurensis</i>	越年生	8～10月	野原、遅咲き	北海道、本州、石狩、九戸 日本本土
* キウイ科	ヒメイワシモモ	<i>Actinidia chinensis</i>	越年生	8～10月	遅咲き、初花	北アルプス周辺の山地
* イモ科	タマゴコロ	<i>Bangertia heterophylla</i>	多年生	7～8月	野原	北海道、本州、石狩、九戸 日本本土
ヒルガオ科	ヒルガオ	<i>Celosia argentea</i>	多年生	8～9月	野原	北海道、本州、石狩、九戸 日本本土
キウイ科	ツブイワシ	<i>Kawakamia fukiensis</i>	多年生	8～9月	野原	北海道、本州、石狩、九戸 日本本土
アゲツ科	アゲツ	<i>Polygonatum multiflorum</i>	多年生	7～10月	公園、田舎地、林縁	北海道地方以東、石狩、九戸、本州 日本本土
アカネ科	アカネ	<i>Phragmites australis</i>	多年生	4～10月	野原、河川	北海道、本州、石狩、九戸 日本本土
ハリス科	ハリス	<i>Dactylis glomerata</i>	多年生	4～8月	遅咲き	日本本土
シソ科	ホウズキ	<i>Lamium amplexicaule</i>	越年生	3～6月	野原、遅咲き	北海道、本州、石狩、九戸 日本本土
アサガオ科	アサガオ	<i>Lamprocapnos spectabilis</i>	半灌木	8～10月	山野	北海道、石狩、九戸 日本本土
* キウイ科	アサガオイワシ	<i>Actinidia kolomikte</i>	多年生	8～9月	遅咲き、初花	新潟県東部の山地
アサガオ科	ヒヨコヅチ	<i>Gaura coccinea</i>	多年生	5～8月	野原	北海道、本州、石狩、九戸 日本本土
シソ科	ヒヨコヅチ	<i>Solidago pubescens</i>	越年生	4～8月	野原	北海道、本州、石狩、九戸 日本本土
タデ科	ヒヨコヅチ	<i>Pennisetum Purpureum</i>	一年生	7～10月	山野	北海道、本州、石狩、九戸 日本本土
アサガオ科	ヒヨコヅチ	<i>Amaranthus viridis</i>	多年生	5～10月	遅咲き	北海道、本州、石狩、九戸 日本本土
* キウイ科	ムラサキイワシ	<i>Actinidia polygama</i>	多年生	5～7月	野原	北海道、本州、石狩、九戸 日本本土
アサガオ科	ムラサキイワシ	<i>Actinidia kolomikte</i>	多年生	8～10月	野原	北海道、本州、石狩、九戸 日本本土
イネ科	セイヨウイネ	<i>Lindernia nemorosa</i>	多年生	8～10月	野原	北海道、本州、石狩、九戸 日本本土
アカネ科	セイヨウイネ	<i>Ophioglossum</i>	一年生	8～9月	野原、空き地	日本本土
アカネ科	ヤマトコウ	<i>Gaultheria shallon</i>	越年生	5～6月	野原、空き地	北海道、本州、石狩、九戸 日本本土
アカネ科	ヤマトコウ	<i>Gaultheria shallon</i>	越年生	6～7月	野原、空き地	北海道、本州、石狩、九戸 日本本土
* ユリ科	ヤマトコウ	<i>Thlaspi arvense</i>	越年生	7～8月	野原	北海道、本州、石狩、九戸 日本本土
アサガオ科	ヤマトコウ	<i>Thlaspi arvense</i>	越年生	8～10月	野原	北海道、本州、石狩、九戸 日本本土
アサガオ科	ヤマトコウ	<i>Thlaspi arvense</i>	越年生	7～10月	野原	北海道、本州、石狩、九戸 日本本土
* ユリ科	アーティチョーク	<i>Arum italicum</i>	多年生	5～7月	野原、林縁、土手	北海道、本州、石狩、九戸 日本本土
ウコギ科	ウコギ	<i>Aralia cordata</i>	多年生	8～9月	山野	北海道、本州、石狩、九戸 日本本土
ウコギ科	ウコギ	<i>Aralia cordata</i>	多年生	2～5月	山野	北海道、本州、石狩、九戸 日本本土
コナラ科	コナラ	<i>Quercus robur</i>	多年生	4月～霜解	山野下部	北海道、本州、石狩、九戸 日本本土
ユリ科	ユリ	<i>Lilium speciosum</i>	多年生	8～10月	山野の木陰	北海道、本州、石狩、九戸 日本本土
イモ科	芋	<i>Ipomoea batatas</i>	多年生	8～10月	道端、裏の小道	北海道、本州、石狩、九戸 日本本土
キウイ科	ヨウイ	<i>Akebia quinata</i>	多年生	8～10月	山野	北海道、本州、石狩、九戸 日本本土

表 6-1. 男井戸川調整池において開花・生育が確認された植物と生態的特徴  
2019年4月～9月までに行った調査で生育が確認できた植物種のリストと科名の前にある＊は、その種が外来種であることを示す。

科名*	属名	種名(記号)	種類名(学名)	生长期(学名)	花期	果実	分類	備考	発見日
トコソウ科	アリビニ	アリビニ	<i>Aleurites moluccana</i>	一年生	6～7月	果、油出	日本本土		5月16日
*	アリビニ	アリビニ(アリビニ)	<i>Tithonia rotundifolia</i>	多年生	4～6月	花びら、葉葉柄、川の土手、島アリビニ(アリビニ)	日本本土	5月16日、5月24日	5月16日
イモ科	アスパラガス	アスパラガス(アスパラガス)	<i>Solanum tuberosum</i>	一年生	6～10月	花びら、葉葉柄	日本本土		5月16日
キク科	アキノアツバサ	アキノアツバサ	<i>Lactuca sativa var. sativa</i>	一年生	4～11月	花	日本本土		5月16日
キク科	アキノアツバサ	アキノアツバサ	<i>Dipsacus fullonum</i>	一年生	4～10月	花	日本本土		5月16日
ヒツジソウ科	アサギ	アサギ	<i>Nicotiana tabacum</i>	多年生	4～10月	花	本州、四国、九州	園・導入栽培物、島・原産地留め	5月16日、6月24日
アサガオ科	アサガオ	アサガオ	<i>Lathyrus palustris</i>	多年生	7～10月	花	本州、四国、九州		5月16日
*	アサガオ	アサガオニアゲリ	<i>Oenanthe javanica</i>	一年生	7～10月	花、根茎、葉	リーフレタケ類		5月16日
*	アサガオ	アサガオ(アサガオ)	<i>Gilia tricolor</i>	一年生	8～11月	花	北極圏外葉緑植物		5月16日
*	アサガオ	アサガオ(アサガオ)	<i>Ceratostigma willmottianum</i>	一年生	4～11月	花	北極圏外葉緑植物		5月16日
*	アサガオ	アサガオ(アサガオ)	<i>Spiraea arguta</i>	多年生	7～10月	花	北極圏外葉緑植物		5月16日
*	アサガオ	アサガオ(アサガオ)	<i>Rosa rugosa</i>	多年生	7～10月	花	北極圏外葉緑植物		5月16日
ナス科	アサガオ	アサガオ	<i>Petroselinum crispum</i>	一年生	8～10月	花	本州、四国、九州	北極圏外葉緑植物	5月16日
ナス科	アサガオ	アサガオ	<i>Artemisia stelleriana</i>	多年生	8～10月	花	北極圏外葉緑植物	北極圏外葉緑植物	5月16日
ナス科	アサガオ	アサガオ	<i>Agrostemma githago</i>	多年生	8～10月	花	北極圏外葉緑植物	北極圏外葉緑植物	5月16日
ナス科	アサガオ	アサガオ	<i>Fritillaria camschatcensis</i>	多年生	4～5月	花	北極圏外葉緑植物	北極圏外葉緑植物	5月16日
ナス科	アサガオ	アサガオ	<i>Stellaria media</i>	多年生	4～10月	花	北極圏外葉緑植物	北極圏外葉緑植物	5月16日
ナス科	アサガオ	アサガオ	<i>Florula oblonga</i>	多年生	4～5月	花	北極圏外葉緑植物	北極圏外葉緑植物	5月16日
ナス科	アサガオ	アサガオ	<i>Abutilon theophrasti</i>	多年生	4～6月	花	北極圏外葉緑植物	北極圏外葉緑植物	5月16日
ナス科	アサガオ	アサガオ	<i>Portulaca oleracea</i>	多年生	4～10月	花	北極圏外葉緑植物	北極圏外葉緑植物	5月16日
*	アサガオ	アサガオ(アサガオ)	<i>Veronica arvensis-varia</i>	多年生	4～7月	花	アジアヨシカタ葉緑植物		4月16日、5月16日
*	アサガオ	アサガオ(アサガオ)	<i>Quinchamalium denudatum</i>	多年生	8～10月	花	北極圏外葉緑植物		5月16日
ナス科	アサガオ	アサガオ	<i>Artemisia annua</i>	多年生	4～10月	花	北極圏外葉緑植物		5月16日
ナス科	アサガオ	アサガオ	<i>Portulaca oleracea</i>	多年生	4～10月	花	北極圏外葉緑植物		5月16日
*	アサガオ	アサガオ(アサガオ)	<i>Festuca heterophylla</i>	多年生	3～5月	花	北極圏外葉緑植物	北極圏外葉緑植物	5月16日
*	アサガオ	アサガオ(アサガオ)	<i>Fragaria ananassa</i>	多年生	7～10月	花	アジアヨシカタ葉緑植物		4月16日、5月16日
*	アサガオ	アサガオ(アサガオ)	<i>Filicium decipiens</i>	多年生	3～7月	花	北極圏外葉緑植物		5月16日
*	アサガオ	アサガオ(アサガオ)	<i>Antennaria alpina</i>	多年生	4～5月	花	日本全土		5月16日
ナス科	アサガオ	アサガオ	<i>Carica papaya</i>	多年生	4～5月	花	日本全土	園・導入栽培物	5月16日
ナス科	アサガオ	アサガオ	<i>Bouteloua gracilis</i>	多年生	7～10月	花	本州、北海道	北極圏外葉緑植物	5月16日
ナス科	アサガオ	アサガオ	<i>Quinchamalium vulgare</i>	多年生	8～10月	花	本州、北海道	北極圏外葉緑植物	5月16日
ナス科	アサガオ	アサガオ	<i>Quinchamalium ciliatum</i>	多年生	8～10月	花	本州、北海道	北極圏外葉緑植物	5月16日

表 6-2. 男井戸川調整池において開花・生育が確認された植物と生態的特性  
2019年4月～10月までに行った調査で生育が確認できた植物種のリスト。科名の前にある\*は、その種が外来種であることを示す。

表 6-3. 男井戸川調整池において開花・生育が確認された植物と生態的特性  
2019年4月～10月までに行った調査で生育が確認できた植物種のリスト。科名の前にある＊は、その種が外来種であることを示す。

科属	学名	通称(別名)	被毛状(形質)	生长期	花期	生态型	被毛状(形質)	生长期	花期	生态型
*	キク科	セイヨウアサガホ	Stellaria alsine	多年生	5月～11月	開花期	北米原産外来種物	5月～10月	4月～10月	4月～10月
*	アブラナ科	セイヨウアラナ	Berteroa incana	一年生	3～4月	開花期	日本原産外來種物	4月～5月	4月～5月	4月～5月
*	キク科	セイヨウタカネボク	Taraxacum officinale	多年生	3～5月	開花期	日本原産外來種物	4月～5月	4月～5月	4月～5月
*	アブラナ科	セトニワコム	Phaeoptilium	多年生	3～11月	開花期	東アジア原産外來種物	4月～10月	4月～10月	4月～10月
*	セリ科	セリ	Osmunda japonica	多年生	3～6月	開花期	日本本土	4月～6月	4月～6月	4月～6月
*	キク科	セリモリモリ	Erythronium japonicum	一年生	7～9月	開花期	東洋系、九州、沖縄	4月～6月	4月～6月	4月～6月
*	ミツバチ科	セリモリモリ	Himantopodium stellatum	一二年生	4～5月	開花期	新熱帯域外來種物	4月～5月	4月～5月	4月～5月
*	アブラナ科	セロリ	Cordialesis japonica	多年生	4～5月	開花期	日本本土	4月～5月	4月～5月	4月～5月
*	アブラナ科	セロリ	Lathyrus japonicus	一年生	5月～10月	開花期	日本本土	4月～10月	4月～10月	4月～10月
*	ツツジ科	ツツジ	Glycosmis communis	一年生	4～5月	開花期	日本本土	4月～5月	4月～5月	4月～5月
*	トウゴクグサ科	トウゴクグサ	Eupatorium lindnerianum	多年生	4～6月	開花期	東洋系、中国、台湾	4月～6月	4月～6月	4月～6月
*	タマスモ	タケノタマスモ	Ranunculus esculentus	多年生	4～6月	開花期	日本本土	4月～6月	4月～6月	4月～6月
*	アシタガ科	アシタガ	Polygonum multiflorum	多年生	5～6月	開花期	日本本土	4月～6月	4月～6月	4月～6月
*	アヤメ科	アヤメ	Viola sororia var. glabrescens	多年生	5～9月	開花期	新熱帯域外來種物	4月～6月	4月～6月	4月～6月
*	アヤメ科	アヤメ	Sisyrinchium striatum	多年生	5～6月	開花期	北米原産外來種物	4月～6月	4月～6月	4月～6月
*	アヤメ科	アヤメ	Lilium maculatum	一二年生	7～10月	開花期	新熱帯域外來種物	4月～6月	4月～6月	4月～6月
*	キク科	アヤメ	Geum urbanum	多年生	4～5月	開花期	日本本土	4月～5月	4月～5月	4月～5月
*	キク科	アヤメ	Arenaria photinophylla	多年生	5～7月	開花期	北アジア原産	4月～6月	4月～6月	4月～6月
*	セリ科	セリ	Lemna trisulca	多年生	3～6月	開花期	日本本土	4月～6月	4月～6月	4月～6月
*	シダ科	セリシダ	Lemna perpusilla	一二年生	3～5月	開花期	北ヨーロッパ原産	4月～6月	4月～6月	4月～6月
*	セリ科	セリシダ	Quercus ilex	多年生	7～10月	開花期	北ヨーロッパ、地中海、北非	4月～6月	4月～6月	4月～6月
*	キク科	セリシダ	Epipactis atrorubens	一二年生	6～10月	開花期	北米原産外來種物	4月～6月	4月～6月	4月～6月
*	キク科	セリシダ	Epipactis helleborine	多年生	3～12月	開花期	北米原産	4月～6月	4月～6月	4月～6月
*	キク科	セリシダ	Scrophularia nodosa var. nodosa	多年生	4～10月	開花期	東アジア原産外來種物	4月～6月	4月～6月	4月～6月
*	キク科	セリシダ	Ochotanthus abyssinicus	多年生	4～6月	開花期	日本本土	4月～6月	4月～6月	4月～6月
*	シダ科	セリシダ	Lamium galeobdolon	多年生	5～6月	開花期	東洋系、中国、台湾	4月～6月	4月～6月	4月～6月
*	シダ科	セリシダ	Lamium galeobdolon	多年生	7～10月	開花期	日本本土	4月～6月	4月～6月	4月～6月
*	シダ科	セリシダ	Lychnis viscaria	多年生	4～10月	開花期	北ヨーロッパ、地中海、北非	4月～6月	4月～6月	4月～6月
*	シダ科	セリシダ	Lychnis viscaria	多年生	7～10月	開花期	日本本土	4月～6月	4月～6月	4月～6月
*	シダ科	セリシダ	Cladonia coniocraea	一年生	4～5月	開花期	北ヨーロッパ、中国、台湾	4月～6月	4月～6月	4月～6月
*	シダ科	セリシダ	Cladonia coniocraea	一年生	6～7月	開花期	日本本土	4月～6月	4月～6月	4月～6月
*	シダ科	セリシダ	Fuscia pulchra	一年生	5～6月	開花期	日本本土	4月～6月	4月～6月	4月～6月
*	シダ科	セリシダ	Pleurozium schreberi	一年生	6～10月	開花期	北ヨーロッパ、中国、台湾	4月～6月	4月～6月	4月～6月
*	シダ科	セリシダ	Cratoneuria lucetiae	多年生	4～6月	開花期	日本本土	4月～6月	4月～6月	4月～6月
*	シダ科	セリシダ	Hemitelia straminea	一年生	4～5月	開花期	東洋系、中国、台湾	4月～6月	4月～6月	4月～6月
*	シダ科	セリシダ	Musci aggregata	多年生	4～6月	開花期	日本本土	4月～6月	4月～6月	4月～6月
*	アカネ科	セリシダ	Grimmia stellulata var. microphylla	一二年生	5～6月	開花期	日本本土	4月～6月	4月～6月	4月～6月
*	シダ科	セリシダ	Fissidens bryoides	多年生	6～9月	開花期	日本本土、沖縄、九州	4月～6月	4月～6月	4月～6月
*	アカネ科	ユウガシラ	Oxyrrhynchium nemorale	一年生	5～10月	開花期	新熱帯域外來種物	4月～6月	4月～6月	4月～6月
*	アカネ科	ユウガシラ	Phragmites australis	多年生	4～10月	開花期	日本本土	4月～6月	4月～6月	4月～6月
*	シダ科	ヨモギ	Artemisia annua	多年生	8～10月	開花期	山野	4月～6月	4月～6月	4月～6月

表 7-1. 東洋水産ビオトープにおいて開花・生育が確認された植物と生態的特性  
2019年4月～10月までに行った調査で生育が確認できた植物種のリスト。  
科名の前にある＊は、その種が外来種であることを示す。

名前	科名	植物名(学名)	種子毛(学名)	生活型	花期	主な生育地	分類	備考	調査日
*	キク科	アメルカセンダングサ	<i>Solidago canadensis</i>	一年生	8～11月	道ばた、空き地	北米原産外来種	固・葉付草本植物	5月26日、6月13日
*	アカバナ科	アレチモジソウ	<i>Oenothera lamarckiana</i>	二年草	6～9月	道端、河原、田舎地	北米原産		5月26日
*	イネ科	アシノウツギサ	<i>Festuca rubra</i>	多年草	6～9月	草原	欧洲原産外来種		5月26日
*	キク科	オニヤヒロコ	<i>Polygonum perfoliatum</i>	一年生	5～10月	道ばた	日本本土		4月26日
*	オモテエンド	オモテエンド	<i>Phedimus aizoon</i>	多年草	8～10月	自然たりぬいた山野、林縁	本州、四国、九州		8月13日
*	アシノコ科	オランダガマズミ	<i>Ceratostigma plumbaginoides</i>	越年生	4～6月	畠、道ばた	欧洲原産外来種		6月26日
*	イネ科	カモガヤ	<i>Dactylis glomerata</i>	多年草	5～7月	畠、河原、荒地、乾燥地	ユーラシア原産		5月26日
*	カヤツリグサ科	カヤツリグサ	<i>Cyperus rotundus</i>	一年生	8～12月	道端、畠	本州～九州		4月26日
*	アメ利	カラスムクエンジ	<i>Vitis riparia</i>	越年生	3～6月	野原			4月26日
*	アシノコ科	カワラナナシコ	<i>Zinnia elegans</i> var. <i>longipetala</i>	多年生	6～9月	畠裏や三葉	本州～九州		5月26日、6月24日
*	キツネノマゴ科	キツネノマゴ	<i>Justicia procumbens</i>	一年生	8～10月	道端、林縁			8月13日
*	アメ利	クズ	<i>Pueraria montana</i>	多年草	8～9月	畠地、道端	北高麗～九州		5月26日
*	イネ科	ヨシベソウ	<i>Bidens tripartita</i>	一年生	5～9月	林地、荒れ地	ヨーロッパ原産		5月26日、6月13日
*	アメ利	ヨメヅブツヅクサ	<i>Trochomeria diffusa</i>	一年生	5～9月	道ばた、荒れ地	欧洲原産外来種		4月26日
*	カヤツリグサ科	サンカクイ	<i>Schizanthus litoralis</i>	多年生	7～10月	畠、川、湿地	北高麗～九州		8月13日
タデ科	スイバ	スイバ	<i>Rumex acetosa</i>	多年生	5～9月	道端、畠、川	北高麗～九州		4月26日
トウリ科	スギテ	スギテ	<i>Equisetum arvense</i>	多年生	3～5月	道ばた、針葉	日本本土		4月26日

表 7-2. 東洋水産ビオトープにおいて開花・生育が確認された植物と生態的特性  
2019年4月～10月までに行った調査で生育が確認できた植物種のリスト。  
科名の前にある＊は、その種が外来種であることを示す。

科名	学名	植物名(学名)	種類(学名)	生长期	花期	主な生育地	分類	備考	調査日	
マツ科	スズラン科	<i>Lilium longiflorum</i>	スズラン	二年生	4～6月	道ばた、畠	本州、山間、九州、沖縄		4月24日	
* キク科	セイヨウアワダチソウ	<i>Scorzonera hispanica var. hispanica</i>	セイヨウアワダチソウ	多年生	5～11月	荒れ地	北米原産外来種物	国-原生葉外來種物	1月24日、8月13日	
* キク科	セイヨウタケニチソウ	<i>Taraxacum officinale</i>	セイヨウタケニチソウ	多年生	3～5月	道ばた、野原	欧洲原産外来種物	国-原生葉外來種物	4月24日	
セリ科	(セリ)	<i>Oenanthe javanica</i>	オナシタケ	多年生	7～8月	野原、水田		日本本土	4月24日	
イネ科	チリヤ	<i>Imperata cylindrica var. hirsutigl</i>	チリヤ	多年生	4～6月	野原		日本本土	1月24日、8月13日	
キクチウツツジ科	チリヤジンコ	<i>Aeonium arboreum</i>	チリヤジンコ	多年生	3～7月	川岸のむぎ原、海岸、湿地	北海道、本州、九州	国-準絶滅危惧種、原-絶滅危惧種、保護種	1月24日、4月24日	
ツユクサ科	ツユクサ	<i>Cyathula esculenta</i>	ツユクサ	一年生	4～5月	畠、道ばた		日本本土	4月24日	
ドウモイ科	ドウモイ	<i>Arctium lappa</i>	ドウモイ	多年生	4～7月	道ばた、野原	本州、山間、九州、沖縄		1月24日、8月13日	
ハサウエア科	サンヒンギボウ	<i>Argemone mexicana</i>	サンヒンギボウ	一年生草本	8～9月	山野	日本本土		4月24日	
マツコ科	ヨニヒキ	<i>Lapiedra pinnatifida</i>	ヨニヒキ	多年生	8～12月	山野	日本本土		4月24日	
ラム科	ホリハナ	<i>Spiranthes sinensis var. amurensis</i>	ホリハナ	多年生	8～9月	野原、湿地	日本本土		4月24日	
アデニコ科	ハルジンソウ	<i>Stellaria alpinorum var. umbellata</i>	ハルジンソウ	越年生	3～6月	畠	日本本土		4月24日	
ドウゴク科	ハルジンソウ	<i>Saxifraga divaricata</i>	ハルジンソウ	多年生	4～6月	日本の流れを等地	本州～沖縄		1月24日	
スイレン科	ヒツジグサ	<i>Nuphar lutea</i>	ヒツジグサ	多年生	4～11月	池、沼、湿地	日本本土		1月24日	
* キク科	ヒメクワズン	<i>Glaucium fimbrilligerum</i>	ヒメクワズン	一二年生	6～10月	野原、道ばた	北米原産外来種物	国-原生葉外來種物	1月24日	
キク科	フジツボ	<i>Fagopyrum dibotrys</i>	フジツボ	多年生	8～9月	野原		本州、山間、九州	国-準絶滅危惧種、原-絶滅危惧種	1月24日、8月13日
カヤツリグサ科	キヅナサヌキ	<i>Scirpus microcarpus</i>	キヅナサヌキ	多年生	8～10月	湿地、休耕田、池	本州、山間、九州		8月13日	
* ゴマノハグサ科	セイヨウフジツボ	<i>Lomatium nudicaule</i>	セイヨウフジツボ	一二年草	4～6月	道ばた、空き地	北米原産外来種物		4月24日	
ハエドクラン科	ムラサキヤギコケ	<i>Mussa neglecta</i>	ムラサキヤギコケ	多年生	4～6月	野原		日本本土	4月24日	
マツ科	アザハチ	<i>Lathyrus vernus</i>	アザハチ	多年生	9～10月	野原		日本本土	4月24日	
マツ科	セイヨウアワダチソウ	<i>Scorzonera hispanica</i>	セイヨウアワダチソウ	多年生	9～10月	野原、湿地、河原	日本本土		4月24日	
マツ科	ヤモリハヤシ	<i>Lathyrus vernus</i>	ヤモリハヤシ	多年生	7～9月	山地	北海道～九州		4月24日	
イネ科	ヨシ	<i>Phragmites australis</i>	ヨシ	多年生	8～9月	湿地	北海道～九州		4月24日	

表 8-1. 各植物の発芽実験における最終発芽率一覧

植物種名	温度条件	最終発芽率(%)	標準偏差
フジバカマ (アドバンテスト 産)	30/15°C	15.3	12.9
	25/13°C	4.0	4.0
	22/10°C	6.0	2.0
	17/8°C	2.0	2.0
	10/6°C	2.0	2.0

植物種名	温度条件	最終発芽率(%)	標準偏差
フジバカマ (矢場川産)	30/15°C	23.3	2.3
	25/13°C	15.3	4.2
	22/10°C	8.0	2.0
	17/8°C	11.3	5.0
	10/6°C	11.3	4.2

植物種名	温度条件	最終発芽率(%)	標準偏差
フジバカマ (碓氷川産)	30/15°C	45.3	6.1
	25/13°C	46.7	11.0
	22/10°C	40.7	14.7
	17/8°C	35.3	11.0
	10/6°C	32.7	11.0

植物種名	温度条件	最終発芽率(%)	標準偏差
フジバカマ (谷田川産)	30/15°C	33.3	8.1
	25/13°C	34.7	5.0
	22/10°C	30.0	10.6
	17/8°C	29.3	12.9
	10/6°C	18.0	2.0

表 8-2(続き) . 各植物の発芽実験における最終発芽率一覧

植物種名	温度条件	最終発芽率(%)	標準偏差
コギシギシ (男井戸川産)	30/15°C	35.0	11.7
	25/13°C	42.8	6.7
	22/10°C	52.2	2.5
	17/8°C	36.7	10.1
	10/6°C	1.7	0.0

植物種名	温度条件	最終発芽率(%)	標準偏差
ジョウロウスゲ (館林中野沼産)	30/15°C	66.1	6.9
	25/13°C	46.1	8.2
	22/10°C	55.0	7.3
	17/8°C	2.2	3.8
	10/6°C	0.0	0.0

植物種名	温度条件	最終発芽率(%)	標準偏差
チョウジソウ (館林市産)	30/15°C	—	—
	25/13°C	—	—
	22/10°C	4.4	1.9
	17/8°C	—	—
	10/6°C	—	—

植物種名	温度条件	最終発芽率(%)	標準偏差
ミゾコウジュ (観音山公園産)	30/15°C	—	—
	25/13°C	76.1	2.5
	22/10°C	—	—
	17/8°C	—	—
	10/6°C	—	—

表 8-3(続き) . 各植物の発芽実験における最終発芽率一覧

植物種名	温度条件	最終発芽率(%)	標準偏差
タチスミレ (渡良瀬遊水池産)	30/15°C	—	—
	25/13°C	57.8	10.8
	22/10°C	—	—
	17/8°C	—	—
	10/6°C	—	—

植物種名	温度条件	最終発芽率(%)	標準偏差
ヒメモロコシ (前橋市江木町産)	30/15°C	39.4	5.1
	25/13°C	21.7	5.0
	22/10°C	13.3	7.3
	17/8°C	2.2	1.9
	10/6°C	0.0	0.0

実験のやり直し

チョウジソウ種皮処理

植物種名	温度条件	最終発芽率 (%)	標準偏差
チョウジソウ (館林市産)	30/15°C	—	—
	25/13°C	—	—
	22/10°C	17.8	16.4
	17/8°C	—	—
	10/6°C	—	—

表 9-1. 耕培実験における各植物の個体あたり乾燥重量  
異なる光条件下

植物名	乾燥重量平均値・ 標準偏差		初期サンプリング		最終サンプリング	
	3%	9%	3%	9%	13%	100%
(アドバンテスト) フジバカマ	平均値	0.039	0.012	0.013	0.025	0.059
	標準偏差	0.034	0.008	0.008	0.018	0.035
(矢場川) フジバカマ	平均値	0.087	0.055	0.086	0.112	0.132
	標準偏差	0.040	0.027	0.051	0.051	0.075
(谷田川) フジバカマ	平均値	0.025	0.011	0.033	0.050	0.095
	標準偏差	0.005	0.006	0.019	0.026	0.077
(碓氷川) フジバカマ	平均値	0.068	0.102	0.150	0.117	0.113
	標準偏差	0.032	0.056	0.065	0.038	0.051
(男井戸川) コギシギシ	平均値	0.054	0.079	0.200	0.228	0.138
	標準偏差	0.031	0.045	0.081	0.093	0.070
(観音山公園) ミヅコウジュ	平均値	0.029	0.026	0.065	0.097	0.123
	標準偏差	0.019	0.020	0.013	0.059	0.063
(前橋市江木町) ヒメロコシ	平均値	0.038	0.253	0.548	0.657	0.916
	標準偏差	0.007	0.170	0.221	0.246	0.546

表 9-2 (続き) 栽培実験における各植物の個体あたり乾燥重量  
異なる温度条件下

植物名	乾燥重量平均値・ 標準偏差		初期サンプリング		最終サンプリング		
	平均値	標準偏差	10/6°C	17/8°C	22/10°C	25/13°C	30/15°C
フジバカマ (碓氷川)	0.068	0.083	0.170	0.155	0.209	0.212	
コギシギシ (男戸川)	0.032	0.024	0.083	0.056	0.094	0.119	
ジョウロウスゲ (館林中野沼)	0.054	0.183	0.268	0.372	0.305	0.377	
チヨウジソウ (館林)	0.031	0.082	0.122	0.151	0.082	0.195	
	平均値	標準偏差	0.039	0.105	0.156	0.247	0.309
	0.007	0.007	0.083	0.045	0.095	0.096	0.134
	平均値	標準偏差	0.254	0.315	0.268	0.381	0.423
	0.086	0.081	0.090	0.213	0.138	0.151	0.151

表 10-1. 栽培実験における各植物の生長解析結果 光条件と温度条件

## フジバカマ(碓氷川)光

相対光量子密度	平均				SD			
	RGR(g/g/day)	LAR(m <sup>2</sup> /g)	NAR(g/m <sup>2</sup> /day)	SLA(m <sup>2</sup> g)	RGR(g/g/day)	LAR(m <sup>2</sup> /g)	NAR(g/m <sup>2</sup> /day)	SLA(m <sup>2</sup> g)
3%	0.026	0.028	1.014	0.068	0.008	0.006	0.483	0.023
9%	0.055	0.022	2.572	0.056	0.012	0.001	0.637	0.004
13%	0.040	0.018	2.442	0.048	0.012	0.002	0.706	0.004
100%	0.035	0.017	2.498	0.025	0.010	0.004	0.738	0.007

## フジバカマ(谷田川)光

相対光量子密度	平均				SD			
	RGR(g/g/day)	LAR(m <sup>2</sup> /g)	NAR(g/m <sup>2</sup> /day)	SLA(m <sup>2</sup> g)	RGR(g/g/day)	LAR(m <sup>2</sup> /g)	NAR(g/m <sup>2</sup> /day)	SLA(m <sup>2</sup> g)
3%	-0.061	0.020	-3.960	0.087	0.022	0.008	0.870	0.018
9%	0.010	0.012	0.993	0.057	0.028	0.006	1.740	0.013
13%	0.037	0.014	3.112	0.058	0.029	0.005	2.270	0.013
100%	0.047	0.009	8.162	0.045	0.100	0.003	11.141	0.021

## フジバカマ(アドバンテスト)光

相対光量子密度	平均				SD			
	RGR(g/g/day)	LAR(m <sup>2</sup> /g)	NAR(g/m <sup>2</sup> /day)	SLA(m <sup>2</sup> g)	RGR(g/g/day)	LAR(m <sup>2</sup> /g)	NAR(g/m <sup>2</sup> /day)	SLA(m <sup>2</sup> g)
3%	-0.070	0.017	-5.047	0.066	0.020	0.003	2.003	0.023
9%	-0.061	0.025	-4.900	0.090	0.022	0.016	4.974	0.058
13%	-0.029	0.015	-2.505	0.070	0.033	0.005	2.651	0.015
100%	0.038	0.011	3.857	0.042	0.035	0.005	3.832	0.004

## フジバカマ(矢場川)光

相対光量子密度	平均				SD			
	RGR(g/g/day)	LAR(m <sup>2</sup> /g)	NAR(g/m <sup>2</sup> /day)	SLA(m <sup>2</sup> g)	RGR(g/g/day)	LAR(m <sup>2</sup> /g)	NAR(g/m <sup>2</sup> /day)	SLA(m <sup>2</sup> g)
3%	-0.031	0.012	-2.952	0.062	0.007	0.001	1.058	0.013
9%	-0.004	0.016	-0.153	0.066	0.016	0.007	1.282	0.012
13%	0.018	0.009	1.998	0.051	0.013	0.002	1.379	0.005
100%	0.024	0.008	3.331	0.036	0.010	0.002	1.838	0.007

## コギシギシ(男井戸川)光

相対光量子密度	平均				SD			
	RGR(g/g/day)	LAR(m <sup>2</sup> /g)	NAR(g/m <sup>2</sup> /day)	SLA(m <sup>2</sup> g)	RGR(g/g/day)	LAR(m <sup>2</sup> /g)	NAR(g/m <sup>2</sup> /day)	SLA(m <sup>2</sup> g)
3%	0.027	0.039	0.693	0.090	0.011	0.007	0.320	0.009
9%	0.093	0.033	3.032	0.072	0.014	0.011	0.666	0.021
13%	0.100	0.027	4.180	0.053	0.013	0.004	0.603	0.006
100%	0.028	0.018	2.195	0.021	0.022	0.004	1.937	0.006

## ミヅコウジュ(観音山公園)光

相対光量子密度	平均				SD			
	RGR(g/g/day)	LAR(m <sup>2</sup> /g)	NAR(g/m <sup>2</sup> /day)	SLA(m <sup>2</sup> g)	RGR(g/g/day)	LAR(m <sup>2</sup> /g)	NAR(g/m <sup>2</sup> /day)	SLA(m <sup>2</sup> g)
3%	-0.028	0.033	-1.032	0.090	0.019	0.008	0.817	0.021
9%	0.067	0.036	1.823	0.100	0.040	0.005	0.957	0.007
13%	0.086	0.030	2.775	0.085	0.024	0.005	0.581	0.016
100%	0.105	0.019	6.040	0.036	0.030	0.003	1.295	0.007

表 10-2. 栽培実験における各植物の生長解析結果 光条件と温度条件

## ヒメモロコシ(前橋市江木町) 光

相対光量子密度	平均				SD			
	RGR(g/g/day)	LAR(m2/g)	NAR(g/m2/day)	SLA(m2g)	RGR(g/g/day)	LAR(m2/g)	NAR(g/m2/day)	SLA(m2g)
3%	0.115	0.073	2.543	0.052	0.046	0.033	0.950	0.019
9%	0.173	0.069	5.377	0.043	0.038	0.036	1.165	0.005
13%	0.187	0.068	6.909	0.038	0.021	0.037	2.799	0.004
100%	0.204	0.064	11.525	0.021	0.033	0.036	5.123	0.003

## フジバカマ(碓氷川) 温度

温度条件区	平均				SD			
	RGR(g/g/day)	LAR(m2/g)	NAR(g/m2/day)	SLA(m2g)	RGR(g/g/day)	LAR(m2/g)	NAR(g/m2/day)	SLA(m2g)
10/6°C	0.018	0.019	1.008	0.039	0.013	0.002	0.755	0.013
17/8°C	0.061	0.018	4.059	0.036	0.005	0.003	0.867	0.009
22/10°C	0.058	0.017	3.774	0.035	0.013	0.002	0.544	0.004
25/13°C	0.075	0.018	4.769	0.044	0.010	0.002	0.688	0.005
30/15°C	0.074	0.017	5.223	0.034	0.008	0.002	0.974	0.004

## コギシギシ(男井戸川) 温度

温度条件区	平均				SD			
	RGR(g/g/day)	LAR(m2/g)	NAR(g/m2/day)	SLA(m2g)	RGR(g/g/day)	LAR(m2/g)	NAR(g/m2/day)	SLA(m2g)
10/6°C	0.086	0.022	5.075	0.033	0.009	0.005	0.927	0.005
17/8°C	0.111	0.023	6.237	0.037	0.013	0.006	1.645	0.004
22/10°C	0.134	0.022	8.665	0.038	0.013	0.005	0.824	0.005
25/13°C	0.124	0.023	7.053	0.041	0.023	0.005	0.772	0.007
30/15°C	0.131	0.022	8.265	0.031	0.008	0.005	1.435	0.006

## ジョウロウスゲ(館林中野沼) 温度

温度条件区	平均				SD			
	RGR(g/g/day)	LAR(m2/g)	NAR(g/m2/day)	SLA(m2g)	RGR(g/g/day)	LAR(m2/g)	NAR(g/m2/day)	SLA(m2g)
10/6°C	0.049	0.016	3.735	0.032	0.042	0.003	3.303	0.005
17/8°C	0.090	0.015	7.036	0.030	0.009	0.002	1.500	0.011
22/10°C	0.119	0.015	9.228	0.024	0.016	0.002	2.403	0.002
25/13°C	0.135	0.016	9.406	0.028	0.012	0.001	1.327	0.008
30/15°C	0.164	0.016	12.931	0.027	0.025	0.002	4.768	0.002

## チヨウジソウ(館林) 温度

温度条件区	平均				SD			
	RGR(g/g/day)	LAR(m2/g)	NAR(g/m2/day)	SLA(m2g)	RGR(g/g/day)	LAR(m2/g)	NAR(g/m2/day)	SLA(m2g)
10/6°C	0.017	0.013	1.361	0.022	0.020	0.001	1.543	0.004
17/8°C	0.004	0.013	0.408	0.022	0.012	0.002	0.870	0.003
22/10°C	0.024	0.013	2.000	0.020	0.020	0.002	1.900	0.003
25/13°C	0.036	0.013	2.985	0.018	0.021	0.002	1.648	0.001
30/15°C	0.054	0.013	4.406	0.018	0.022	0.001	1.696	0.001

## ミヅコウジュ(観音山公園) 温度

温度条件区	平均				SD			
	RGR(g/g/day)	LAR(m2/g)	NAR(g/m2/day)	SLA(m2g)	RGR(g/g/day)	LAR(m2/g)	NAR(g/m2/day)	SLA(m2g)
10/6°C	0.027	0.012	2.303	0.027	0.036	0.004	1.235	0.002
17/8°C	0.015	0.013	1.210	0.030	0.007	0.006	0.123	0.002
22/10°C	0.015	0.010	1.988	0.029	0.009	0.004	0.963	0.014
25/13°C	—	—	—	—	—	—	—	—
30/15°C	—	—	—	—	—	—	—	—

表 11-1. 器官別重量比 光条件区

植物名	光条件区	LWR	SWR	RWR
フジバカマ (アドバンテスト)	3%	36%	28%	36%
	9%	41%	26%	33%
	13%	27%	16%	56%
	100%	25%	34%	41%
植物名	光条件区	LWR	SWR	RWR
フジバカマ (谷田川)	3%	37%	29%	34%
	9%	26%	21%	53%
	13%	34%	21%	45%
	100%	19%	30%	50%
植物名	光条件区	LWR	SWR	RWR
フジバカマ (碓氷川)	3%	45%	26%	29%
	9%	34%	24%	42%
	13%	23%	34%	44%
	100%	35%	39%	26%
植物名	光条件区	LWR	SWR	RWR
フジバカマ (矢場川)	3%	26%	25%	49%
	9%	34%	16%	49%
	13%	19%	20%	60%
	100%	22%	21%	57%
植物名	光条件区	LWR	SWR	RWR
コギシギシ (男井戸川)	3%	49%	29%	22%
	9%	43%	20%	37%
	13%	36%	22%	42%
	100%	22%	29%	50%
植物名	光条件区	LWR	SWR	RWR
ミゾコウジュ (観音山公園)	3%	49%	19%	32%
	9%	50%	13%	37%
	13%	45%	14%	41%
	100%	42%	10%	48%

表 11-2(続き) . 器官別重量比 光条件区

植物名	光条件区	LWR	SWR	RWR
ヒメモロコシ (前橋市江木町)	3%	51%	27%	22%
	9%	38%	38%	24%
	13%	37%	31%	31%
	100%	36%	26%	38%

器官別重量比 温度条件区

植物名	温度条件区	LWR	SWR	RWR
フジバカマ (碓氷川)	10/6°C	38%	26%	36%
	17/8°C	29%	29%	42%
	22/10°C	29%	26%	45%
	25/13°C	26%	28%	46%
	30/15°C	27%	27%	46%

植物名	温度条件区	LWR	SWR	RWR
コギシギシ (男井戸川)	10/6°C	31%	20%	50%
	17/8°C	33%	19%	48%
	22/10°C	25%	15%	59%
	25/13°C	28%	16%	56%
	30/15°C	33%	17%	50%

植物名	温度条件区	LWR	SWR	RWR
ミゾコウジュ (カッパビア)	10/6°C	33%	19%	48%
	17/8°C	33%	28%	40%
	22/10°C	14%	37%	49%
	25/13°C	—	—	—
	30/15°C	—	—	—

植物名	温度条件区	LWR	SWR	RWR
チョウジソウ (館林市)	10/6°C	48%	23%	29%
	17/8°C	48%	22%	30%
	22/10°C	53%	18%	29%
	25/13°C	59%	19%	23%
	30/15°C	59%	18%	23%

表 11-3(続き) . 器官別重量比 温度条件区

植物名	温度条件区	LWR	SWR	RWR
ミゾコウジュ (観音山公園)	10/6°C	33%	19%	48%
	17/8°C	33%	28%	40%
	22/10°C	14%	37%	49%
	25/13°C	—	—	—
	30/15°C	—	—	—



図1. 各調査地一覧

ビオトープおよびビオトープ周辺

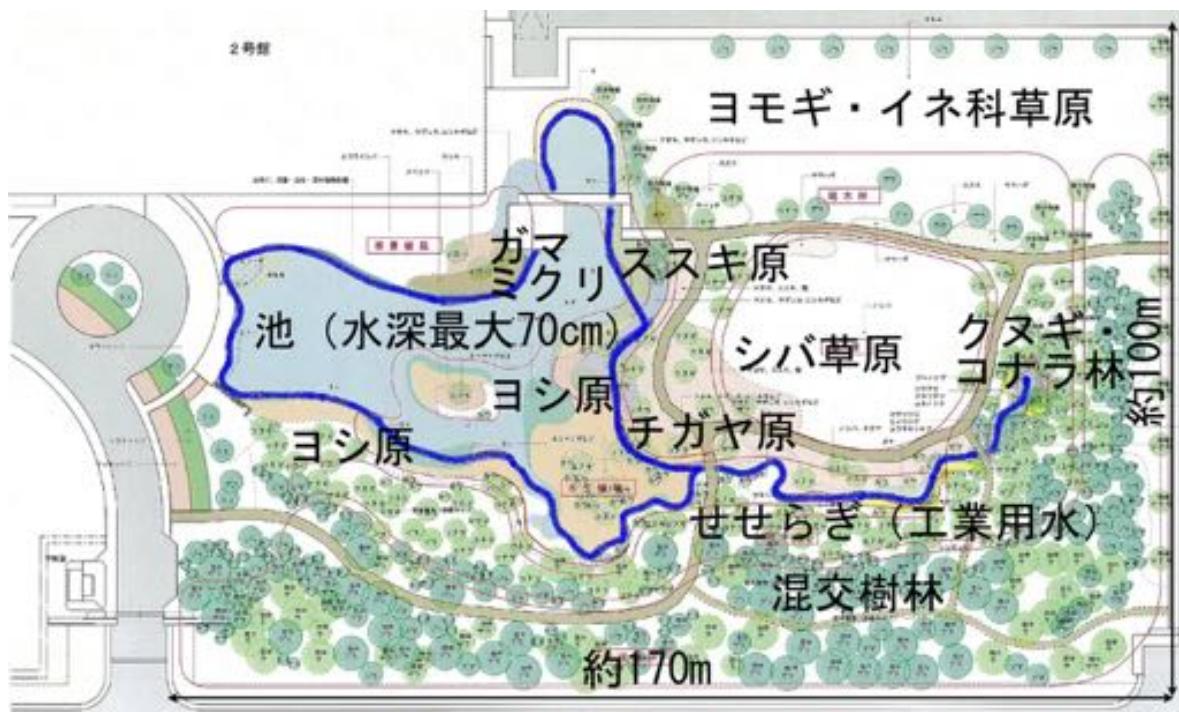


図2. アドバンテストー・ビオトープ見取り図

面積約10,119m<sup>2</sup>

植栽配置検討資料

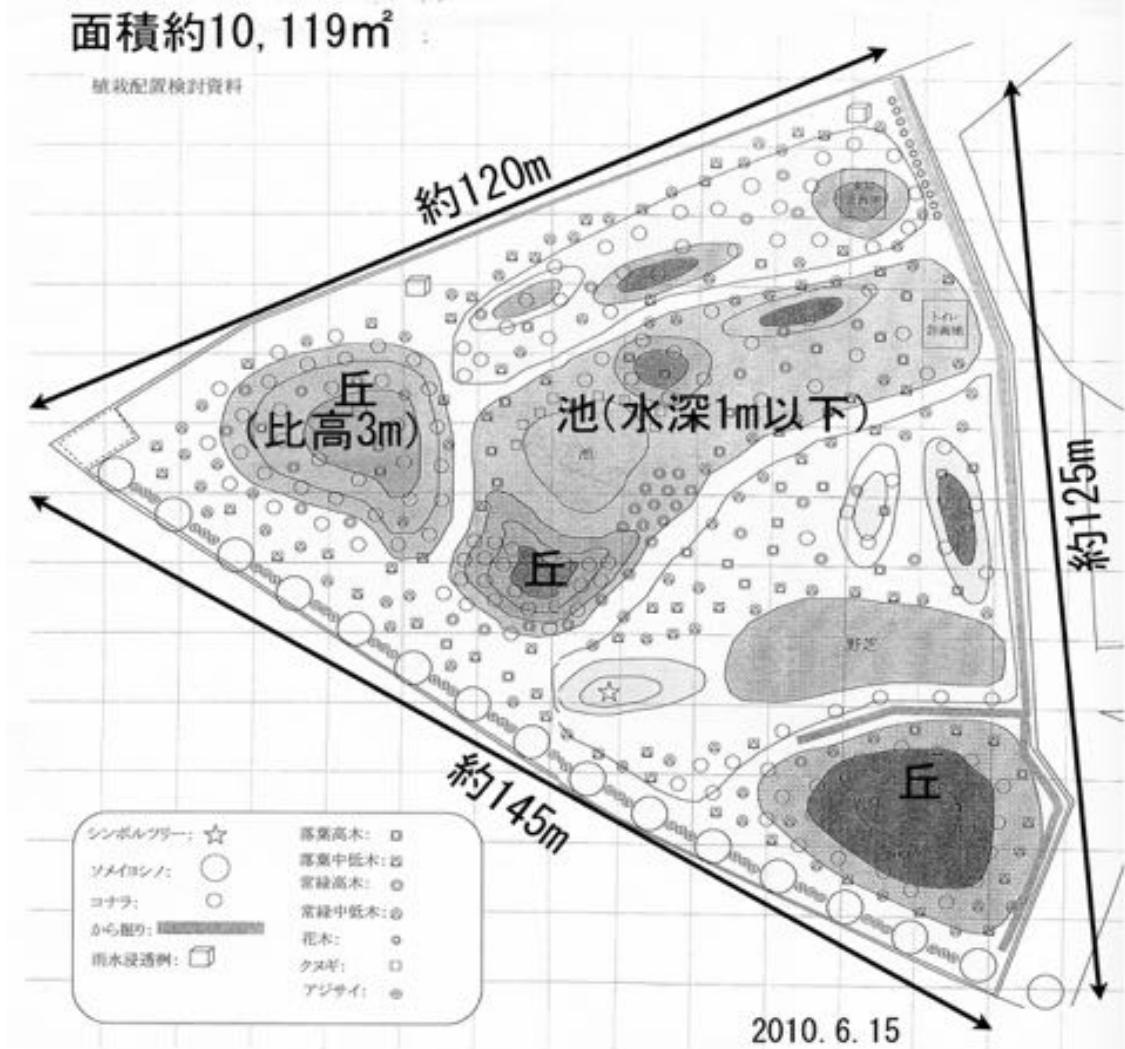


図3. チノー・ビオトープ見取り図



図4. 男井戸川調整池見取り図

2019年時点では、地下水の浸出により利活用ゾーン1、2、遺跡保全ゾーンの全面がヨシ原となっている。

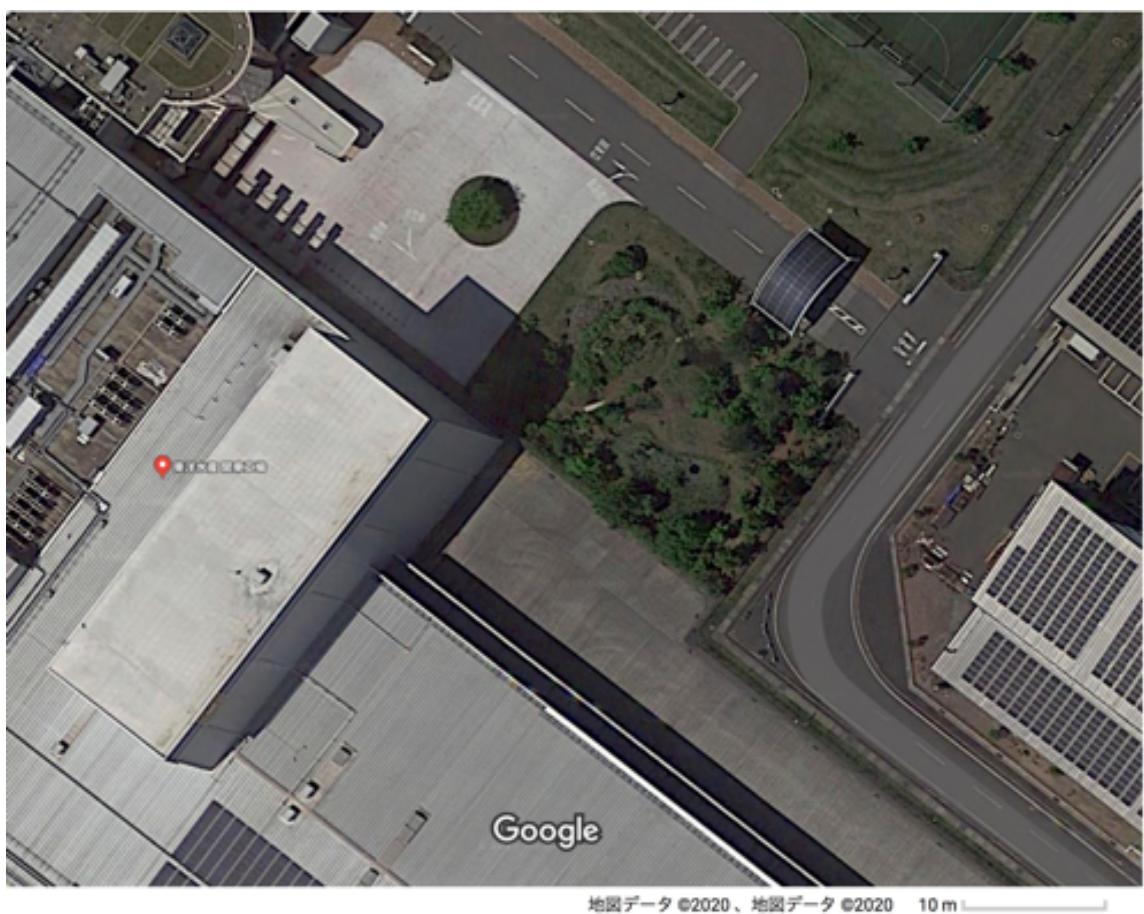


図5. 東洋水産・ビオトープの空中写真

Google map より転載。

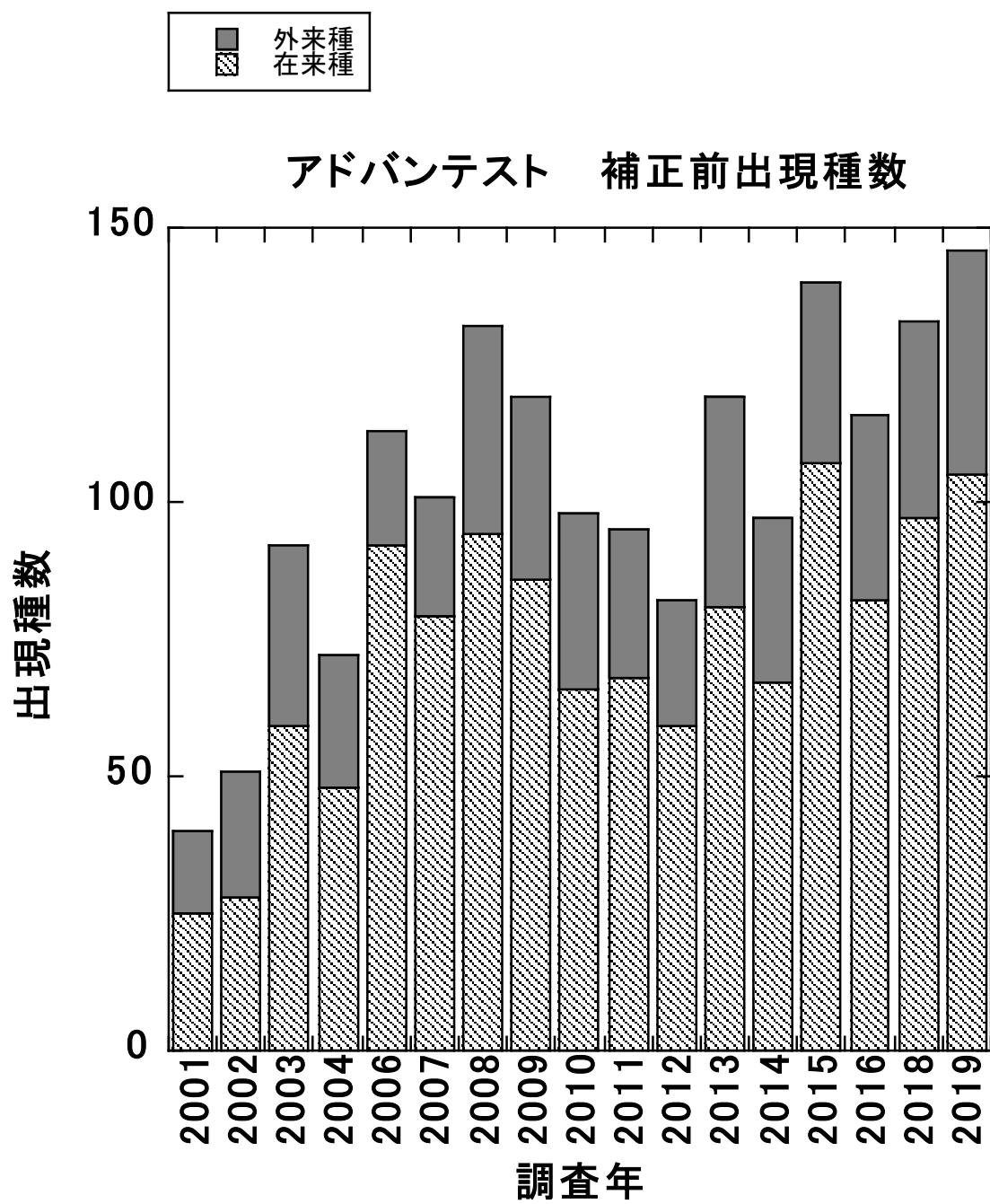


図 6. アドバンテスト・ビオトープにおいて生育が確認された在来種と外来種の種数の経年変化

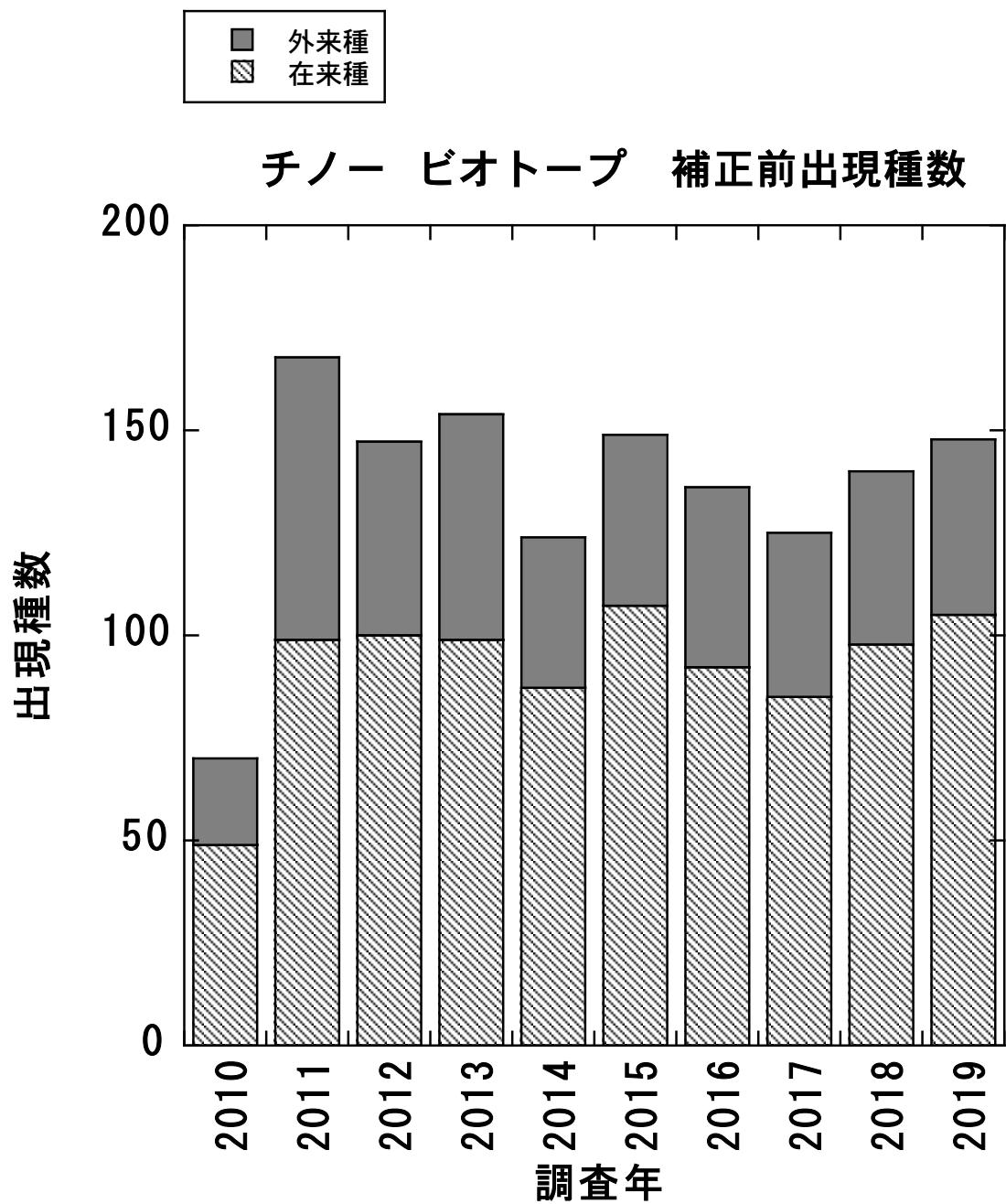


図 7. チノー・ビオトープにおいて生育が確認された在来種と外来種の種数の経年変化

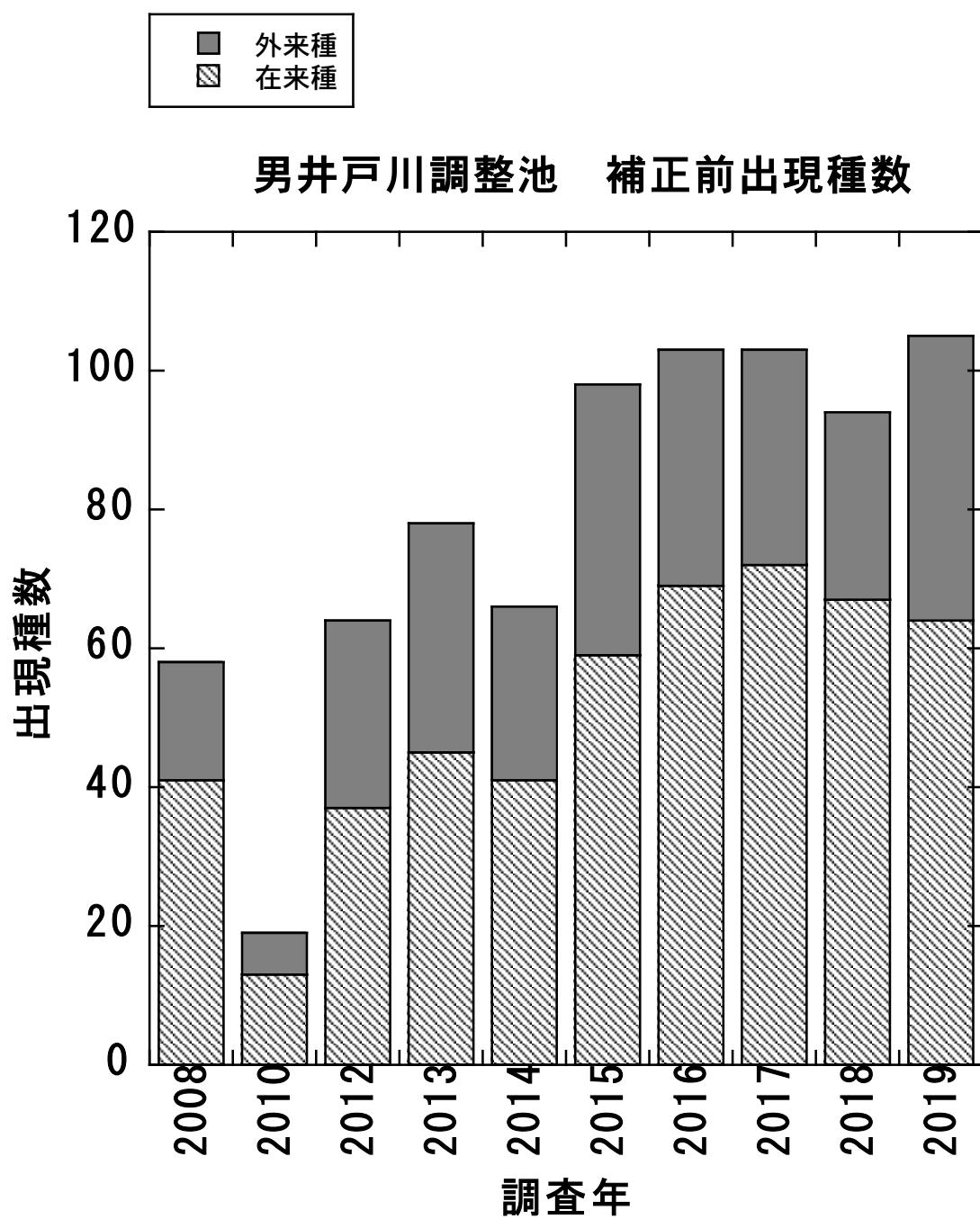


図 8. 男井戸川調整池において生育が確認された在来種と外来種の種数の経年変化

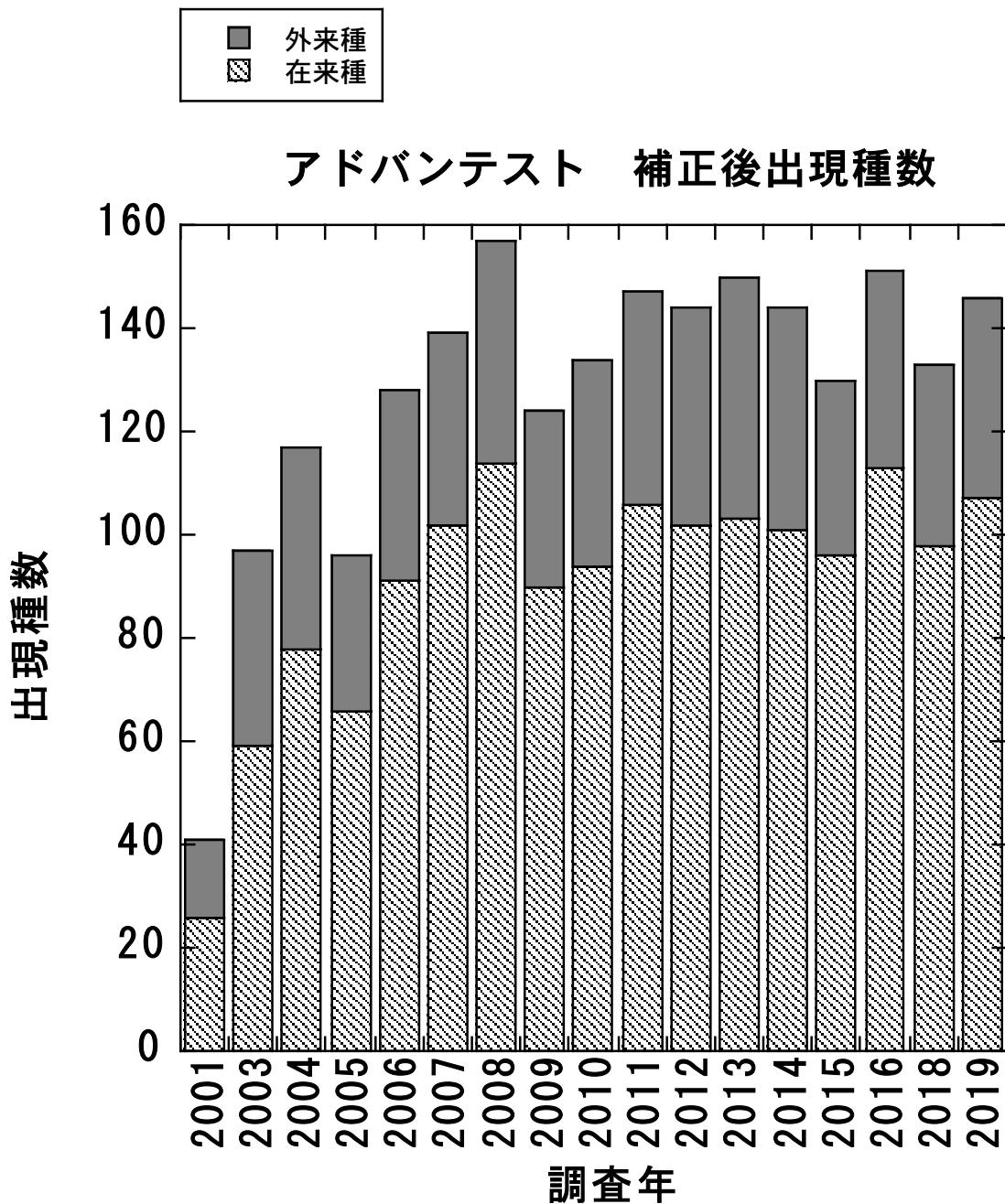


図9. アドバンテスト・ビオトープにおいて生育が確認された在来種と外来種の種数の補正値の経年変化

これまでの植物相調査結果を一覧表にまとめ、調査年によって時に未確認のため計数されなかった植物種を確認し、これらを存在していたものとして、各ビオトープにおける出現植物数の補正を行った

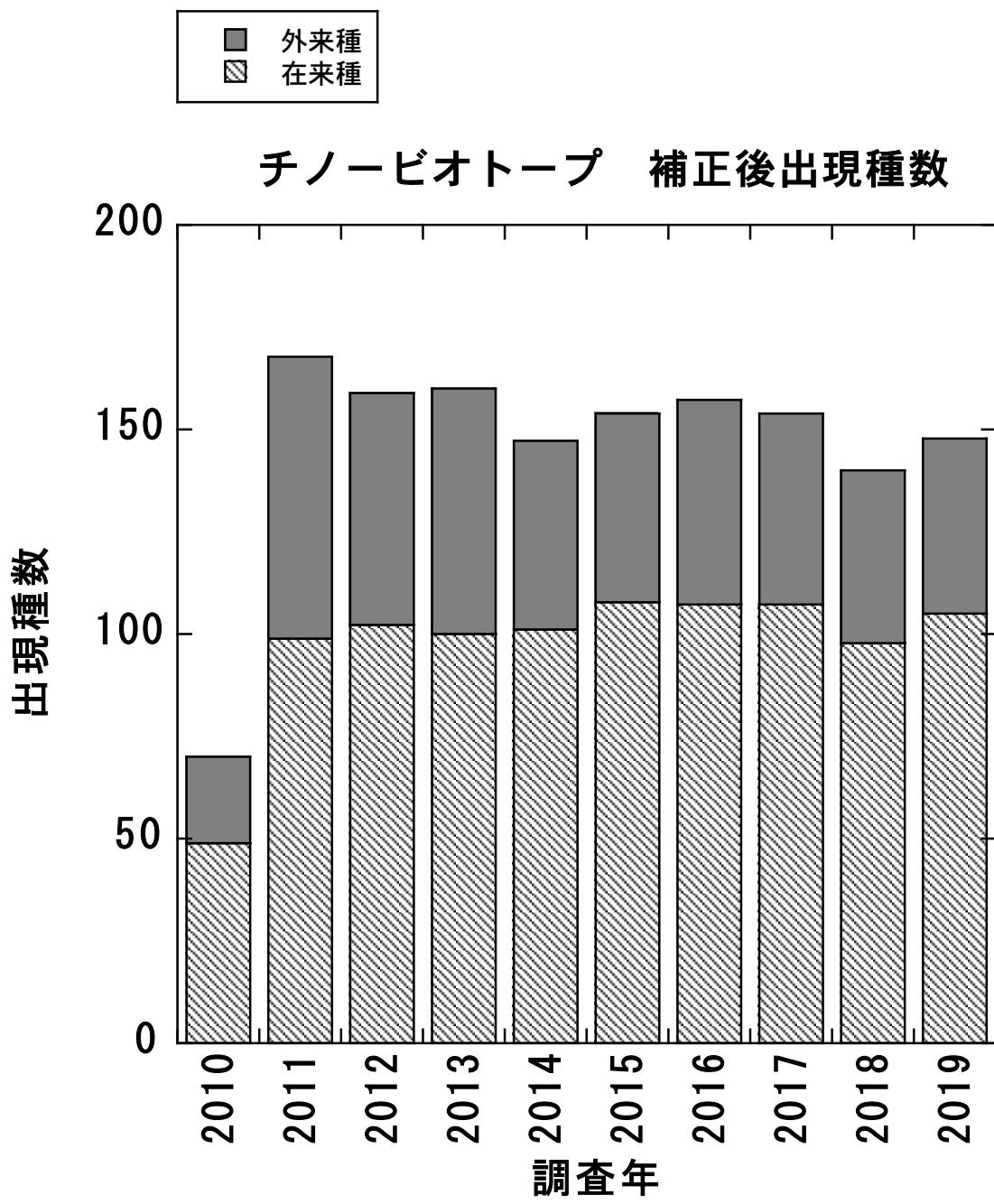


図 10. チノー・ビオトープにおいて生育が確認された在来種と外来種の種数の補正值の経年変化

これまでの植物相調査結果を一覧表にまとめ、調査年によって時に未確認のため計数されなかった植物種を確認し、これらを存在していたものとして、各ビオトープにおける出現植物数の補正を行った

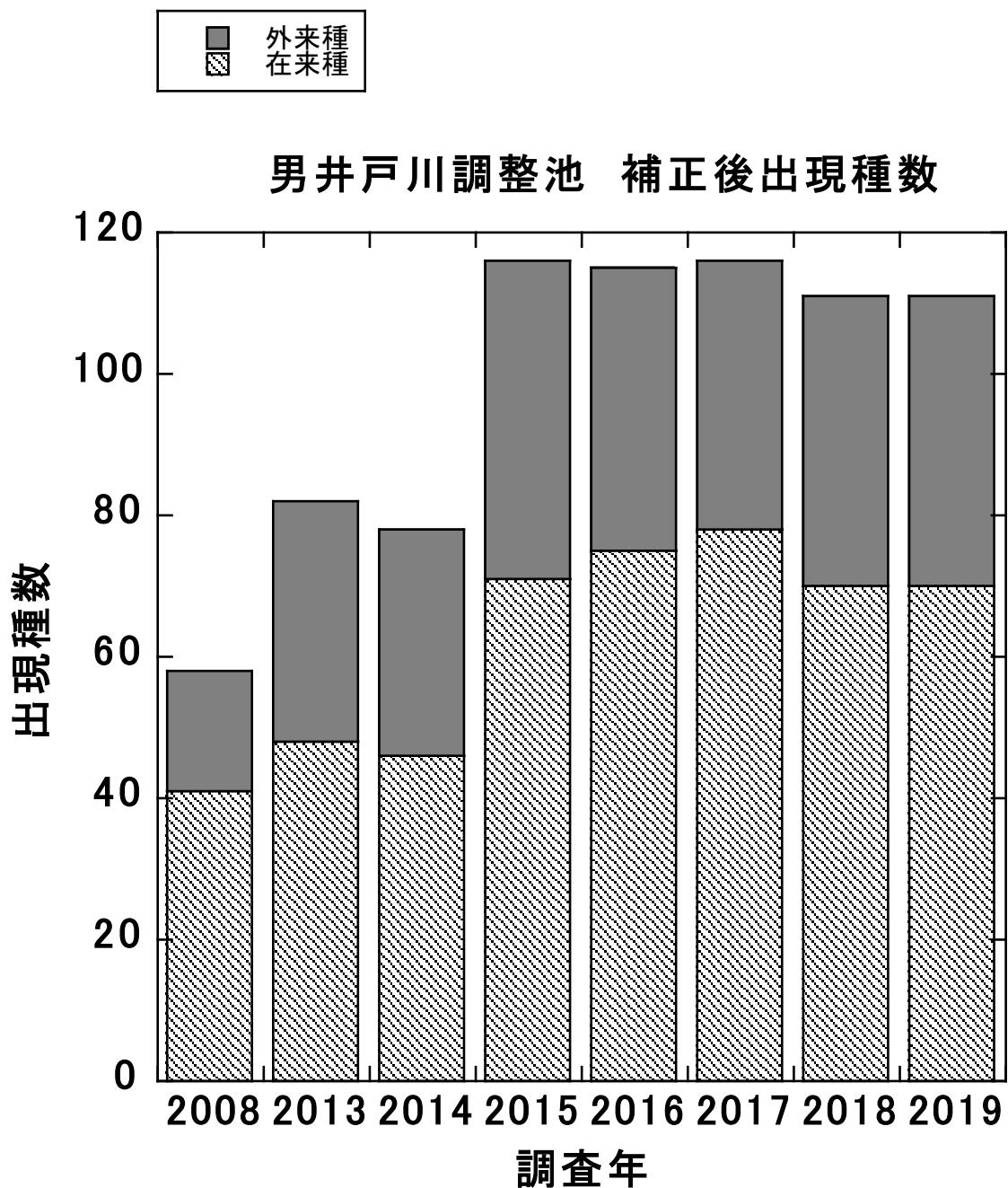


図 11. 男井戸川調整池ビオトープにおいて生育が確認された在来植物と外来植物の種数の補正值の経年変化

これまでの植物相調査結果を一覧表にまとめ、調査年によって時に未確認のため計数されなかった植物種を確認し、これらを存在していたものとして、各ビオトープにおける出現植物数の補正を行った

写真

新規レコード作成



科名	シソ科	
種名	ミゾコウジユ	
学名	<i>Salvia plebeia</i>	
撮影年	2019	05.24
撮影場所	アドバンテスト	
種別	在来絶滅危惧種	
掲載	<input checked="" type="checkbox"/> 掲載する	
備考	<input type="text"/>	

生育位置

An aerial map of a park-like area with various green spaces and paths. Three blue circular markers are placed on the map, indicating the specific locations where the plant was found.

図 12. アドバンテスト・ビオトープに生育する植物の写真と生育位置図の例  
FileMakerPro12 を用いてデータベース化した。

写真

新規レコード作成



科名	タデ科		
種名	ヨギシギシ		
学名	<i>Rumex japonicus</i>		
撮影年	2019	05.21	生育位置
撮影場所	チノー		
種別	在来絶滅危惧種		
掲載	掲載する		
備考			

図 13. チノー・ビオトープに生育する植物の写真と生育位置図の例

FileMakerPro12 を用いてデータベース化した。

新規レコード作成

写真



科名 ゴマノハグサ科

種名 キタミソウ

学名 *Limosella aquatica*

撮影年 2019 04.29

撮影場所 男井戸川調整池

種別 在来絶滅危惧種

掲載 掲載する

備考

生育位置

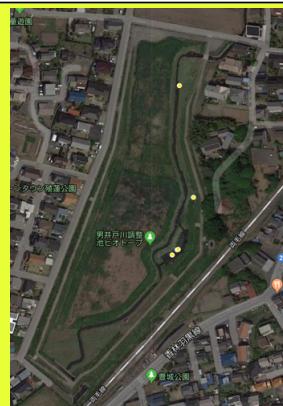


図 14. 男井戸川調整池に生育する植物の写真と生育位置図の例

FileMakerPro12 を用いてデータベース化した。

新規レコード作成

写真

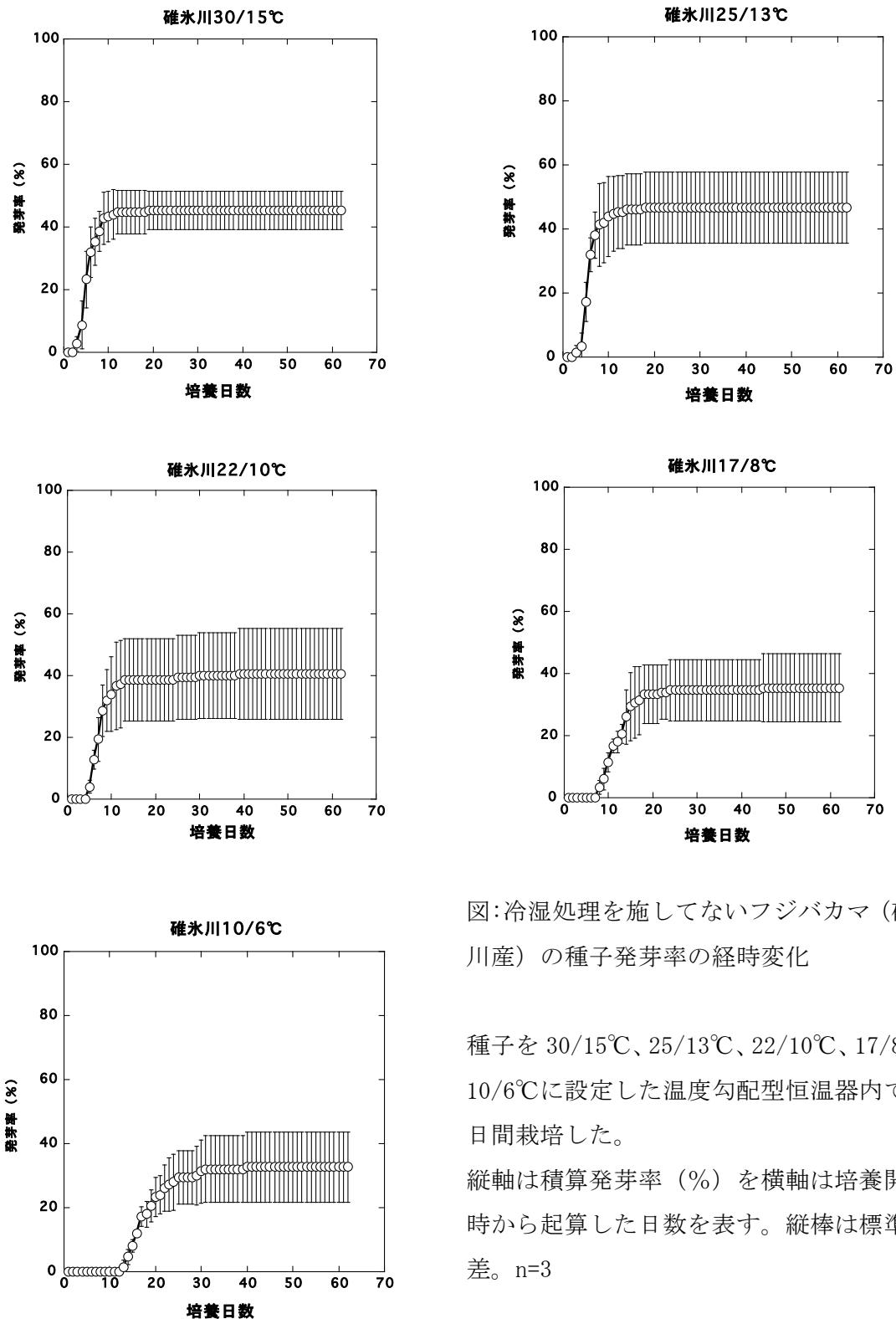


科名	カヤツリグサ科	
種名	マツカサススキ	
学名	<i>Scirpus mitsukurianus</i>	
撮影年	2019	09.13
撮影場所	東洋水産	
種別		
掲載		
備考		

生育位置

図 15. 東洋水産・ビオトープに生育する植物の写真と生育位置図の例

FileMakerPro12 を用いてデータベース化した。



図：冷湿処理を施してないフジバカマ（確冰川産）の種子発芽率の経時変化

種子を 30/15°C、25/13°C、22/10°C、17/8°C、10/6°C に設定した温度勾配型恒温器内で 60 日間栽培した。

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

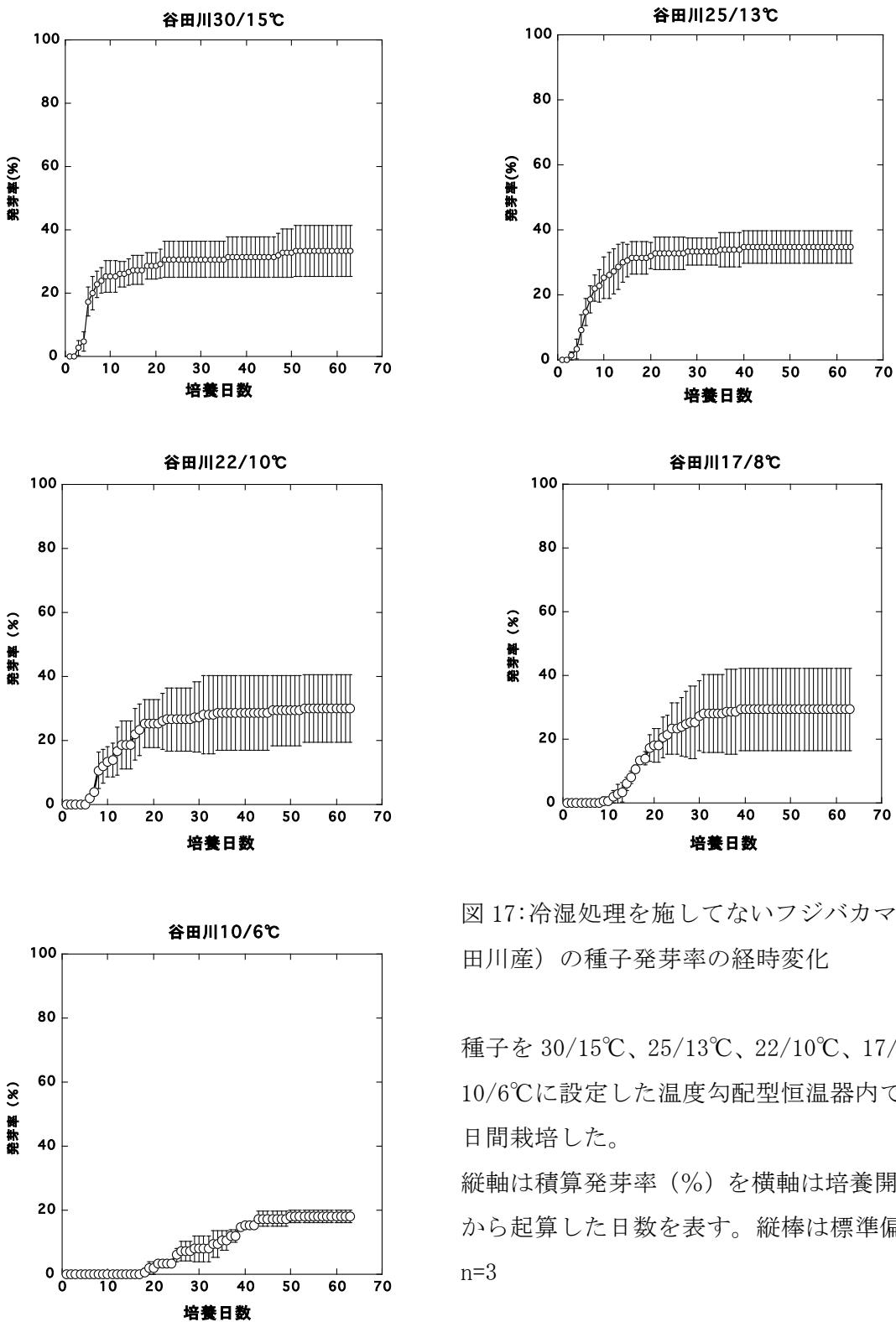


図 17: 冷温処理を施してないフジバカマ（谷田川産）の種子発芽率の経時変化

種子を 30/15°C、25/13°C、22/10°C、17/8°C、10/6°C に設定した温度勾配型恒温器内で 60 日間栽培した。

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

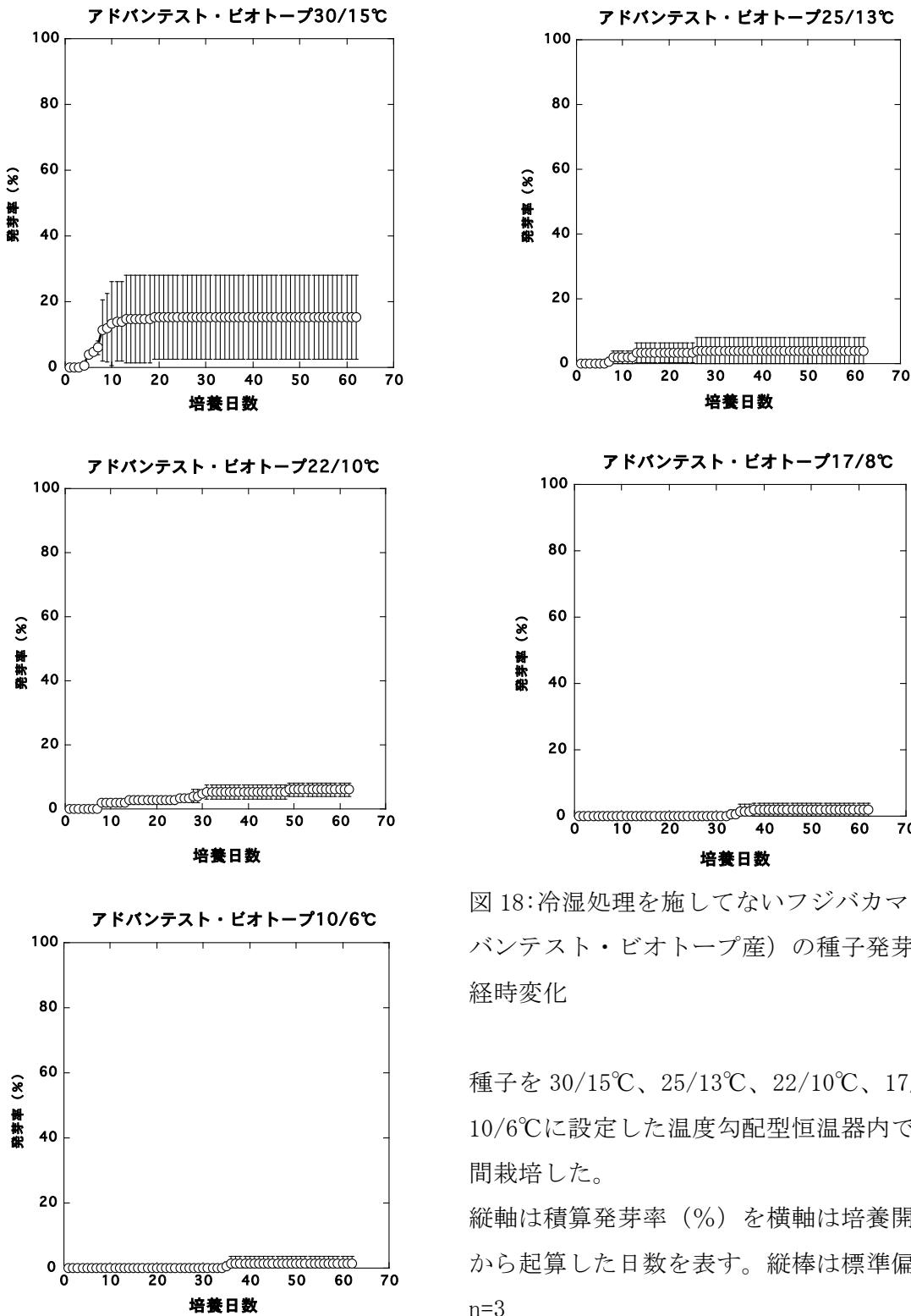


図 18: 冷湿処理を施してないフジバカマ(アドバンテスト・ビオトープ産)の種子発芽率の経時変化

種子を 30/15°C、25/13°C、22/10°C、17/8°C、10/6°C に設定した温度勾配型恒温器内で 60 日間栽培した。

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

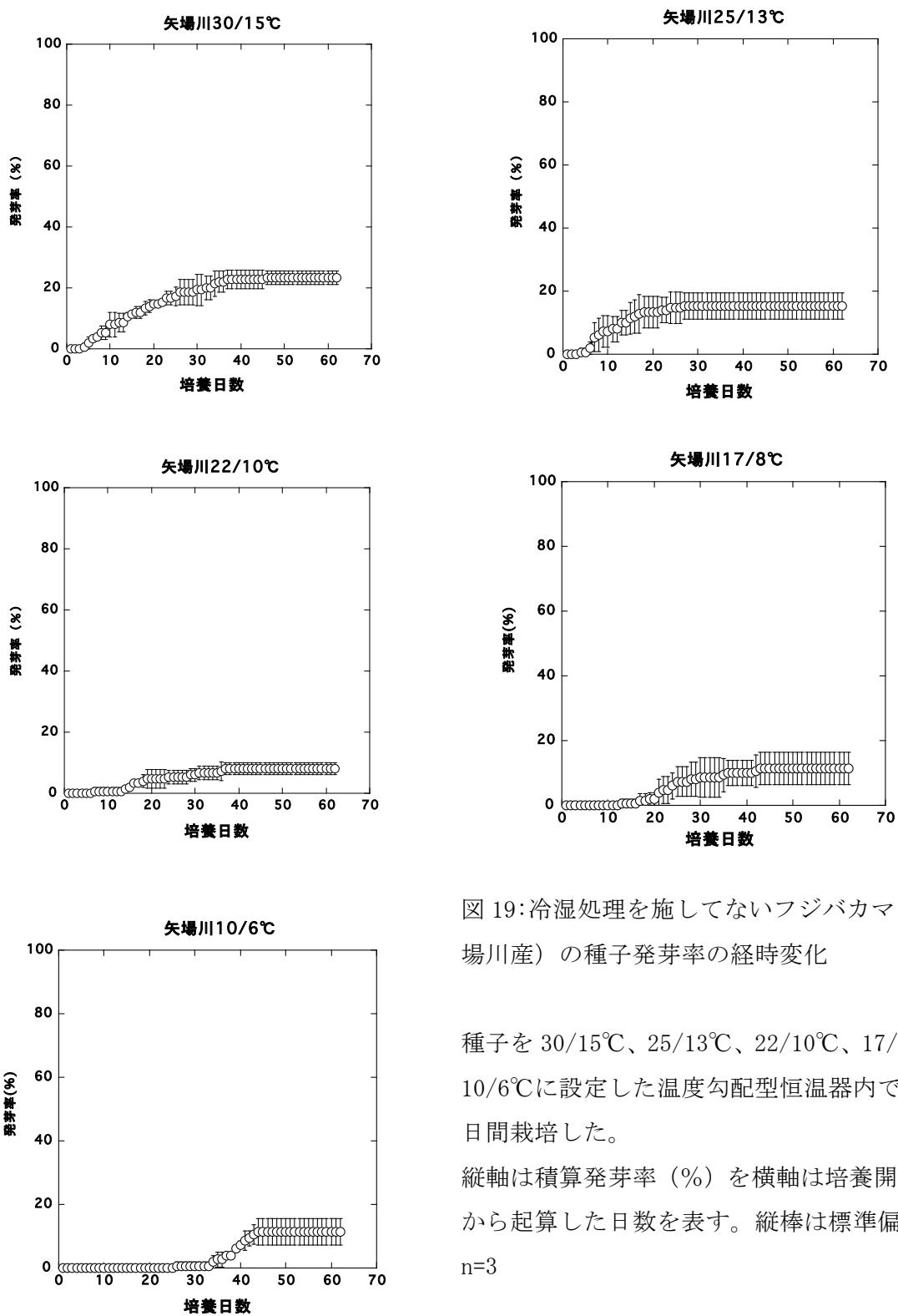


図 19: 冷湿処理を施してないフジバカマ（矢場川産）の種子発芽率の経時変化

種子を 30/15°C、25/13°C、22/10°C、17/8°C、10/6°C に設定した温度勾配型恒温器内で 60 日間栽培した。

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

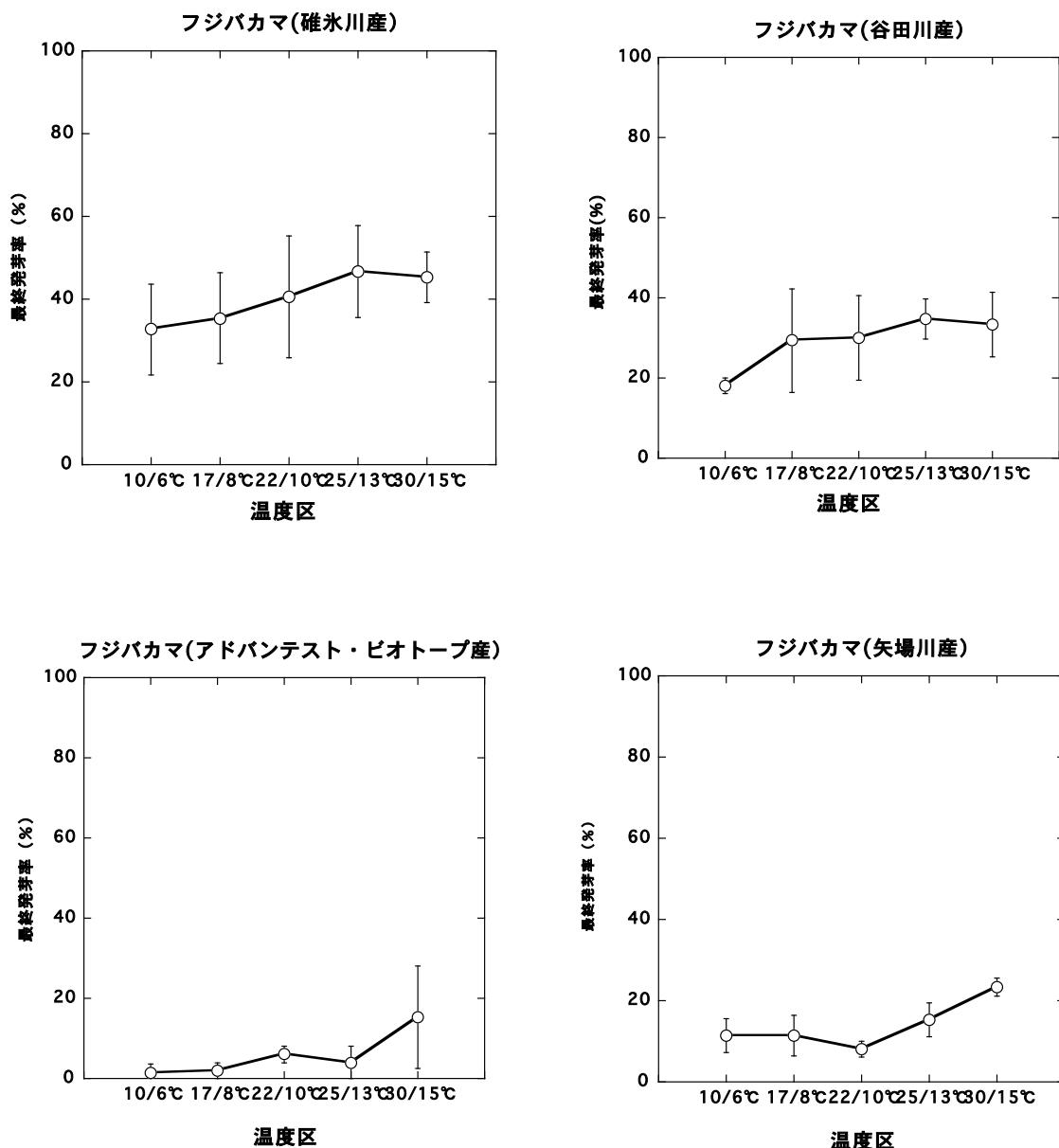


図 20: 冷湿処理を施していないフジバカマ（碓氷川、谷田川、アドバンテスト・ビオトープ、矢場川産）の種子最終発芽率の温度依存性実験

種子を 30/15°C、25/13°C、22/10°C、17/8°C、10/6°C に設定した温度勾配型恒温器内で 60 日間栽培した。

縦軸は積算発芽率 (%) を横軸は培養温度区を表す。縦棒は標準偏差。n=3。

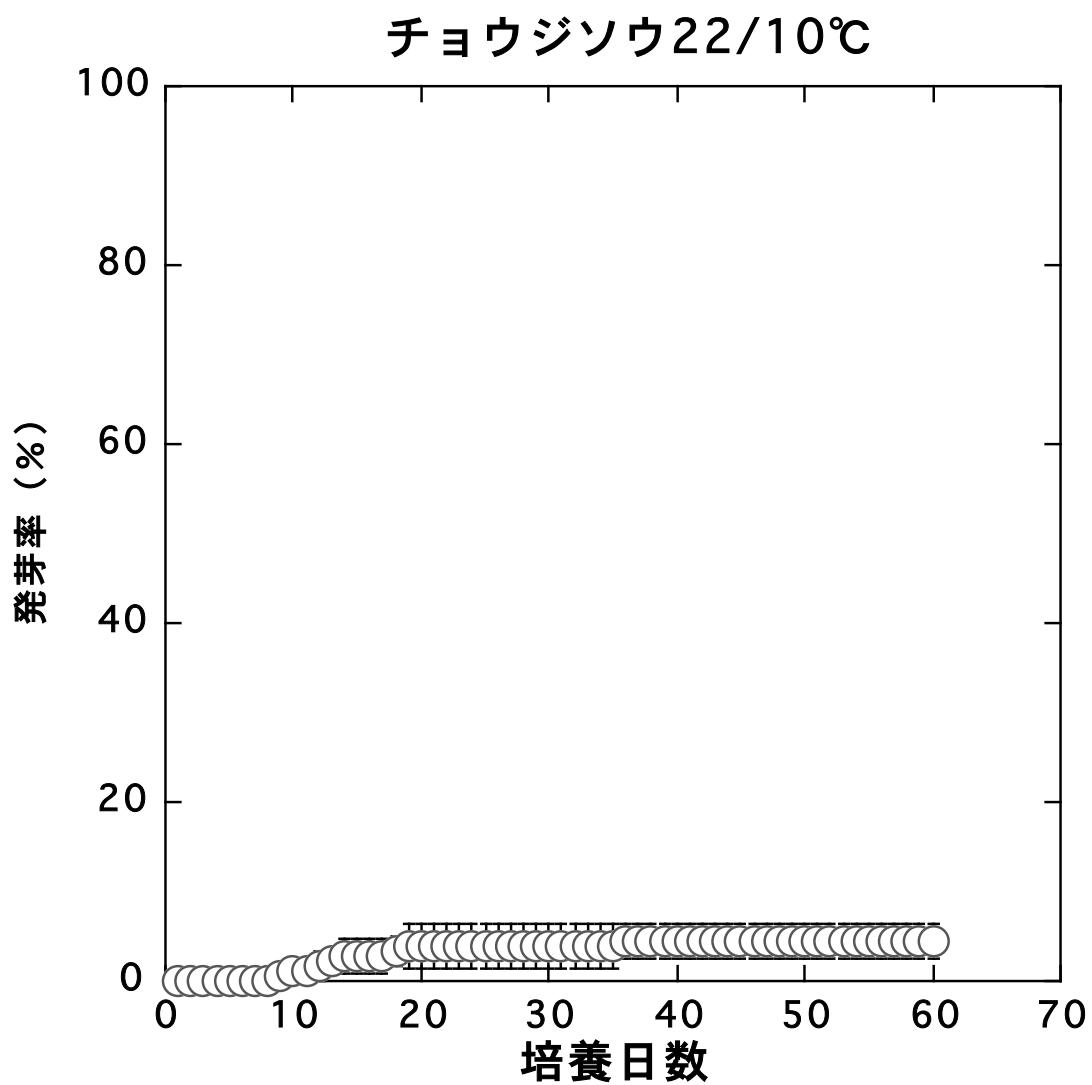


図 21: 冷湿処理と硫酸処理を施したチョウジソウ（館林産）の種子発芽率の経時変化  
冷湿処理と硫酸処理を施した種子を22/10℃に設定した温度勾配型恒温器内で60日間培養した。  
縦軸は積算発芽率（%）を横軸は培養開始時から起算した日数を表す。縦棒は標準偏差。  
n=3。

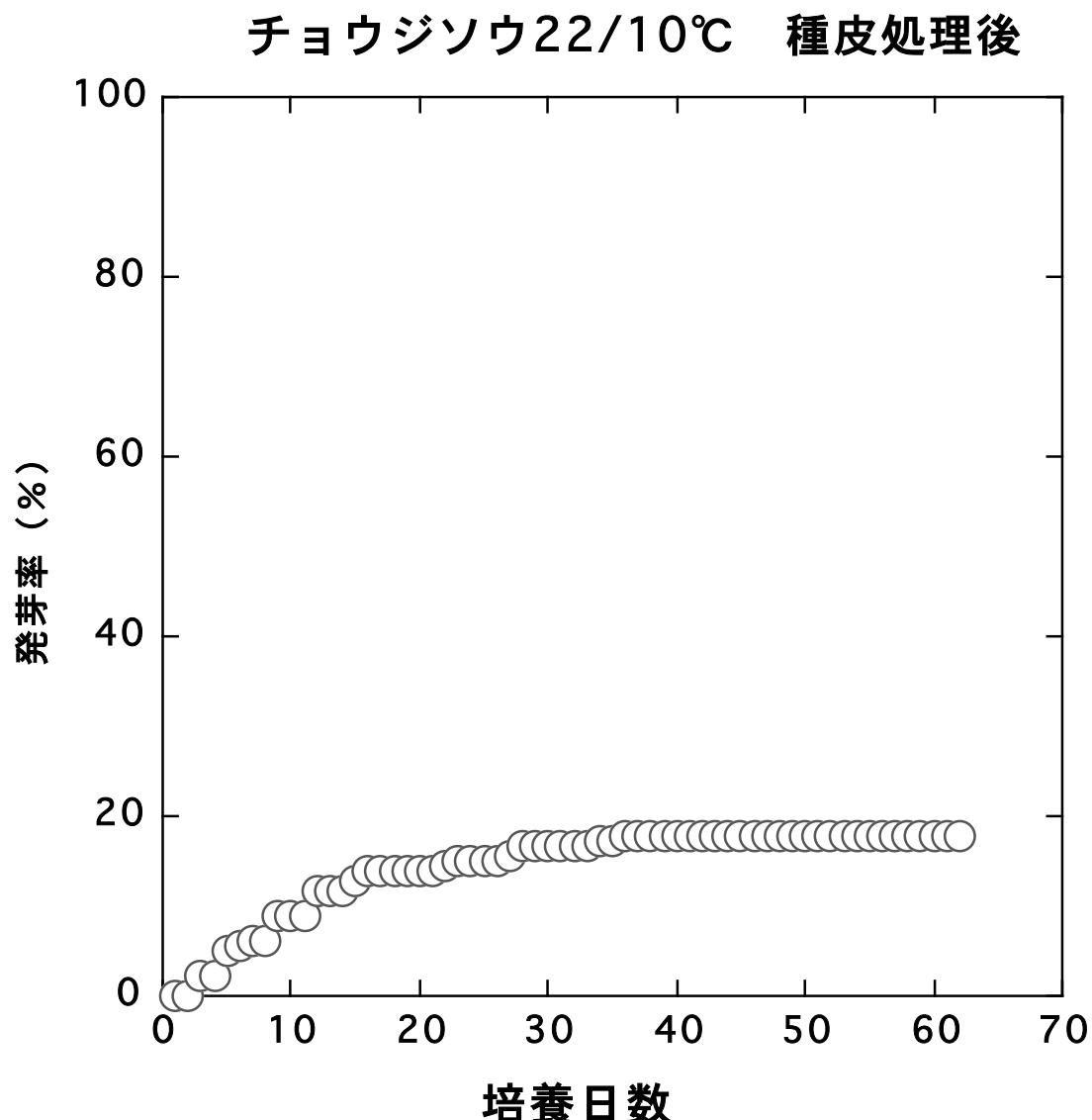


図 22: 冷湿処理、硫酸処理と種皮処理(ピンセットで種子に傷をつけて再度培養した)を施したチョウジソウ(館林産)の種子発芽率の経時変化

冷湿処理と硫酸処理を施した種子を22/10℃に設定した温度勾配型恒温器内で60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。

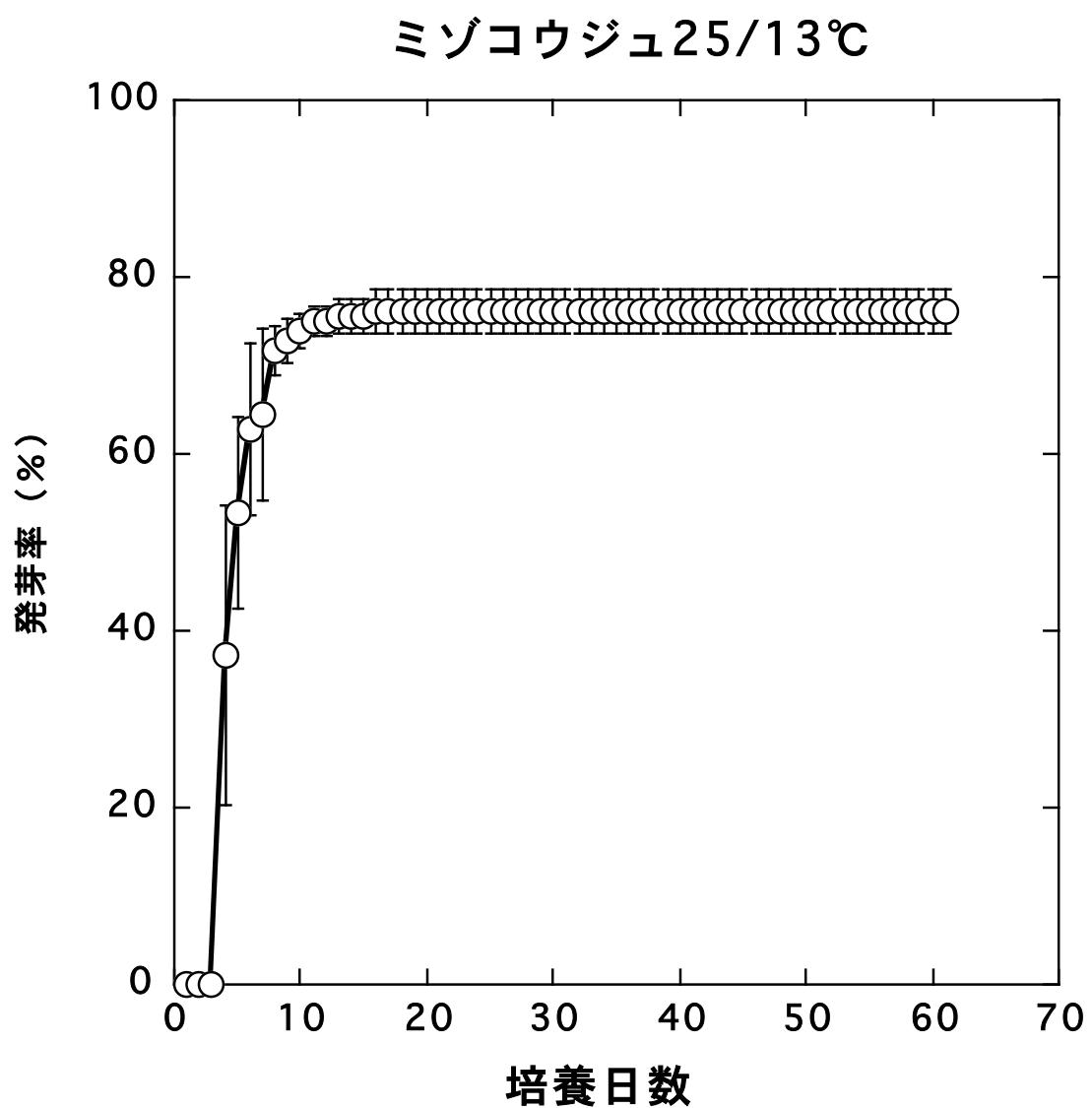


図 23: 冷湿処理を施さないミゾコウジュ（観音山公園産）の種子発芽率の経時変化)

種子を 25/13℃に設定した温度勾配型恒温器内で 60 日間栽培した。

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。

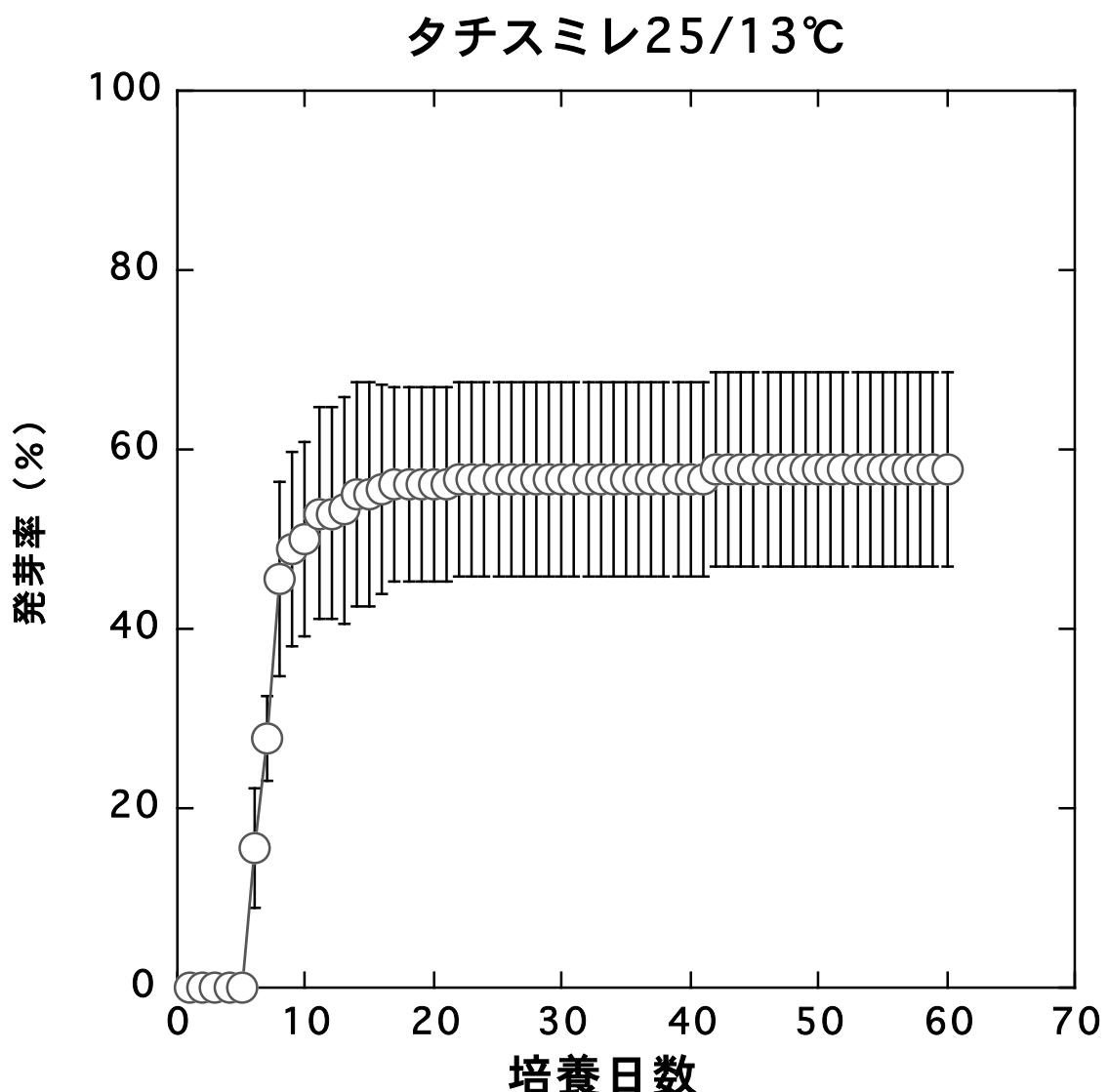
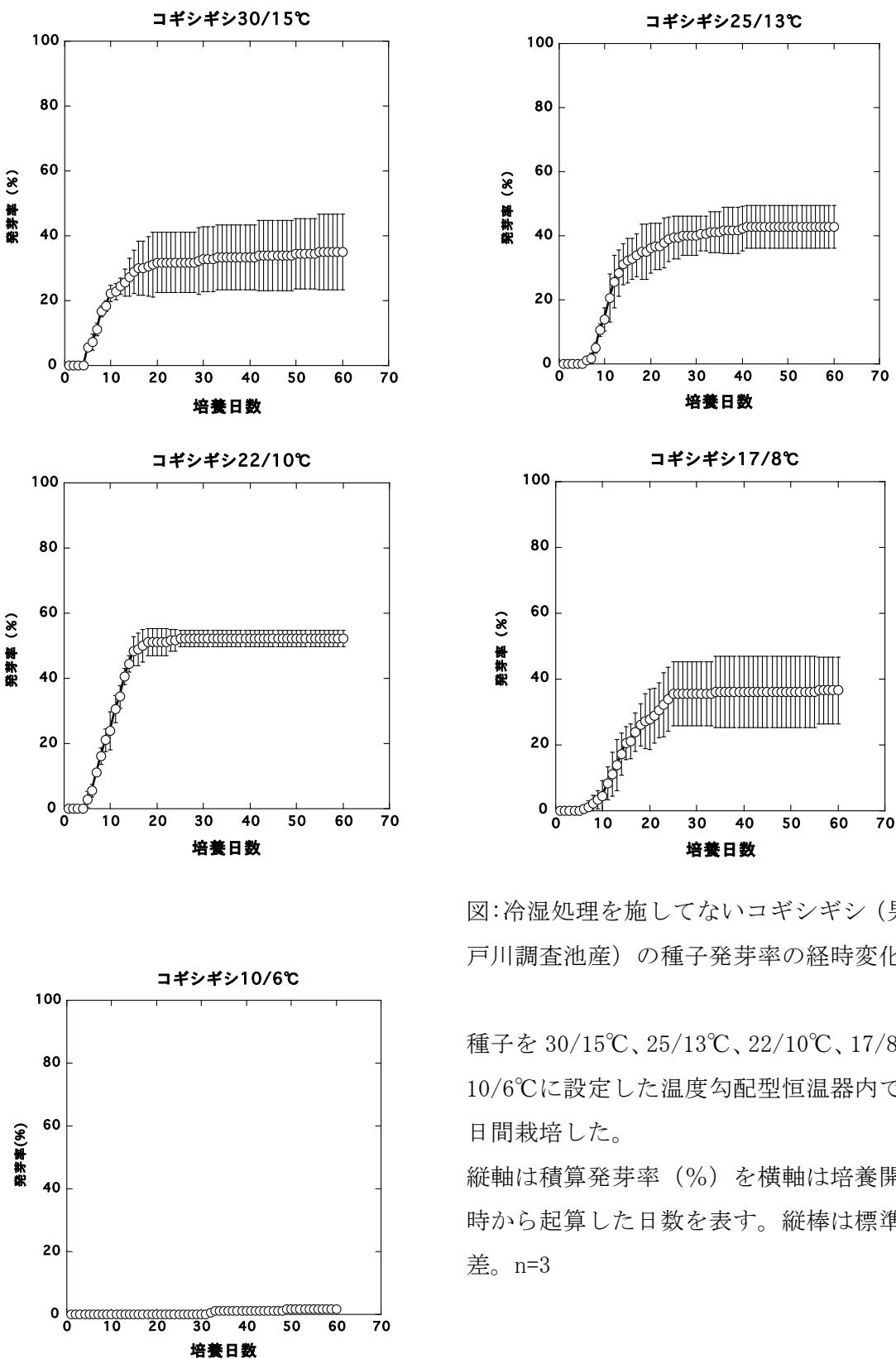


図 24: 冷湿処理と硫酸処理を施したタチスミレ(渡良瀬遊水池産)の種子発芽率の経時変化  
冷湿処理と硫酸処理を施した種子を 25/13°C に設定した温度勾配型恒温器内で 60 日間栽培した。

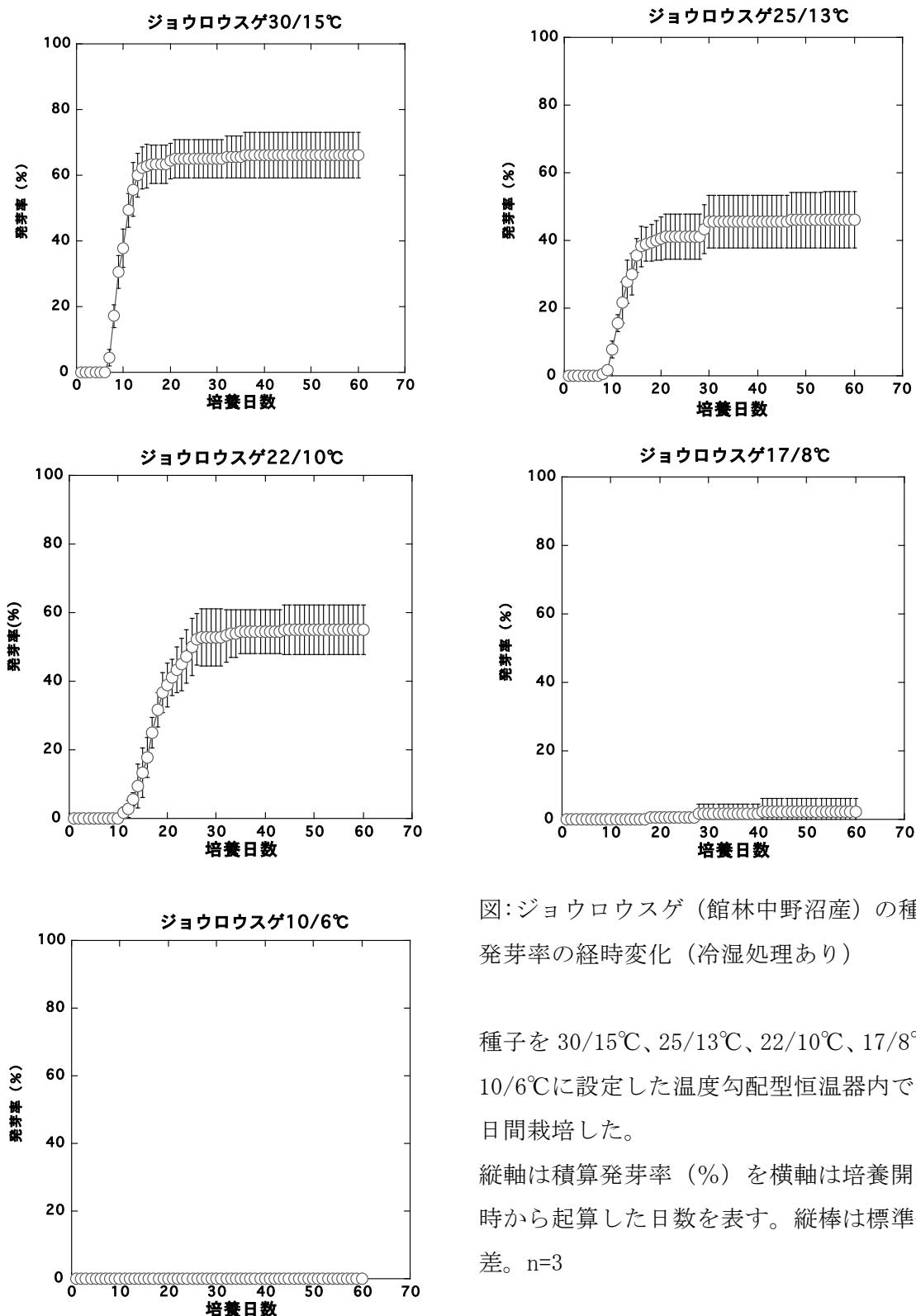
縦軸は積算発芽率 (%) を横軸は培養開始時から起算した日数を表す。縦棒は標準偏差。  
n=3。



図：冷湿処理を施してないコギシギシ（男井戸川調査池産）の種子発芽率の経時変化

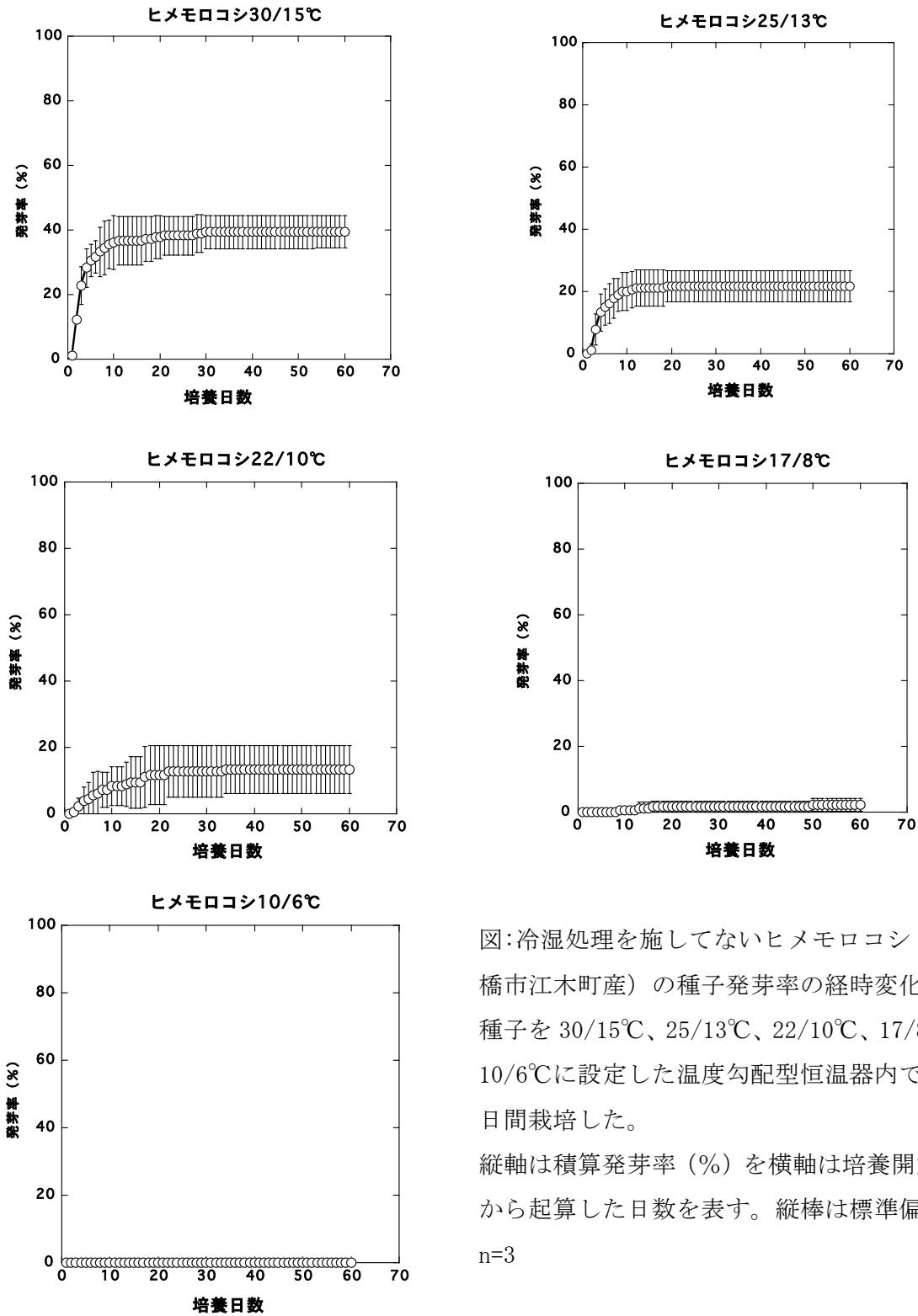
種子を 30/15°C、25/13°C、22/10°C、17/8°C、10/6°Cに設定した温度勾配型恒温器内で 60 日間栽培した。

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：ジョウロウスゲ（館林中野沼産）の種子発芽率の経時変化（冷湿処理あり）

種子を 30/15°C、25/13°C、22/10°C、17/8°C、10/6°C に設定した温度勾配型恒温器内で 60 日間栽培した。  
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：冷湿処理を施してないヒメモロコシ（前橋市江木町産）の種子発芽率の経時変化  
種子を 30/15°C、25/13°C、22/10°C、17/8°C、  
10/6°Cに設定した温度勾配型恒温器内で 60  
日間栽培した。  
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

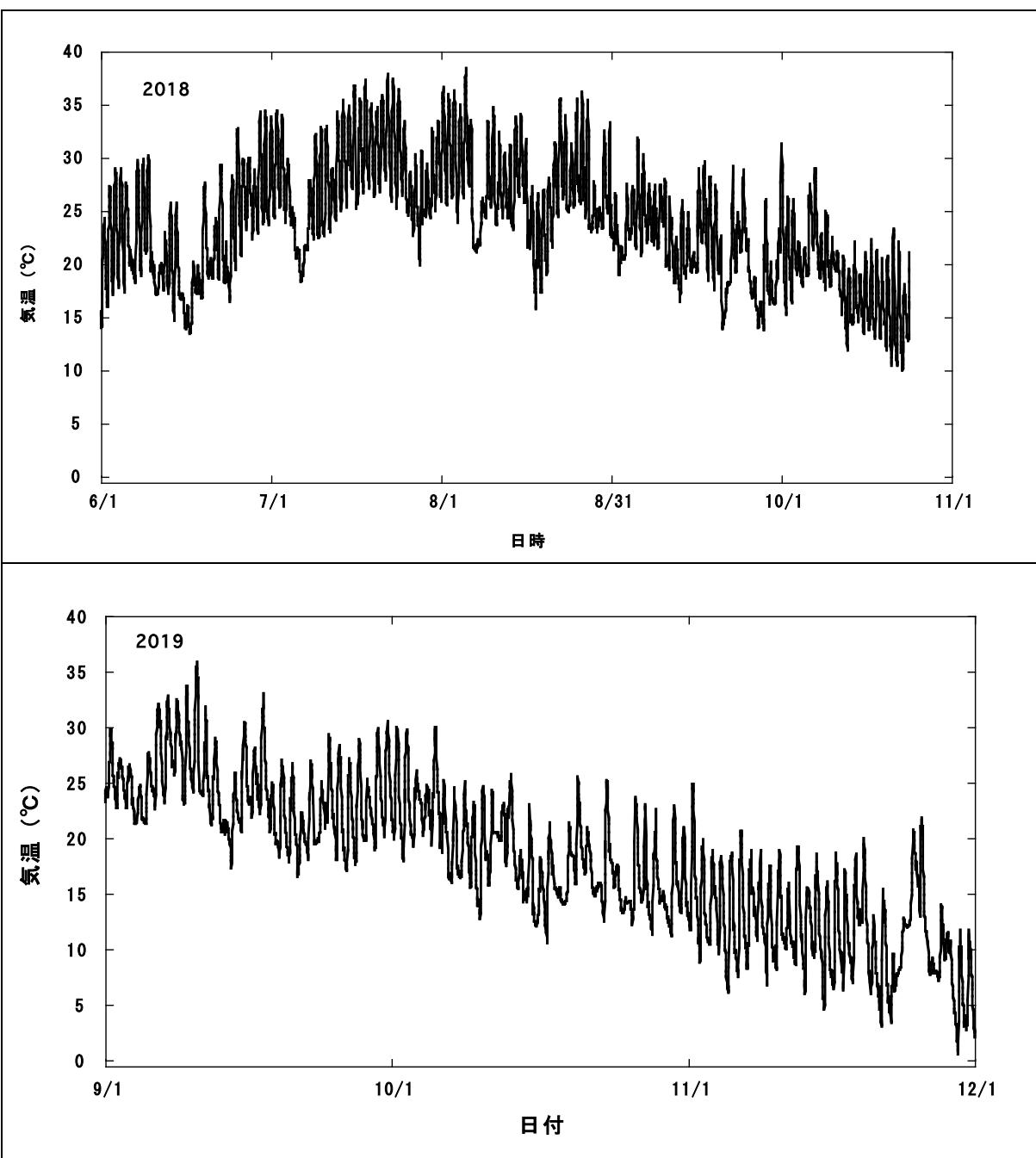


図 28 群馬大学荒牧キャンパス構内の栽培実験中期間中の圃場の気温

2018年6月から2019年11月末までの間、群馬大学荒牧キャンパス構内の圃場で、温度データロガー（TR52, T&D corporation）を高さ1.5m付近に設置し、30分おきに気温を連続測定した。上図は2018年6月から11月、下図は2019年9月から11月末の圃場の気温を示す。

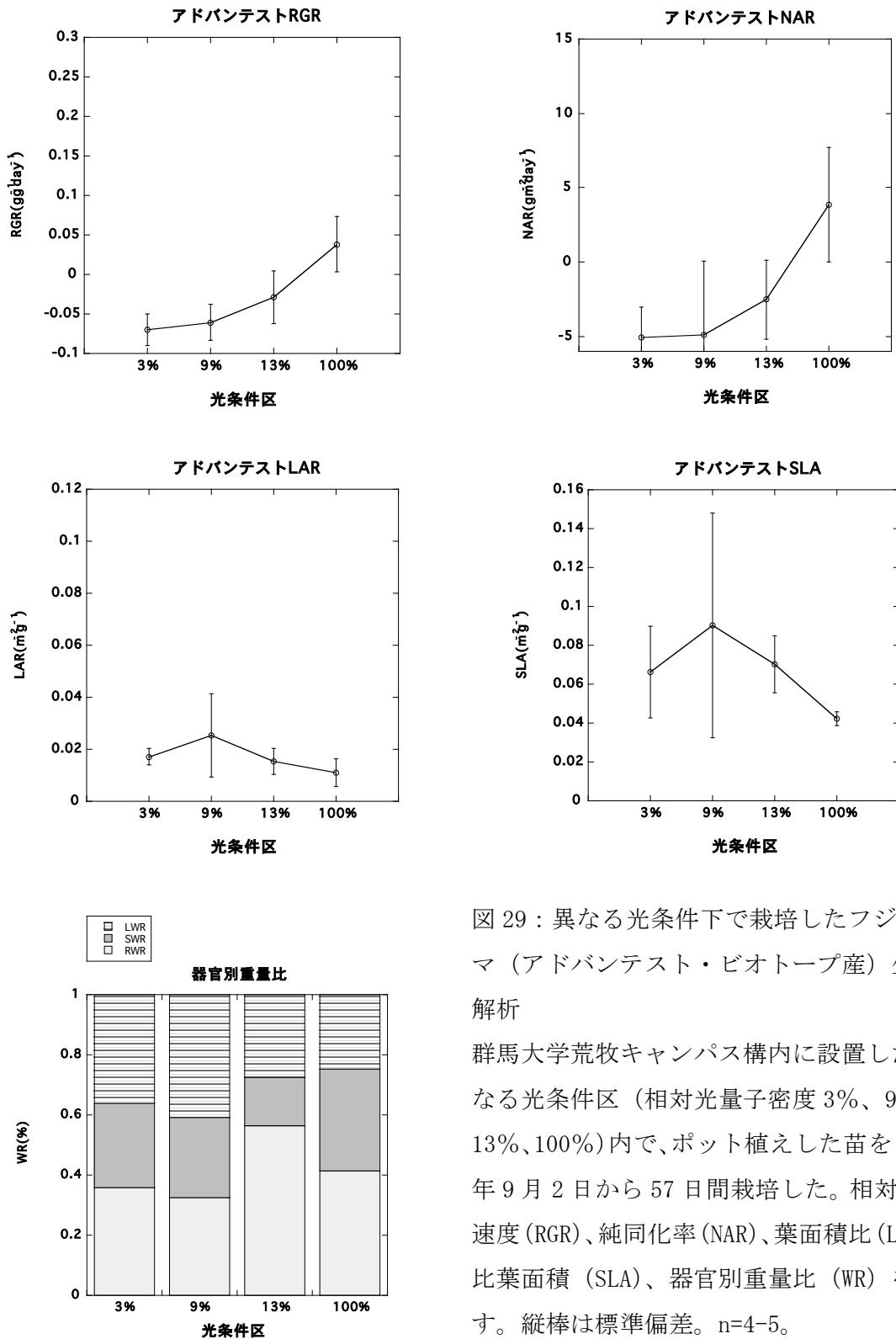
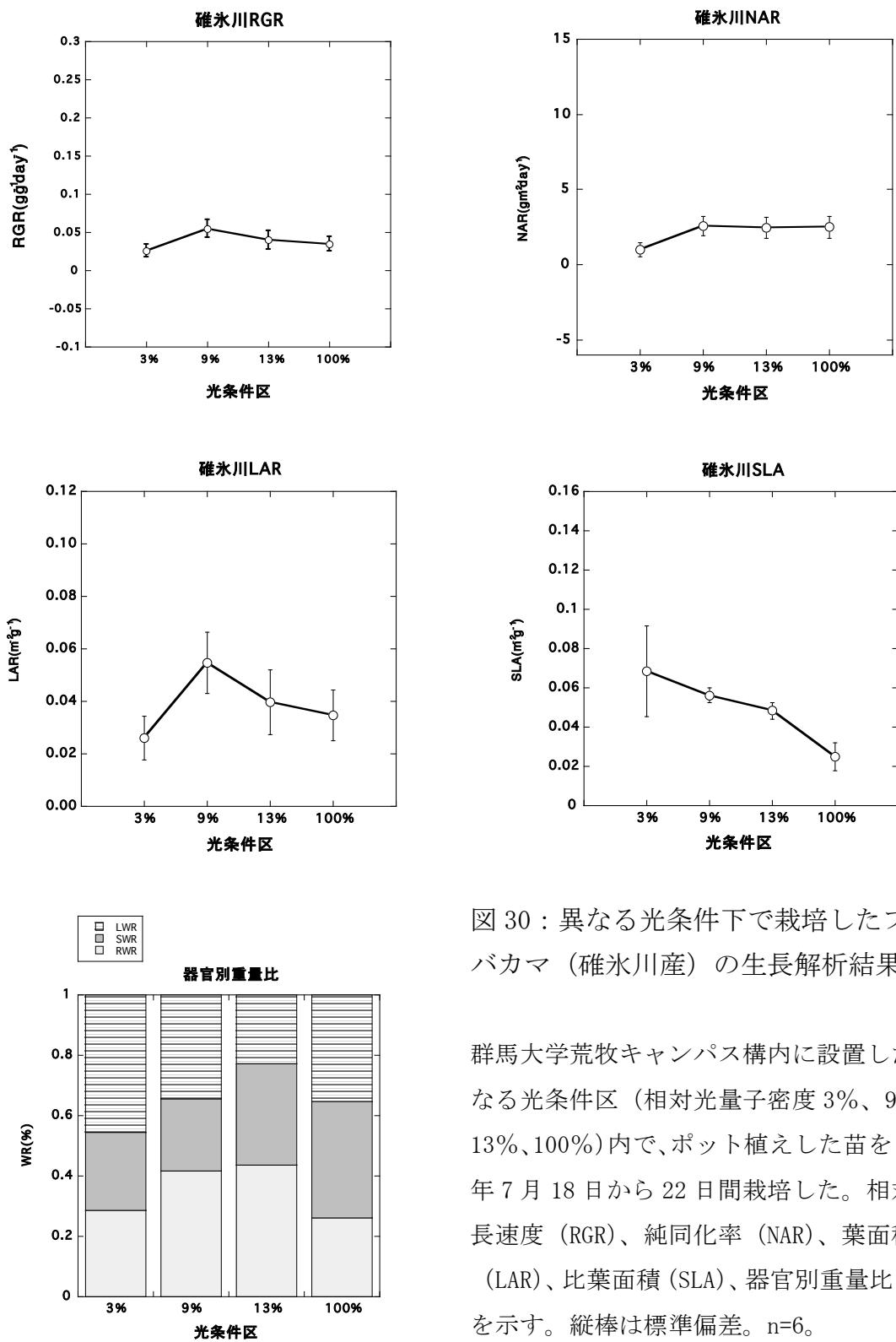


図 29：異なる光条件下で栽培したフジバカラマ（アドバンテスト・ビオトープ産）生長解析

群馬大学荒牧キャンパス構内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、ポット植えした苗を 2019 年 9 月 2 日から 57 日間栽培した。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=4-5。



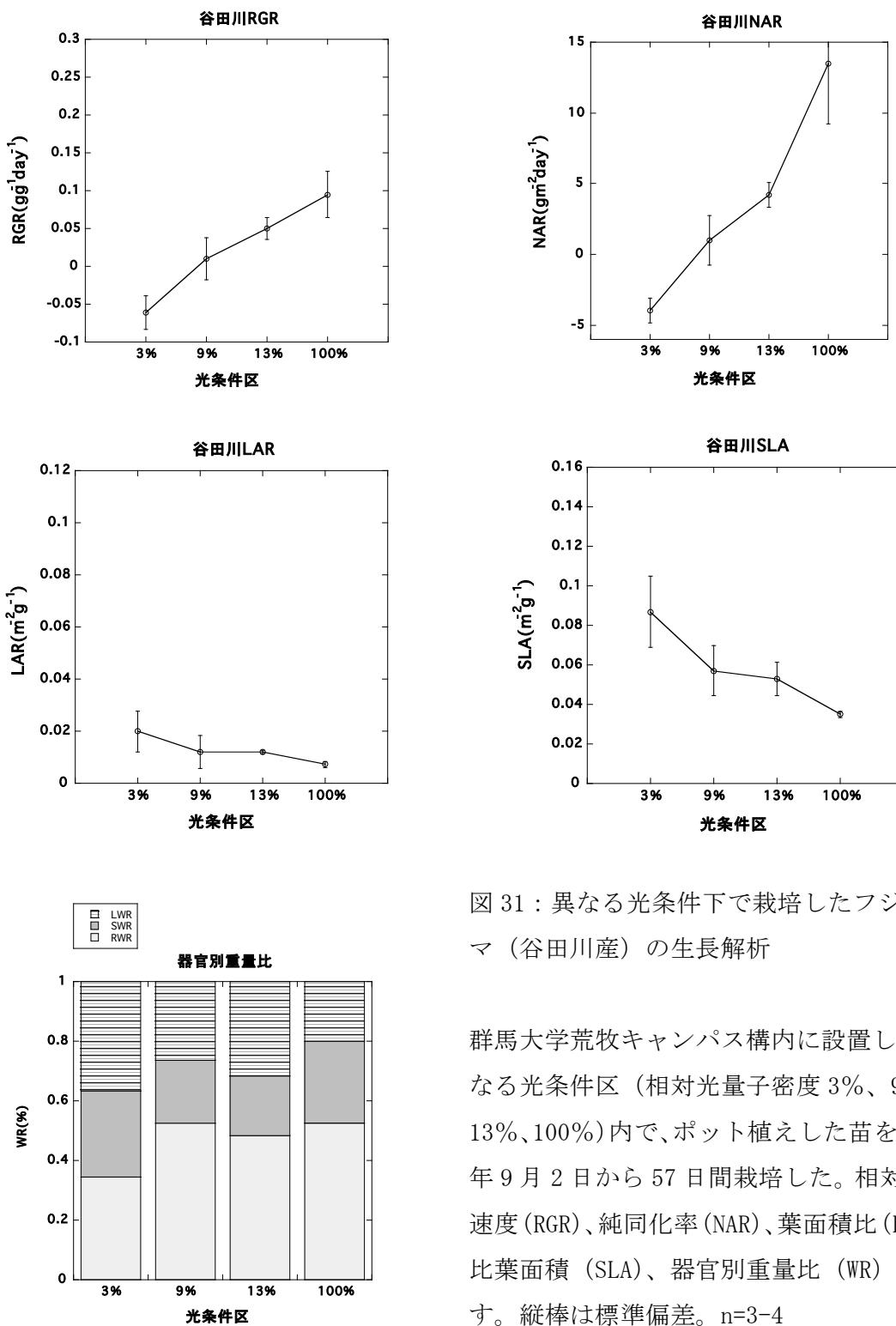


図 31：異なる光条件下で栽培したフジバカラマ（谷田川産）の生長解析

群馬大学荒牧キャンパス構内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、ポット植えした苗を 2019 年 9 月 2 日から 57 日間栽培した。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=3-4

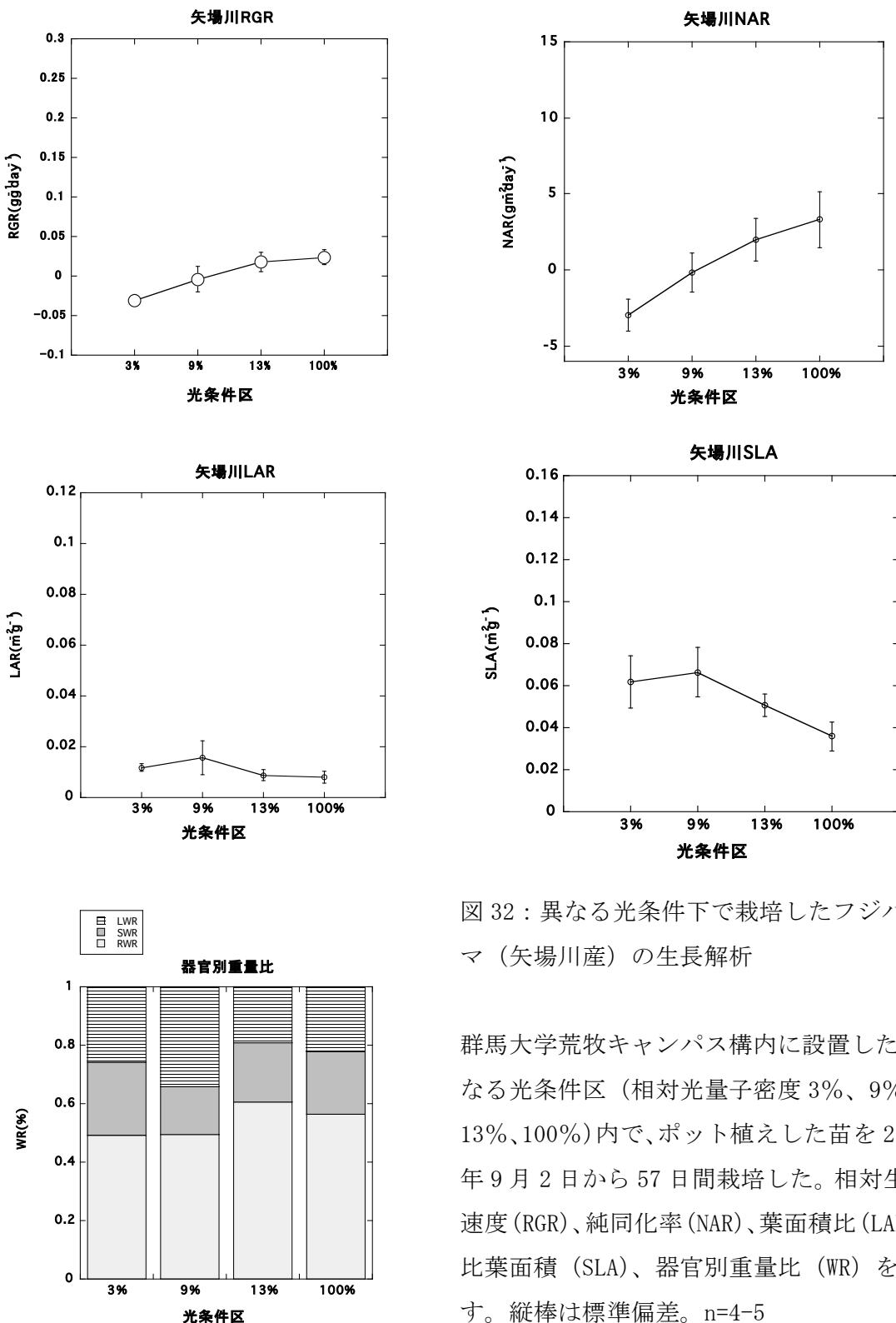


図 32：異なる光条件下で栽培したフジバカラマ（矢場川産）の生長解析

群馬大学荒牧キャンパス構内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、ポット植えした苗を 2019 年 9 月 2 日から 57 日間栽培した。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=4-5

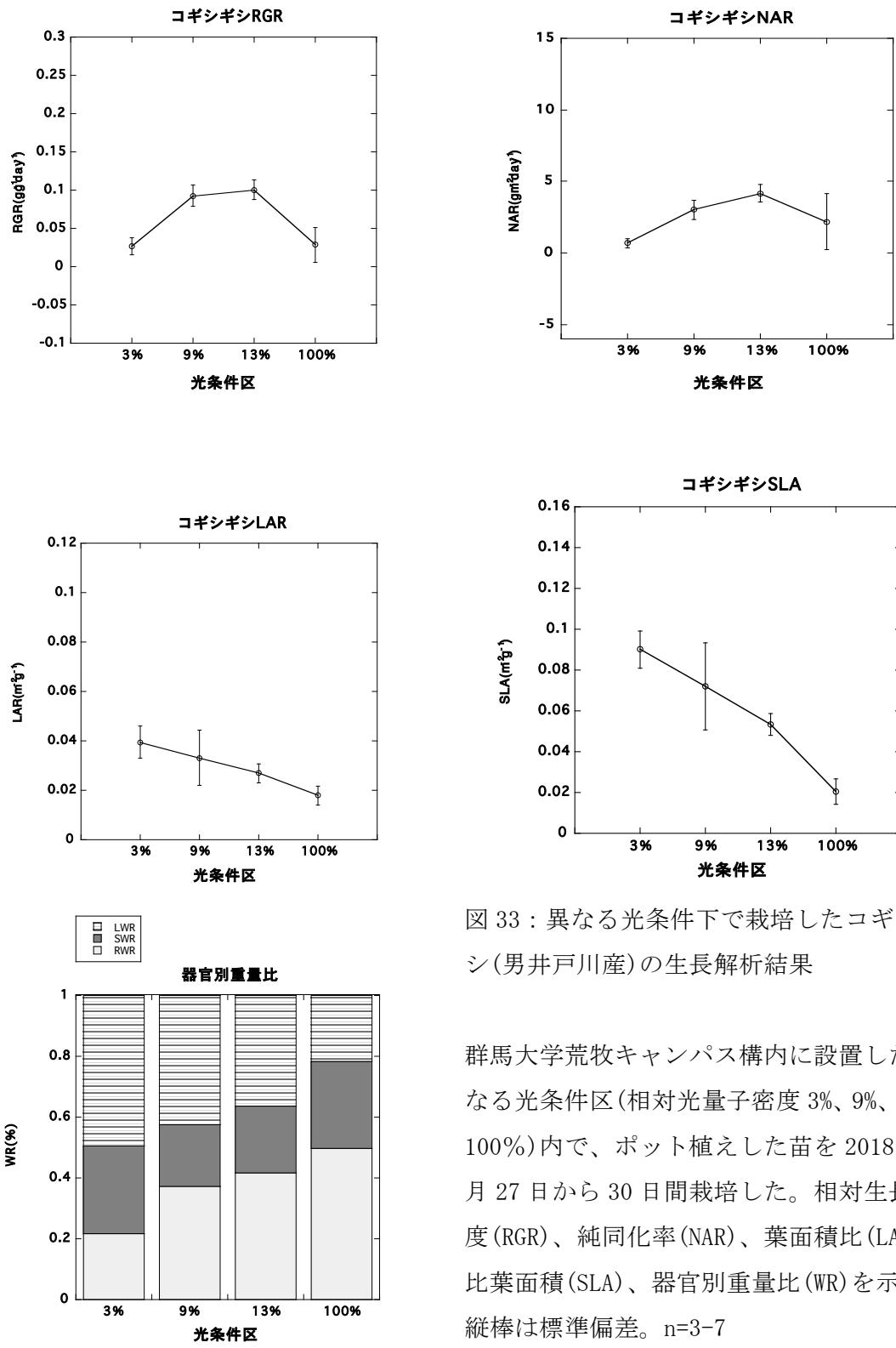


図 33：異なる光条件下で栽培したコギシギシ(男井戸川産)の生長解析結果

群馬大学荒牧キャンパス構内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、ポット植えした苗を 2018 年 6 月 27 日から 30 日間栽培した。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。 $n=3-7$

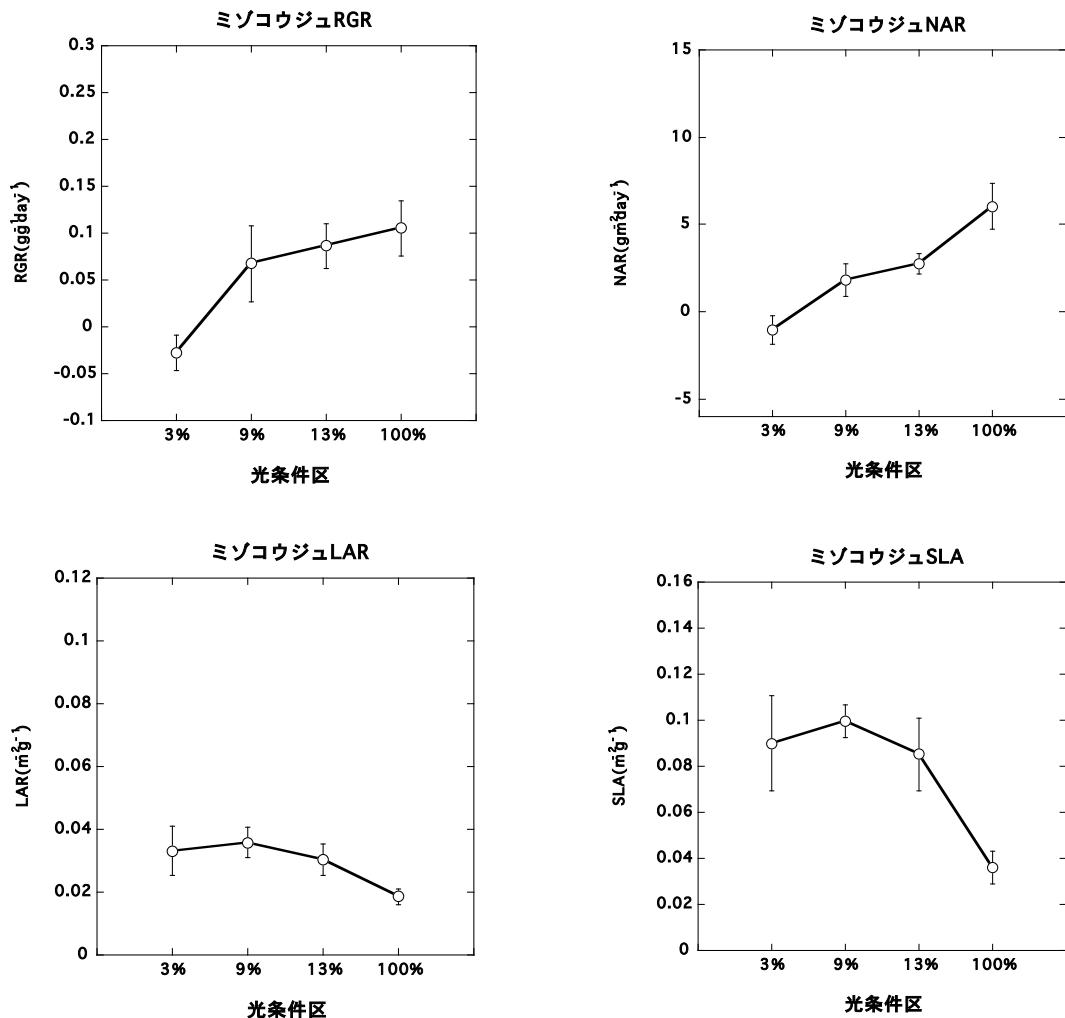
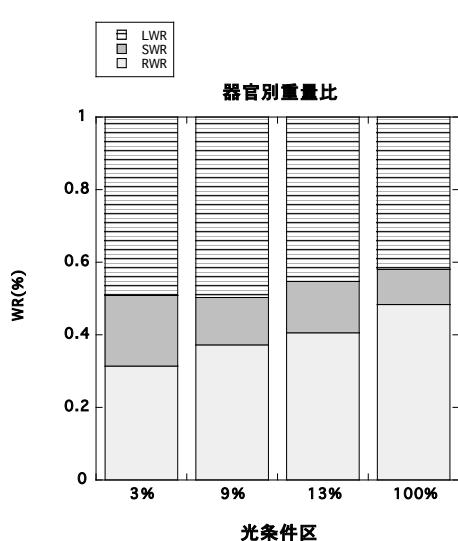


図 34：異なる光条件下で栽培したミゾコウジュ（観音山公園産）の生長解析



群馬大学荒牧キャンパス構内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、ポット植えした苗を 2019 年 9 月 2 日から 57 日間栽培した。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=5-6

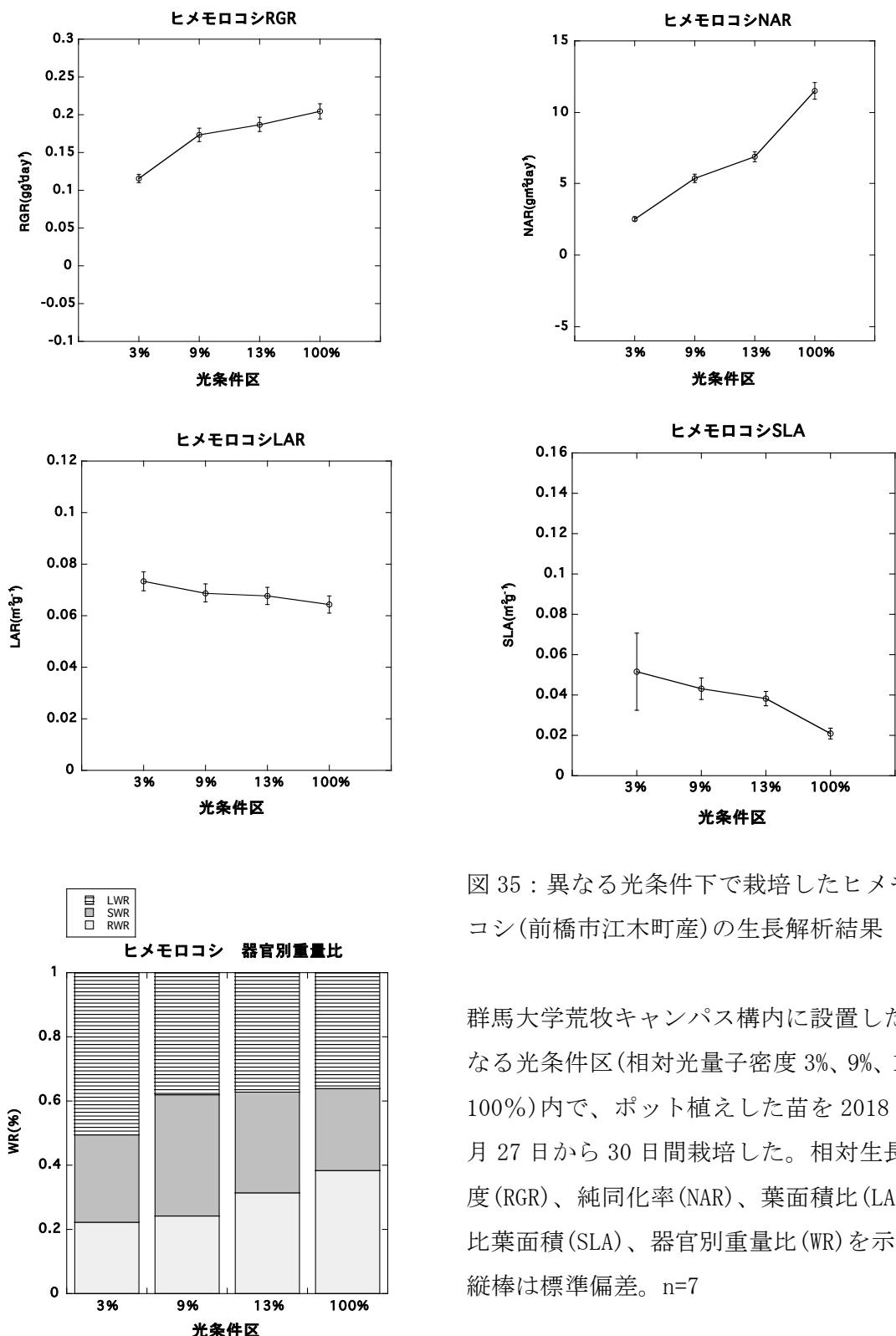
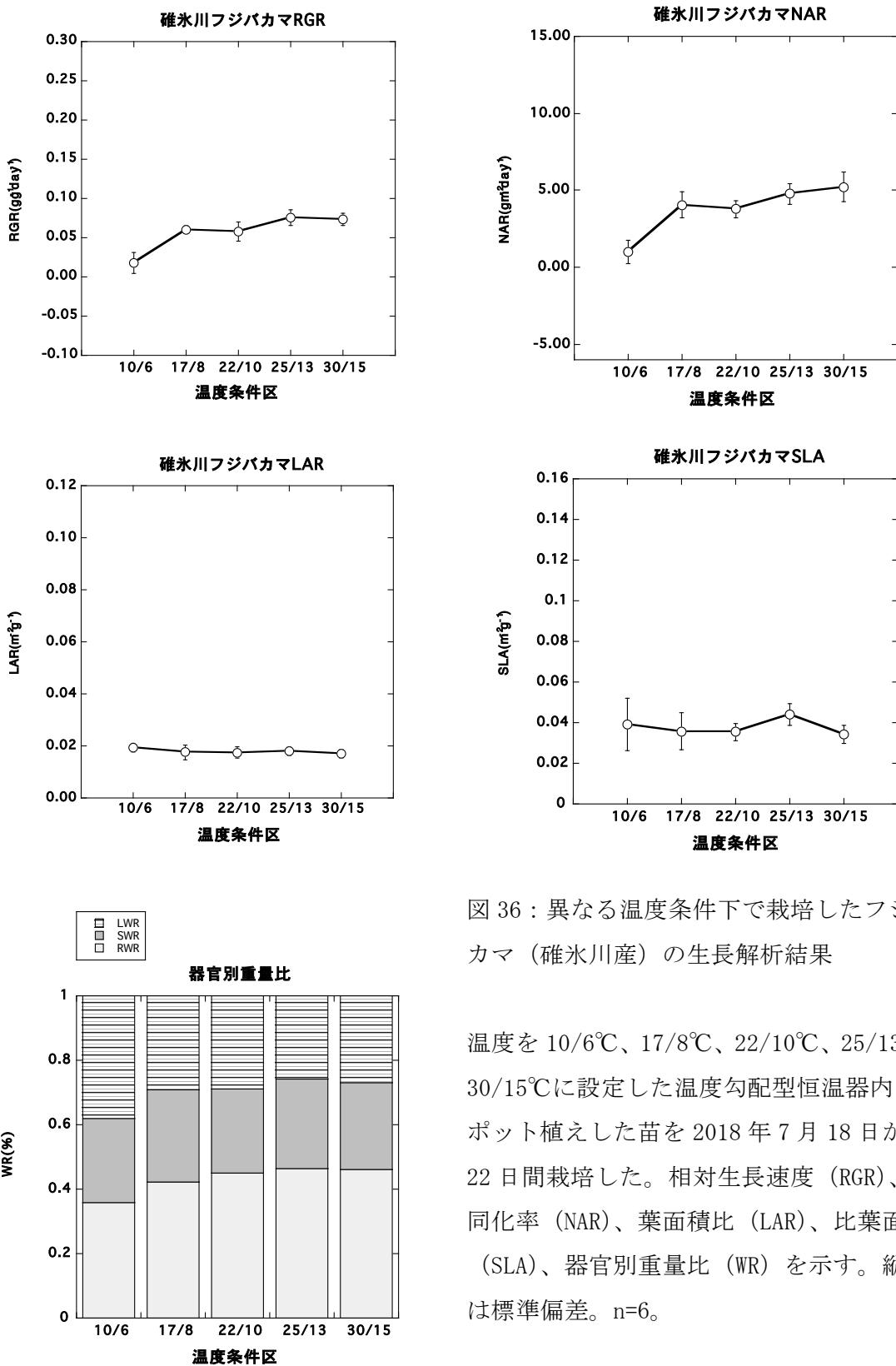
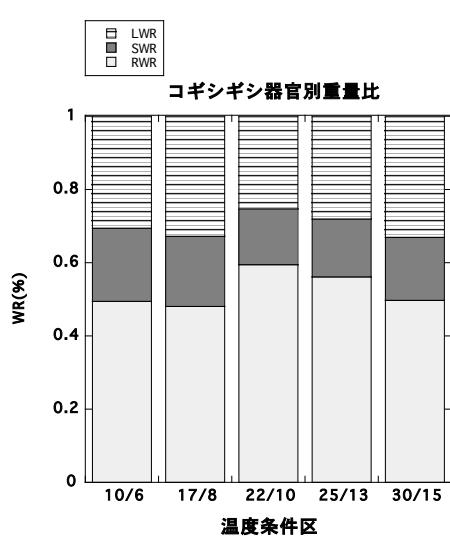
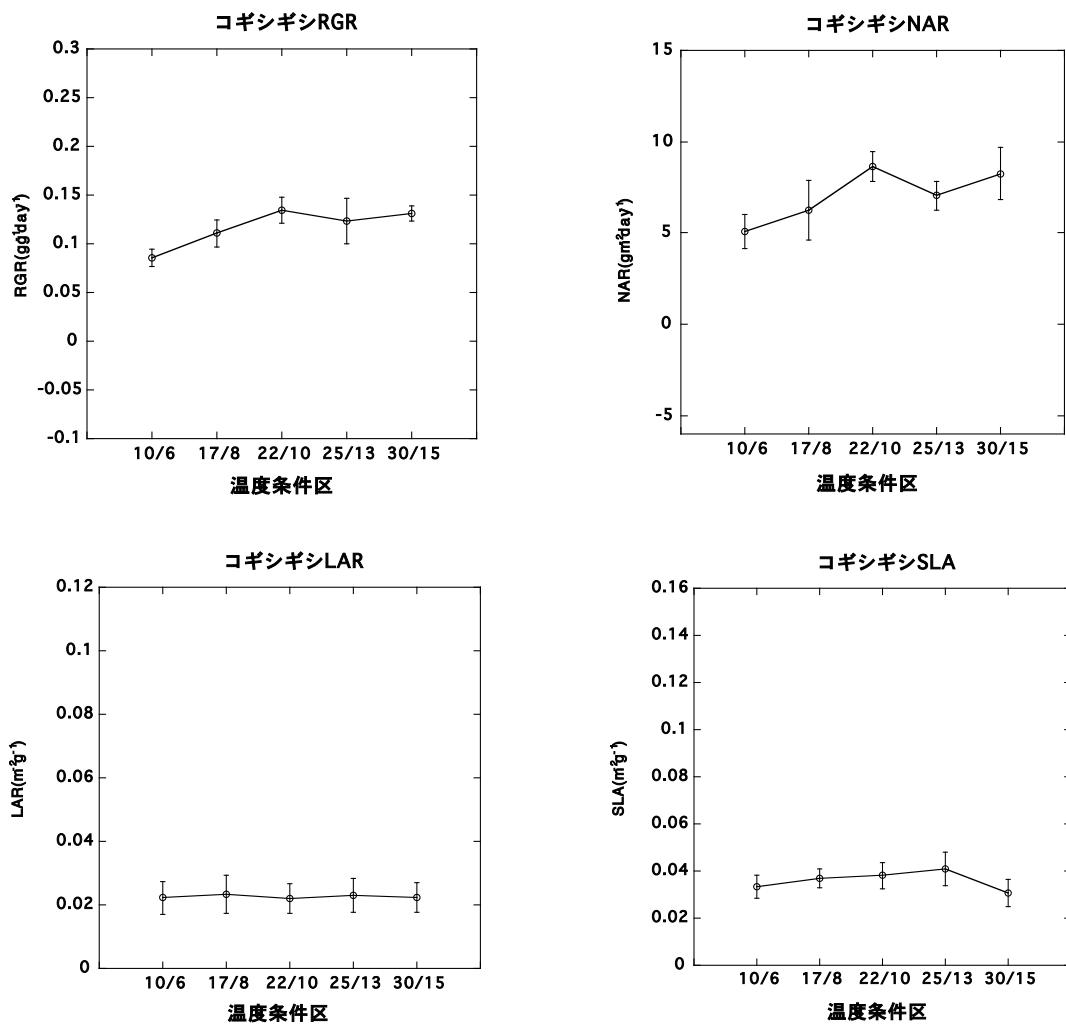


図 35：異なる光条件下で栽培したヒメモロコシ(前橋市江木町産)の生長解析結果

群馬大学荒牧キャンパス構内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、ポット植えした苗を 2018 年 6 月 27 日から 30 日間栽培した。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=7





図：異なる温度条件下で栽培したコギシギシ(男井戸川産)の生長解析結果

温度を 10/6°C、17/8°C、22/10°C、25/13°C、30/15°Cに設置した温度勾配型恒温器内で、それぞれにポット植えした苗を入れて 2018 年 6 月 27 日から 30 日間栽培した。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=7

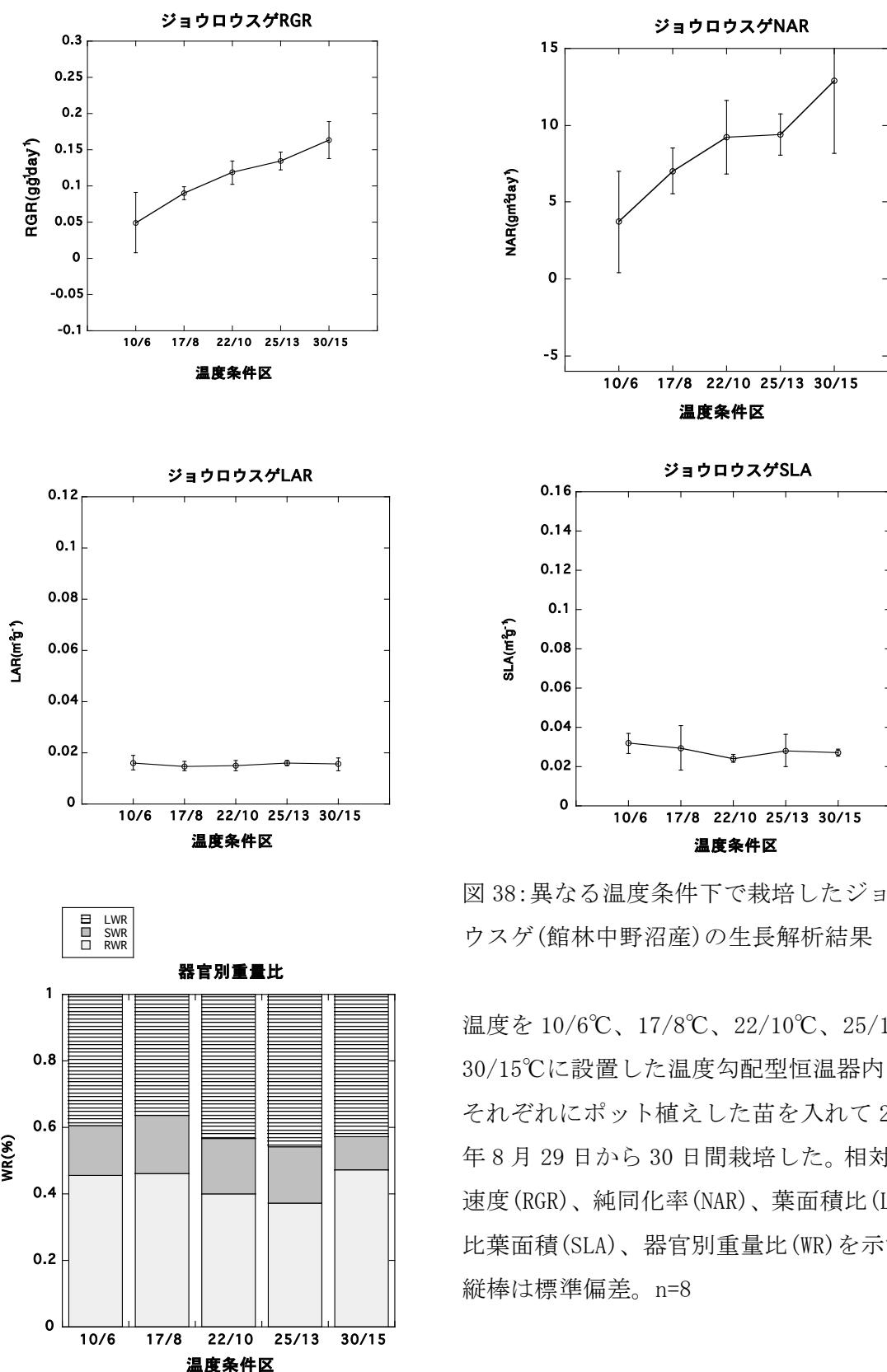
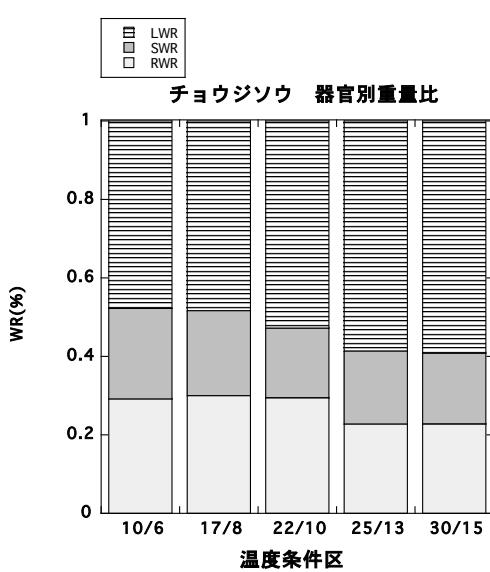
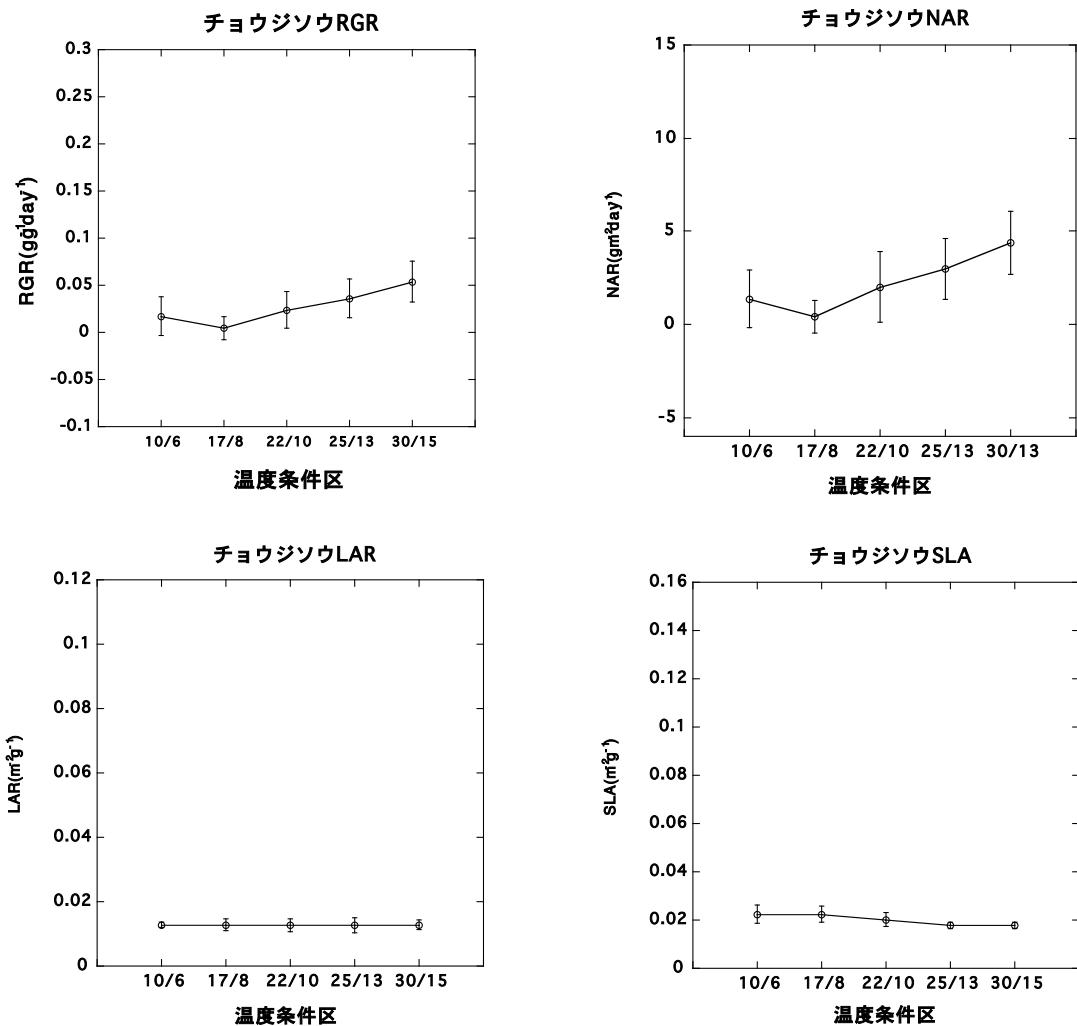


図 38: 異なる温度条件下で栽培したジョウロウスゲ(館林中野沼産)の生長解析結果

温度を 10/6°C、17/8°C、22/10°C、25/13°C、30/15°C に設置した温度勾配型恒温器内で、それぞれにポット植えした苗を入れて 2018 年 8 月 29 日から 30 日間栽培した。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=8



図：異なる温度条件下で栽培したチョウジソウ(館林市産)の生長解析結果

温度を 10/6°C、17/8°C、22/10°C、25/13°C、30/15°Cに設置した温度勾配型恒温器内で、それぞれにポット植えした苗を入れて 2019 年 1 月 8 日から 30 日間栽培した。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=5