

BULLETIN OF JAPAN ASSOCIATION OF BOTANICAL GARDENS

日本植物園協会誌

Feb.2023

第 57 号

令和5年2月



公益社団法人 日本植物園協会

Japan Association of Botanical Gardens Tokyo, Japan

未来を想え

Imagine the future

会長 西川 綾子

President Ayako NISHIKAWA

令和4年度の総会で会長に選任され、初の女性の会長となりました。皆様のご期待に添えるかと身の引き締まる思いですが、会員の皆さまをはじめ関係するすべての方々のお力添えなくして、この職責を全うすることはできません。ご支援ご鞭撻のほどを心からお願い申し上げる次第です。

当会は昭和22年（1947年）に創設された任意団体日本植物園協会を礎に、昭和41年に社団法人日本植物園協会として発足、平成25年に公益社団法人に移行し、80年近い歴史があります。

近年は「ふるさとの植物を守ろう」をスローガンに、「植物多様性の保全活動」「ナショナルコレクション制度」などを行なっています。昨年のナショナルコレクションには一般からも認定希望があり事業の広まりを感じるだけでなく、「日本で栽培される貴重な植物を守り、後世に伝えたい」と専門誌で紹介されるなど、今後のさらなる活性化を目指したい事業に成長しています。

一方、わが国でも2020年1月から始まった新型コロナウイルス感染症流行に伴い、大会・総会の対面での実施が難しい中、感染予防対策を徹底し、参加者数の限定や記念撮影、意見交換会は行なわないなど工夫を凝らし、昨年5月17日から19日に内藤記念くすり博物館附属薬用植物園が開催担当園で、第57回大会・総会が実施され、秋篠宮総裁によるご臨席・お言葉をいただき、翌日の研究発表にもご臨席いただきました。準備と実施に携わった皆様に心から感謝申し上げます。

そして今年は前期のNHK連続テレビ小説が、日本の植物分類学の父と言われる牧野富太郎先生をモデルにした「らんまん」に決まり、高知県立牧野植物園を中心に各地の会員園で牧野先生にちなんだ事業が展開されることでしょう。牧野先生の魅力がテレビを見た子どもたちを各植物園に導いてくださると信じ、植物園を未来につなげるチャンスととらえています。

私ごとで恐縮ですが、大学時代は筑波山の植物観察から始まり、「日本植物友の会」に入会して本田正次先生のご指導をいただける「川原湯温泉の植物観察会」などに参加していました。マタタビの名前の由来などを直接伺うことができたのは宝物のような思い出です。

本田先生は当会2代目の会長（1951年・昭和26年）で、20代目の会長になった私をご覧になったら何とおっしゃるでしょうか。ここに40年前の二人の写真を紹介させていただきます。

自分のような植物が大好きな子どもたちが増え、全国の植物園の活性化を図り、植物園を未来につなげる事業を進めていきたいと思います。



目次

— 巻頭言 —

未来を想え	1
西川 綾子	

— 研究論文 —

筑波実験植物園におけるカンアオイの根腐れ原因の調査	7
筒井 杏子・高木 理江・二階堂 太郎・ 升屋 勇人・奥山 雄大・細矢 剛	
<i>Ephedra equisetina</i> の栽培研究 (I)	14
中野 美央・井櫻 晶・中根 孝久・ 川端 良子・Jollibekov Berdiyev・ Ivan Ivanovich Maltsev・高野 昭人	
北海道地方における薬用植物トウキの採種に関する検討	25
佐々木 聡子・佐々木 陽平	
薬用植物センキュウ根茎の加熱条件による成分変化	34
安藤 広和・梁 惠芬・佐々木 陽平	

— 調査報告 —

海洋博公園におけるエダウチヤガラ (ラン科) の野外播種試験	38
天野 正晴・川元 南緒・峯 弓華・ 徳原 憲・佐藤 裕之・辻田 有紀	
アオノリュウゼツランの開花記録と人工授粉の試み	43
中原 充・片岡 聡司・原田 尋子	
微酸性化水の灌水による温室植物の葉色の改善について	47
志内 利明	
デンブンの観察 (植物園における教育プログラムとして)	55
近藤 真由菜・酒井 英二	

— 事例報告 —

白馬岳の絶滅危惧種の域外保全 —種子による栽培から開花・結実まで—	60
坪井 勇人・村井 良徳・尾関 雅章	
北海道大学植物園におけるヒダカソウ <i>Callianthemum miyabeana</i> 生息域外保全の10年間 (2011~2020年) の成果	66
永谷 工・稲川 博紀・高田 純子・西川 洋子・ 島村 崇志・陶山 佳久・水永 優紀・中村 剛	
武田薬品・京都薬用植物園におけるショクダイオオコンニャクの 連続開花ならびにこれまでの国内開花実績の報告	72
坪田 勝次・野崎 香樹	

海洋博公園熱帯ドリームセンターにおけるパルダリウムを用いた生息域外保全株の展示……………	81
砂川 愛子・稲田 幸太・端山 武・ 具志堅 江梨子・佐藤 裕之・ 阿部 篤志・天野 正晴	

短編映画『富山田んぼ物語』の制作による植物園での稲作の展示……………	87
東 義詔・志内 利明・川窪 伸光・中田 政司	

ネペンテス・トルンカータ（ウツボカズラ科）のギネス世界記録認定について……………	94
石田 均・土居 寛文・樽尾 好昭	

—— 実用記事 ——

神代植物公園植物多様性センターにおけるSDGsの取り組み……………	96
田中 利彦・山内 実可子	

高山植物栽培の技術開発：挿し芽による絶滅危惧種キタダケヨモギとチシマツメクサの増殖例……………	101
村井 良徳・坪井 勇人・風間 勇児・ 高木 理江・二階堂 太郎・尾関 雅章	

筑波実験植物園のクレマチス栽培における暑さ対策……………	103
大内 哲郎・二階堂 太郎・村井 良徳	

—— 開花記録 ——

東南植物楽園におけるザーバオバブ（アオイ科）の屋外開花……………	105
仲井間 歩	

オツテリア・メセンテリウム（トチカガミ科）の開花……………	108
渡邊 嘉人・二階堂 太郎・田中 法生	

—— 協会報告 ——

2021年～2022年認定日本植物園協会ナショナルコレクション……………	111
ナショナルコレクション委員会	

—— 第57回大会 ——

研究発表要旨……………	115
-------------	-----

【表紙写真】

小田急山のホテル 庭園のツツジ（小田急電鉄株式会社）

日本植物園協会ナショナルコレクション認定第10号（2022年3月14日認定）

1911年に建築された三菱財閥4代目総帥岩崎小彌太男爵の別邸に由来する庭園で100年に渡って管理されてきたツツジのコレクション。江戸時代に作出された古品種を含む84種類があり、大刈り込みされた株は樹高3m以上の大きさに成長している。芦ノ湖や富士山の周囲の景観も美しく、5月の開花期には多くの来園者で賑わう。

（本号111-113ページ 撮影：小田急 山のホテル）

BULLETIN OF JAPAN ASSOCIATION OF BOTANICAL GARDENS No.57 Feb. 2023

CONTENTS

Imagine the future	1
Ayako NISHIKAWA	
- Original Paper -	
Investigation of the cause of root rot of <i>Asarum</i> spp. in Tsukuba Botanical Garden	7
Kyoko TSUTSUI, Rie TAKAGI, Taro NIKAIDO, Hayato MASUYA, Yudai OKUYAMA, Tsuyoshi HOSOYA	
Research on <i>Ephedra equisetina</i> cultivation (I)	14
Mio NAKANO, Akira IZAKURA, Takahisa NAKANE, Yoshiko KAWABATA, Jolibekov BERDIYAR, Ivan Ivanovich MALTSEV, Akihito TAKANO	
Study on seed production of medicinal plant <i>Angelica acutiloba</i> suitable in Hokkaido	25
Satoko SASAKI, Yohei SASAKI	
Study on the changes in the compounds of the medicinal plant <i>Cnidium officinale</i> rhizomes under various heating conditions	34
Hirokazu ANDO, Fuifen LIANG, Yohei SASAKI	
- Research Report -	
<i>In situ</i> seed sowing experiment of <i>Eulophia graminea</i> (Orchidaceae) in Ocean Expo Park, Okinawa	38
Masaharu AMANO, Nao KAWAMOTO, Yumika MINE, Ken TOKUHARA, Hiroyuki SATO, Yuki OGURA-TSUJITA	
Flowering record of <i>Agave americana</i> and attempts at artificial pollination	43
Mitsuru NAKAHARA, Satoshi KATAOKA, Hiroko HARADA	
Leaf color recovering of greenhouse plants by watering with slightly acidified water	47
Toshiaki SHIUCHI	
The observation of starch (As an educational program in Botanical Garden)	55
Mayuna KONDO, Eiji SAKAI	
- Case Report -	
<i>Ex situ</i> conservation of endangered species in Mt. Shirouma from seed cultivation to flowering and fruiting	60
Hayto TSUBOI, Yoshinori MURAI, Masaaki OZEKI	
Achievements of 10years (2011-2020) of <i>Ex-situ</i> conservation of <i>Callianthemum miyabeanum</i> at Botanic Garden, Hokkaido University	66
Koh NAGATANI, Hironori INAGAWA, Junko TAKADA, Yoko NISHIKAWA, Takashi SHIMAMURA, Yoshihisa SUYAMA, Yuki MIZUNAGA, Koh NAKAMURA	

Continuous flowering of <i>Amorphophallus titanum</i> in Takeda Garden for Medicinal Plant Conservation, Kyoto and a report of flowering results in Japan	72
Katusji TSUBOTA, Koju NOZAKI	
Showcase an exhibition of <i>Ex situ</i> plants using paludarium method, in Tropical Dream Center, Ocean EXPO Park, Japan	81
Aiko SUNAGAWA, Kota INADA, Takeshi HAYAMA, Eriko GUSHIKEN, Hiroyuki SATO, Atsushi ABE, Masaharu AMANO	
Production and screening of the short film “Toyama TAMBO Story”, as a new exhibition method on the theme of rice farming	87
Yoshitsugu AZUMA, Toshiaki SHIUCHI, Nobumitsu KAWAKUBO, Masashi NAKATA	
Guinness World Records Certification for <i>Nepenthes truncata</i> (Nepenthaceae)	94
Hitoshi ISHIDA, Hirofumi DOI, Yoshiaki TARUO	
- Topics -	
SDGs efforts of The Center for Plant Diversity of Jindai Botanical Gardens	96
Toshihiko TANAKA, Mikako YAMAUCHI	
Development of technology for alpine plant cultivation: Propagation of endangered species, <i>Artemisia kitadakensis</i> (Asteraceae) and <i>Sagina saginoides</i> (Caryophyllaceae) by cutting	101
Yoshinori MURAI, Hayato TSUBOI, Yuji KAZAMA, Rie TAKAGI, Taro NIKAIDO, Masaaki OZEKI	
Heat management in cultivation of <i>Clematis</i> at Tsukuba Botanical Garden	103
Tetsuo OUCHI, Taro NIKAIDO, Yoshinori MURAI	
- Flowering Report -	
The outdoor flowering of <i>Adansonia za</i> (Malvaceae) in the Southeast Botanical Garden	105
Ayumi NAKAIMA	
The flowering of <i>Ottelia mesenterium</i> (Hydrocharitaceae) in Tsukuba Botanical Garden	108
Yoshito WATANABE, Taro NIKAIDO, Norio TANAKA	
- JABG Report -	
Introduction to the JABG National Plant Collection certificated in 2021-2022	111
National Plant Collection Committee	
- Abstracts presented at the 57th Annual Meeting 2022 -	115

筑波実験植物園におけるカンアオイの根腐れ原因の調査

Investigation of the cause of root rot of *Asarum* spp. in Tsukuba Botanical Garden

筒井 杏子¹ * · 高木 理江² · 二階堂 太郎² · 升屋 勇人³ · 奥山 雄大² · 細矢 剛²
Kyoko TSUTSUI¹ * , Rie TAKAGI², Taro NIKAIDO²,
Hayato MASUYA³, Yudai OKUYAMA², Tsuyoshi HOSOYA²

¹筑波大学生命地球科学研究科 · ²国立科学博物館筑波実験植物園 · ³森林総合研究所

¹Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba,

²Tsukuba Botanical Garden, National Museum of Nature and Science,

³Forestry and Forest Products Research Institute

要約：筑波実験植物園では、カンアオイを植物の適応進化や種分化を理解するための重要な研究材料として収集し、維持管理している。近年、これら鉢植え株の多くで葉の萎凋と根の壊死が見られ、保有株の維持が危ぶまれている。変色根から組織を分離し、原因を調査したところ、*Ilyonectria liriodendri*が検出された。そこで真菌を対象とした低灌水量あるいはそれに加えた薬剤処方を行った結果、衰弱したカンアオイの生育が著しく改善された。また、分離された菌を用いて健全植物への接種試験を行った結果、病徴が再現され、供試苗の変色根から接種菌が再分離された。したがって、本病害は*I. liriodendri*を病原とする根腐れであることが明らかになった。

キーワード：*Ilyonectria liriodendri*、カンアオイ、栽培、植物園、接種試験、低灌水量管理

SUMMARY: *Asarum* spp. is collected and maintained in Tsukuba Botanical Garden as an important research material to understand the adaptive evolution and speciation of plants. In recent years, leaf wilt and root rot have been observed in many of these potted plants. Application of low irrigation management or low irrigation management with fungicide resulted in a marked improvement in the growth of the declining *Asarum* spp. *Ilyonectria liriodendri* was detected from the discolored roots of the diseased plants. Inoculation tests showed the same symptoms and the disease was determined as the root rot caused by *Ilyonectria liriodendri*.

Key words: *Asarum* spp., botanical garden, cultivation, *Ilyonectria liriodendri*, inoculation test, low irrigation management

ウマノスズクサ科カンアオイ属は、花の大きさ、形、色、香りなどの形質は非常に多様であり (Azuma *et al.* 2010、Kakishima & Okuyama 2018)、多くの生物学者の関心を集めてきた (例: Peattie 1940、Wildman 1950、日浦 1978、Lu 1982、Tanaka & Yahara 1987、菅原 1998、Mesler & Lu 1993)。世界 (日本、台湾、中国) に狭義のカンアオイ類 (カンアオイ属カンアオイ節) は62種存在するが、日本に分布する全50種のうち49種は日本固有であり、多様性の中心は東アジアにあるとされている (Huang 2003、Sugawara 2006、Okuyama *et al.* 2020)。そのため、筑波実験植物園では、植物の適応進化や種分化を理解するための重要な研究材料として、カンアオイ類を収集し、生体コレクションとして維持管理してきた (図1)。当園で保有



図1 各種カンアオイの栽培

Fig. 1 Cultivation of various species of *Asarum* spp.

* 〒305-8577 茨城県つくば市天王台1丁目1-1
Tennoudai 2-1-1, Tsukuba-shi, Ibaraki, 305-8577
s2130240@u.tsukuba.ac.jp

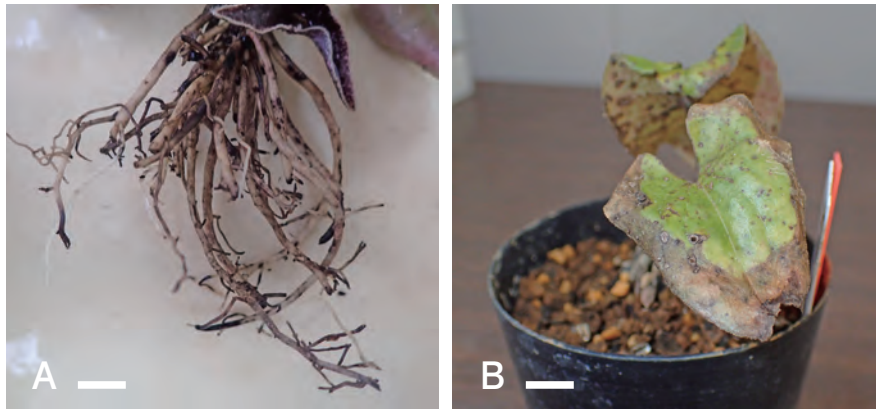


図2 カンアオイの病徴 A：根の壊死。B：葉の萎凋。各スケールバーは1cm。

Fig. 2 Symptom of a disease of *Asarum* spp. A : Root rot. B : Leaf wilting. Scale=1cm.

するカンアオイ 57種のうち、レッドリスト掲載種は7割以上を占める（環境省レッドリスト 2020）。種の多様性保全を組織の理念に掲げる当園では、カンアオイの育成は、研究材料としてのみならず、絶滅危惧種の生息域外保全（Mounce *et al.* 2017）という意味でも重要である。

近年、これら鉢植え株の多くの種で、根の壊死（図2A）と葉の萎凋（図2B）が見られた。罹患植物の根は部分的に黒く変色し脆い。新しい展葉と発根は見られず、緩やかに衰退・枯死するため、保有株の喪失が危惧された。

そこで本研究では、当園のカンアオイの保有株維持のため、根腐れに関与する病原を変色根組織から分離・同定し、得られた情報から薬剤の処方と栽培方法の改善を図った。また、分離菌を用いて、健全植物への接種試験を行い、本病害の原因菌を特定することを目的とした。

材料及び方法

1.1 菌の分離

筑波実験植物園で保有するカンアオイ全57種のうち、特に根腐れ症状が顕著であったオナガカンアオイ *A. minamitanianum* を菌の分離に供した。分離は2021年1月に行った。

罹患植物の根の土を丁寧に振り落とし、水道水で静かに洗い流した後、変色した根部を剪定した。根片を70%エタノールの中で1分間、2回よくすすいだ後、滅菌水中で1分間すすいでアルコールを洗い流した。清潔なキムタオルの上で30分乾燥させた後、70%エタノールで滅菌した剪定鋏を使って根の変色部を切り出し、縦に割き、外部と接触していなかった面を露出させた。火炎滅菌した彫刻刀で露出させた面からさらに小さい切片（2mm×2mm程度）を切り出し、2%麦芽エキス寒天培地（2% MA：麦芽エキス20g、寒天15g、蒸留水1L）に置床し、20℃の室内で2週間培養した。

培地からは2種のコロニーが出現したが、今回はいずれの培地からも共通して高頻度に出現した1種のコロニーを病害に関連する菌（以下、病害関連菌）と推定し、ポテトデキストロース寒天培地（PDA：BD Difco製39g、蒸留水1L）上に単離し、バクテリア除去の目的でスカーマン式マイクロマニプレータを用いて単一胞子株FC-10551～10554の4株を得た。FC-10551については、PDA上で培養したものを証拠標本TNS-F-99357として保存した。この菌株をプレート中央に一点接種し、25℃で10日間培養し、コロニー性状および微小形態の観察に供し、同定した。色調の表現はKornerup & Wanscher (1978)に従った。

1.2 培養とDNA抽出

菌株を2%麦芽エキス培地（2% MEB：麦芽エキス20g、蒸留水1L）2mlに接種し、25℃、暗黒下で1週間培養した後、菌糸を採取し、2ml丸底チューブに入れて凍結乾燥した。菌体はQiagen Tissue Lyser（Qiagen, Venlo, The Netherlands）で破碎し、800μlのCTABバッファー（2% CTAB, 100mM Tris pH 8, 20mM EDTA, 1.4M NaCl）中で、65℃で60分間インキュベートした後、クロロホルム/イソアミルアルコール混合溶媒（24:1）を用いてタンパク質を除去した。この上清をさらに1mlの6Mヨウ素ナトリウムバッファー（6M NaI, 50mM Tris pH8, 10mM EDTA, 0.1M Na₂SO₃）とガラスミルクで処理後、ローテーターで1時間以上攪拌し、12,000rpmで15分間遠心分離して沈殿物を回収した。沈殿物を15分、1000μlのエタノール/緩衝液で洗浄（80% EtOH, 10mM Tris pH 8, 1mM EDTA）し、120μlのTE pH 8緩衝液（Tris-EDTA buffer, Wako, Japan）で溶出した。抽出されたDNAサンプルは、国立科学博物館生物多様性研究センターに保存した。

1.3 バーコード配列の取得とBLAST検索

プライマーペアITS1FとITS4 (White *et al.* 1990) を用いたポリメラーゼ連鎖反応 (PCR) により、菌類の種の判別に一般的に用いられるITS-5.8S領域 (以下、ITS領域) を増幅した。PCRの反応液組成は、抽出DNA 1 μ l、蒸留水 3.5ml、EmeraldAmp PCR MasterMix (Takara Bio Inc., Shiga, Japan) 5 μ l、各プライマー (10 μ M) 0.25 μ l。PCRのプロトコルは以下の通りである。：初期変性 (94 $^{\circ}$ C、3分)、伸長サイクル (35サイクル:94 $^{\circ}$ C 35秒、51 $^{\circ}$ C 30秒、72 $^{\circ}$ C 60秒)、最終伸長 (72 $^{\circ}$ C 10分)。増幅されたPCR産物はExoSAP-IT (Thermo Fisher Scientific, Waltham, USA) で精製した。シークエンスにはABI PRISM 3130xl Genetic Analyzer (Applied Biosystems Inc., Norwalk, CT, USA) を用い、得られた配列はソフトウェアATGC version 7.0.3 (Genetyx, Tokyo, Japan) を用いてアセンブルしBasic Local Alignment Search Tool (BLAST) 検索に供した。

1.4 薬剤の処方と灌水頻度の調整

同症状の衰弱個体6苗に対し、菌が繁殖しにくい環境を得るため、植物が乾害の兆候を示し、葉が下垂するまで灌水しない対策 (図3) を行った。うち、3苗については病害関連菌の殺菌に有効と考えられるペノミル剤 (Rego *et al.* 2005、Halleen *et al.* 2007) 1000倍希釈溶液に1カ月おきに2回、鉢ごと浸漬させた。対策開始から3カ月後に流水で根部の土を丁寧に洗い落とし、新しく発根した白い根の量を以下の基準で評価した。(++) 発根旺盛：根圏部全体で



図3 低灌水管理 葉が下垂するまで灌水を行わない管理。スケールバーは1cm。

Fig. 3 Low irrigation management Management without irrigation until leaves drop down. Scale=1cm.

変色のない新しい白い根が見られる、(+) 発根あり：根圏部の一部に変色のない新しい白い根が見られる、(-) 発根なし：新たな発根がなく、変色根のみ見られる。

1.5 接種試験による病原性の有無

購入したオナガカンアオイ *A. minamitanianum* 14苗 (直径7.5 cmのポット苗) を接種試験に用いた。

接種源には9 cmの平板培地 (PDA) 上で1週間培養した分離菌1菌株 (FC-10551) を用いた。平板培地上に20 mlの蒸留水を滴下し、葉さじで培地表面の菌糸体および胞子を掻きとり、懸濁液をビーカーに回収した。回収した懸濁液を蒸留水で5倍に希釈して100mlとし、これを1苗あたりの接種源とした (Rahman & Punja 2005、Probst 2011)。

土壌混和接種試験には、供試苗の各鉢内土壌に接種源を100mlずつ灌注した。対照区には同量の蒸留水を灌注した。接種区および対照区は各7苗とし、25 $^{\circ}$ C一定、湿度約80%、12時間毎に明期と暗期を設定した人工気象室内 (型番：TOMY CLE-305) で3カ月間生育を比較した。試験期間中は苗ごとに新たな展葉の有無を調査した。試験終了後、流水で根部の土壌を洗い落とし、新たな発根の有無を調べると共に、試験区ごとに苗の枯死率を調査した。症状のある苗の根部から1.1と同様の方法で菌の再分離を行った。

結果

2.1 分離株の菌学的性状

変色根部からの単一胞子分離によってFC-10551~10554の4株が得られたが、それらの形態には違いはなかったため、FC-10551のみを詳細に観察した。本菌の菌学的性状は次の通りである。FC-10551のPDA上のコロニーは6.5cm (25 $^{\circ}$ C 10日)。綿毛状で無色から褐色を帯びた菌糸が発達し、全体にCinnamon (6D6) からBrown (7E7)、裏面はBrown (7E7) (図4A)。分生子は基質上に発達した分生子柄から多数形成され、偽頭状のドロップを形成する。分生子柄は直立、単純~分岐し、先端に顕著なカラーをもつ針状のフィアライド (30-48 \times 2-3; 開口部でやや開き、カラーを有し、幅2 μ m) を備える (図4B-C)。分生子は、単細胞・楕円形5-10 \times 2.3-3.5 μ m (図4F) から3隔壁・円筒形あるいは基部にむかってやや細まった円筒状棍棒形25-45 \times 5-6 μ mまで多様、無色 (図4G-J)。平滑、やや厚壁で10-15 \times 8-14 μ mの褐色の球形細胞が1~数個 (多くは3個) 連続した厚壁胞子が節間および末端に形成される (図4D-E)。

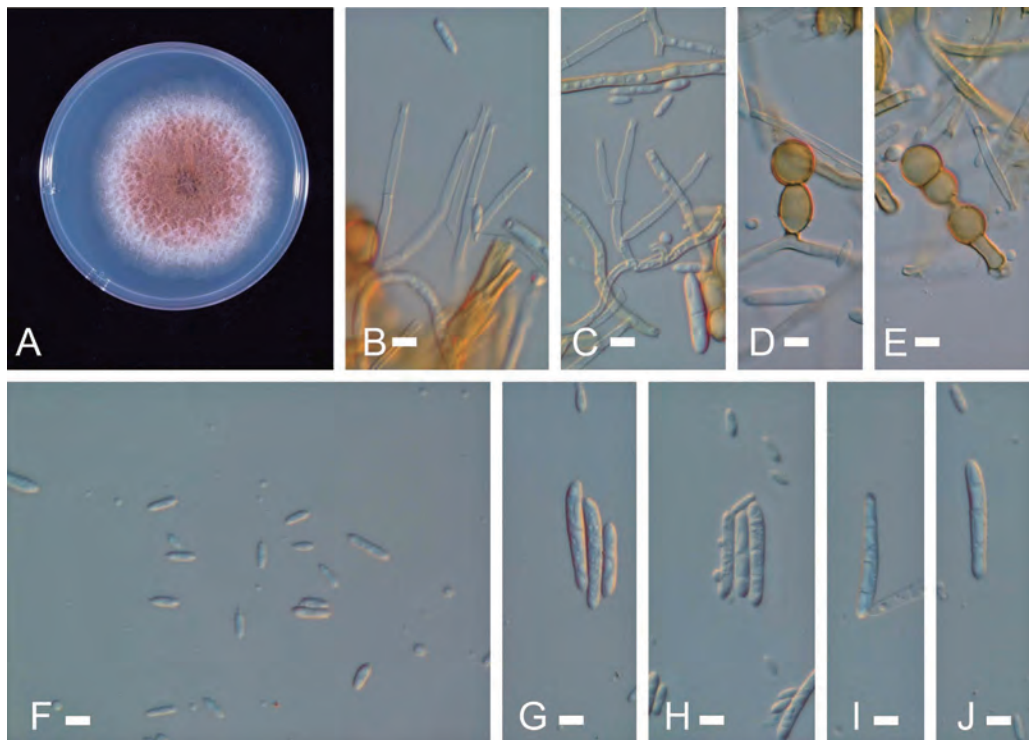


図4 分離株の菌学的性状 A: PDA上のコロニー (25℃, 10日)。B-C: 分生子柄およびフィアライド。D-E: 厚壁胞子。F: 単細胞の分生子。G-J: 3隔壁を有する分生子。各スケールバーは10μm。

Fig. 4 Characteristics of isolates A: Colony on PDA (25°C, 10 days). B-C: Conidiophores and phialides. D-E: Chlamydozooids. F: Aseptate conidia. G-J: Three-septate conidia. Scale=10μm.

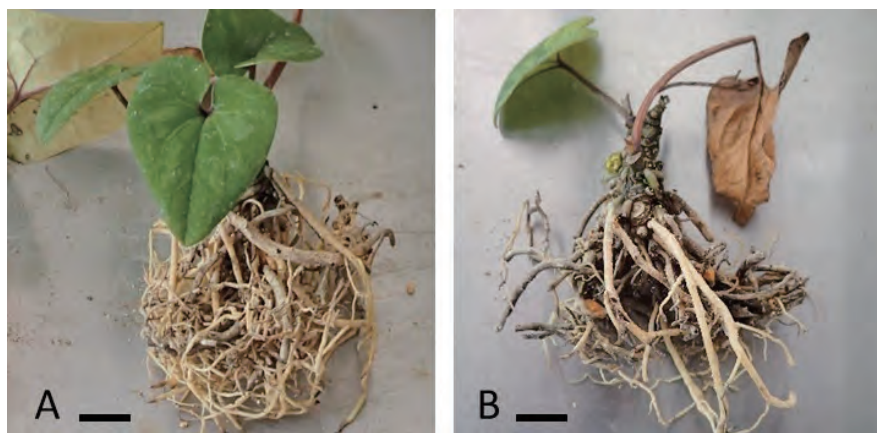


図5 対策後の供試苗の比較 A: 薬剤処理と低灌水管理の併用。B: 薬剤未処理・低灌水管理のみ。各スケールバーは1cm。

Fig. 5 Comparison of test seedlings after measures A: Fungicide treatment combined with low irrigation management. B: No fungicide treatment and low irrigation management. Scale=1cm.

2.2 BLAST検索の結果と菌の同定

得られたITS領域の配列は、FC-10551～10554ですべて同一であったため、FC-10551の配列のみLC733706としてDDBJに登録した。BLAST検索の結果、本菌のITS領域の配列は、*Ilyonectria liriodendri*と完全に合致した (E Value=0.0, Per. Ident=100.00%, Query Coverage=100%)。また、BLAST検索でヒットした上位5位はいずれも *I. liriodendri* で、それらの配列とも本菌の配列は完

全に一致した。

また、本菌の菌学的性状は、*I. liriodendri*のそれに一致した (Halleen *et al.* 2006)。よって、本菌を *I. liriodendri* と同定した。

2.3 薬剤の処方と灌水頻度の調整

低灌水・薬剤処理区では3苗中3苗とも発根は旺盛(++)と認められた (図5A)。低灌水・薬剤未処理区でも、3苗

中3苗とも一部に新たな発根(+)が見られた(図5B)。両区を比較すると低灌水・薬剤処理区でより旺盛な発根が観察された。発根なし(-)と評価された苗はなかった。

2.4 土壌混和接種試験

接種2か月後、対象区の7苗全てが健全だったのに対し、接種区では7苗全てに葉の萎凋と落葉が見られ、そのうち3苗が枯死した(図6)。対照区では全体的な根量が多く、細根も充実していたのに対し、接種区では新たに発根した白い根が見られず、黒く変色した根と脱落した根が多く観察された。また、地上部の成長の差も顕著であった。対照区では全体の葉の量が多く、全ての供試苗において接種後新たな展葉が見られたが、接種区ではいずれの葉の成長も緩慢であり、7苗中2苗のみで新たな展葉が見られた(表1)。枯死した根の変色部からは接種菌が再分離された。

考察

カンアオイの変色した根からは *Ilyonectria liriodendri* が高頻度に分離された。本菌を土壌混和法によりカンアオイに接種した結果、根の変色と葉の萎凋が認められた。また、病徴を示した根から *Ilyonectria liriodendri* が再分離された。これらのことから、本菌がカンアオイの根腐れの原因菌であることが明らかになった。

カンアオイの変色根から分離された本種は、Halleen *et al.* (2006) によって *Neonectria liriodendri* Halleen, Rego & Crous として新種記載されたものであり、既知のアナモルフ *Cylindrocarpon liriodendra* (MacDonald & Butler 1981) のテレオモルフである。その後の菌類の命名規約の変更や、分類学的研究によって新属 *Ilyonectria* が提唱された際に (Chaverri *et al.* 2011)、*Ilyonectria liriodendri* (Halleen *et al.*) P. Chaverri & C. Salgado として組み換えられ、現在の学名は *I. liriodendri* となった。本種が所属

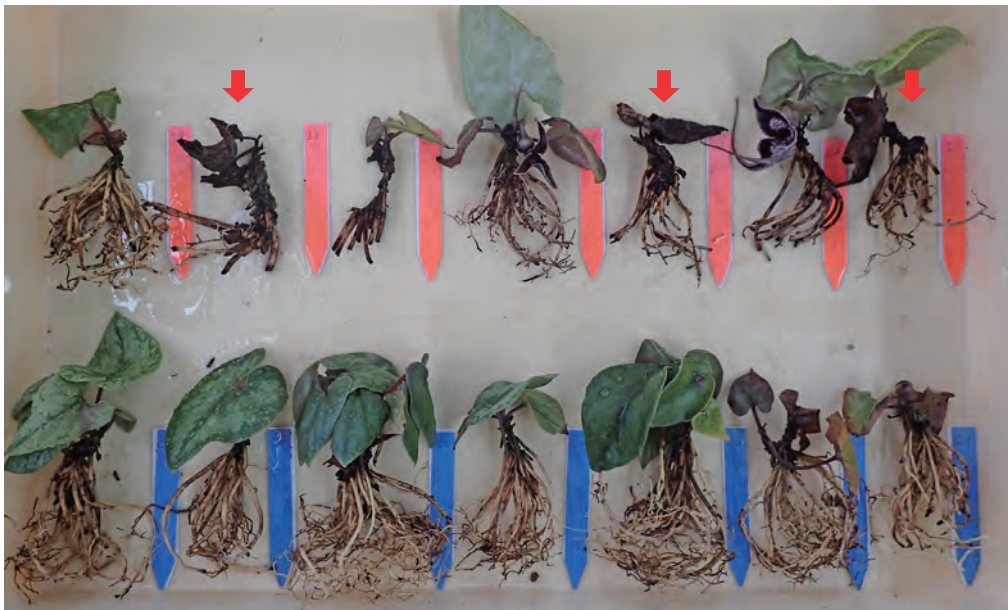


図6 接種試験後の供試苗の比較 上段(赤ラベル):接種区:赤矢印は枯死個体を示す。下段(青ラベル):対照区。

Fig. 6 Comparison of tested seedlings after inoculation test Upper row (red labels) : inoculated plot. Red arrows indicate dead seedlings. Lower row (blue labels) : control plot.

表1 接種試験結果 a) 試験開始以降、展葉が確認された苗の割合、b) 試験終了時、新しい発根が確認された苗の割合、c) 供試苗の枯死率。

Table 1 Inoculation test results a) Percentage of seedlings with observed developing leaves since the start of the test, b) Percentage of seedlings with observed new roots at the end of the test, c) Percentage of dead seedlings in each plot.

	a) Leaf development (%)	b) Root development (%)	c) Number of dead seedlings (%)
Control (n=7)	100.0	100.0	0
Inoculated (n=7)	14.3	14.3	42.9

していた *Cylindrocarpon destructans* 複合体は、著名な植物病原菌を含んでおり、カンアオイに対する病原性を窺わせるものであった。

本研究で用いたベノミル剤はベンゾイミダゾール系の殺菌剤であり、病原菌のDNA合成を阻害する農薬である (FRAC Code List 2022)。本病においても、薬剤が効果的に作用し、カンアオイの生育環境が改善されることが明らかになった。

一方、薬剤を使わずに低灌水管理を行うだけでも、衰弱した個体から新たな発根が促されることが分かった。乾燥ストレスが植物の生長を促進する現象については、既に数多くの研究報告があり、その原因として、1) 乾燥条件により、菌根菌が外部菌糸を発達させ、栄養吸収高率を高める (Al-Karaki *et al.* 2004)。2) 乾燥条件により根端の植物ホルモン (ABA) の分泌が増大し、細胞壁進展に関わる酵素活性が起き、根が充実する (de Kroon & Visser 2003)。3) 乾燥条件により根圏細菌が形成する根表面の細菌性バイオフィームが増大し、より長く密な根毛が形成され水分吸収高率が上昇する (Timmusk *et al.* 2014)、などの理由が知られている。本研究で実施した低灌水管理がカンアオイの根にどのようなメカニズムで影響したかは不明であるが、衰弱したカンアオイを回復させる手段として「低灌水管理」も有効である可能性が高く、栽培管理開始から低灌水管理を行っていれば薬の処方は必要なかった可能性もある。しかし、一度鉢内で蔓延した病原菌を早く、効率的に防除するためには低灌水管理と薬剤の併用がより効果的であることが分かった。

本病が鉢栽培特有の病気なのか、野外の地植え植物でも発生する病気なのか、今後調査する必要がある。当園では、園内にカンアオイを地植えしているが、同症状の病害は見られない。本病が鉢栽培に特有の病害だとすれば、野外では、本菌の生育を抑える他の要因が存在する可能性がある。本研究における低灌水管理での生育の改善を考えると、水環境が発病を左右する重要な物理的要素であると考えられる。

Ilyonectria liriodendri はブドウに根腐れを起こす病原菌として広く知られており、土壌中に存在する菌である (Brito *et al.* 2019)。本菌は、植物の罹患根部および根茎から分離されることが知られており、ポルトガル、フランス、南アメリカ、北米からブドウ、ユリノキ、シクラメンでの報告がある。また、日本では、チャから分離菌株が得られている (MAFF 244665 および 244666; 農業生物資源ジーンバンク)。Brito (2019) は本菌に拮抗する細菌を見つけており、これらが *I. liriodendri* の生育を阻害することを確かめている。Iles *et*

al. (2010) は試験管内では、*C. destructans* が *Eucalyptus regnans* の根の成長を著しく低下させるが、自然の土壌を用いた接種試験では根に有意な衰退が起こらないことを明らかにした。また Carbone *et al.* (2021) は灌水条件を変えてブドウの根および根圏土壌で相対的な微生物群衆の比較を行った結果、乾燥ストレス条件下と比較して非乾燥ストレス条件下でブドウに根腐れを起こす *Cylindrocarpon* 属菌の相対存在量が有意に高いことを明らかにした。加えて、アーバスキュラー菌根菌として知られる *Funneliformis* 属は、乾燥ストレス下で有意に高い存在比を示すことを明らかにし、乾燥ストレスがブドウの根圏微生物群集の再構築をもたらし、植物の生存に寄与する可能性を示唆した。本病害においても、水分環境の変化に伴い、鉢内の微生物の動態、あるいは構成が変化した可能性がある。

鉢栽培での病害は、自然環境と切り離されているため軽視されがちである。しかし、鉢栽培植物に関わる病害を調査し、背景にある菌類や環境、管理手法に応じた植物の反応を診ることで、自然状態の植物と、それに関わる生物の営みを推察できる可能性がある。

国立科学博物館筑波実験植物園では環境省の定めた絶滅危惧植物および絶滅植物の約22%を生息域外保全している (筑波実験植物園目録 2019)。そのため、当園では保有株を維持するため、衰弱個体を回復させる栽培技術と病気の原因を診断する技術、双方を充実させていく必要がある。貴重な標本や生体コレクションを数多く保有する博物館は生物多様性保全に寄与することが求められており、得られた情報を他の教育機関や研究機関と共有する必要がある (Paton *et al.* 2020)。今後、当植物園では病害調査により得られた知見を教育や研究など多方面の分野で共有できるよう、植物園内外での繋がりを強化し、情報発信できる仕組みを検討していく (筒井ら 2019)。

引用文献

- Al-Karaki, G., McMichael, B. Z. A. K. J. & Zak, J. (2004). Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. *Mycorrhiza*, 14: 263-269.
- Azuma, H., Nagasawa, J. I. & Setoguchi, H. (2010). Floral scent emissions from *Asarum yaeyamense* and related species. *Biochemical Systematics and Ecology*, 38: 548-553.
- Brito, L. M. D., Zanette, F., Biasi, L. A., Costa, M. D. & Passos, J. F. M. D. (2019). Morphological identification of *Ilyonectria liriodendri* and its interaction with plant growth-promoting bacteria in grapevine rootstocks. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 41.

- Carbone, M. J., Alaniz, S., Mondino, P., Gelabert, M., Eichmeier, A., Tekielska, D., Bujanda, R. & Gramaje, D. (2021). Drought influences fungal community dynamics in the grapevine rhizosphere and root microbiome. *Journal of Fungi*, 7: 686.
- Chaverri, P., Salgado, C., Hirooka, Y., Rossman, A. Y. & Samuels, G. J. (2011). Delimitation of *Neonectria* and *Cylindrocarpon* (Nectriaceae, Hypocreales, Ascomycota) and related genera with *Cylindrocarpon*-like anamorphs. *Studies in Mycology* 68: 57-78.
- de Kroon, H. & Visser, E. J. eds. (2003). *Root Ecology* (Vol. 168). Springer Science & Business Media.
- FRAC Code List (2022) : Fungal control agents sorted by cross-resistance pattern and mode of action <https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2022--final.pdf?sfvrsn=b6024e9a_2> (Accessed October 23, 2022)
- Halleen, F., Schroers, H. J., Groenewald, J. Z., Rego, C., Oliveira, H. & Crous, P. W. (2006). *Neonectria lirioidendri* sp. nov., the main causal agent of black foot disease of grapevines. *Studies in Mycology*, 55: 227-234.
- Halleen, F., Fourie, P. H. & Crous, P. W. (2007). Control of black foot disease in grapevine nurseries. *Plant Pathology*, 56: 637-645.
- 日浦勇 (1978) 蝶のきた道. p.230. 蒼樹書房.
- Huang, S. M. (2003). *Asarum* L. *Flora of China* 5. pp. 246-257. Missouri Botanical Garden Press
- Iles, T. M., Ashton, D. H., Kelliher, K. J. & Keane, P. J. (2010). The effect of *Cylindrocarpon destructans* on the growth of *Eucalyptus regnans* seedlings in air-dried and undried forest soil. *Australian Journal of Botany*, 58: 133-140.
- 環境省レッドリスト (2020) : <<https://www.env.go.jp/press/107905.html>> (2022年10月22日アクセス)
- Kakishima, S. & Okuyama, Y. (2018). Floral scent profiles and flower visitors in species of *Asarum* Series Sakawanum (Aristolochiaceae). *Bulletin of the National Museum of Nature and Science. Series B, Botany*, 44: 41-51.
- Kornerup, A. & Wanscher, J. H. (1978). *Methuen Handbook of Colour*. 3rd edn. Eyre Methuen.
- Lu, K. L. (1982). Pollination biology of *Asarum caudatum* (Aristolochiaceae) in northern California. *Systematic Botany*. pp.150-157. American Society of Plant Taxonomists.
- MacDonald, J. D. & Butler, E. E. (1981). *Cylindrocarpon* root rot of Tulip poplar. *Plant Disease* 65: 154-157.
- Mesler, M. R. & Lu, K. L. (1993). Pollination biology of *Asarum hartwegii* (Aristolochiaceae) : an evaluation of Vogel's mushroom-fly hypothesis. *Madroño*, 117-125.
- Mounce, R., Smith, P. & Brockington, S. (2017). *Ex situ* conservation of plant diversity in the world's botanic gardens. *Nature Plants*, 3: 795-802.
- 農業生物資源データベース微生物遺伝資源の検索 <https://www.gene.affrc.go.jp/databases-micro_search.php> (2022年10月24日アクセス)
- Okuyama, Y., Goto, N., Nagano, A. J., Yasugi, M., Kokubugata, G., Kudoh, H., Qi, Z., Ito, T., Kakishima, S. & Sugawara, T. (2020). Radiation history of Asian *Asarum* (sect. *Heterotropa*, Aristolochiaceae) resolved using a phylogenomic approach based on double-digested RAD-seq data. *Annals of Botany*, 126: 245-260.
- Paton, A., Antonelli, A., Carine, M., Forzza, R. C., Davies, N., Demissew, S., Droge, G., Fulcher, T., Grall, A., Holstein, N. & Jones, M. (2020). Plant and fungal collections: Current status, future perspectives. *Plants, People, Planet*, 2: 499-514.
- Peattie, D. C. (1940). How is *Asarum* pollinated?. *Castanea* 5: 24-29.
- Probst, C. M. (2011). *Cylindrocarpon* black foot disease in grapevines: identification and epidemiology (Doctoral dissertation, Lincoln University).
- Rahman, M. & Punja, Z. K. (2005). Factors influencing development of root rot on ginseng caused by *Cylindrocarpon destructans*. *Phytopathology*, 95: 1381-1390.
- Rego, C., Farropas, L., Oliveira, H., Cabral, A. & Nascimento, T. (2006). Black Foot of Grapevine: Sensitivity of "*Cylindrocarpon destructans*" to Fungicides. *Black Foot of Grapevine*. pp. 1000-1008. Firenze University Press.
- Skerman, V. B. D. (1968) A new type of micromanipulator and microforge. *Journal of General Microbiology*, 54: 287-297.
- Sugawara, T. (2006) *Asarum*. In: Iwatsuki, K., Boufford, D. E. & Ohba, H. (Eds.). *Flora of Japan. Volume IIa*. pp. 368-386. Kodansha, Tokyo.
- 菅原敬 (1998) 新潟県とその隣県に分布するカンアオイ属植物、特にコンノカンアオイとその近縁種に関する分類学的研究. *植物分類, 地理* 49: 1-17.
- Tanaka, H. & Yahara, T. (1987). Self-pollination of *Asarum caulescens* Maxim. (Aristolochiaceae) in Japan. *Plant Species Biology*, 2: 133-136.
- Timmusk, S., Abd El-Daim, I. A., Copolovici, L., Tanilas, T., Kannaste, A., Behers, L., Nevo, E., Seisenbaeva, G., Stenstrom, E. & Niinemets, U. (2014). Drought-tolerance of wheat improved by rhizosphere bacteria from harsh environments: enhanced biomass production and reduced emissions of stress volatiles. *PLoS ONE*, 9: e96086.
- 筑波実験植物園目録 (2019) 筑波実験植物園目録. 国立科学博物館研究報告 B類 (植物学) 45 (増補) : 1-270
- 筒井杏子・升屋勇人・山岡裕一・二階堂太郎・田中法生 (2019) 筑波実験植物園における植物病虫害調査. *日本植物園協会誌* 54: 65-71.
- White, T. J., Bruns, T., Lee, S. & Taylor, J. (1990) Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: Innis, M. A., Gelfand, D. H., Sninsky, J. J. & White, T. J. (Eds.), *PCR protocols: A guide to methods and applications*. pp. 315-322. Academic Press.
- Wildman, H. E. (1950). Pollination of *Asarum canadense* L. *Science*, 111: 551-551.

Ephedra equisetina の栽培研究 (I)

Research on *Ephedra equisetina* cultivation (I)

中野 美央¹・井櫻 晶¹・中根 孝久¹・川端 良子²・
Jollibekov Berdiyev³・Ivan Ivanovich Maltsev⁴・高野 昭人^{1,*}
Mio NAKANO¹, Akira IZAKURA¹, Takahisa NAKANE¹, Yoshiko KAWABATA²,
Jollibekov BERDIYEV³, Ivan Ivanovich MALTSEV⁴, Akihito TAKANO^{1,*}

¹昭和薬科大学・²東京農工大学・

³カラカルパクスタン農業大学・

⁴ウズベキスタン科学アカデミー植物研究所

¹Showa Pharmaceutical University, ²Tokyo University of Agriculture and Technology,

³Karakalpak Institute of Agriculture and Agrotechnology,

⁴ Botanical Institute, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan

要約：ウズベキスタンで採取した*Ephedra equisetina*の種子を用いて発芽試験を行った結果、2年間保存後も70%強の発芽率を維持しており、異なる3条件下（室温、4℃、-30℃）で2年間保存した種子の発芽率に差が認められなかった。次に、レキ耕栽培で毎年草質茎を収穫する新たな栽培法の検討を開始した。6月から12月まで毎月1回草質茎を収穫し、その後の新しい茎の成長の様子や総アルカロイド含量（%）などを指標に収穫の適期を検討した結果、11月から12月が適期であると考えられた。また今回用いた材料では、採種地の違いや毬果の色の違いが発芽率や総アルカロイド含量と関係している可能性が示唆されたため、今後さらに材料を増やして検証する予定である。

キーワード：*Ephedra equisetina*、エフェドリン系アルカロイド、毬果の色、発芽試験、レキ耕栽培

SUMMARY: A study of germination rate was performed on *Ephedra equisetina* seeds collected in Uzbekistan. The germination rate was found over 70% even after two years of storage and no significant difference was observed among seeds stored at various temperature conditions such as at 4°C or -30°C. After germination tests, the seedlings are used for developing a new gravel cultivation method. The new stems were harvested once a month from June to December, and the optimal time for harvesting was examined based on the subsequent growth of new stems and total alkaloid content, and November to December was considered the optimal time for harvesting. In addition, as a result of this study suggested that the various factors such as collection site, seed cone color etc. may be related to the germination rate and total alkaloid content. Further studies with greater number of materials are required to advance the research in future.

Key words: *Ephedra equisetina*, ephedrine alkaloid, germination rate, gravel cultivation, seed cone color

生薬マオウは、葛根湯や麻黄湯、小青竜湯などの漢方処方に配合されている重要生薬で、第18改正日本薬局方（厚生労働省2021、以下JP18と表記）では、基原植物として *Ephedra sinica* Stapf, *E. intermedia* Schrenk et C. A. Meyer, *E. equisetina* Bungeの3種が規定されており、定量するとき、総アルカロイド含量（ephedrineとpseudoephedrineの総和）が0.7%以上であることが求められている。

*Ephedra*属植物は日本に自生しないため、生薬マオウの原料は現在中国などから輸入している（山本ら 2021）。しかし、中国は自然保護、砂漠化防止を理由に1999年からマ

オウの国外への輸出を規制しているため（日本貿易振興機構 2022、益山 2002）、将来日本へ生薬マオウが安定供給されるかは不明である。したがって、生薬マオウを国内生産する体制の整備は必要性が高い。

昭和薬科大学はウズベキスタンのカラカルパクスタン農業大学（旧タシケント州立農業大学ヌクス校）と共同研究の覚書を締結し、ウズベキスタン産薬用植物に関する共同研究を行っている。その中で2017年以降ウズベキスタン国内において、*Ephedra*属植物の自生地調査を実施し、*E. strobilacea* Bunge, *E. equisetina*, *E. regeliana* Florin、

* 〒194-8543 東京都町田市東玉川学園3丁目3165
Higashitamagawagakuen 3-3165, Machida-shi, Tokyo 194-8543
yakuyou@ac.shoyaku.ac.jp

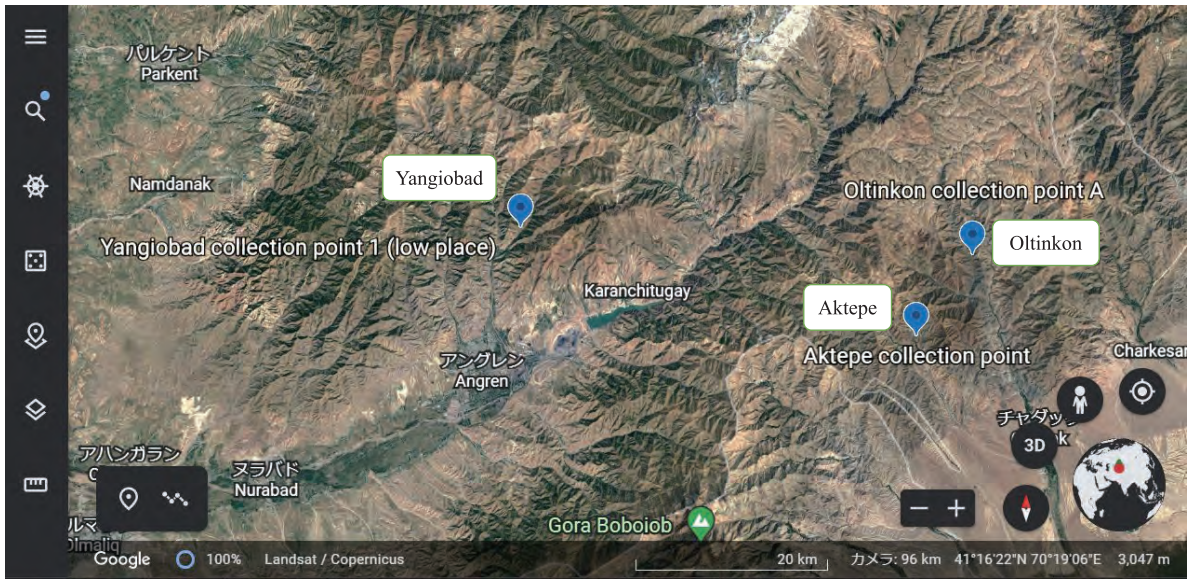


図1 Google Earth上に示した材料の採集地 (Aktepe、Oltinkon、Yangiobad)

Fig. 1 A map of Google Earth showing plant material collection sites (Aktepe, Oltinkon, and Yangiobad)

E. foliata Boiss. ex C.A.Mey. 及び *E. distachya* L. などが自生していることを確認して報告した (前川ら 2018)。これらの *Ephedra* 属植物の中で、ウズベキスタン国内に最も広く分布し、かつ、JP18で生薬マオウの基原植物の一つとして規定されている *E. equisetina* について、栽培化に向けた基礎研究を行っている。現在中国では専ら *Ephedra sinica* が栽培されており、*E. equisetina* の栽培化はほとんどされていない (Mikage *et al.* 2005)。

本報告では、発芽試験の結果とレキ耕栽培による試験栽培で得られた知見について報告する。

材料及び方法

種子の採集地

2018年8月にウズベキスタン国内で採種した下記の *Ephedra equisetina* の種子 A～G を用いた。材料の採集地を図1に示す。なお、EはNukusの生薬市場で購入した生薬の中から得た種子である。個体番号は種子を採取した個体から作成したさく葉標本の個体番号で、さく葉標本は昭和薬科大学薬用植物園に保管してある。

A : 2018年8月10日、Oltinkon、Namangan region、Uzbekistan (図2) にて採種、毬果は橙色。(個体番号UZ 180810-01)。

B : 2018年8月10日、Oltinkon、Namangan region、Uzbekistan (図2) にて採種、毬果は赤色。(個体番号UZ 180810-02)。

C : 2018年8月10日、Oltinkon、Namangan region、

Uzbekistan (図2) にて採種、毬果は橙色。(個体番号UZ 180810-04)。

D : 2018年8月11日、Aktepe、Namangan region、Uzbekistan (図3) にて採種、毬果は橙色。(個体番号UZ 180811-01)。

E : 2018年5月、Nukus Bazaar、Nukus、Uzbekistan で購入した生薬に入っていた種子。

F : 2018年8月13日、Yangiobad、Tashkent region、Uzbekistan (図4) にて採種、毬果は赤色。(個体番号UZ 180813-02)。

G : 2018年8月13日、Yangiobad、Tashkent region、Uzbekistan (図4) にて採種、毬果は橙色。(個体番号UZ 180813-01)。



図2 Oltinkonにある *E. equisetina* の自生地 矢印の先に *E. equisetina* が生育している。

Fig. 2 Natural habitat of *E. equisetina* in Oltinkon *E. equisetina* is shown by white arrows.



図3 Aktepeの自生地で見られた橙色の毬果をつけた *E. equisetina*

Fig. 3 *E. equisetina* with orange cones growing in Aktepe habitat



図4 Yangiobadの川沿いに自生している *E. equisetina*
Fig. 4 Natural habitat of *E. equisetina* near the river at Yangiobad

採種、調整、保管

材料A、B、C、D、F、Gは、採種後、当日中に水洗いして苞片を除去し、風乾した。帰国後、さらに乾燥し、室温で保管した。F、Gについては、保管条件の違いと発芽率の関係を調べる目的で、2018年10月15日から、室温、冷蔵(4℃)、冷凍(-30℃)の3条件での保管を開始した。Eは2018年5月にKarakalpakstanの都市Nukusのバザールで購入した乾燥生薬中に入っていた種子を使用した。

発芽試験

(1) 発芽試験-1

半年保存後の発芽率を確認する目的で、種子A、B、C、D、Eを用い、2019年2月25日に発芽試験を開始した。発芽試験は、プラントプラグ(サカタのタネ製、図5)を撒き床として、種子を1個ずつまき、赤玉土粉末で軽く覆土した。発芽の判定は、子葉が地上部に見えた時点とした。

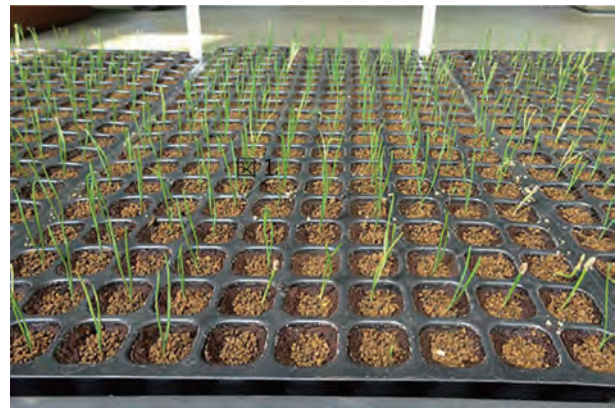


図5 発芽試験に用いたプラントプラグ

Fig. 5 Plant plug showing for germination of *E. equisetina*

(2) 発芽試験-2

種子の保存条件の違い(室温と冷蔵、1年間)および毬果の色の違いが発芽率へ与える影響を確認する目的で、材料FとG各100粒を用い、2019年10月23日に発芽試験を開始した。

(3) 発芽試験-3

保存条件の違いが発芽率に与える影響を確認する目的で、異なる3条件(室温、冷蔵(4℃)、冷凍(-30℃)、各100粒)で2年間保存した種子Gを用いて、2020年10月5日に発芽試験を開始した。

レキ耕による試験栽培

中国で専ら栽培されている *Ephedra sinica* は低木性で草丈が低いのに対して、*E. equisetina* は自生地では高さ2 m近くに達する個体も認められる(図6)。そのため、*E. equisetina* を栽培するにあたって、当初はお茶畑をイメージした栽培法を考えたが、木質茎の成長は思いのほか遅い(図7A、定植して3年目の個体)ことが確認されたため、草質茎を秋に刈り込むことによって(図7B)、木質茎を短く維持し、翌春にそこから発生する草質茎(図7C、D)を秋に収



図6 ウズベキスタン南部の自生地で見られた *E. equisetina* の群落(左は5月、右は8月)

Fig. 6 Communities of *E. equisetina* found in the native habitat of southern Uzbekistan at May (left) and August (right)

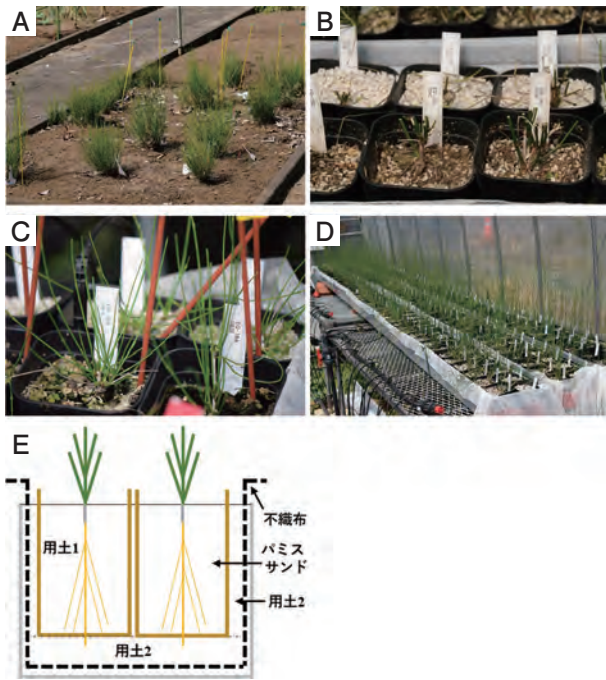


図7 *E. equisetina*の栽培試験 A：圃場での栽培、B～D：レキ耕栽培、B：草質茎収穫直後の個体、E：レキ耕栽培の断面図。
Fig. 7 Pictures showing the various cultivation systems A: Cultivation in the field, B～D: Cultivation in the gravel soil using plastic gutters, B: Plants just after harvested their herbal stems, E: Illustration of gravel cultivation.

穫する方法での栽培法の検討を始めた。

*E. equisetina*は乾燥地帯のガレ場に自生する(図2、3、4、6)こと、*E. sinica*や*E. intermedia*を用いたこれまでの栽培研究で、根の伸長速度が速く、栽培時、根は過湿を嫌うことなどが分かっていたため(未公表)、用土として水はけの良いパミスを用いたレキ耕栽培(図7D、E)での栽培試験を実施した。

本試験では、発芽試験で用いた種子A、B、C、Dから得られた苗を順次プレステラ深鉢に定植し、2019年7月からレキ耕栽培(図7D)を開始し、二年目の2020年6月から12月に、地上部草質茎を毎月収穫した。

1. 栽培用具等

- ・鉢：プレステラ深鉢90(日本ポリ鉢販売製)。
- ・土：プレミアム花ちゃん培養土(株式会社花ごころ製)、パミスサンド(エスペックミック株式会社 野菜うきうきセット)、ケイセキ(栗山ケイセキ製)。
- ・肥料：微粉ハイポネックス(窒素：リン酸：カリウム=6.5：6：19)(株式会社ハイポネックスジャパン製、1000倍希釈液を使用)。

用土の配合

- ・用土1：パミスサンドと花ちゃん培養土を1：2.5で配合し

たもの。

- ・用土2：ケイセキのsサイズ、ssサイズ、パミスサンドを0.8：1：1で混合したもの。

2. プレステラ深鉢への鉢上げから鉢への定植まで

- (1) プラントプラグで発芽した苗のプレステラ深鉢へ植え付け

プレステラ深鉢のスリットを塞ぐサイズの不織布を敷き、鉢底に1 cmほどパミスサンドを入れ、用土1またはパミスサンド単独を用土として植え付けた。

- (2) プレステラ深鉢の鉢への植え付け

鉢は、市販の雨鉢(H120×W170×D4000 mm)の両端を鉢止めで止めた。鉢は灌水した水が停滞しないように傾斜を付けて設置し、排水用に傾斜の下側にドリルで3カ所穴を開けた。次に鉢の端から端まで不織布を敷き、用土2を1 cmほど敷き詰め、プレステラ深鉢を並べ、鉢と鉢の間に用土2が鉢底から高さ7 cmほど埋まる程度に入れ込んだ。用土を入れるとその重さで鉢の中央部はたわんで膨らんでしまうため、鉢を植え付けながら、鉢の4カ所をビニタイで止め、たわみを除いた。

3. 草質茎の収穫

2020年6月から11月まで毎月40個体、12月は20個体の草質茎の収穫を行った(6月3日、11日、7月4日、8月3日、9月4日、10月5日、11月5日、12月3日に収穫)。A、B、C、Dの収穫数を表1に示す。

収穫は、草質茎の基部を最低5～10 mm残して切断した。収穫直後の写真を図7Bに示す。

4. アルカロイド含量の定量

収穫した草質茎を50℃で2日間温風乾燥し、高速振動粉砕機で2分間粉砕し、その粉末0.5 gを正確に量り、JP18の定量法に従って操作を行い、総アルカロイド含量(%)を測定した。

5. 測定項目と解析

地上部草質茎の収量(1個体から得られる草質茎の乾燥

表1 6月～12月の各月に収穫した個体数

Table 1 Number of harvested samples from June to December

	Harvested Month							Total
	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	
n	40	40	40	40	40	40	20	260
A	0	0	0	20	0	23	20	63
B	20	20	20	0	23	17	0	99
C	10	10	16	20	17	0	0	73
D	10	11	4	0	0	0	0	25

総重量 (gDW) : 以下バイオマスと表現する) と草質茎中の総アルカロイド含量 (%) (pseudoephedrine (PE) + ephedrine (E)) を測定し、平均値、最大値、最小値を算出した。なお、収穫した個体の中で草質茎の乾燥重量が0.5g未満の個体は集計から除外した。

結果

I. 発芽試験

(1) 発芽試験-1

結果を図8と表2に示す。種子により、発芽率に差が認められ、種子Dの最終発芽率が87.2%で最も高く、種子Cは60.8%で最も低かった。毬果が橙色の種子 (A、C、D) の平均発芽率は73.3%で、赤色の種子Bは80.3%であった。乾燥後、半年間室温で保管した種子全体の発芽率は平均75.3%であった。

(2) 発芽試験-2

結果を図9に示す。毬果が赤色の種子の発芽率は平均65.0%、橙色の種子の発芽率は平均81.5%であった。冷蔵保管種子の発芽率は平均72.0%、室温保管種子の発芽率は平均74.5%であった。1年間保管後の平均発芽率は平均73.3%であった。

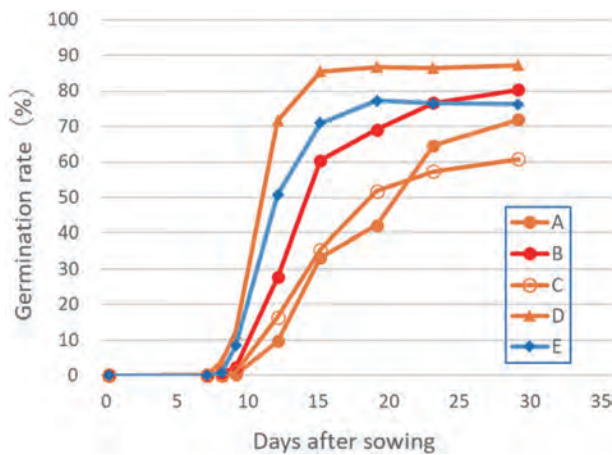


図8 A~Eの発芽率の推移
Fig. 8 Germination rates of seeds A to E from sowing

表2 A~Eの発芽率

Table 2 Germination rates of seeds A to E

	A	B	C	D	E
Number of seeds sown	956	512	400	600	400
Number of germinated seeds	687	411	243	523	305
Germination rate (%)	71.9	80.3	60.8	87.2	76.3

(3) 発芽試験-3

結果を図10に示す。室温および冷蔵で保管した種子の発芽率は共に71.0%、冷凍で保管した種子の発芽率は75.0%であった。この値は発芽試験-2の値とほぼ同じである。2年間保管種子全体の発芽率は平均72.3%であった。

以上、3回の発芽試験を行い、次のことが明らかになった。

- ①3回の発芽試験全体での平均発芽率は73.6%であった。
- ②発芽試験1の結果から採種地の違いにより発芽率に差が認められた。
- ③発芽率は時間の経過とともにわずかに低下したが、2年間保存後でも70%強の発芽率が維持されていた。
- ④保管条件 (室温、冷蔵、冷凍) の違いは発芽率にあまり影響しないと考えられた。
- ⑤同一地で採取した色の異なる毬果の種子を用いた発芽試

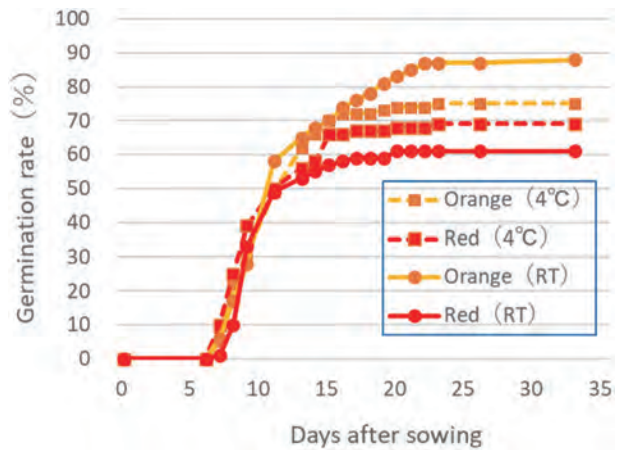


図9 橙色と赤色の毬果をそれぞれ室温と冷蔵 (4°C) で1年間保存した後の種子の発芽率の推移
Fig. 9 Germination rates of the seeds for different storage conditions (room temperature and 4 °C) in one year, and for different cone colors

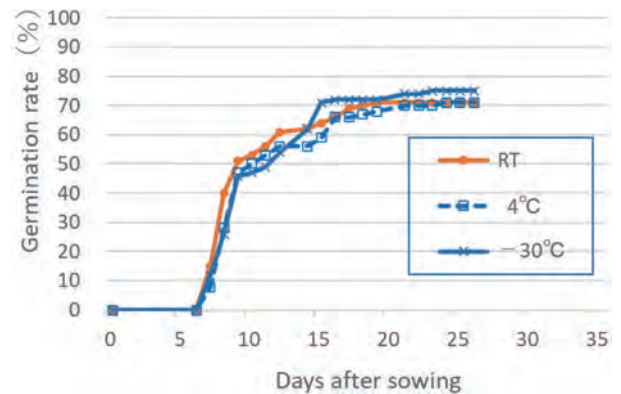


図10 室温、冷蔵 (4°C)、および冷凍 (-30°C) で2年間保存後の種子の発芽率の推移
Fig. 10 Germination rates of the seeds for different storage conditions (4 °C and -30 °C) in 2 years

験-2の結果から、橙色の毬果由来の種子の発芽率は赤色由来の種子に比べわずかに高い値を示した。

の用土の違いで比較すると、当然ではあるが肥料の入った用土の方が平均で1.5倍ほど多くなっていた(表3)。種子別にみると、6、7、8月にのみ収穫した種子Dのバイオマスが他に比べて多く、逆に種子Aのバイオマスがやや少ない結果であった(表4)。

II. レキ耕栽培

1. 草質茎を収穫する時期の検討

(1) 収穫月とバイオマスを表3と表4に示す。

バイオマスは10月が最も多く、12月に再び減少した。鉢

(2) 収穫月の用土別の収穫個体数と各総アルカロイド含量をまとめたものを表5と表6に示す。

表3 用土別に示した、6月から12月の各月に収穫された草質茎のバイオマス

Table 3 Herbal stem biomass harvested from June to December, shown by potting soil

Harvested month		June		July		Aug.		Sept.		Oct.		Nov.		Dec.		Total	
Soils in the pot		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
n		19	19	19	20	20	19	20	19	20	20	20	20	10	10	128	127
Biomass (gDW)	Ave.	1.96	1.00	1.82	1.05	1.50	1.01	1.78	1.40	2.21	1.50	1.85	1.30	1.33	0.98	1.81	1.19
	SD	0.77	0.30	0.59	0.32	0.54	0.29	0.68	0.46	0.98	0.35	1.62	0.58	0.27	0.42	0.71	0.44
	Max.	4.32	1.41	3.20	1.74	2.58	1.57	3.47	2.36	4.32	2.23	2.70	2.68	1.90	1.84	4.32	2.68
	Min.	0.87	0.54	0.94	0.55	0.85	0.58	0.64	0.54	0.93	0.86	1.02	0.51	0.99	0.58	0.64	0.51

用土1は花ちゃん培養土とバミスサンドを混合したもの、用土2はバミスサンド単独。用土別に最大値をボールドで表記した。

Soil in the pot: 1 is the soil composed with Hanachan-baiyoudo and pumice, 2 is pumice only.

Maximum values of each soil condition are written in Bold.

表4 A、B、C、D別、用土別に示した、6月から12月の各月に収穫された草質茎のバイオマス

Table 4 Herbal stem biomass of A to D, harvested from June to December, shown by potting soil

Harvested month		June		July		Aug.		Sept.		Oct.		Nov.		Dec.		Total		
Soils in the pot		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Seed name and number of plants		B9 D10	B10 C9	B8 D11	B10 C10	B10 C6 D4	B9 C10	A10 C10	A9 C10	B12 C8	B11 C9	A12 B8	A11 B9	A10	A10			
Biomass (gDW)	A (Oltinkon Orange-1)	Ave.						1.78	1.37			1.49	1.00	1.33	0.98	1.53	1.11	
		SD						0.64	0.46			0.41	0.28	0.27	0.42	0.49	0.42	
	B (Oltinkon Red)	Ave.	1.81	0.99	1.61	1.06	1.21	1.01			2.07	1.51	2.40	1.66			1.82	1.25
		SD	0.44	0.30	0.44	0.25	0.26	0.30			0.95	0.35	0.32	0.66			0.69	0.47
	C (Oltinkon Orange-2)	Ave.		1.00		1.05	1.63	1.01	1.77	1.43	2.42	1.47					1.95	1.19
		SD		0.32		0.39	0.53	0.30	0.75	0.47	1.05	0.37					0.86	0.42
	D (Aktepe Orange)	Ave.	2.09		1.96		2.03										2.03	
		SD	0.98		0.66		0.71										0.78	

用土1は花ちゃん培養土とバミスサンドを混合したもの、用土2はバミスサンド単独。

Soil in the pot: 1 is the soil composed with Hanachan-baiyoudo and pumice, 2 is pumice only.

表5 用土別に示した6月～12月の収穫個体数と総アルカロイド含量

Table 5 Number of individuals harvested from June to December and their total alkaloid contents, shown by potting soil

Harvested month		June		July		Aug.		Sept.		Oct.		Nov.		Dec.		Total	
Soils in the pot		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
n		19	19	19	20	20	19	20	19	20	20	20	20	10	10	128	127
Total Alkaloid Content (%)	Ave.	0.54	0.59	0.54	0.61	0.53	0.61	0.80	0.86	0.62	0.57	0.75	0.69	0.99	0.80	0.66	0.67
	SD	0.20	0.34	0.28	0.27	0.25	0.25	0.28	0.22	0.32	0.20	0.20	0.20	0.25	0.33	0.29	0.27
	Max.	0.97	1.25	1.27	1.23	1.09	1.01	1.12	1.33	1.49	0.95	1.16	1.13	1.44	1.13		
	Min.	0.25	0	0	0.18	0.11	0.23	0.30	0.51	0.23	0.15	0.28	0.34	0.69	0		

用土1は花ちゃん培養土とバミスサンドを混合したもの、用土2はバミスサンド単独。

0.7%以上の数値はボールドで表記した。

Soil in the pot: 1 is the soil composed with Hanachan-baiyoudo and pumice, 2 is pumice only.

Numerals more than 0.7 % are written in Bold.

総アルカロイド含量では、含量が高かった9、11、12月は、6月との間で有意差 ($P < 0.01$) が認められた。また6～8月はバイオマスと総アルカロイド含量が共に少なかった。一方、10月はバイオマスが多かったが総アルカロイド含量が低かった。12月はバイオマスが少なく、総アルカロイド含量は高かった。

表1に示したように今回の実験では、毎月の収穫に際して、A、B、C、Dの収穫個体数にバラツキが生じてしまった。そこで、A、B、C、D別、鉢の用土別に月ごとの総アルカロイド含量の平均値を算出し、表6に示した。その結果、Oltinkonで採取したAとCの総アルカロイド含量が年間を通じて高い値であった。

一方、各月の数値および合計の数値をみると、鉢の用土の違いは総アルカロイド含量に影響していないことが示唆された (表5)。

(3) 収穫月の違い (6月～12月) が収穫後の草質茎の成長に及ぼす影響

6月～12月に毎月1回草質茎を収穫し、収穫月の違いがその後の草質茎の成長に与える影響について観察した (観察日: 2021年4月20日) 結果を表7、図11に示す。

収穫後の草質茎の成長は、6月から8月までに収穫した個体では、翌年の4月の時点で黄変した茎が多く観察された。一方、10月以降に収穫した個体では、翌年の4月の時点で黄変した茎はかなり少なかった。

2. 種子A、B、C、Dから得られた個体のエフェドリン系アルカロイドの成分構成

今回、ephedrine (E)、pseudoephedrine (PE)、methylephedrine (ME)、norephedrine (NE) の4種類のエフェドリン系アルカロイド成分を定量し、成分構成により各個体を次の5種類に分類した; ①PE>E, ②PE only、

表6 種子別、用土別に示した6月～12月の収穫個体数とそれぞれの総アルカロイド含量

Table 6 Number of individuals harvested from June to December and their total alkaloid content, shown by seeds A to D and by potting soil

Harvested month		June		July		Aug.		Sept.		Oct.		Nov.		Dec.		
Soils in the pot		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Seed name and number of plants		B9 D10	B10 C9	B8 D11	B10 C10	B10 C6 D4	B9 C10	A10 C10	A9 C10	B12 C8	B11 C9	A12 B8	A11 B9	A10	A10	
Total Alkaloid Content (%)	A (Oltinkon Orange-1)	Ave.						0.85	0.82			0.79	0.73	0.99	0.80	
		SD							0.30	0.20			0.20	0.23	0.25	0.33
	B (Oltinkon Red)	Ave.	0.54	0.38	0.49	0.46	0.49	0.44			0.44	0.43	0.68	0.65		
		SD	0.21	0.28	0.17	0.22	0.19	0.18			0.14	0.14	0.19	0.16		
	C (Oltinkon Orange-2)	Ave.		0.82		0.75	0.73	0.77	0.75	0.90	0.89	0.73				
		SD		0.23		0.23	0.29	0.20	0.28	0.25	0.33	0.12				
	D (Aktepe Orange)	Ave.	0.53		0.58		0.35									
		SD	0.20		0.34		0.18									

用土1は花ちゃん培養土とバミスサンドを混合したもの、用土2はバミスサンド単独。

0.7%以上の数値はボールドで表記した。

Soil in the pot: 1 is the soil composed with Hanachan-baiyoudo and pumice, 2 is pumice only.

Numerals more than 0.7 % are written in Bold.

表7 6月から12月に草質茎を収穫した各個体のその後の草質茎の成長の様子

Table 7 Influence of the harvesting time for the growth of herbal stems

Harvested month	Comment
June	収穫の後、40個体中20個体が枯死した。残りの株はカットしたところからほとんど成長していなかった。
July	全体としては生い茂っており、6月に収穫したものに比べて成長している個体が多い。しかし、黄変した茎が多く認められた。
Aug.	7月に収穫した個体と同様に全体としては生い茂っていたが、黄変した茎が多く認められた。
Sept.	8月までに収穫した個体に比べて、真っ直ぐ上に伸びている草質茎が多くなった。しかし、先端が黄変しているものが多い。
Oct.	9月までに収穫したものに比べて黄変した茎の量はかなり少ない。
Nov.	黄変した茎は少ない。11月以前に収穫した個体より全体のボリュームは少なく、草質茎は真っ直ぐ上に伸びている。
Dec.	黄変した茎は少ない。12月以前に収穫した個体より全体のボリュームは少ないが、草質茎は真っ直ぐ上に伸びている。

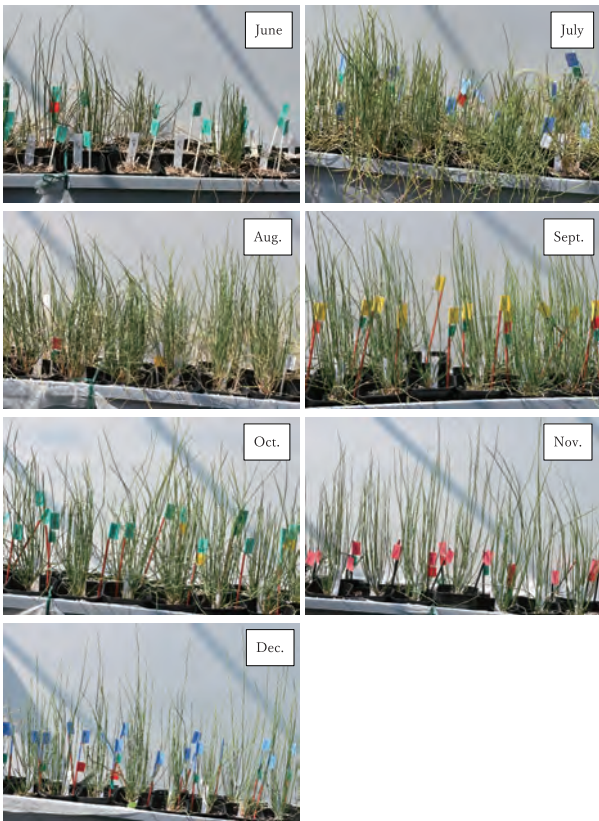


図11 6月から12月に草質茎を収穫した各個体の翌年4月の草質茎の様子(2021年4月撮影)

Fig. 11 Herbal stems in April of the following year for each plant harvested from June to December (photos taken in April, 2021)

③PE<E、④ND(両成分が検出限界以下)、⑤NM(未測定)。その結果を図12に示す。上は縦軸を個体数で表示したもの、下は縦軸を割合で表示したものである。

その結果、4種類の種子A~Dから得られた個体のエフェドリン系アルカロイドの成分構成に次のような特徴が認められた。

種子A: 約27%(17/63)の個体はEの方がPEより含量が多かった。

種子B: 100個中10個でEが検出されず、PEのみが検出された。また100個中9個は、Eの方がPEより含量が多かった。

種子C: Eの方がPEより含量が多い個体が4つの中で最も多く、約36%(26/73)の個体はEの方がPEより含量が多かった。

種子D: 約20%(5/25)の個体はEの方がPEより含量が多かった。

また、Eの方がPEより含量が多い個体数は、C>A>D>Bの順になった。

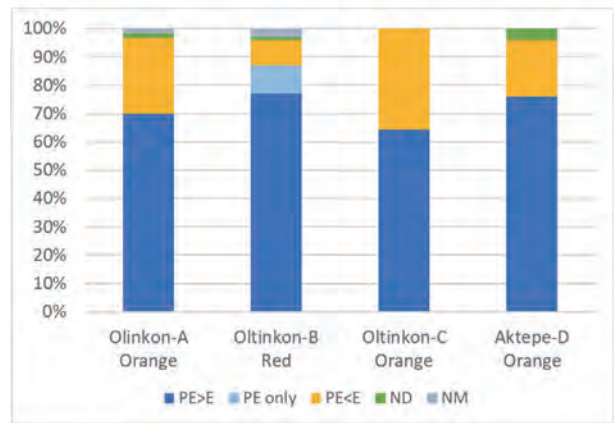
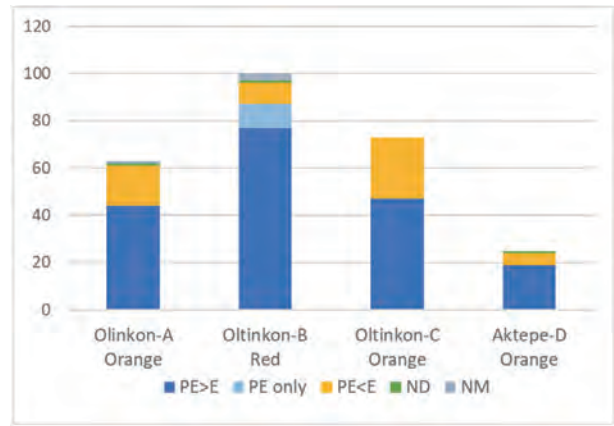


図12 種子A、B、C、Dごとに示した、エフェドリン系アルカロイドの成分構成の違いにより分類した個体の出現頻度 検体をPE>E, PE only, PE<E, and ND (not detected)に分類した。NMは未測定の検体を示す。左の図は個体数で、右の図は割合で表示した。

Fig. 12 The frequency of the appearance of the four component patterns classified according to the difference in the ephedrine alkaloid component composition of the herbal stem

Samples were classified to PE>E, PE only, PE<E, and ND (not detected). NM (not measured).

Left: number of individuals of 4 types, right: percentage of 4 types.

3. 毬果の色の違いと測定値(バイオマスおよび総アルカロイド含量)との関係

本研究では種子A、C、Dは橙色の毬果、種子Bは赤色の毬果であった。Oltinkonで隣接していた種子Aと種子B

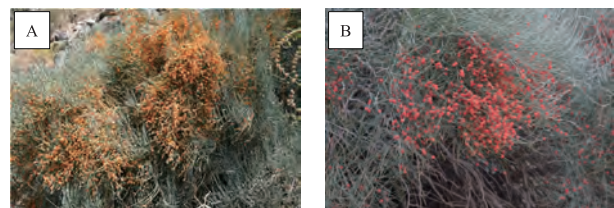


図13 Oltinkonで撮影した毬果色が橙色の個体Aと毬果色が赤色の個体B

Fig. 13 Plant A with the orange cones and plant B with red cones, observed at Oltinkon

表8 毬果の色別に集計したOltinkon採集種子由来植物の草質茎のバイオマス

Table 8 Herbal stem biomass of the plants grown from seeds collected at Oltinkon, based on cone color

	Oltinkon-B Red	Oltinkon-A Orange
n	99	63
Min.	0.04	0.05
Ave. (gDW)	1.49	1.31
Max.	4.08	2.80
SD	0.68	0.51

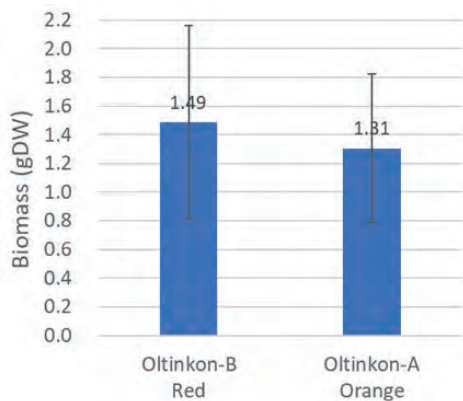


図14 毬果の色別に集計したOltinkonで採集種子由来個体の草質茎のバイオマス

Fig. 14 Herbal stem biomass of the plants grown from seeds collected at Oltinkon, based on cone color

の個体の写真（2018年8月撮影）を図13に示す。

(1) 毬果の色別に見たバイオマスの結果を表8及び図14に示す。

バイオマスは、毬果の色の違いによる有意差がなかった。

(2) 毬果の色別に見た総アルカロイド含量の結果を表9及び図15に示す。

総アルカロイド含量は毬果の色の違いで有意差があり、橙色の毬果由来の種子から得られた個体の総アルカロイド含量が多かった。

考察

1. 発芽特性

ウズベキスタンで採種した *Ephedra equisetina* の種子を用いて、発芽試験を行った結果、発芽率の平均は73.6%で、保存条件の違い（室温、冷蔵（4℃）、冷凍（-30℃））は発芽率に影響しなかった。また橙色の毬果由来の種子の発芽率の方が赤色のものに比べやや高い傾向が認められた。

表9 毬果の色別に集計したOltinkon採集種子由来植物の草質茎中の総アルカロイド含量

Table 9 Total alkaloid Content of the herbal stems of plants grown from seeds collected at Oltinkon, based on cone color

	Oltinkon-B Red	Oltinkon-A Orange
n	99	63
Min.	0	0
Ave. (%)	0.48	0.81
Max.	0.97	1.44
SD	0.21	0.27

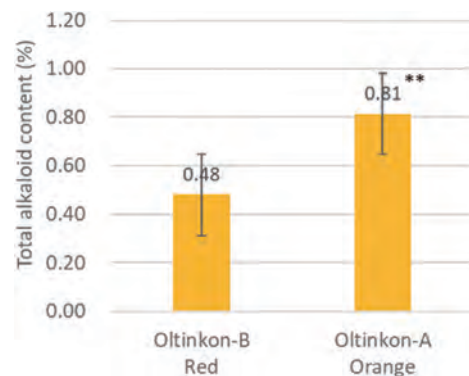


図15 毬果の色別に集計したOltinkon採集種子由来植物の草質茎中の総アルカロイド含量 **：有意差あり (P<0.001)。

Fig. 15 Total alkaloid content of the herbal stems of plants grown from the seeds collected at Oltinkon, based on cone color **：shows a significance (P<0.001).

2. レキ耕栽培における収穫時期の検討

発芽試験で得られた苗を用いて、レキ耕栽培による試験栽培を開始し、木質茎を短く維持して、そこから生じる草質茎を毎年収穫する新たな栽培方法の開発を検討している。

前述のように、今回は実験計画の不備から、毎月の収穫の際にA、B、C、Dの各群から同数を採取せず、月ごとに採取した各群の個体数にバラツキが生じてしまった。特に総アルカロイド含量が高かった9月と12月に収穫した個体はAとCの個体で、一方、総アルカロイド含量が低かった6～8月と10月に収穫した個体はB、C、Dの個体で、Aは含まれていなかった。表6に示したように、A、Cは収穫月に関係なく総アルカロイド含量が高く、B、Dは総アルカロイド含量が低い傾向にあり、今回示された収穫月の違いによる総アルカロイド含量の違いには、各月に収穫した種子の違いが強く反映しているものと考えられた。

6月に収穫した個体の半数が翌春には枯れてしまった（表7）。また10月以降に収穫した個体では、翌年4月に観察し

た時点で黄変した茎が少なかった(表7)。御影(2010)は「*Ephedra*属植物は水分獲得のために地下深くに根をおろし、また地下に根茎を伸ばして繁殖するが、地上部はデンプンなどを含有する貯蔵組織ではないため、地上部が刈り取られると容易に枯死し、栽培が放棄されても復活しない。また機械による刈り取りで、深く刈りすぎて根頭部を無くすと株は枯死し、早い時期に刈り取ることも株を弱める。」と報告し、さらに「*Ephedra*属植物は灌木であり、多年生である。寒冷地では毎年地上部草質茎の大半が枯れ落ち、春に根頭部あるいはわずかに残った草質茎から新梢が生じる。*Ephedra sinica*では、温暖地や北陸の積雪地帯では冬期に地上部が枯死することはなく、春に少数の充実した枝の節から新梢が生じ、その後多くの前年枝が枯死して地上部が更新する。よって秋期に地上部全てを刈り取っても株が弱ることはない。一方、アルカロイド含量が高くなる収穫時期については、*E. sinica*は概ね7月から11月の含量が高い。ただし、7月頃に地上部全てを刈り取ると、その後は新しい茎が生じてこないため光合成を行えず、株に大きなダメージを与えることになり、枯死する危険性がある。」と指摘している(御影2013)。

今回、6月に収穫した株の半分が枯れてしまった理由として、まず長梅雨の影響で用土が過湿になり、かつ、十分に光合成を行うことができなかつたこと、さらに刈り取りでダメージを与えてしまったことが原因であると考えた。

収穫後の観察(図11)で、株全体の草質茎のボリュームに差があったのは、前年の茎が枯れ落ちるタイミングが影響したものと考えられる。11月や12月に収穫した個体は前年の茎との入れ替わりのタイミングと収穫時期がほぼ同じだったため、翌春には新たに伸びた新しい茎のみになり、その結果、株全体の草質茎のボリュームは減少したが、黄変した茎は少なかったものと考えられる。

今回、草質茎を収穫する際にそれらの茎が横に広がるように伸びている個体が多数みられ、とても収穫しにくい状況であった。これは生産を前提とした栽培の場合には好ましくない。一方、11月と12月に収穫したものは、翌年みられる草質茎のほとんどが真っ直ぐ上に伸びていて、翌年の収穫作業にはプラスの効果が期待できる。したがって、生産に向けた栽培では、11月以降に収穫するのがよいと考える。また、6月から8月はバイオマスが少なく、収穫後黄変した茎が多くなるため、この時期の収穫は適切ではない。

なお、収穫月の違いと総アルカロイド含量の関係は、今回の結果のみからは判断が難しいため、同じ採種地のサン

ル、あるいはクローン増殖した材料を用いて再度実験を行い、毎月収穫し、収穫月の総アルカロイド含量への影響等を検証する予定である。

3. 種子および採種地の違いとエフェドリン系アルカロイドの成分構成

種子B由来の個体はEの方がPEより含量が高いものが少なく、またPEのみを検出した個体も認められた。したがって、種子Bは他の種子由来の個体とはエフェドリン系アルカロイドの成分構成が異なる傾向があり、種子Bは、PE含量の高い生薬マオウを生産するために有用である。

今回検討した4種類のアルカロイド成分のすべてが検出限界以下である個体が採種地A、B、Dで各1個体確認された。エフェドリン系アルカロイドは、生薬マオウの副作用の原因と考えられ、現在、ephedrineを除去した生薬マオウに関する各種研究が実施されており(小田口ら2019)、今回確認したエフェドリン系アルカロイドを検出しない個体は、ephedrineフリーの生薬マオウ生産のための系統として利用できる可能性がある。

4. 毬果の色の違いと総アルカロイド含量の関係

種子Aと種子Bは同じ採種地(Oltinkon)内で毬果の色が異なる個体から得られたものである。この材料を用いて検討した結果、毬果の色の違いで総アルカロイド含量は異なり、橙色の個体の含量が多いという結果が得られた。しかし、今回の結果は一か所で採取した種子を用いて比較したものである。ウズベキスタン各地での調査では、赤色と橙色の毬果をつけた個体が隣接して生育している場所を数か所で確認しており、またより黄色に近い毬果をつけた個体もみられることから、毬果の違いと総アルカロイド含量などの関係については、さらに調査を行って材料を増やし、検証を行う必要がある。

今回検討した全個体について、横軸をバイオマス(gDW)と縦軸を総アルカロイド含量(%)としてプロットしたものを図16に示す。この図から、バイオマスと総アルカロイド含量には相関はなく、それぞれ別の要因によって変動すると考えられる。一方、採種地の違いでアルカロイド含量の違いが認められ、アルカロイド含量が高いことを指標にして栽培化をするのであれば、総アルカロイド含量0.7%以上の個体が最も多かったOltinkonの橙色の種子(A、C)を使用するのが適切であると考えられた。

本研究は、平成28年度～令和2年度AMED・創薬基盤推進事業「国産麻黄自給率10%達成に向けた研究」(代表:御影雅幸)の助成を受けて実施したものである。

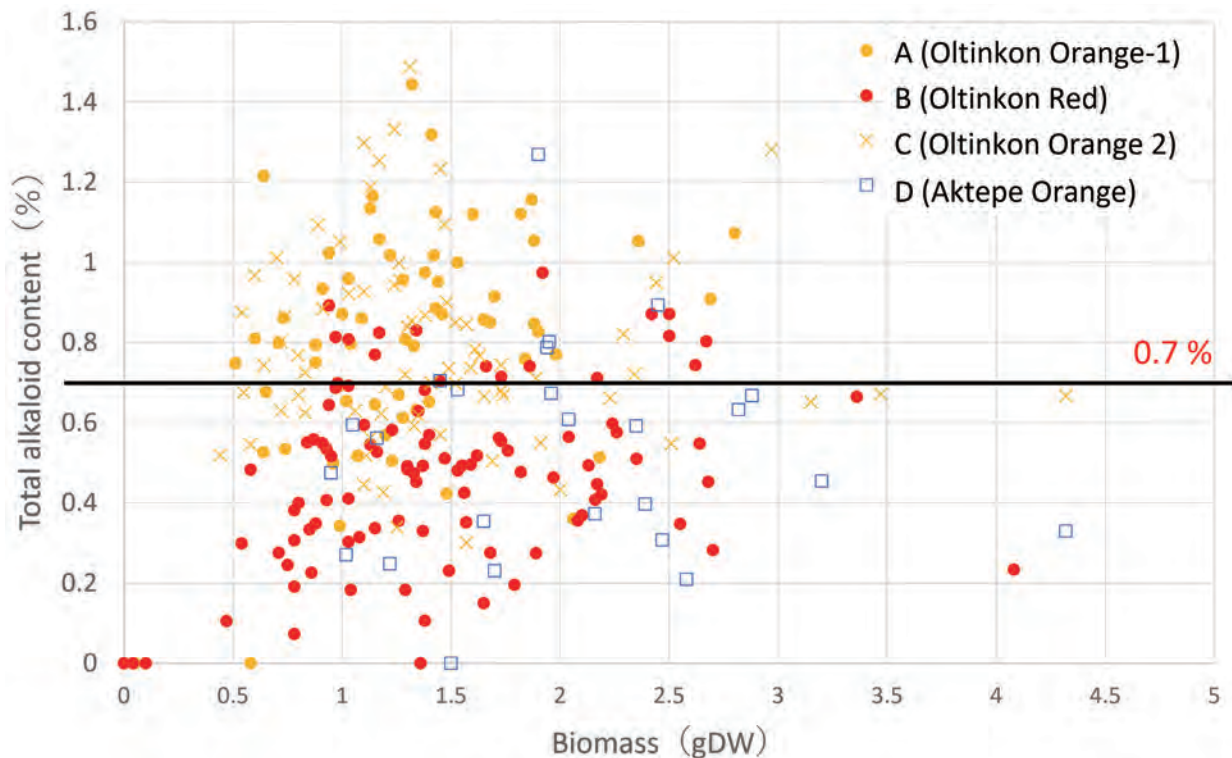


図16 種子A、B、C、Dから得られた植物の各個体の草質茎のバイオマスと総アルカロイド含量の散布図

注：JP18では総アルカロイド含量0.7%以上含むと規定されている。

Fig. 16 Scatterplots of herbal stem biomass and total alkaloid content of individual plants grown from the seeds A, B, C, and D Note: JP18 stipulates that the total alkaloid content is 0.7% or more.

引用文献

厚生労働省 (2021) 第18改正日本薬局方. 2060-2061.

前川里穂・中根孝久・篠崎淳一・三宅克典・野村義宏・Jollibekov Berdiyev・川端良子・Ivan Ivanovich Maltsev・高野昭人 (2018) ウズベキスタン産薬用植物の調査—*Ephedra*属植物を中心に—. 日本植物園協会誌 53: 9-12.

益山光一 (2002) 薬用植物の利用開発等に関する検討についての中間報告. 薬用植物栽培フォーラム講演要旨集 1-4.

Mikage, M. & Kakiuchi, N. (2005) The recent situation of the resources of Chinese crude drug Ma-huang, *Ephedrae Herba*. *J.Trad.Med. Suppl.*1: 61-69.

御影雅幸 (2010) 中国におけるマオウ属植物資源と栽培問題. *Journal of Phytogeography and Taxonomy* 58: 11-14.

御影雅幸 (2013) 麻黄の国内栽培を目指して. 特産種苗 第16号: 56-57.

日本貿易振興機構 (2022) 輸出品目規制 輸出禁止品目、輸出管理品目. <http://www.jetro.go.jp/world/asia/cn/trade_02/> (2022年11月9日アクセス).

小田口浩・日向須美子・関根麻理子・中森俊輔・竹元裕明・黄雪丹・大嶋直浩・嶋田典基・楊金緯・天倉吉章・日向昌司・内山奈穂子・小林義典・袴塚高志・合田幸広・花輪壽彦 (2019) 麻黄の副作用とエフェドリンアルカロイド除去麻黄エキス (EFE) の安全性. *YAKUGAKU ZASSHI* 139: 1417-1425.

山本豊・笠原良二・平雅代・武田修己・樋口剛央・山口能宏・白

鳥誠・佐々木博 (2021) 日本における原料生薬の使用量に関する調査報告書 (2). *生薬学雑誌* 75: 89-105.

北海道地方における薬用植物トウキの採種に関する検討

Study on seed production of medicinal plant *Angelica acutiloba* suitable in Hokkaido佐々木 聡子^{1,2}・佐々木 陽平^{1,*}
Satoko SASAKI^{1,2}, Yohei SASAKI^{1,*}¹金沢大学医薬保健学域薬学類附属薬用植物園・²株式会社夕張ツムラ
¹Medicinal Plant Garden, Kanazawa University, ²Yubari Tsumura Co., LTD.

要約：北海道地方において安定した品質の当帰を生産するためには、原植物トウキ *Angelica acutiloba* を栽培するための高品質な種子が必要である。本研究では、種子生産目的のトウキの開花株について時期別、花序別に調査を行い、種子の熟度と比較しながら最適な採種時期、種子を採る花序の位置を検討した。その結果、第一花序の種子の成熟までの期間が最も長く、次いで第二、第三花序の順となった。さらに第一花序を切除することで、第二・第三花序の成熟期間のみならず発芽率にも影響を与えることを明らかにした。大規模面積栽培で機械化に適したプラグトレイ苗の生産が必要とされる北海道の事情を踏まえると、均一な種子生産のために第一花序を切除した第二花序および第三花序の種子が適していると考えられた。

キーワード：採種、種子生産、トウキ、北海道、薬用植物

SUMMARY : In order to produce Toki, *Angelica acutiloba* Radix, with stable quality in the Hokkaido region, high quality seeds (botanically defined as fruits; achene) are required to cultivate the original plant of Toki, *Angelica acutiloba*. In this study, seed-producing groups of *A. acutiloba* were investigated to determine the optimal seeds harvesting time and position of umbels for seed collection, relating to seed maturity. The results showed that the first umbel had the longest period for seed maturity, followed by the second and third umbels. Furthermore, it was clarified that removing of the first umbel affected not only the maturity period of the second and third umbels but also the germination rate of seeds. Considering the situation in Hokkaido, it was thought that the seeds of the third umbels, which was obtained by removing the first umbels, was suitable to produce plug-tray seedlings in terms of efficiency since uniform size of seeds can be preferable.

Key words : *Angelica acutiloba*, Hokkaido, medicinal plants, seed growing, seed production

当帰（トウキ）は、東洋医学的な概念である「補血（ほけつ：血を補う作用）」の薬能をもち、漢方処方「当帰芍薬散」などに配合される重要な生薬である。現在、漢方医学で使用される当帰は「トウキ *Angelica acutiloba* Kitagawa 又はホッカイトウキ *Angelica acutiloba* Kitagawa var. *sugiyamae* Hikino の根」（厚生労働省 2021：学名表記は引用文献に準じたもの）が、中医学で使用される当帰は「*Angelica sinensis* (Oliv.) Diels の根」（国家薬典委員会 2020）がそれぞれ基源になっている。古来、当帰は中国大陸産が日本に紹介されたと考えられるが、私達の先人は大陸産ではなく、その代替植物を日本に自生する植物の中から見だし、日本独自の当帰を開発した。これが日本特産種のトウキ *Angelica acutiloba* (Siebold et Zucc.) Kitag. で

あり、江戸時代には既に日本独自の栽培法や加工法が確立していたことが記載されている（内藤・難波 1969）。その産地は「和州・紀州」などと記載され、現在でも奈良県や和歌山県で生産されている。近年、日本で使用される当帰の8割が中国産 *A. acutiloba* で、日本産は2割（山本 2021）、そして日本産当帰の5割を北海道産が占めるようになっていく（公益財団法人日本特産農産物協会 2022）。北海道での当帰生産は、以前は北海道に適した変種であるホッカイトウキによるものが主であったが、最近トウキの栽培が急速に拡大している。北海道でのトウキの生産規模は大きく、栽培条件も奈良県や和歌山県とは同一ではない。北海道の気候で、北海道の生産体系に合わせたトウキの栽培方法を確立する必要がある。本研究では「種子」に着目した。本論

* 〒920-1192 石川県金沢市角間町
Kakuma-machi, Kanazawa-shi, Ishikawa 920-1192
sasaki@p.kanazawa-u.ac.jp

文では栽培の開始段階の種子（タネ）という意味で、トウキの瘦果を「種子」と表記する。ただし、果実の成長ステージを述べる場合を除く。

トウキの北海道での栽培方法は次の2通りが採用されている（図1）。一つは露地に直接播種をして育苗し、当年秋もしくは翌年春に掘って定植する方法で、奈良県や和歌山県で古くから行われてきた方法である。もう一つはプラグトレイに播種し、プラグ苗を定植する方法である。後者で用いる種子には、①同一条件下で一斉に発芽すること、②高発芽率、③均一な粒径、など高い品質が要求される。いずれも大規模栽培での効率的な管理、高収量を得ることを目的にした場合である。

トウキの種子生産において、採種は種子生産用に栽培された個体から行われている。トウキの花序は、複散形花序で開花が段階的に進行し、時系列では第一花序が開花する。次に第一花序の側枝から発生する第二花序、第二花序の側枝から発生する第三花序、第三花序の側枝から発生する第四花序…という順番で開花する。また、同一の花茎から発生する複散形花序でも上部に位置する花序のほうが開花は早い。これを模式的に図示する（図2）。

各花序から得られる種子の特徴を以下に示す。これらの特徴は過去数年間の傾向を数値化したものである（未発表）。

- ・第一花序：種子粒大（粒径 6-8 mmが多い）、発芽率良好、発芽勢良好。
- ・第二花序：種子粒普通（粒径 3-5 mmが多い）、発芽率良好、栽培用として使用しやすい。
- ・第三花序：種子粒普通（粒径 3-5 mmが多い）、発芽率良好、発芽勢良好。
- ・第四花序以降：種子粒小（粒径 3-5 mm 以下）、発芽率不良（不揃い）、種子重量は軽い。

（※良好：発芽率80%以上、不良：発芽率40%以下とする）

一般に、第一花序から得られる種子は発芽率・発芽勢ともに良好であるが、プラグトレイに播種する際に、粒径が不均一で大きいと播種板が目詰まりして使いづらいという難点がある。また、第四花序以降は個体や年により発生しないもの、発生しても種子はいいな（不稔）の場合や雑菌による汚染の可能性があるため、播種用にはあまり適していない。結果として第二・第三花序の種子を利用せざるを得ない状況にある。

一方、実際の採種は8月下旬から手作業により実施されている。現場では隣接する開花結実株どうしが重なり合って繁茂しており、厳密に花序の発生位置を特定することは難しい（図3）。そのための対策として、早い段階で第一花序を切除するなどの方法が採用されている（薬用作物コンソーシ



図1 トウキの瘦果（左上）、露地で生産された苗（右上）、プラグトレイ苗（左下）、ビニルハウス内に並べられたプラグトレイ苗（右下）。

Fig. 1 Achene of *Angelica acutiloba* (upper left), Seedlings grown outdoors (upper right), Seedling grown in plug-tray (lower left), Plug-tray seedlings arranged in a vinyl greenhouse for agriculture (lower right).

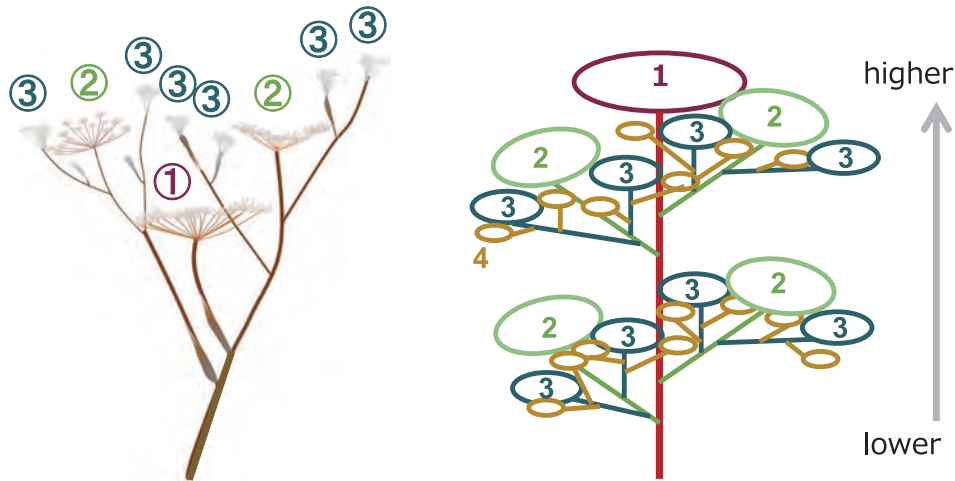


図2 トウキの開花と結実の順序 実際の花序の形(左)とその模式図(右)。第一花序から第三花序までを数字で示した。模式図では便宜上、第一花序を上部に位置させている。

Fig. 2 The order of flowering and seed setting in the umbels of *Angelica acutiloba* Figure of the umbel (left) and its schematic diagram (right). Numbers are shown from the first umbel to the third umbel.

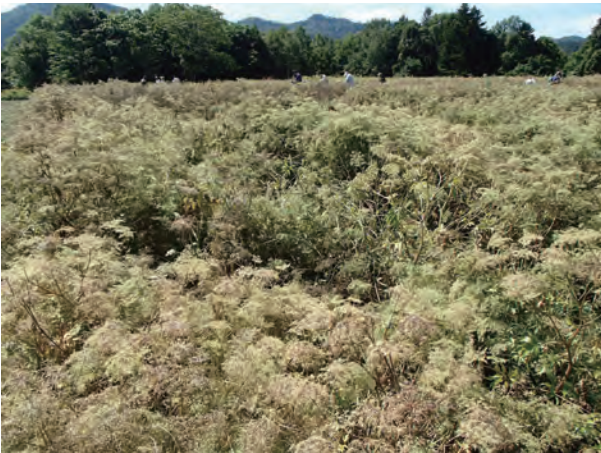


図3 種子生産圃場での採種風景

Fig. 3 Seed collection at the seed-production field

アム 2021)。また、筆者は、切除する花序の位置により、残された花序の成熟の速さが異なることを確認していた(未発表)が、種子の生産現場において数万個体の第一花序を切除する意義を確認する必要がある。

本研究では、北海道でトウキを大規模栽培するのに適した高品質な種子を得るために必要な採種方法を確立することを目的に「採種時期」、「花序の位置」、「種子の熟度」について検討を行った。

材料及び方法

1. 植物材料

1-1 北海道夕張市で栽培されている系統の種子を2017年に採種し、2018年に同地に播種、2020年の開花期に試験材料とした。「採種時期」および「種子の

熟度」の検討に使用。栽植本数10,000個体以上。

1-2 オホーツク管内栽培地由来の系統。2015年に北海道恵庭市のトウキ試験栽培地で採種。同地で2018年春にプラグトレイで育苗、定植し、2019年6月に抽苔した株を試験材料とした。「花序の位置および採種時期」の検討に使用。栽植本数は、約700個体。

2. 採種時期に関する検討

材料1-1の20個体について、着蕾から開花盛期、落果発生までを次の10段階に分け、成熟度スコアを定めた。例えば、下記ステージ4の満開の状態をスコア4として、各個体の花序ごとに記録した(図4)。ここではトウキの瘦果を「果実」として表現する。

ステージ1：花序の展開がはじまり、小花の蕾が確認できる(成熟度スコア1、以下同様)

ステージ2：複散形花序が展開し、小花が開花直前の状態

ステージ3：複散形花序の個々の花序の外側の小花が開花しはじめる

ステージ4：小花の雄蕊が伸長し、開裂している(満開)

ステージ5：小花の花弁の落下がみられる

ステージ6：小花の花弁が全て落下した状態

ステージ7：果実が充実しはじめる

ステージ8：果実は緑色。分果間の溝が確認できる

ステージ9：果実は帯赤紫色。果実の稜や翼が明確に確認できる

ステージ10：落下果実が発生する

調査は2020年7月10日、20日、30日、8月3日、8日、

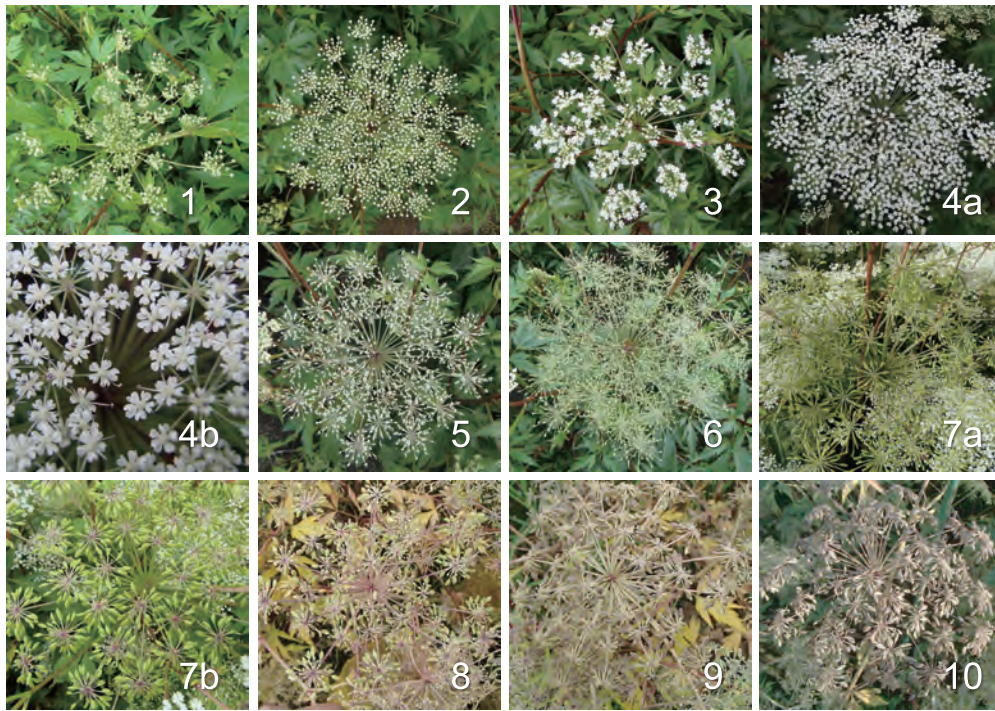


図4 着蕾から落果までの10段階のステージ分類

- ステージ1：花序の展開がはじまり、小花の蕾が確認できる（成熟度スコア1）
 ステージ2：複散形花序が展開し、小花が開花直前の状態（スコア2）
 ステージ3：複散形花序の個々の花序の外側の小花が開花しはじめる（スコア3）
 ステージ4：小花の雄蕊が伸長し、開裂している。満開期（a 全景、b 拡大）（スコア4）
 ステージ5：小花の花弁の落下がみられる（スコア5）
 ステージ6：小花の花弁が全て落下する（スコア6）
 ステージ7：果実が充実しはじめる（a 初期、b 後期）（スコア7）
 ステージ8：果実は緑色。分果間の溝が確認できる（スコア8）
 ステージ9：果実は帯赤紫色。果実の稜や翼が明確に確認できる（スコア9）
 ステージ10：落下果実が発生する（スコア10）

Fig. 4 Ten stages classification during the budding to physiological fruit drop

- Stage 1: The umbels begin to develop, and the buds of the florets can be confirmed (Maturity score 1)
 Stage 2: The umbels develop, and florets are just before flowering (Score 2)
 Stage 3: Outer florets of individual umbels of compound umbel inflorescence begin to open (Score 3)
 Stage 4: The stamens of the florets are elongated and split. Whole bloom stage (a, full view; b, enlarged view) (Score 4)
 Stage 5: Petals of florets begin to fall (Score 5)
 Stage 6: All the petals of the florets have fallen (Score 6)
 Stage 7: Fruits begin to mature (a, early stage; b, late stage) (Score 7)
 Stage 8: The fruit is green in color. The line of separation in complete fruit becomes visible (Score 8)
 Stage 9: The fruit is reddish-purple in color. Ridges and wings of fruit can be clearly identified (Score 9)
 Stage 10: Fruit begins to fall (Score 10)

および24日の計6回行った。各回ともランダムに20個体でそれぞれ第一～第四花序を調査し、スコアを付した（図4）。

3. 花序の位置および採種時期に関する検討

3-1 植物材料：材料1-2参照。

3-2 花序の切除：次の3群各100個体以上で実施した。

A群 第一～第三花序あり（切除処理なし）

B群 第二・第三花序あり（第一花序のみを切除）

C群 第二花序のみ（その他の花序を切除）

※B群の第一花序の切除は2019年7月11日および24日

に、C群の第二花序以外の花序の切除は7月24日に実施した（図5）。切除した花序のステージはいずれもステージ1もしくは2であった。

3-3 採種：2019年8月28日、9月9日、9月16日の3時期に、それぞれ第一・第二・第三花序別に採種を行った。各群20個体から、A群およびB群ではもともと上位にある花序がステージ10の個体を選択し、1個体1花序ごとに切り取り、室内で乾燥させて脱穀した。なお、C群は最終的にステージ7もしくは8で生育が停止したため、これらの花序を採種した。

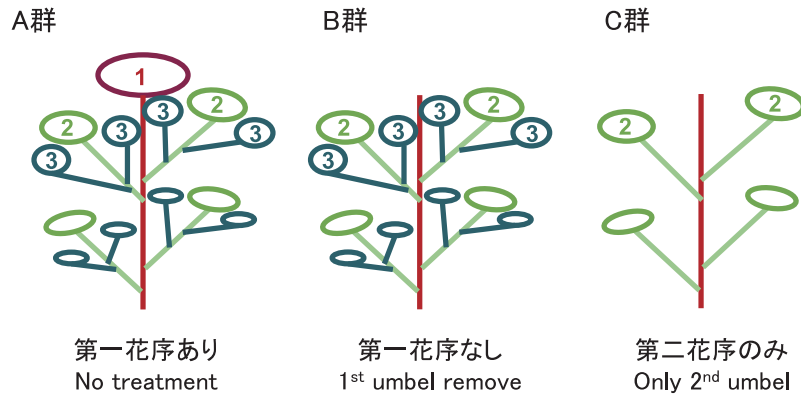


図5 花序切除方法の模式図 花序の切除により、A～Cの3群に分けた

A群 第一～第三花序あり（切除処理なし）

B群 第二・第三花序あり（第一花序のみを切除）

C群 第二花序のみ（その他の花序を切除）

Fig. 5 Schematic diagram of umbels indicating removing method

By the excision method of umbels, three groups are defined.

A: 1st to 3rd umbels present (no treatment)

B: 2nd and 3rd umbels present (remove only 1st umbels)

C: Only 2nd umbels present (remove other umbels than 2nd ones)

3-4 種子の重量：各区100粒重5反復を1/1000g重で計量した。

3-5 種子の含水率：drying oven法（International Seed Testing Association 2008）に従って種子含水率を測定した。

3-6 種子の発芽率：含水率9%以下に調製した種子を使用して発芽率を調査した。発芽試験は20℃一定、暗所、3反復で行った。

4. 種子の熟度に関する検討

材料1-1のうち、2020年8月26日に夕張市で採種したものを使用した。図4に従ってスコア化した第一花序のうち、ステージ9および10を20花序（計20個体）採種し、成熟度スコアを平均化した。ステージ8のものについても20個体採種し、採種当日のものをサンプルとした（図9左写真）。採種当日（サンプル3、4）、採種9日後（サンプル2）、採種23日後（サンプル1）にそれぞれ含水率測定と発芽試験を行った。発芽揃は置床した種子の80%が発芽するまでの所要日数を3反復平均で求めた。

結果

1. 植物材料

採種試験を行った2019年および2020年の試験地の気象は猛暑や干ばつなどはなく、トウキは問題なく開花結実した。恵庭市での開花の推移を図6に示す。

2. 採種時期に関する検討

花序に何も処置をしていない採種用株について、第一花序から第四花序までの状態を、第一花序の開花盛期（7月10日）から果実が花序から落ちる（8月24日）までの成熟期間にスコア化した（図7）。成熟期間の日数とスコアは花序ごとに正の相関を示し、近似式の傾きか得られる花序ごとの成熟速度は第一花序、第二花序、第三花序、第四花序の順に早くなった。成熟期間の日数は花序によって異なり、第一花序が64.4日と最も長く、第三花序以降は40日台と短くなり、非常に早く成熟した（表1）。

3. 花序の位置および採種時期に関する検討

花序において、切除処理を行わないA群、第一花序のみ切除したB群、第二花序のみを残してその他の花序を切除したC群の3群に分けて採種時期の検討を実施した。3時期（8月28日、9月9日、9月16日）にそれぞれ採種し、発芽率により熟度を評価した。その結果、A群では、採種初日8月28日の第一花序の種子の発芽率は81.3%と高かった。しかし、第二花序の成熟は遅れ40.6%、9月9日に91.3%となった（表2）。また、B群では8月28日の時点で、第二花序の種子の発芽率は89.3%に達し、それ以降も92.6%、86.6%と高い発芽率を維持した。C群ではいずれの時期も70%以上ではあるものの、B群よりも低い値となった。

以上より、第一花序が存在すると、第二花序以降の成熟が遅くなる傾向が認められた。

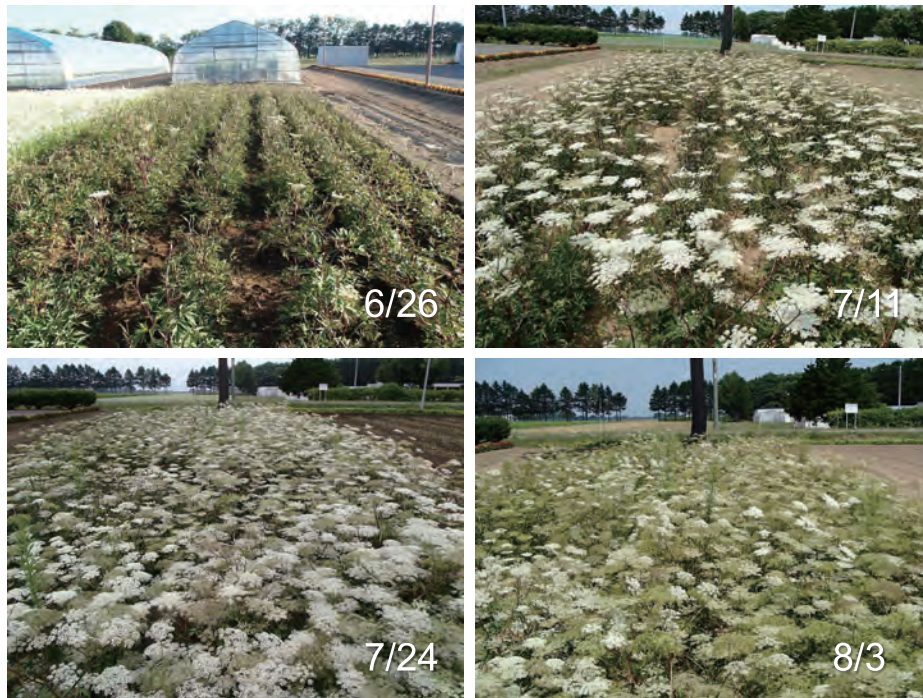


図6 トウキ種子採取株の開花の推移 (恵庭市、2019年)

- 6/26 第一花序 開花始期 (ステージ 2~4)
- 7/11 第二花序 開花盛期 (ステージ 4)
- 7/24 第三花序 開花盛期 (ステージ 4)
- 8/3 第四花序 開花盛期 (ステージ 4)

Fig. 6 Seasonal changes in *Angelica acutiloba* flowers for seed collection

- Jun. 26; 1st umbels begin to bloom (Stage 2~4)
- Jul. 11; 2nd umbels are in full bloom (Stage 4)
- Jul. 24; 3rd umbels are in full bloom (Stage 4)
- Aug. 3; 4th umbels are in full bloom (Stage 4)

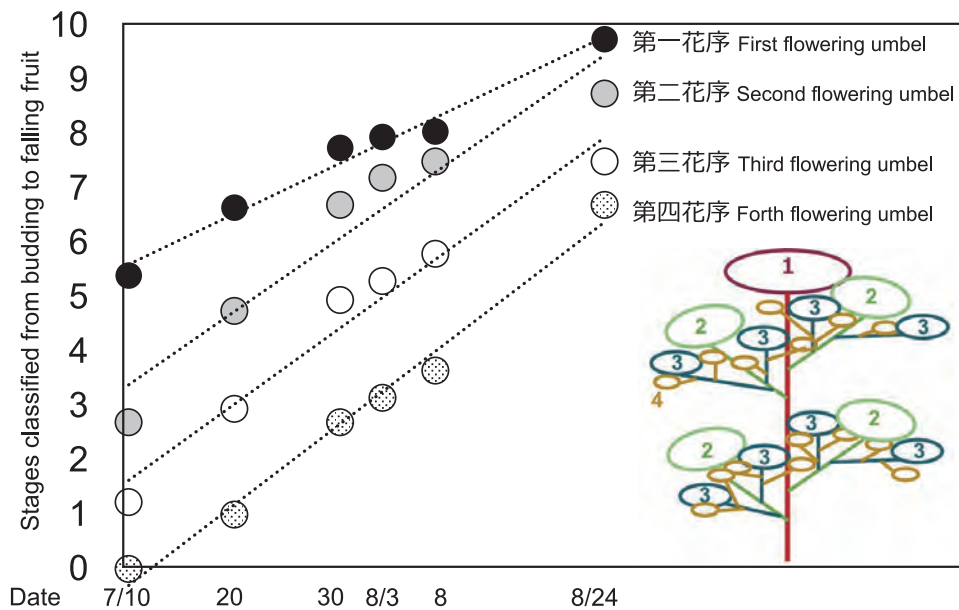


図7 種子収穫適期の推測 第一花序から第四花序までのスコアと観察日 第一~第四花序における成熟度スコアと開花からの成育日数との関連性。花序の成熟度スコアについては図4参照。

Fig. 7 Relationship between maturity scores in 1st to 4th umbels and spending days from the date in the full bloom For maturity score, refer to Fig. 4.

表1 花序ごとの果実の熟度を推定する方程式 (n=20) 方程式は、観察初日(7/10)から6回の調査で求めたスコアから導いた。方程式にスコア4 (y=4, 満開)を代入したときのxの値が、各花序の満開の日付となり、方程式にスコア10 (y=10, 落果)を代入したときのxの値が各花序の落果推定日となる。それぞれの推定日から各花序が成熟する所要日数を計算した。所要日数は、開花盛期(ステージ4)から落果(ステージ10)までを表し、方程式から計算した。y= 開花ステージ(成熟度スコア4)、x= 観察初日(7/10)からの経過日数。

Table 1 Equation to estimate the maturity of fruit in each umbel (Yubari 2020, n=20) The formulas correspond to the graph in Fig.7. The number of days represents the required number of days from the flowering to the falling fruit. The number of days represents elapsed days from flowering (stage 4) to fruit falling (stage 10). y= flowering stage (maturity score 4), x= days from first observation date (7/10).

Umbel Order	Equation	R ²	Date in full broom (y=4)	Date in fruit drop (y=10)	Days required
1 st Umbels	y=0.0931x+5.6057	0.9800	6/23	8/26	64.4
2 nd Umbels	y=0.1349x+3.3887	0.9275	7/15	8/28	44.5
3 rd Umbels	y=0.1402x+1.6302	0.9703	7/27	9/6	42.8
4 th Umbels	y=0.1486x-0.3037	0.9875	8/8	9/17	40.4

表2 花序を切除することによる各花序から得られた種子の発芽率の変化

花序切除方法

- A群 第一～第三花序あり (切除処理なし)
- B群 第二・第三花序あり (第一花序のみを切除)
- C群 第二花序のみ (その他の花序を切除)

Table 2 Variation in the germination rate of seeds obtained from the different umbel excision methods

Umbel excision method

- A: 1st to 3rd umbels present (no treatment)
- B: 2nd and 3rd umbels present (remove only 1st umbels)
- C: only 2nd umbels present (remove other than the second umbels)

	Harvest date 2019	Germination Percentage (%)		
		1 st umbel	2 nd umbel	3 rd umbel
A 第一花序あり No treatment	8/28	81.3	40.6	0.66
	9/9	59.3	91.3	92.0
	9/16	61.3	---	92.6
B 第一花序なし 1 st umbel remove	8/28		89.3	49.3
	9/9		92.6	70.0
	9/16		86.6	74.6
C 第二花序のみ Only 2 nd umbel	8/28		73.3	
	9/9		86.0	
	9/16		86.0	

各群から採取された種子重については、8月28日を除き、第一花序の種子が最も重く、採種時期が遅くなるほど種子は重くなった(図8)。第二花序の種子重は、第一花序の有無にかかわらず、いずれの時期においても0.2 g前後/100粒で、第一花序の切除による影響はほとんど見られなかった。第一花序を切除した場合、第二花序・第三花序は、採種時期が遅くなるにつれて種子重が増加した。また、第三花序の種子重は第二花序の種子とほとんど同様であり、ばらつきが抑えられた。

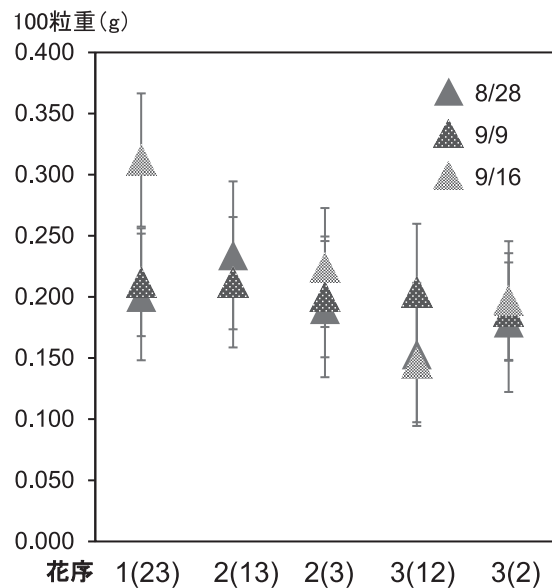


図8 各花序から採種された時期別の種子重量 第一花序の処理をあり(+), なし(-)で示す。

Fig. 8 Seed weights on different harvest dates in each umbel The 1st umbels are removed (+) or not (-).

4. 種子の熟度に関する検討

花序に何も処置をしない採種株で、8月26日採種当日の成熟度スコアの平均値は、第一花序10.0、第二花序9.0、第三花序7.1、第四花序6.2であった。このうち、異なるスコアを示す第一花序から採種した種子の発芽率を調査した。成熟度スコア9.5で乾燥期間23日のサンプル1で発芽率は94.7%で、種子含水率は8.4%であった(図9、表3)。外観上は未熟である熟度8のサンプル4は82.0%の発芽率であった。ただし、サンプル4の発芽揃までの所要日数は24.4日、サンプル1の発芽揃13.2日と比べて10日ほど遅かった。また、採種直後よりも乾燥が進み、含水率が9%以下になった種子の方が、発芽率が揃うことが明らかになった。

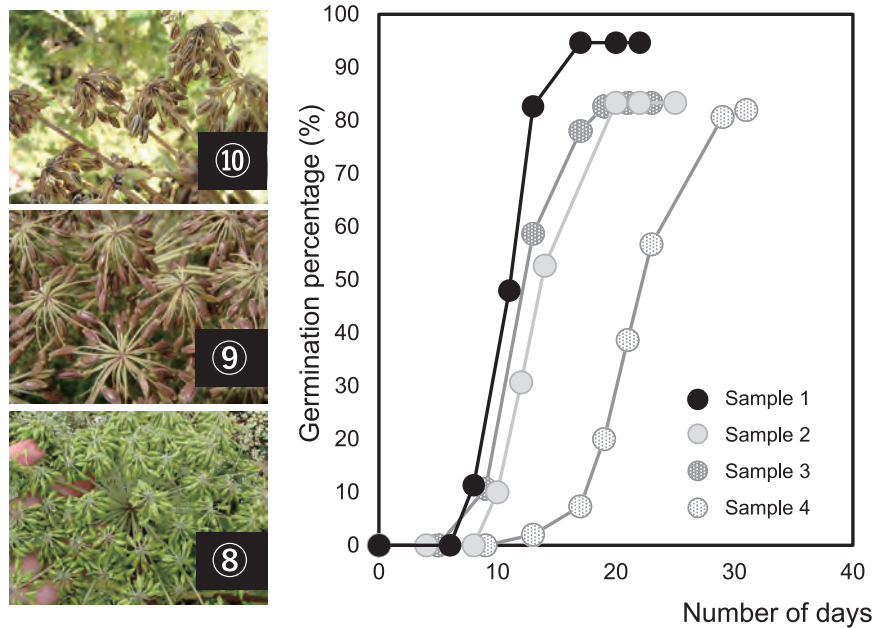


図9 第一花序から採種した種子の発芽率 Sample 1~4 は表3の sample に対応している。Sample 1~3: 成熟度スコア 9.5、Sample 4: スコア 8。

Fig. 9 Germination rate of seeds collected from the first umbel Samples 1~4 correspond to samples in Table 3. The maturity score of umbels is 9.5 in samples 1~3 and 8 in sample 4.

表3 熟度・採種後日数が異なる種子の発芽率 2020年8月26日に第一花序から採種 (n=20)。Sample は図9と対応している。

Table 3 Germination percentages of seeds with different maturity and number of days after harvest Seeds were harvested from the 1st umbels on August 26, 2020 (n=20). Samples correspond to the samples in Figure 9.

Sample No.	Score	Day from harvest (day)	The moisture content of seeds (%)	Germination percentage (%)
1	9.5	23	8.4	94.7
2	9.5	9	13.4	80.6
3	9.5	0	24.4	83.3
4	8.0	0	---	82.0

考察

本研究では、北海道でトウキの持続的な生産を可能にするために必要な種子をより多く、より均一な品質で収穫する目的で基礎的な調査を行った。トウキの採種用株について、第一花序から第四花序の各花序のステージをスコア化し、種子の熟度を発芽率で評価した。その結果、花序別に観察を行うことで、各花序の採種適期を予測することが可能であった。また、花序の位置と種子の熟度および発芽率を考慮すると、第一花序を切除したうえで、第二花序、および第三花序から採種すると種子重が揃うことから有効であることを明らかにした。種子の熟度については、外観が未熟であるスコア7の段階の種子でも発芽能を有していたものの（データ未提示）、花序ごとに採種をするのであれば、より自然な状態での種子の含水率の減少とそれに伴う成熟を考えて、落果が発生する寸前のステージ9の状態以降に採種することが望

ましい。

新藤らは、第一花序が最も発芽率が良いため、第一花序の種子および上位にある第二花序から種子を取るべきだとしている（新藤 2013）。確かに、第一花序についての種子は重く、外見上、雑菌による汚染が少なく、発芽率のよいものが得られることが多い。しかしながら、種子重と発芽率とは相関がないことは、先行研究（Phip 2006）でも述べられているとおりで、我々もこれを支持する結果を得た。また、第二花序のみならず、第三花序も、第一花序を切除する場合は、その後の適切な管理のもとで発芽率が良好な種子が得られた。これらの種子を使用することにより、1個体から採れる種子の量が多くなり、また種子全体の粒径が揃った。ただし、第一花序を切除すると、第二花序の成熟が遅れ、第三花序の成熟が追い付くという結果が得られたが、これについては今後の実験結果を待って結論づけたい。種子生産現場にお

いて、数万個体にのぼる第一花序の切除は、コスト的にも大きな負荷となり得るが、上述のとおり、花序切除の負荷を上回る利点が得られる有用な手段であると考えられる。

野菜の場合、プラグトレイ苗を生産するために播種する種子には、機械による播種に適する大きさと、均一な粒径・重量が求められ、通常加工が施されている。トウキの場合も専門会社に委託して、さらに風力選別や粒径選別を行うため、採種の段階でいかにばらつきの少ない種子が採れるかという視点が必要である。

最後に、北海道地方では、開花期の豪雨や猛暑、干ばつなど、気象要因により良質な種子を安定的に採種することが年々難しくなっている。一方、医薬品原料としての生薬は、安定した供給量と品質が要求されている。この課題を克服し、さらに持続可能な当帰の生産を実施するために、年次変動を踏まえて各花序の採種適期の予測精度を高める必要があると考えている。

引用文献

- International Seed Testing Association (2008) International rules for seed testing. Edition 2008, Chapter 9: Determination of Moisture Content, The International Seed Testing Association Switzerland.
- 国家薬典委員会 (2020) 中華人民共和国薬典2020年版一部. 139. 中国医薬科技出版社. 北京.
- 公益財団法人日本特産農産物協会 (2022) 地域特産作物 (工芸作物、薬用作物及び和紙原料等) に関する資料 (令和2年産): 15, 25. <http://www.jsapa.or.jp/pdf/Acrop_Jpaper/nousakumotuchousar2.pdf> (2022年11月4日アクセス).
- 厚生労働省 (2021) 第十八改正日本薬局方, 医薬品各条生薬等, 2007. <<https://www.mhlw.go.jp/content/11120000/000788459.pdf>> (2022年10月29日アクセス).
- 内藤焦園 (原著)・難波恒雄 (解説) (1969) 詳解古方薬品考. 165-167. 古方薬品考刊行会. 東京.
- Phip, N. T., Nojima, H. & Tashiro, T. (2006) Effect of Seed Selection Based on Seed Weight and Specific Gravity on Seed Germination and Seedling Emergence and Growth in *Angelica Acutiloba* Kitagawa. Japanese Journal of Tropical Agriculture 50 (3): 154-162.
- 新藤聡・松原紀嘉・渡辺均・池上文雄 (2013) トウキ (*Angelica acutiloba* Kitagawa) における花序構成と開花特性および種子生産性との関係. 生薬学雑誌 67 (1): 13-17.
- 薬用作物コンソーシアム (2021) 薬用作物栽培の手引き—薬用作物の国内生産拡大に向けて—トウキ編. 21. <https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/files/Toki_warc_man2021.3.15.pdf> (2022年11月5日アクセス).
- 山本豊・笠原良二・平雅代・武田修己・樋口剛央・山口能宏・白鳥誠・佐々木博 (2021) 日本における原料生薬の使用量に関する調査報告 (2). 生薬学雑誌 75: 89-105.

薬用植物センキュウ根茎の加熱条件による成分変化

Study on the changes in the compounds of the medicinal plant *Cnidium officinale* rhizomes under various heating conditions

安藤 広和・梁 惠芬・佐々木 陽平*
Hirokazu ANDO, Fuifen LIANG, Yohei SASAKI*

金沢大学医薬保健学域薬学類附属薬用植物園
Medicinal Plant Garden, Kanazawa University

要約：本研究では、センキュウ根茎が漢方生薬「川芎」に加工される工程のうち「湯通し」と呼ばれる加熱工程に着目し、加熱条件による含有成分の変化を調べることを目的とした。センキュウの収穫直後の根茎を様々な温度（40-90℃）に、一定時間（15-60分）浸し、処理後の根茎成分を HPLC 法により分析し、主成分分析を行った。その結果、含有成分は加熱時間よりも加熱温度による変化が大きいことを明らかにした。主成分分析では大きく3つのクラスター（40℃ 群、60℃ 群、80℃ 群 & 90℃ 群）に分類された。

キーワード：加工条件、成分変化、主成分分析、センキュウ根茎、薬用植物

SUMMARY：This study aims to investigate the changes in the compounds of *Cnidium officinale* rhizomes depending on the heating conditions. Heat treatment is a process that is applied when the rhizomes of *Cnidium officinale* are produced into products. These rhizomes are first soaked at various temperatures (40-90℃) for a certain period of time (15-60 min) following it with the HPLC analysis and principal component analysis (PCA) being performed. As a result, it was clarified that the compounds of the rhizome changed increasingly depending on the heating temperature rather than that of the heating time. Principal component analysis (PCA) showed that rhizome components were classified into three clusters (40℃ group, 60℃ group, and 80℃ & 90℃ groups).

Key words：compound change, *Cnidium officinale* rhizomes, medicinal plant, principal component analysis (PCA), processing condition

セリ科センキュウ *Cnidium officinale* Makino の根茎は漢方生薬「川芎（センキュウ）」の原料として主に北海道で生産されている。センキュウは日本に野生品がなく栽培品のみが存在している（木村 1948）。中国原産と考えられ、日本には1600年代に導入されたとされている（柴田ら 1993）。しかし現在、中国にセンキュウはなく、中国産川芎の由来は *Ligusticum chuanxiong* Hort. とされている（国家薬典委員会 2020）。ここで、センキュウの学名表記について *Ligusticum officinale* (Makino) Kitag. とされる場合もあるが、本論文では生薬学分野で一般的な日本薬局方の表記に従った（厚生労働省 2021）。

センキュウの根茎は収穫後、熱湯に浸してから乾燥するという工程が採用されてきた。この工程は「湯通し」と称され日本独自の方法である。この方法は江戸時代には既に実施されていることが記載されており（内藤 1940）、その目的



図1 センキュウの地上部と根茎 まれに見られる開花株（左）、収穫直後の根茎（右）

Fig. 1 Aerial part and rhizomes of *Cnidium officinale* Rarely flowering plants (left), rhizomes after harvest (right)

* 〒920-1192 石川県金沢市角間町
Kakuma-machi, Kanazawa-shi, Ishikawa 920-1192
sasaki@p.kanazawa-u.ac.jp

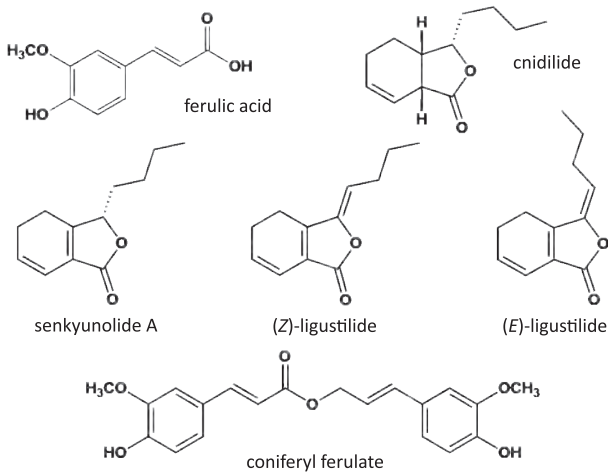


図2 本研究で分析したセンキュウ根茎に含有される化合物

Fig. 2 Analysis of compounds contained in *Cnidium officinale* rhizomes analyzed in this study

は「湯通し」処理により乾燥しやすくすることとされている(神尾 1954)。一方で、「湯通し」の加熱処理がセンキュウの根茎の含有成分に与える影響も考えなければならない。センキュウの根茎には精油や不安定な骨格を有するフタリド類などが含有されており、加熱条件によっては揮発や熱分解などにより組成や含量が変化する。医薬品原料としての使用を考えた場合、含有成分の安定した組成・含量は必要不可欠であり、我々は加熱条件と化合物の組成・含量の変化を明らかにする必要があると考えた。

本研究ではセンキュウ根茎の主要成分であるフタリド類4種類 cnidilide, senkyunolide A, (Z)-ligustilide, (E)-ligustilide 及び ferulic acid, coniferyl ferulate に着目し、加熱条件(温度、時間)と含量変化の関係を調べることが目的とした。

材料及び方法

1. 植物材料

金沢大学医薬保健学域薬学類附属薬用植物園で2020年4月に定植し、12月に収穫した根茎を、地上部とひげ根を除去し、最小単位の丸い根茎になるように分割したものを実験に供した。センキュウは北海道産に由来し、金沢大学の系統維持株である。

2. 加熱実験

湯通しは水道水(約8℃)を40、60、80、90℃となるよう加熱し、根茎を一定時間(15、30、45、60分)浸すことによって実施した。また、本研究では加熱による影響を明らかにするため、水道水に10分浸したものをコントロール群

として用いた。加熱処理後は恒温乾燥機を用いて40℃で乾燥した。

3. 成分分析

高速液体クロマトグラフィー(HPLC)は次の条件で実施した。

Column : COSMOSIL Packed Column 5C₁₈-MS- II 4.6 ID×250 mm, Mobile Phase : A 0.25% acetic acid, B MeOH, Gradient program : 0-3 min : 32% B, 3-36 min : 32-85% B, 36-43 min : 85-100% B, 43-45 min : 100% B, Column temperature : 40℃, UV detection : 280 nm, Flow rate : 0.7 mL/min, Injection volume : 10 μL

4. 多変量解析

加熱実験の16条件(温度及び時間)とコントロール群で各4検体、合計68検体の分析データを用いて主成分分析を実施した。ソフトウェアはSPSS Statistics version 27(日本IBM)を使用した。

結果

本研究ではセンキュウ根茎を40℃、60℃、80℃、90℃で15分、30分、45分、60分温水で浸漬し湯通しした。含有成分を分析し、主成分分析を行ったところ、PC1の寄与率が38.534%、PC2は28.048%となり、累積寄与率は約67%となった。スコアプロットに配置した各検体のプロットは40℃、60℃、80及び90℃の3つのグループに分かれ、40℃はPC1が負の値に、80及び90℃はPC1が正の値に、60℃はその中間に位置しており、温度が高くなるに従ってPC1が負から正の値に変化していた(図3)。また、コント

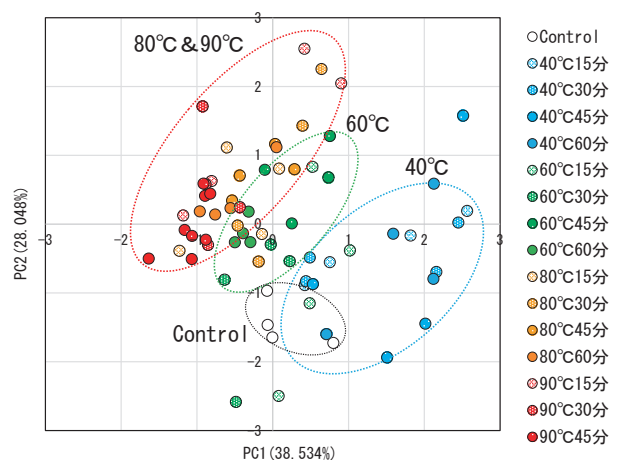


図3 センキュウ根茎主要成分の主成分分析(スコアプロット)

Fig. 3 Principal component analysis of compounds comprised in *Cnidium officinale* rhizomes

ロール群のPC1は60℃と同等の値であったが、PC2が概ね60℃よりも低い値を示した。一方、各温度の浸漬時間による差異は認められなかった。

スコアプロットで各センキュウ根茎が湯通し温度によって区別されたことからローディングプロットを作成した(図4)。その結果、各成分の因子負荷量(PC1, PC2)は以下の値になった。cnidilide (0.42, 0.79)、senkyunolide A (0.66, 0.51)、(Z)-ligustilide (0.74, 0.05)、(E)-ligustilide (0.87, -0.23)、ferulic acid (-0.55, 0.56)、coniferyl ferulate (0.30, -0.66)。スコアプロットでは温度が高くなるに従ってPC1が負から正の値に変化していたことから加熱条件の成分変化にはPC1が負の値の場合 ferulic acid 含量の影響が大きく、正の値の場合には (E)-ligustilide 及び (Z)-ligustilide 含量の影響が大きいと考えられる。

ローディングプロットから加熱条件の成分変化には ferulic acid、(E)-ligustilide、(Z)-ligustilide 含量の影響が大きいことが明らかになった。そのため、各加熱条件における ferulic acid、(E)-ligustilide、(Z)-ligustilide の定量分析を実施した。その結果、ferulic acid 含量はコントロール群で0.10 mg/gであったが、15分の浸漬時間では40℃、60℃、80℃、90℃の順に0.08、0.15、0.27、0.32 mg/g、30分では0.08、0.14、0.22、0.31 mg/g、45分では0.08、0.20、0.24、0.25 mg/g、60分では0.11、0.21、0.21、0.23 mg/gであった(図5)。ferulic acid 含量は40℃では変化が小さ

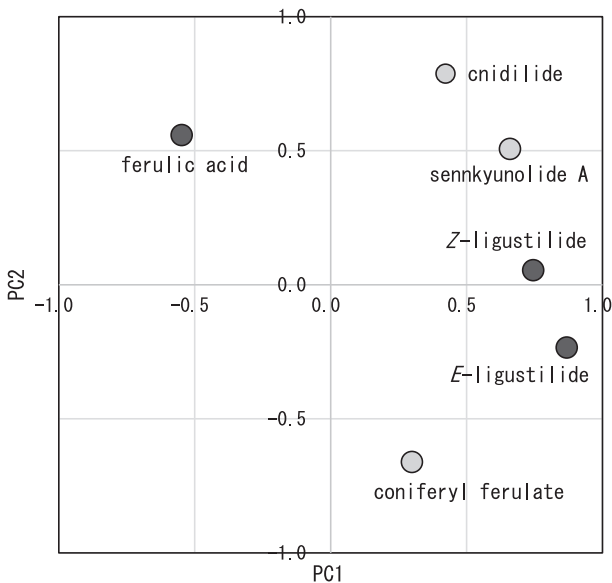


図4 センキュウ根茎主要成分の主成分分析(ローディングプロット)

Fig. 4 Principal component analysis of compounds comprised in *Cnidium officinale* rhizomes (Loading plot)

いものの、60℃、80℃、90℃と温度が高くなるに従って含量が増加する傾向が認められた。また、全ての浸漬時間において同様の傾向が認められた。一方、幾何異性体の関係にある (E)-ligustilide 及び (Z)-ligustilide は (E)-ligustilide を (Z)-ligustilide で換算しその合計値 ((E/Z)-ligustilide 含量) として定量を行った。その結果、コントロール群で6.76 mg/gであったが、15分の浸漬時間では40℃、60℃、80℃、90℃の順に8.34、6.09、5.91、5.98 mg/g、30分では7.74、5.37、6.48、5.58 mg/g、45分では8.11、6.33、6.10、5.13 mg/g、60分では8.85、5.59、5.29、4.78 mg/gであった(図6)。(E/Z)-ligustilide 含量は40℃で増加したが、60℃で減少し80℃、90℃では概ね

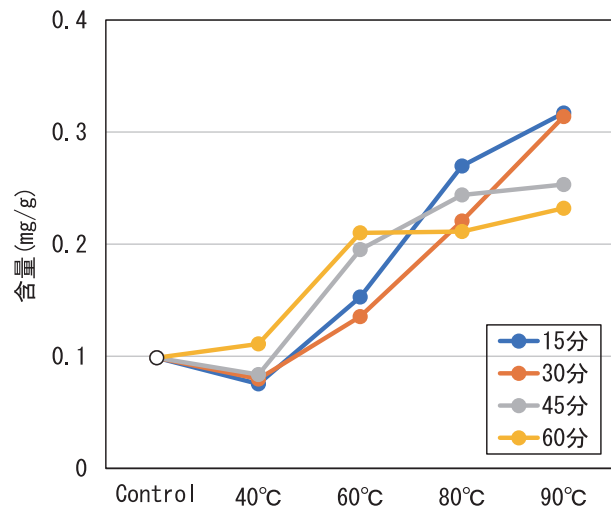


図5 加熱条件による ferulic acid の含量変化 (n=4)
Fig. 5 Change of ferulic acid content under various heating conditions (n=4)

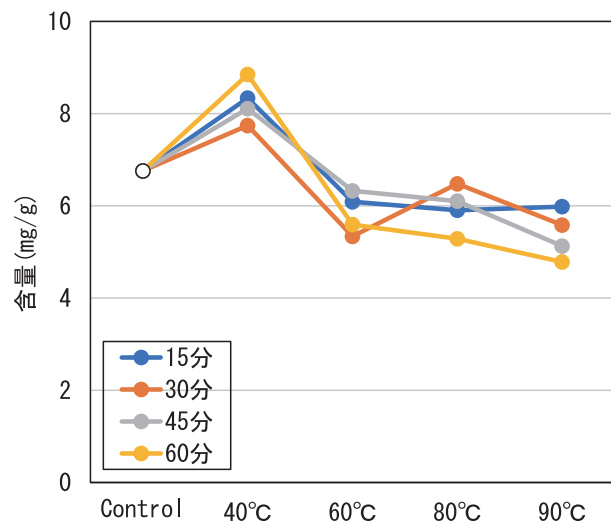


図6 加熱条件による (E/Z)-ligustilide の含量変化 (n=4)
Fig. 6 Change of (E/Z)-ligustilide content under various heating conditions (n=4)

60℃と同程度を維持した。(E/Z)-ligustilide 含量においても浸漬時間による差異は認められなかった。

考察

センキュウ根茎の湯通しという加熱工程では、含有成分が変化することが知られている(姉帯 2001)。医薬品原料としての川芎は、安定した品質が要求されるため一定の条件で加工されることが望ましい。しかし実際の湯通しの温度は一定ではなく、例えば60-80℃など温度に幅があるようである。例えば60℃と80℃でそれぞれ湯通しした川芎の品質の差は明らかにされていない。また、浸漬する時間によっても成分は変化しうると考えられる。

今回、湯通し温度を40℃、60℃、80℃、90℃の4群に設定し、各温度の湯通し時間は15分、30分、45分、60分の4群で加工を実施した。これらの検体を用いて主要成分であるフタリド類4種類、*cnidilide*、*senkyunolide A*、(Z)-*ligustilide*、(E)-*ligustilide* 及び *ferulic acid*、*coniferyl ferulate* の含量変化を調べたところ、主成分分析では加熱時間による含有成分の変化に傾向は認められなかったが、加熱温度に着目すると、40℃と60℃では各温度でクラスターを形成し、80℃と90℃で加工した検体は近い位置にプロットが混在していた。すなわち、40℃から80℃では湯通し温度の違いによって含有成分が変化することを意味している。さらに、40℃から80℃にかけてPC1が大きく変化していることから、ローディングプロットにおいてPC1の因子負荷量が大きい*ferulic acid*、(E)-*ligustilide*、(Z)-*ligustilide* の含量変化が影響を与えていると考えられる。*ferulic acid* は *coniferyl ferulate* の加水分解によって生じることが知られており(Li *et al.* 2007)、(E)-*ligustilide*、(Z)-*ligustilide* においても熱に不安定な化合物で、酸化、加水分解、異性化などによって分解することが報告されている(Zuo *et al.* 2013, Yi *et al.* 2007)。また、(Z)-*ligustilide* は二量体の加水分解によって生成されることも報告されている(Yi 2007)。実際に、*ferulic acid* の定量分析の結果では60℃以上で含量が増加しており、この増加は *coniferyl ferulate* の加水分解によって生じたものと考えられる。また、(E/Z)-*ligustilide* の定量分析の結果では40℃では増加したが、60℃では減少し、80℃、90℃では60℃と同程度であった。40℃では二量体の加水分解によって(Z)-*ligustilide* 含量が増加したが、60℃以上では分解反応が優位となり減少したものと考えられる。また、本研究では影響が小さいと考えられる *senkyunolide A* についても80℃以上

の温度で分解反応が進むと報告されており、*cnidilide* についても揮発や温水への溶出で減少する可能性が考えられる。すなわち、センキュウ根茎の主要成分であるフタリド類は熱に不安定であるため、湯通し温度によって分解反応により含量が減少する場合や、他の化合物が分解されることにより増加する場合もある。

以上、本研究ではセンキュウ根茎の主要成分であるフタリド類4種類及び *ferulic acid*、*coniferyl ferulate* に着目し、加熱条件(温度、時間)と含量変化の関係を調べることを目的とし、主成分分析を行った。その結果、成分含量は湯通し時間よりも湯通し温度による影響が大きいかを明らかにした。また、湯通し温度の違いによって *ferulic acid*、(E)-*ligustilide*、(Z)-*ligustilide* 含量が大きく異なることを明らかにした。医薬品として安定した成分含量や組成を担保するためには湯通し温度は重要であると考えられる。本研究の結果からセンキュウの加工法として採用されてきた湯通し工程により含有成分が大きく変化することが明らかになった。

引用文献

- 姉帯正樹・畠山好雄(2001)川芎の調製法と科学的品質評価(第1報)調製条件と希エタノールエキス及びショ糖含量の変動. 道衛研所報 51: 13-17.
- 神尾信治(1954)薬草の栽培. 205-210. 富民社. 大阪.
- 木村雄二郎・小山米子(1948)川芎に就いて. 植物研究雑誌 22: 65-70.
- 国家薬典委員会(2020)中華人民共和国薬典2020年版一部. 42-43. 中国医薬科技出版社. 北京.
- 厚生労働省(2021)第十八改正日本薬局方. 医薬品各条生薬等. 1976-1977. <<https://www.mhlw.go.jp/content/11120000/000788459.pdf>> (2022年10月29日アクセス)
- 内藤焦園(1840)難波恒雄解説「詳解古方薬品考」(1969). 161-164. 「古方薬品考」刊行会. 東京.
- Li, S.-L., Yan, R., Tam, Y.-K. & Lin, Ge. (2007), Post-Harvest Alteration of the Main Chemical Ingredients in *Ligusticum chuanxiong* HORT. (Rhizoma Chuanxiong). Chemical and Pharmaceutical Bulletin, 55, 140-144
- 柴田敏郎・熊谷健夫・沢井清道・畠山好雄(1993)センキュウの栽培に関する研究(第2報)生育、収量に及ぼす施肥時期の影響. 生薬学雑誌 47: 5-11.
- Yi, T., Zhang, H., Xie, J. & Xue, D. (2007), A new procedure for the preparative separation and isolation of Z-ligustilide from the roots of *Angelica sinensis*. Journal of Separation Science, 30, 1973-1978
- Zuo, A.-H., Cheng, M.-C., Zhuo, R.-J., Wang, L. & Xiao, H.-B. (2013), Structure elucidation of degradation products of Z-ligustilide by UPLC-QTOF-MS and NMR spectroscopy. Acta Pharmaceutica Sinica, 48, 911-916

海洋博公園におけるエダウチヤガラ (ラン科) の野外播種試験

In situ seed sowing experiment of
Eulophia graminea (Orchidaceae) in Ocean Expo Park, Okinawa

天野 正晴^{1,*}・川元 南緒²・峯 弓華²・徳原 憲¹・佐藤 裕之¹・辻田 有紀²
Masaharu AMANO^{1,*}, Nao KAWAMOTO², Yumika MINE²,
Ken TOKUHARA¹, Hiroyuki SATO¹, Yuki OGURA-TSUJITA²

¹一般財団法人沖縄美ら島財団・²佐賀大学農学部

¹Okinawa Churashima Foundation, ²Faculty of Agriculture, Saga University

要約：エダウチヤガラ (ラン科) が自生する海洋博公園内で発芽・初期成長の確認及び共生菌の探索を目的とした野外播種試験を実施した。その結果、発芽個体が90個体得られ、地下茎の形成からシュート形成まで幼若個体の生育過程が明らかになった。今後、本種の保全に向け共生菌の単離・同定を進めたい。

キーワード：エダウチヤガラ、沖縄、海洋博公園、野外播種試験、ラン科植物

ラン科植物は、日本国内に約300種が自生しており、232種が絶滅のおそれのある野生生物として環境省レッドリスト (環境省 2020) に掲載されている。ラン科植物の保全に関する取り組みは自生地保全を中心とした生息域内保全が実施されている (河原・山下 2007、八巻ら 2011 など) が、生息域外保全に関しては、自生地から個体を採取し生息域外保全株とするか、自生地個体もしくは生息域外保全株から種子を採取し種子繁殖することによって、個体数の確保、増殖が図られてきた (石田 2017)。しかしながらこの種子繁殖に関しては、実施するにあたって課題が多い。ラン科植物の種子は、小さく、軽く、胚乳が発達しない構造であり、自然条件下では発芽時に特定の種類の菌から栄養供給を受ける必要がある (Hadley 1982)。ラン科植物の種子繁殖に関しては、Knudson (1922) がカトレア *Cattleya* の種子を用いて行ったのが最初である。これは無菌播種・培養と呼ばれる技術で、種子を試験管において無菌的に寒天培地上で発芽・育苗したもので、現在では主に商業的に増殖するのに用いられている。しかしながら、一部の種群ではこの無菌培養でも発芽を誘導することが難しいものがある (Arditti *et al.* 1982、Miyoshi & Mii 1988)。また、種類によって無菌培養の条件や順化などの方法が異なり、特に野生種に関してはその知見の集積が乏しいため課題が多い。一部のラン科植物では共生菌を単離し、種子と共に培養することで効

率的に発芽・生育を促す共生培養の手法が確立されており (Warcup 1973、Estiken *et al.* 2005、Stewart & Kane 2006、2007、Yagame *et al.* 2007、Herrea *et al.* 2017 など)、無菌培養が困難な種類への応用が期待されている。ラン科植物の保全に関わる無菌培養及び共生培養に関するこれまでの歴史については大和・谷亀 (2009) でまとめられているためこちらを参照されたい。しかしながら、共生菌の単離や培養が困難な場合も多く、ラン科植物の全ての種類において実施できるわけではない。また無菌播種・培養や共生培養は、無菌操作が可能な設備や技術が求められるため、日本国内で積極的に実施している施設は多くない。

近年、野外播種試験法による種子発芽が、マヤラン *Cymbidium macrorhizon* Lindl.、サガミラン *Cymbidium nipponicum* (Franch. et Sav.) Rolfe (辻田・遊川 2008)、キンラン *Cephalanthera falcata* (Thunb.) Blume (例えば伊藤ら 2015、庄司ら 2017 など)、クモラン *Taeniophyllum glandulosum* Blume (蘭光ら 2019) など報告されており、培養とは違った保全手法として注目を集めている。日本国内における野外播種試験例に関しては、庄司ら (2019) にまとめられている。

野外播種試験法 (Rasmussen & Whigham 1993) とは、自生地にシードパケット (種子を入れた袋) を設置し、定期的に回収し、発芽を確認する手法である。これにより、自

* 〒905-0206 沖縄県国頭郡本部町字石川888
Ishikawa 888, Motobu-cho, Kunigami-gun, Okinawa, 905-0206
m-amano@okichura.jp

生地で確実な種子繁殖が期待でき、自生地における共生菌の分布を特定することができる(辻田・遊川 2008)。さらに発芽した実生から共生菌を単離することにより、発芽に有効な共生菌を特定することも可能となる。そこで、沖縄美ら島財団が管理を行う国営沖縄記念公園(海洋博公園)内に自生するエダウチヤガラ *Eulophia graminea* Lindl. (ラン科) を対象に、野外播種試験法を試みることにした。

エダウチヤガラは、日本、台湾、中国南部、インドシナ、タイ、マレーシア、ヒマラヤ、インド、スリランカに分布する冬緑性の多年草で、日本国内では、徳之島、伊平屋島、伊是名島、沖縄島、渡嘉敷島、阿嘉島、久米島、宮古島、石垣島、西表島に分布する(沖縄県環境部自然保護課 2018)(図1A)。日当たりの良い草地などに生育する地生ランで、沖縄の自生地では5月~8月にかけて開花・結実し、遅くとも8月下旬までには果実が裂開し種子が散布される。著者らは2015年より、海洋博公園内の数カ所でエダウチヤガラが自生しているのを確認しており、その動態を観察してきた。その結果、2~3年間開花・結実したのちに枯死することが多く、数年前に観察できた場所で姿が見られなくなるが、近くの別の場所で新たに確認されるようなことがあった。栽培個体については、開花後5年以上継続栽培を行うのは困難で衰弱・枯死しやすくなる傾向が見受けられた。自生地での観察結果と栽培状況から推測すると、エダウチヤガラは1個体の寿命が短い可能性が考えられた。エダウチヤガラの自生環境は、日当たりの良い草地や原野であり、遷移が進むと姿を消してしまうため、ラン科植物の中では開花・結実までの時間も早く、最初の開花から数年で枯死するような生

活史を有している可能性が考えられた。エダウチヤガラの生息域内及び域外で保全を進める上で、栽培継続が困難であることは大きな課題となる。そのため野外播種試験法を用い、野外における種子繁殖の確立と共生菌の探索・単離・同定を進め、生息域内外での保全手法を確立することは重要である。

そこで海洋博公園内にあるエダウチヤガラの自生地においてエダウチヤガラの発芽・初期成長及び共生菌の探索を目的に野外播種試験を行なった。本報では、この播種試験の結果のうち発芽・初期成長に関する報告を行う。

調査地の概要

野生播種試験を行なったのは沖縄県本部町に位置する海洋博公園亜熱帯都市緑化植物園内である。当該地は、1975年に開催された沖縄国際海洋博覧会会場の跡地であり、博覧会開催にあたって一度更地とされており、熱帯・亜熱帯都市緑化植物園整備のために盛土がされている。調査を行なった場所は、イヌシバ *Stenotaphrum secundatum* (Walter) Kuntze で被覆されているが、周囲の植栽樹はまばらで日当たりは良好である(図1B)。エダウチヤガラは、このイヌシバで被覆された園内の5m×5mの範囲に数個体が生育している。この自生地周辺には、スナバコノキ *Hura crepitans* L.、ビルマネム *Albizia lebbek* (L.) Benth.、ナンヨウスギ *Araucaria cunninghamii* Mudie、モクマオウ *Casuarina equisetifolia* L. が複数植栽されている。またここ10年以内にこれらの樹種のうち数本は、台風等による影響を受けて根系が切られている。また一部枯死した株が根際から伐倒されて

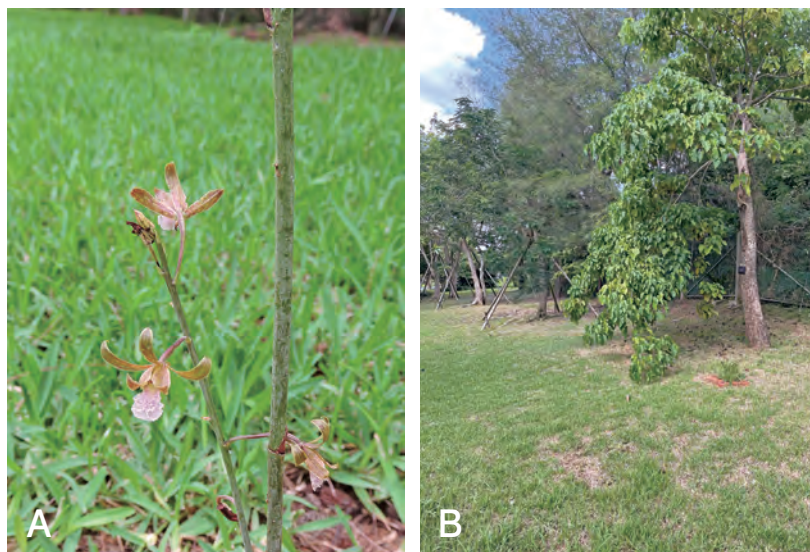


図1 海洋博公園に自生するエダウチヤガラとその自生地の状況 A: 開花中のエダウチヤガラ(2018年6月13日撮影)。B: 自生地の状況(2022年10月24日撮影)。

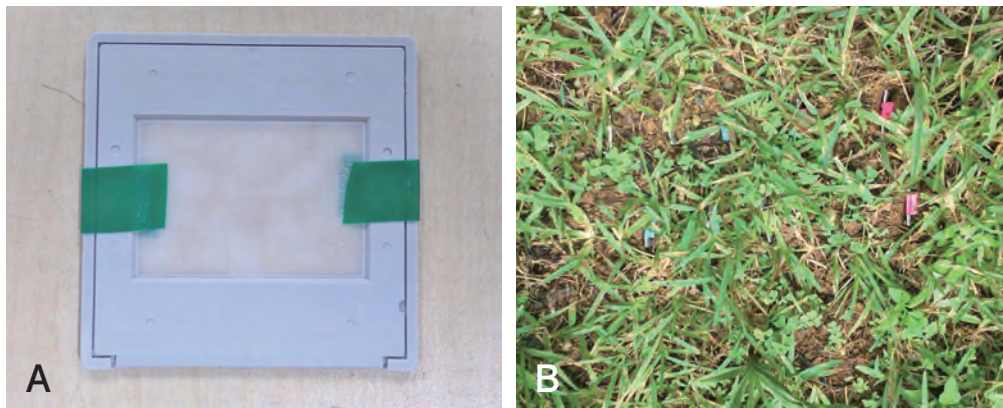


図2 埋設したシードパケットと埋設状況 A: 埋設したシードパケット。B: シードパケットの埋設状況 (2021年8月31日撮影)。

おり、現在は切り株が残存している。

材料及び方法

2021年7月下旬に自然結果した、3個体4果実から採取した種子を混合し試験に用いた。種子は、シリカゲルで乾燥し常温で約1ヶ月保存したのち播種に用いた。野外播種試験法は、Rasmussen & Whigham (1993) 及び辻田・遊川 (2008) の方法に準じた。目開き100 μ m前後のナイロンメッシュを6.5 \times 4cmの大きさに切り、中に200~500粒の種子を入れ、それらを35mmのスライドフィルム用のマウントに挟んだ (図2A)。さらに回収時にシードパケットを発見しやすいように金属製のクリップでシードパケットを挟み、これを埋設した。シードパケットの埋設は、自生個体の根系が浅いことを考慮し、シードパケット上部の金属製クリップが土壌表面から確認できる深さにシードパケットと同じ大きさの穴を作り埋設した (図2B)。シードパケットは、自生個体のうち地上にバルブが確認できた3個体を取り囲むように、各個体の半径50cm以内に全てのパケットを配置した。埋設から約半年後に25枚を回収し、約1年後に残りの25枚を回収した。回収後、シードパケットから得られた発芽個体数を計数した。半年後に回収した25枚のシードパケットから得られた発芽個体については、5つの発芽ステージ (Stage5: 肉眼で観察可能、Stage6: シュート分化開始、Stage7: シュート形成、Stage8: 根の形成 (0.5mm以上)、Stage9: 葉の形成 (1cm以上)) に区分し (図3)、シードパケットごとに計数した。調査期間は表1の通りである。

結果と考察

埋設した50枚のシードパケットのうち、5枚のシードパケットで種子発芽がみられた (表2)。半年後に回収したシ

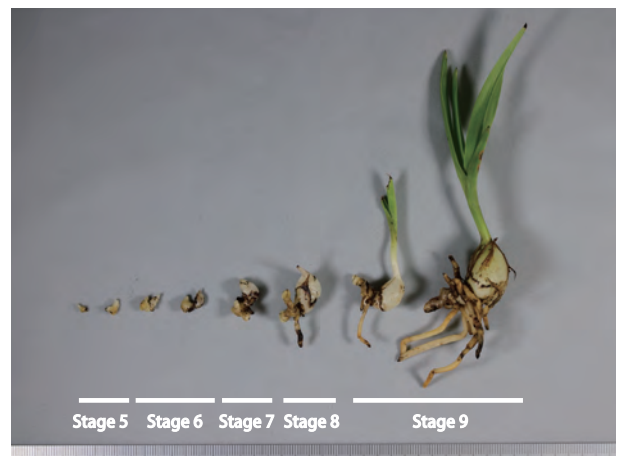


図3 発芽Stage区分

表1 野外播種試験スケジュール

日付	実施内容	備考
2021/7/26	採果	3個体から4果実 (この間種子はシリカゲルで乾燥し、常温保存)
2021/8/30	シードパケット埋設	50パケット
2022/1/24	掘り上げ1回目	25パケット掘り上げ
2022/8/29	掘り上げ2回目	25パケット掘り上げ

表2 野外播種試験のシードパケット内の発芽個体数

パケット No.	埋設期間	S5	S6	S7	S8	S9	合計
3	147日	—	26	24	9	17	76
13	147日	—	5	1	—	1	7
12	364日				2	—	2
18	364日					4	4
44	364日				1	—	1

SはStageの略、数値は個体数、—はそのStageの個体を観察されなかったことを示し空白は計数していないことを示す

ドパケットからは、2枚のシードパケットで種子発芽が確認でき、Stage6~9までの実生が計83個体得られた。得られ



図4 掘り上げ後のシード PACKET

た個体の内訳はStage6が31個体、Stage7が25個体、Stage8が9個体、Stage9が18個体であった(表2)。1年後に回収したシード PACKETは、共生菌単離を主目的としたためプロトコム段階のStage7以下は計数しなかった。1年後に回収したシード PACKETからは、Stage8~9に該当する個体が合わせて7個体が観察された。

シード PACKETごとの個体数ではNo.3のシード PACKETで、76個体もの発芽が確認された。このシード PACKETは、掘り上げ時にはすでに展葉していたために、目視で個体を確認できた。また一部の個体については、バルブが発達し始めておりシード PACKETのナイロンメッシュを突き破り、はみ出していた(図4左上)。同様の個体は、1年後に回収したNo.18のシード PACKETでも確認できた。

エダウチャガラの共生菌について同定を進めているが、同属の広域分布種であるイモネヤガラ *Eulophia zollingeri* (Rchb.f.) J.J.Sm. では、ヒトヨタケ科イタチタケ *Psathyrella candolleana* (Fr.) Maire という木材腐朽菌であることが報告されている (Ogura-Tsujita & Yukawa 2008)。海洋博公園のエダウチャガラの自生地では、周辺の倒木が切り倒されており、その根系が残存している。この残存された根系が腐り、現在では地面に凹みが見られるが切り株そのものはまだ原型を留めている状態である。エダウチャガラの共生菌も木材腐朽菌と仮定すると、この倒木の根系の腐朽に関与している木材腐朽菌が、シード PACKETに接し、発芽に寄与したことが考えられる。今後共生菌の単離、同定を進め、エダウチャガラの発芽、生育に関わる共生菌を明らかにするとともに、公園という人工環境下で、個体が継続して生育可能な環境形成に向けた取り組みを進めたい。

本研究を実施するにあたり、都市公園法第12条第1項に

基づき内閣府沖縄総合事務局国営沖縄記念公園事務所から許可を得て実施した(許可番号令和3年度第89号及び令和4年度第14号)。シード PACKETの埋設、掘り上げにあたり福川優希氏の協力を得た。野中正法、阿部篤志両氏には原稿を投稿するにあたり助言をいただいた。ここに感謝申し上げる。

引用文献

- Arditti, J., Clements, MA., Fast, G., Hadley, G., Nishimura, G. & Ernst, R. (1982). Orchid seed germination and seedling culture. In: Arditti, J. (ed). In: Orchid Biology II. pp. 243-370. Cornell University, Press, Ithaca London.
- Estiken, A., Ercisli, S. & Eken, C. (2005) Effects of Mycorrhiza Isolates on symbiotic germination of terrestrial orchids (*Orchis palustris* Jacq. And *Serapias vomeracea* subsp. *vomeracea* (Burm. F.) Briq.) in Turkey. *Symbiosis* 38: 59-68.
- Hadley, G. (1982) Orchid mycorrhiza. Arditti J (ed). In: Orchid Biology II. pp. 83-172 Cornell University, Press, Ithaca London.
- Herrea, H., Valadares, R., Contreras, D., Bashan, Y. & Arriagada, C. (2017) Mycorrhizal compatibility and symbiotic seed germination of orchids from the Coastal Range and Andes in south central Chile. *Mycorrhiza* 27: 175-188.
- 石田裕子 (2017) 希少植物の生息域外保全とその可能性. 長野県環境保全研究所研究報告 13: 1-12.
- 伊藤彩乃・庄司顕則・松本竹吾・赤崎洋哉・海道智文・松澤宏・山崎旬・遊川知久 (2015) 埋立地の植栽林におけるキンラン (*Cephalanthera falcata* (Thunb.) Blume.) の野外播種試験法による繁殖の試み. *日本緑化工学会誌* 41 (1) : 279-282.
- 河原孝行・山下直子 (2007) レブニアツモリソウの保全生物学. 森林総合研究所北海道支所研究レポート No.97:1-6.
- 環境省 (2020) 環境省レッドリスト2020の公表について. <<https://www.env.go.jp/press/107905.html>> (2022年11月1日アクセス).
- Knudson, L. (1922) Nonsymbiotic germination of orchid seeds. *Botanical Gazette* 73: 1-25.
- Miyoshi, K. & Mii, M. (1988) Ultrasonic treatment for enhancing seed germination of terrestrial orchid, *Calanthe discolor*, in asymbiotic culture. *Scientia Horticulturae* 35: 127-130.
- Ogura-Tsujita, Y. & Yukawa, T. (2008) High mycorrhizal specificity in a widespread mycoheterotrophic plant, *Eulophia zollingeri* (Orchidaceae). *American Journal of Botany* 95 (1) : 93-97.
- 沖縄県環境部自然保護課 (編) (2018) 改訂・沖縄県の絶滅のおそれのある野生生物 第3版 (菌類編・植物編) -レッドデータおきなわ-. 沖縄県環境部自然保護課, 那覇.
- 蘭光健人・山下由美・遊川知久・辻田有紀 (2019) ラン科着生種クモラン (*Taeniophyllum gaudulosum* Blume) を用いた野外播種試験と栽培条件下での共生菌を活用した播種試験の検討. *日本緑化工学会誌* 44 (3) : 528-532.
- Rasmussen, H.N. & Whigham, D.F. (1993) Seed ecology of dust seeds in situ: a new technique and its application in terrestrial orchids. *American Journal of Botany* 80 (12) : 1374-1378.

- 庄司顕則・伊藤彩乃・赤崎洋哉・松前満宏・山崎旬・遊川知久
(2017) 埋立地の植栽林における野外播種試験法によるキンラン (*Cephalanthera falcata* (Thunb.) Blume.) の種子発芽及び2年間の成長の観察. 日本緑化工学会誌 43 (1) : 343-346.
- 庄司顕則・遊川知久・大城温・大和政秀・蘭光健人・伊藤彩乃・山崎旬・辻田有紀 (2019) 移植困難植物の保全現場で野外播種試験をどのように活用していくか. 日本緑化工学会誌 44(3) : 540-544.
- Stewart, S. L. & Kane, M. F. (2006) Symbiotic seed germination of *Habenaria macroceratitis* (Orchidaceae), a rare Florida terrestrial orchid. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 86: 159-167.
- Stewart, S. L. & Kane, M. F. (2007) Symbiotic seed germination and evidence for in vitro mycobiont specificity in *Spitranthes brevilabris* (Orchidaceae) and its implications for species-level conservation. *In Vitro Cellular and Development Biology - Plant*. 43: 178-186.
- 辻田有紀・遊川知久 (2008) ラン科植物の野外播種試験法—土壌中における共生菌相の探索を目的として—. *保全生態学研究* 13: 121-127.
- Warcup, J. H. (1973) Symbiotic germination of some Australian terrestrial orchids. *New Phytologist* 72 (2) : 387-392.
- Yagame, T., Yamato, M., Mii, M., Suzuki, A. & Iwase, K. (2007) Developmental processes of achlorophyllous orchid, *Epipogium roseum*: from seed germination to flowering under symbiotic cultivation with mycorrhizal fungus. *Journal of Plant Research* 120: 229-236.
- 八巻一成・庄子康・林雅秀 (2011) 自然資源管理のガバナンス—レブンアツモリソウ保全を事例に—. *林業経済研究* 57 (3) : 2-11.
- 大和政秀・谷亀高広 (2009) ラン科植物と菌類の共生. *日本菌類学会会報* 50: 21-42.

アオノリュウゼツランの開花記録と人工授粉の試み

Flowering record of *Agave americana* and attempts at artificial pollination

中原 充*・片岡 聡司・原田 尋子

Mitsuru NAKAHARA*, Satoshi KATAOKA, Hiroko HARADA

大阪公立大学附属植物園

Botanical Gardens, Osaka Metropolitan University

要約：2021年に10年振りにアオノリュウゼツランが園内で開花した。今回調査した株は植栽してから約50年経過して開花した。開花に至るまでの定点写真にもとづく花茎の成長記録（30分間隔）と、蕾から開花に焦点をあてたタイムラプス動画（10–20分間隔）の内容を紹介する。園内では過去に7株開花し、同時に3株が開花した事もあるが、種子が形成された事は一度もない為、人工授粉を試みた結果についても報告する。

キーワード：アオノリュウゼツラン、開花、人工授粉、タイムラプス動画

アオノリュウゼツラン *Agave americana* L. は、数十年かけて成長したのちに開花、枯死する一回繁殖型植物である。リュウゼツラン属 *Agave* は、原産国のメキシコを中心に200種程が確認されており、いくつかの種が食用や観賞用に栽培されている。当園での開花は10年振りとなり、今回開花した株は植栽からおよそ50年が経過して開花に至った。2021年5月初頭から開花の兆候が見られ、株の中心部より数枚の葉が現れ（図1A）、その5日後にはアスパラガス状の花茎が突き出して高さ2m程に成長していた（図1B）。さらにそこから約1ヶ月後には、花茎が高さ4.5mにまで伸長した（図1C）。この日より、定点写真の撮影を開始した。

撮影

地上より高く聳え立つ花茎を撮影するため、鉄管で足場を組み、デジタルカメラ（OLYMPUS ToughTG-5）を設置した（図2）。撮影は2021年6月8日から7月21日までの間、自動で行った。花茎の成長を撮影した画像1078枚（30分間隔）、および開花の様子を撮影した画像1301枚（10-20分間隔）を用いて、タイムラプス動画を作成した。定点撮影の問題点として、植物体が風の影響でぶれてしまうこと、電池バッテリー交換の度にピントが微妙にずれてしまうこと、そして入園者や職員が映り込んでしまうことが今後の課題となった。

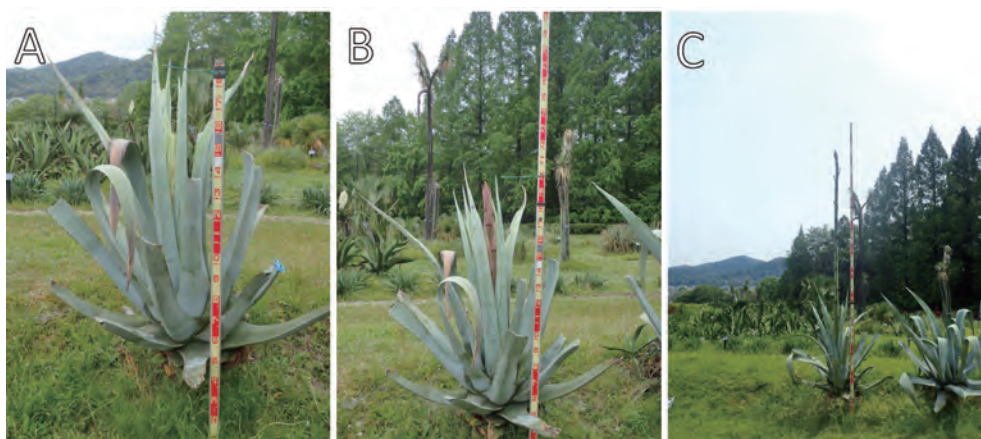


図1 花茎の伸長 A：花茎を確認（2021年5月2日撮影）。B：高さ2m（2021年5月7日撮影）。C：高さ4.5m（2021年6月8日撮影）。

* 〒576-0004 大阪府交野市私市2000
kisaichi 2000, Katano-shi, Osaka 576-0004
gr-bg-info@omu.ac.jp



図2 定点カメラ設置



図4 雄蕊と雌蕊の成熟の差 A: 雄蕊の成熟期 (2021年7月18日撮影)。B: 雌蕊。柱頭に粘液が分泌されている (2021年7月20日撮影)。

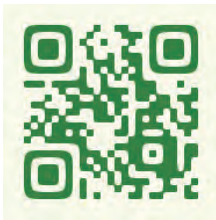


図3 タイムラプス動画でみる花序の成長記録 (リンク先YouTube)



図6 タイムラプス動画でみる開花記録 (リンク先YouTube)

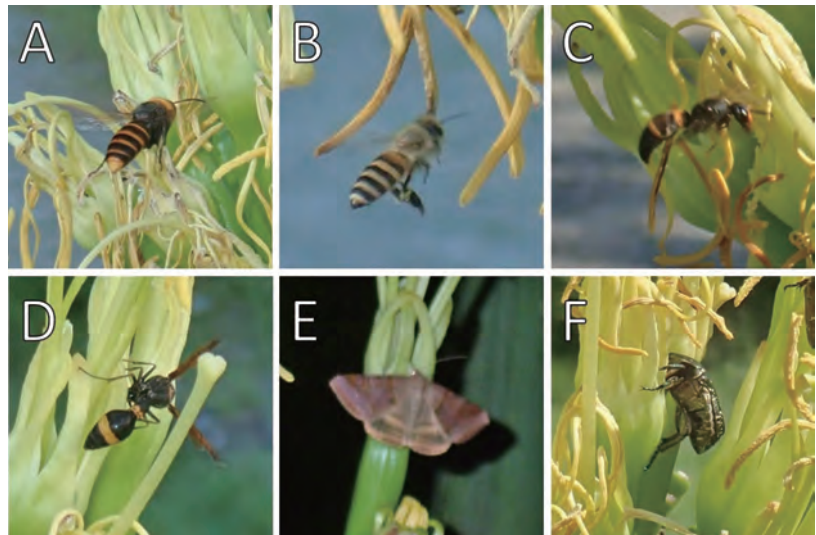


図5 訪れた昆虫 A: オオスズメバチ。B: ニホンミツバチ。C: エントッドロバチ。D: スズバチ。E: オオウンモンクチバ。F: ハナムグリ。

花茎の成長記録

2021年6月8日時点で花茎の高さは4.5mで、枝分かれした円錐形の花序をつけながら最大6m程になった。花序の頂点が旋回しながら成長していく様、そして横枝が伸びていき蕾をつけていく様子が見られた (図3)。

開花記録

枝分かれした下部の花序から順に開花していった。雄蕊の数は6本で、葯が裂開する頃 (図4A)、雌蕊はまだ成長途中であった。そこから2日後、花粉を放出した雄蕊は萎れており、雌蕊は柱頭に粘液を分泌して成熟期を迎えていた (図4B)。雄蕊と雌蕊の成熟のタイミングがずれている花を複数観察できた為、自家受粉を防ぐ仕組みとして雌雄異熟性で

あると思われる。雄蕊が成熟する頃、様々な昆虫が体中に花粉を纏わせ子房の付け根に溜まった蜜を貪り尽くしていた。確認できた昆虫はオオスズメバチやニホンミツバチ、ハナムグリや蛾の仲間であった (図5)。コウモリや鳥類については確認できなかった (図6)。

剪定の影響

植栽時期や株の大きさは同程度ながら、10年前に咲いた個体よりも成熟した花茎の高さが低かった。花も少なく、蕾のまま脱落するものが多かった (図7)。原因として、その年の3月頃に安全対策のために下部の葉数枚を剪定したことにより、花を咲かせる為の葉からの養分が不足したことが考えられる (図8)。

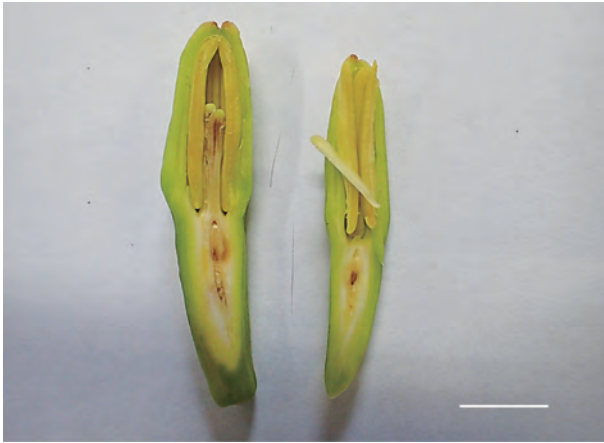


図7 脱落したての蕾の断面 既に中心部が腐り始めている。スケールバーは1cm。

人工授粉の試みと結果

授粉作業は2回に分けて行った(2021年7月30日・8月1日)。成熟した柱頭に同じ株の別の花序の花から採取した花粉を擦り付けた。2回目についても同様の作業を行い、合計で数十個の花でこの作業を実施した。人工授粉を行なった花では、1ヶ月程度で子房が長さ6cm程度に膨らみ、外側の果皮をめくると硬い皮に覆われた子房室が3つあり、その中に白い未熟な種子が詰まっていた。この果肉部分を食してみるとシャリシャリとした食感で味も風味もなかった(図9)。ここから種子形成されるだろうと期待していたが、徐々に子房が茶色く変色していき、中身を見ると水分の抜けたス

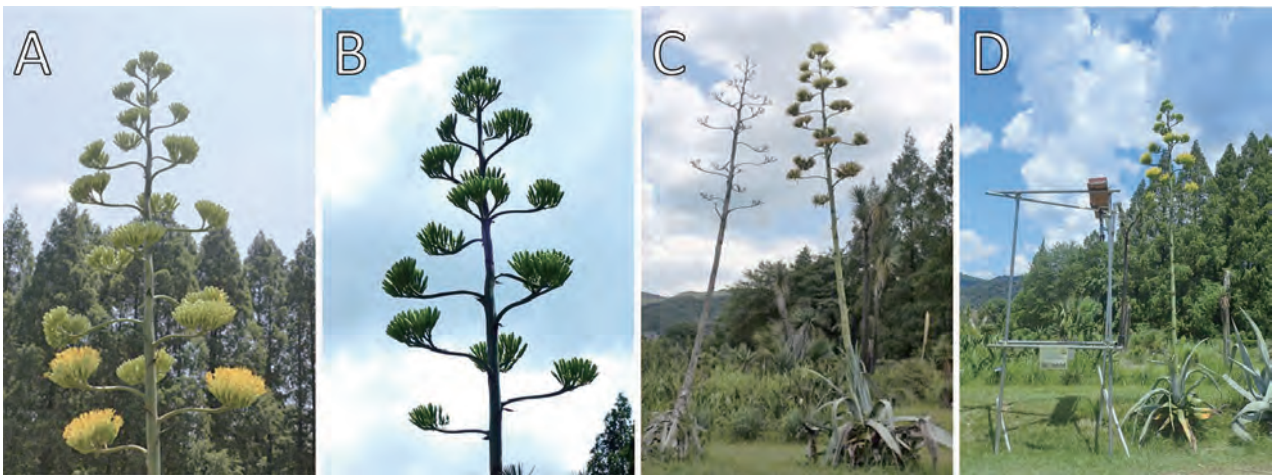


図8 2012年に開花した個体との比較 A: 花序の数25本(2012年7月27日撮影)。B: 花序の数18本(2021年7月14日撮影)。C: 花茎の高さ6m15cm(2012年8月4日撮影)。D: 花茎の高さ6m(2021年7月20日撮影)。

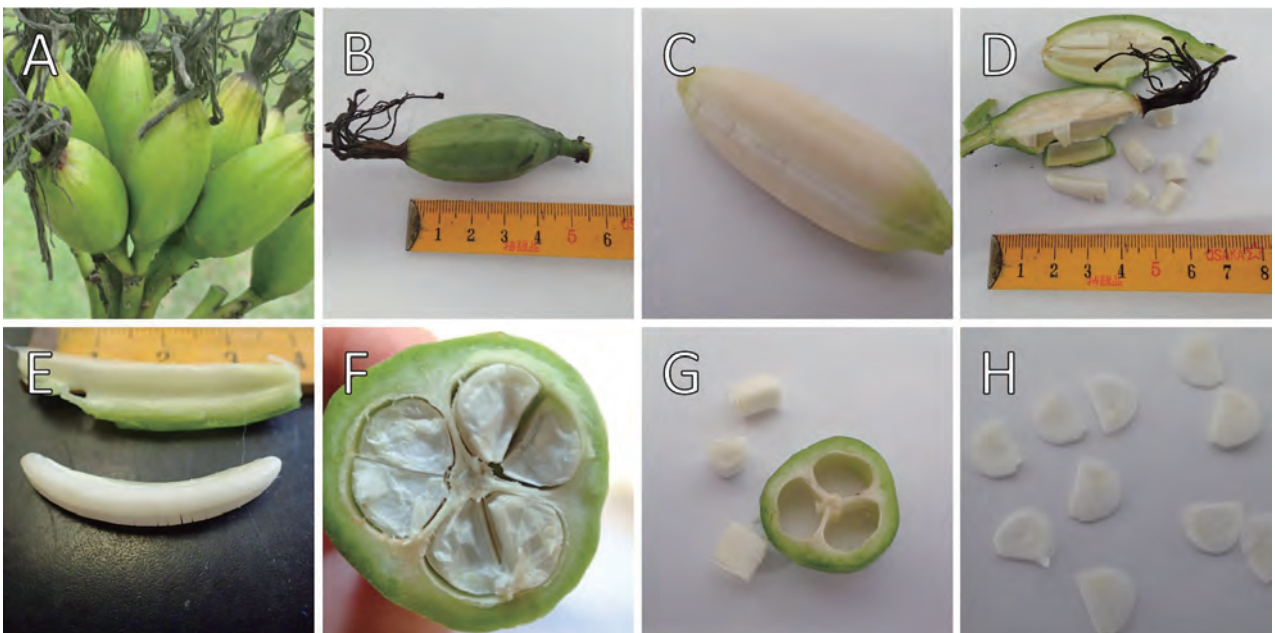


図9 膨らんだ子房 A: サンプル収穫前。B: 長さは6cm程度。C: 果皮を剥いだ状態。D: 半分に割ると、未熟な種子がびっしりと詰まっている。E: 子房室から取り出した種子部分。F: 輪切りにした状態。G: 種子部を抜くと子房室が3つに分かれているのが明確である。H: 未熟な種子。

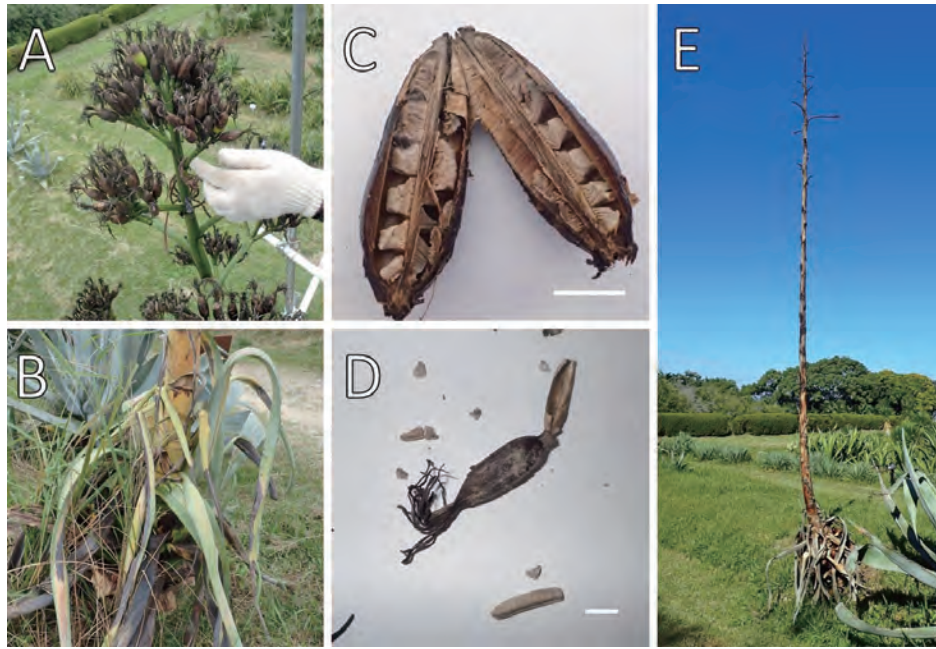


図10 枯れていく様子 A：上部（2021年10月1日撮影）。B：下部。葉が完全に萎れ、花茎も変色している（2021年10月1日撮影）。C・D：結実せず乾燥した子房。スケールバーは1cm。E：枯死から約1年後の状態（2022年10月20日撮影）。

カスカの状態になっていった。枝分かれしたすべての花序を切り取り、数百個もの果実を確認したが、人工授粉の実施の有無と関係なくすべての花において成熟した種子は見られなかった（図10）。従って、*Agave macroacantha*と同様（Arizaga *et al.* 2000）、本種は自家不和合性をもつと考えられる。今後、複数の株が同時に開花した際に人工他家受粉を行うことで、本種が自家不和合性であるのか検証したい。

本稿の執筆にあたり、貴重な助言をいただいた元園長の岡田博氏、そして昆虫の同定にご協力くださいました大阪府立自然史博物館の先生方に厚くお礼申し上げます。

引用文献

- Arizaga, S., Ezcurra, E., Peters, E., de Arellano, F. R. & Vega, E. Pollination ecology of *Agave macroacantha* (Agavaceae) in a Mexican tropical desert. I. Floral biology and pollination mechanisms. *Amer J Bot* 87: 1004-1010.
- 田村実 (2015) クサスギカズラ科. 大橋広好・門田裕一・木原浩・巴田仁・米倉浩司 (編). 改訂新版 日本の野生植物1. 246-260. 平凡社. 東京.
- 塚本洋太郎 (1990) アガヴェ属. 園芸植物大辞典1. 24-28. 小学館. 東京.

微酸性化水の灌水による温室植物の葉色の改善について

Leaf color recovering of greenhouse plants by watering with slightly acidified water

志内 利明

Toshiaki SHIUCHI

富山県中央植物園

Botanic Gardens of Toyama

要約：栽培温室の植物の葉に黄白化の症状が見られ、灌水に使用している中水の水質（pH8.0）が原因と考えられた。そこで、硝酸を用いて中水をpH6.5に調整し、植物の生育を1年間追跡調査した。12種について、葉の色を色彩色差計で、葉緑素量を葉緑素計で測定したところ、葉色が緑に回復し、葉緑素量が多くなる傾向が観察された。また2種で、株分けで増やした2個体について、pH処理前と後の中水の灌水による比較栽培を行ったところ、微酸性化した中水では生育の改善が確認された。一方、好石灰植物でアルカリ土壌が適しているキバナノクリンザクラは、微酸性化した中水の灌水によって、逆に、葉の黄白化や衰弱が見られた。

キーワード：アルカリ性、黄白化、水質、葉色、pH調整、葉緑素量

富山県中央植物園では植物に与える灌水用の水は平成4年の建設当初から地下汲み上げ水を利用している。ところが、平成6年の地下水の水質検査では硬度（CaCO₃）が102.0mg/L、蒸発残留物が118mg/Lと高い数値を示し、温室の植物に葉水をかけるとカルシウムが析出して葉の表面が白くなって見た目に悪いことや、頻繁に薬剤散布していると入園者に勘違いされるなど不都合な点も多いうえ、冷暖房設備の性能弱化を引き起こすことから、平成9年から地下水を軟水化する装置を設置してカルシウムなどを除去する対応を取った。その後、軟水化した水は微量元素もほとんどなくなってしまい植物の成長に影響が生じたため、現在は軟水化した水に再度地下水を1～2割程度混合した水の中水として植物園内に供給し、灌水に利用している。

もう一つの問題が中水のpHであった。平成6年の軟水化前の水質分析ではpH7.9と弱アルカリであった中水は、2020年12月25日時点の軟水化した中水の水質分析結果でもpH8.0とほとんど数値が変わっていなかったのである。ところで、加藤（1996）は土壌pHを、pH8.5以上は強アルカリ、pH8.0～8.5はアルカリ、pH7.5～8.0は弱アルカリ、pH7.0～7.5は微アルカリ、pH7.0は中性、pH6.0～6.5は微酸性などとしている。今回pHを計測した灌水に利用するのは水であり土壌ではないが、ここでは加藤（1996）にならった

pH区分で表記する。

作物の多くはアルカリ土壌で栽培すると、マンガンや鉄、銅、亜鉛などの微量元素の溶解利用度が低下するため吸収されにくくなり、欠乏症を呈することがある（加藤 1996）。アルカリ土壌で栽培することにより微量元素欠乏を起こして葉に黄白化（クロロシス）が生じることが知られていて、温州ミカンでは土壌pHが高くなりすぎた場合マンガンの欠乏症が起りやすく、その際亜鉛欠乏も併発することが多くあり、葉の葉脈間に黄化が生じる（高辻 2000）。その一方で、マメ科、バラ科、ニレ科、モクセイ科にはアルカリ土壌に耐えてよく成長する樹木が多いなど（木田 2007）、植物の種類により生育する土壌pHから受ける影響は様々である。

当植物園の栽培温室の植物では葉に黄白化する症状が確認されていた。温室と同じ種を鉢植えで雨水のかかる屋外で管理すると黄白化の症状が少なかったため、栽培温室の植物はアルカリ性に傾いた中水が葉色に影響を与えていると考えられた。ところが、温室内の植物でも葉の黄白化の程度は種や鉢植えごとに異なるうえ、例年、冬から早春に葉が黄白化していた植物が暖かくなるにつれて緑化していく様子も観察されていた。しかも、温室で栽培する葉が黄白化した植物でも適期に植え替えると葉色が回復し順調に育っていたので、これがアルカリ性の水を灌水することによる微量元素欠

乏の影響なのか、鉢植え内の根詰まりによるものか判然としなかった。

栽培温室は常に手灌水により水を与えるため、利用する水のpHが植物の生育状況に影響しやすいと考えられる。そこで、当園の栽培温室内の植物の生育状況の改善を図ることを目的に、植物の黄白化を起こすのは灌水に用いる中水のpHに一因があるものと仮定して、葉が黄白化した植物に微酸性化した中水を与え続け、葉色と葉緑素量、植物の生育状況を継続的に調査した。

材料及び方法

アルカリ性の中水を微酸性化して与える実験は、富山県中央植物園の冬季に3℃以上を保つ栽培温室（温帯温室）で行った。500Lの貯水タンクにアルカリ性（pH8.0程度）の中水を入れ、有限会社グリーン・グリーン社製GG pHダウン剤（硝酸9.8%）を約300mL入れて攪拌し、pH6.5程度になるよう調整した。pHの測定にはアズワン社製ツインpHメーターAS-211を用いた。2021年4月26日から酸度を調整した水をポンプで汲み上げて栽培温室内の全ての植物に灌水した。

葉の状態を調査するため、葉色はコニカミノルタセンシング（株）製のカラーリーダーCR-11を用い、葉緑素量（SPAD値）はコニカミノルタ葉緑素計 SPAD502を用いて計測した。葉の表面5ヶ所ずつを新しく展開した新葉と古葉とに区別して測定した。葉色の値はカラーリーダーCR-11で計測した最頻値とし、葉緑素量はSPAD値の平均値とした。2021年4月から2022年5月の葉色に変化が少ない12月～3

月を除いて、毎月1回測定した。調査期間中には調査対象種への施肥や植え替えは行わなかった。

葉色と葉緑素量を計測した植物は、当園で5年以上鉢植えて栽培してきた植物で、継続して同一個体を調査した。対象としたのは、葉の黄白化が進んでいた多年生草本のシマカコソウ（シソ科）、ハラン（クサスギカズラ科）、キバナノツキヌキホトトギス（ユリ科）、葉に黄白化が見られていた常緑樹のナギ（マキ科）、ナンゴクアオキ（アオキ科）、バクチノキ（バラ科）、ツバキ‘赤角倉’（ツバキ科）、クチナシ（アカネ科）、キンモクセイ（モクセイ科）、葉に明確な黄白化が見られなかった木本のツクシムレスズメ（マメ科）、ヤシャブシ（カバノキ科）、サクラ‘玉縄桜’（バラ科）、好石灰岩性植物のキバナノクリンザクラ（サクラソウ科）の13種である。アルカリ性土壌を好むキバナノクリンザクラ以外の植物は中性から弱酸性土壌を主要な生育場所とする植物である（表1）。

微酸性の中水もしくはアルカリ性の中水を与え続けることで生育状態に与える影響を調べるため、同種異株を用いて比較栽培を行った。観察したのは2020年6月に株分けしたアマミデンド（オシダ科）*Polystichum obae* Tagawaと2009年に鹿児島県の徳之島から導入した種子由来のヒラミレモン（ミカン科）*Citrus depressa* Hayataの実生苗、2019年に株分けしたキバナノクリンザクラの3種である。すべてアルカリ性の中水で栽培していたものを、2021年4月26日から微酸性化した中水を与える温室と継続してアルカリ性の中水で栽培する温室とに分けて栽培した。いずれも調査開始前の生育状況に変わりはなく、調査期間中は植え替えや施肥は行わなかった。

表1 葉色と葉緑素量の変化を調査した植物

種名 (科名)	学名	産地等	登録番号等
シマカコソウ (シソ科)	<i>Ajuga boninsimae</i> Maxim.	東京都小笠原村	49037
ハラン (クサスギカズラ科)	<i>Aspidistra elatior</i> Blume	鹿児島県鹿児島郡三島村黒島	B307
キバナノツキヌキホトトギス (ユリ科)	<i>Tricyrtis perfoliata</i> Masam.	寄贈	44160
ナギ (マキ科)	<i>Nageia nagi</i> (Thunb.) Kuntze	中国雲南省	48975
ナンゴクアオキ (アオキ科)	<i>Aucuba japonica</i> Thunb. var. <i>ovoidea</i> Koidz.	沖縄県沖縄市	55636
バクチノキ (バラ科)	<i>Laurocerasus zippeliana</i> (Miq.) Browicz	鹿児島県鹿児島市	52596
ツバキ ‘赤角倉’ (ツバキ科)	<i>Camellia japonica</i> ‘Aka-suminokura’	寄贈	55634
クチナシ (アカネ科)	<i>Gardenia jasminoides</i> Ellis	鹿児島県鹿児島郡十島村口之島	53508
キンモクセイ (モクセイ科)	<i>Osmanthus fragrans</i> Lour. var. <i>aurantiacus</i> Makino	中国雲南省昆明市	52632
ツクシムレスズメ (マメ科)	<i>Sophora franchetiana</i> Dunn	鹿児島県霧島市	55638
ヤシャブシ (カバノキ科)	<i>Alnus firma</i> Siebold et Zucc.	鹿児島県鹿児島郡十島村口之島	KUA-5
サクラ ‘玉縄桜’ (バラ科)	<i>Prunus</i> ‘Tamanawa-zakura’	寄贈	51149
キバナノクリンザクラ (サクラソウ科)	<i>Primula veris</i> L.	購入	42210

微酸性化した中水での葉色と葉緑素量の変化

1. 葉が黄白化していた多年生草本

シマカコスウ 図1A、図2A、B

前年からの古葉は調査開始後に顕著な葉色の改善はなく9月以降落葉した。新葉は5月以降勢いのある葉を伸ばし、8月には葉色は5GY4/3（マンセル値）と濃い黄緑色となり葉緑素量も高くなった。10月からの葉色や葉緑素量の低下は開花や気温および日射量の低下に伴うものと推測される。2022年4月の古葉と展開した新葉は、前年同月と比較して葉色・葉緑素量ともに改善が見られた。5月に新葉が葉色を落とすなどして枯死寸前の状況となったのは、開花結実により株への負担が増加しすぎたためと考えられる。

ハラシ 図1B、図2C、D

今回調査した多年生草本の中で最も葉に黄白化が確認されていた植物である。調査開始前の古葉は5Y8/4の黄色い

葉色であったものの、微酸性化した中水に変えてから古葉は若干緑化したが、葉緑素量の増加はなかった。5月から展開した新葉は葉色も良く、葉緑素量は一貫して古葉より2.5倍以上となり、2022年からの新葉は葉色が改善し、葉緑素量も増加するなど生育状態が良好となった。

キバナノツキヌキホトトギス 図1C、図2E、F

2021年の4月には良好な葉を展開し、6月までは順調に葉色の緑化と葉緑素量の増加が進んでいたが、7月には顕著に葉色が悪化して葉緑素量も減少し始め、10月の計測時にはまばらに開花しながら落葉が進み始め、11月には落葉した。調査開始年の4月と翌年の4月を比較すると、翌年には葉色が若干濃くなり、葉緑素量も1.8倍で、翌5月もその傾向が続いた。水質の変化による葉色や葉緑素量の改善が翌年の新たに展開した葉に現れたものと考えられた。

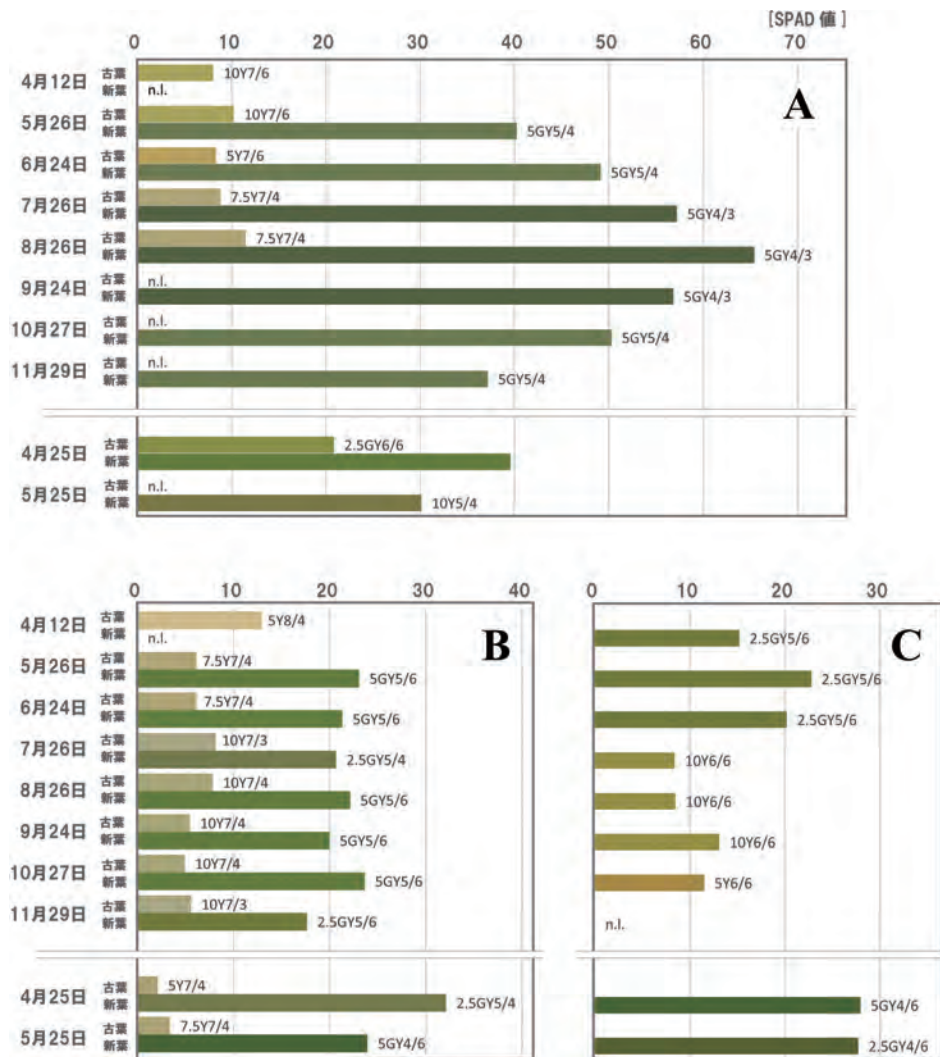


図1 葉が黄白化していた多年生草本に微酸性した中水を与えた際の葉色と葉緑素量の変化 A: シマカコスウ。B: ハラシ。C: キバナノツキヌキホトトギス。各棒グラフの色は色彩色差計で読み取ったマンセル値（右に表記）から変換したものの。n.l.は対象となる葉がないことを表す。



図2 葉が黄白化していた多年生草本を微酸性化した中水で栽培した時の生育状況の変化 A：葉が黄白化したシマカコソウ（2021年4月26日）。B：新葉を茂らせたシマカコソウ（2021年8月26日）。C：調査開始前の黄白化したハラン（2021年4月26日）。D：葉色が緑化し、新葉が展開したハラン（2021年8月26日）。E：調査開始前のキバナノツキヌキホトトギスの新葉（2021年4月26日）。F：調査開始から1年経過後に新葉を展開したキバナノツキヌキホトトギス（2022年4月25日）。

2. 葉が黄白化していた木本

ナギ 図3A、図4A、B

水質変更前の4月には葉色が10Y6/6と黄白化していた古葉は7月からは5GY5/6と緑化して葉緑素量も増加した。2021年の7月に展葉し始めた新葉は、小さ過ぎて計測できなかったが、8月以降の葉色は古葉と同じ計測値となり、9月からは新葉の方が大きい葉緑素量を示した。翌年の4月、前年同月より若干葉の緑化が進み、葉緑素量は増加した。

ナンゴクアオキ 図3B、図4C、D

2021年4月の水質の変更前は葉が黄白化して萎縮するなど、アオキ（青木）の名が示す葉色とは程遠い状態であった。調査個体は開花サイズに達しているが、調査期間中の開花は見られなかった。微酸性化した中水に変えてからも、古葉には黄白化が強く残っていた一方で、2021年5月に展開した新葉は光沢のある黄緑色5GY5/6であったが、次第に葉色は濃くなりつつ葉緑素量も増加し、9月には濃い緑色5GY4/4で最大の葉緑素量56.8の値となった。翌年の4月には前年に展開した葉は落葉してしまい、新たに展葉した葉は前年の新葉と比較して葉色も濃い緑で葉緑素量も高くなるなど、これまでより改善が見られた。

バクチノキ 図3C、図4E、F

調査に用いた個体は4月の調査開始前から葉色は10Y5/6と黄白化しており、翌年まで新葉を展開しなかった。従って、本種は古葉の変化を追跡した結果である。2021年の4月から7月までは順次葉緑素量が増加しながら葉色も緑化し、その後葉緑素量は減少傾向に転じた。翌年4月は新葉が展葉していないため前年と同じ古葉を計測したところ、前年同月より高い葉緑素量となり、5月には2年ぶりに展開した新葉が前年6月の葉緑素量の最高値より高い値を示すなど顕著な生育状態の改善が確認された。

ツバキ ‘赤角倉’ 図3D、図5A、B

調査開始前には葉色7.5Y6/8と顕著な黄白化が見られていたもので、その後の生存も危ぶまれる状態であった。水質の微酸性化後、古葉の葉色は徐々に緑化し、8月頃から葉緑素量も少し増加したものの、11月には7月とほぼ同じ値に戻った。2021年の5月から展葉した新葉は、6月から高い葉緑素量を示したが、葉色はやや黄色味を帯びており、本来のツバキの深緑色までには及ばなかった。翌年の5月に展開した新葉は、高い葉緑素量でツバキ本来の深い緑色5GY3/4になるなど改善が見られた。

クチナシ 図3E、図5C、D

クチナシの種子を播種して多数の実生苗が密植している鉢植えを調査したものである。葉色は10Y6/8と黄白化がかなり進んでいて、古葉は調査開始後、時間の経過とともに少しずつ緑化したものの、主脈と中肋付近が緑色となった以外は黄化したままで、計測した葉緑素量もやや増加しただけであった。2021年の5月に展開した新葉は古葉よりやや濃い黄緑色5GY5/6で、葉緑素量も二倍近い量を示していたが、7月以降はより濃い緑色5GY4/6となった。2022年4月の古葉は前年の11月と変わらなかったが、5月に新たに展葉した葉は前年の新葉の葉緑素量より大きい値で、葉色も濃くなり、試験開始当初の黄白化より、随分健全な状態へと変化した。

キンモクセイ 図3F、図5E、F

調査開始前の古葉は10Y5/6と黄白化した状態であった。水質の微酸性化後、2021年5月の古葉は葉緑素量が7.1とかなり低い値を示したが、その後は順調に値が増加するとともに、葉色も濃くなっていった。新葉は水質の微酸性化前に展開し始めていて、11月まで葉緑素量が少しずつ増え続ける傾向が見られた。翌年の4月に展開した新葉は淡緑色5GY4/6で、5月には前年同月と同じ色となったものの、葉緑素量は少し低い値であったが、全体に葉色には改善の傾向が見られた。

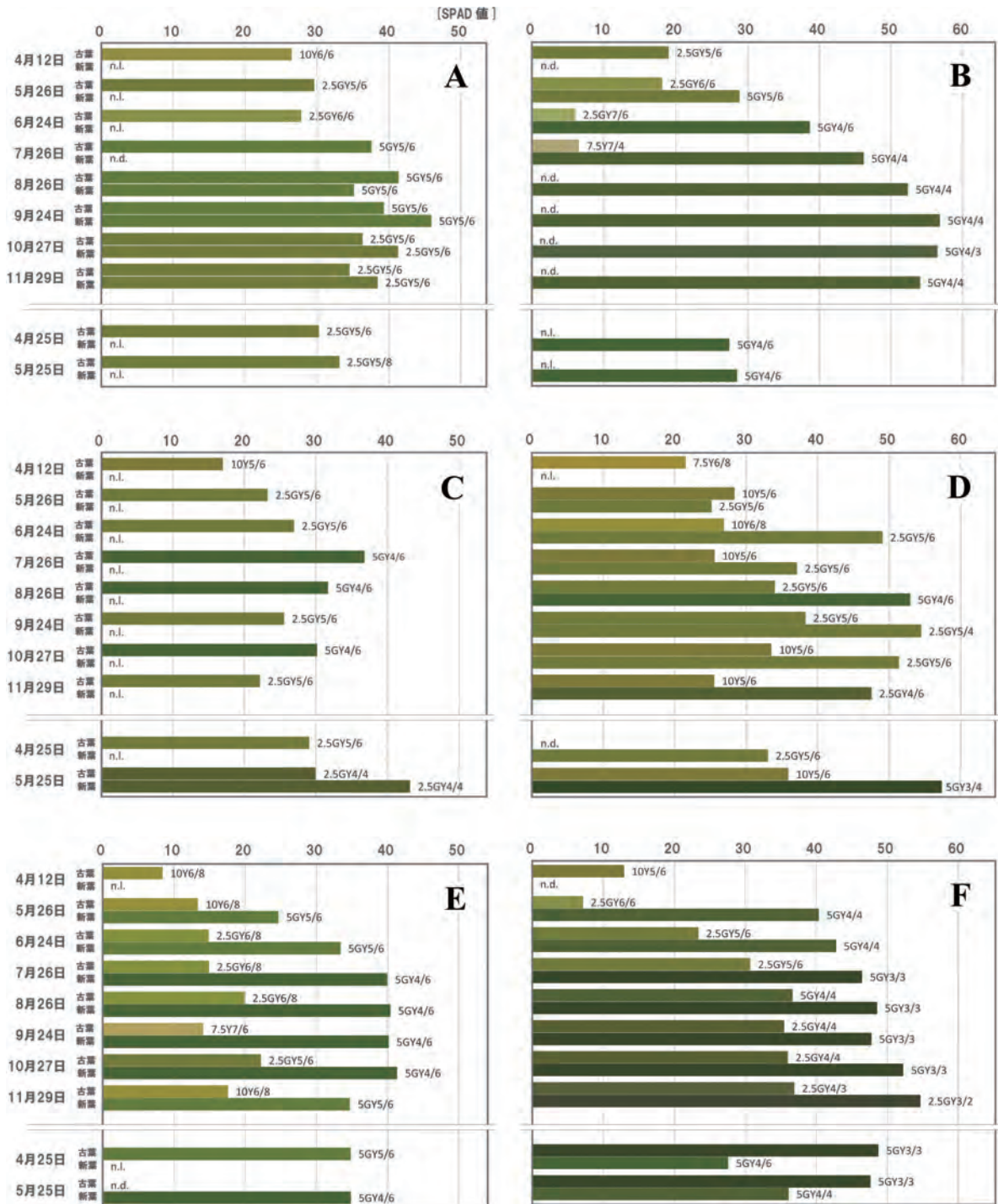


図3 葉が黄白化していた木本に微酸性した中水を与えた際の葉色と葉緑素量の変化 A: ナギ。B: ナンゴクアオキ。C: バクチノキ。D: ツバキ '赤角倉'。E: クチナシ。F: キンモクセイ。各棒グラフの色は色彩色差計で読み取ったマンセル値(右に表記)から変換したもの。n.l.は対象となる葉がないことを表す。n.d.は計測値がないことを表す。

3. 葉に明確な黄白化のなかった木本 ツクシムレスズメ 図6A、図7A、B

本種は根粒に窒素固定細菌を持ち空気中の窒素を固定して利用できる植物である。当園での5年以上の栽培条件下でも健全な葉色を保っていたことから、アルカリ性の灌水でも生育に影響を受けていないと推測していた植物である。

葉の状態の変化は、5月の新葉の展開時には葉色はくすん

だ黄緑5GY5/6で葉緑素量も最も低くなっていたが、6月以降に葉色も濃く、高い葉緑素量となるなど良好な状態が続く、11月に今回調査した植物の中で最も高い葉緑素量73.4を記録した。微酸性化した中水に変更して1年経過後の4月の古葉は、前年より葉緑素量が増加しているが、全体に生育状況は変わりなく良好なことから、アルカリ性の灌水にも耐性があるものと推測された。



図4 葉が黄白化していた木本を微酸性化した中水で栽培した時の生育状況の変化 A: 実験開始前の黄白化したナギの葉 (2021年4月26日)。B: 最も高い葉緑素量を示したナギの葉 (2021年9月24日)。C: 黄白化したナンゴクアオキの葉 (2021年4月26日)。D: 開始から5ヶ月後のナンゴクアオキ (2021年9月24日)。E: 実験開始前の黄白化したバクチノキの葉 (2021年4月26日)。F: 調査開始から半年月後のバクチノキ (2021年10月27日)。



図5 葉が黄白化していた木本を微酸性化した中水で栽培した時の生育状況の変化 A: 実験開始1ヶ月後のツバキ '赤角倉' (2021年4月26日)。B: 2ヵ月後の緑化したツバキ '赤角倉' の新葉 (2021年5月26日)。C: 実験開始前の黄白化したクチナシの古葉 (2021年4月26日)。D: 古葉、新葉ともに緑化し、生育状態が改善したクチナシ (2021年10月27日)。E: 実験開始前の黄白化した古葉と芽吹いた新葉をつけたキンモクセイ (2021年4月26日)。F: 古葉、新葉ともに緑化したキンモクセイ (2021年10月27日)。

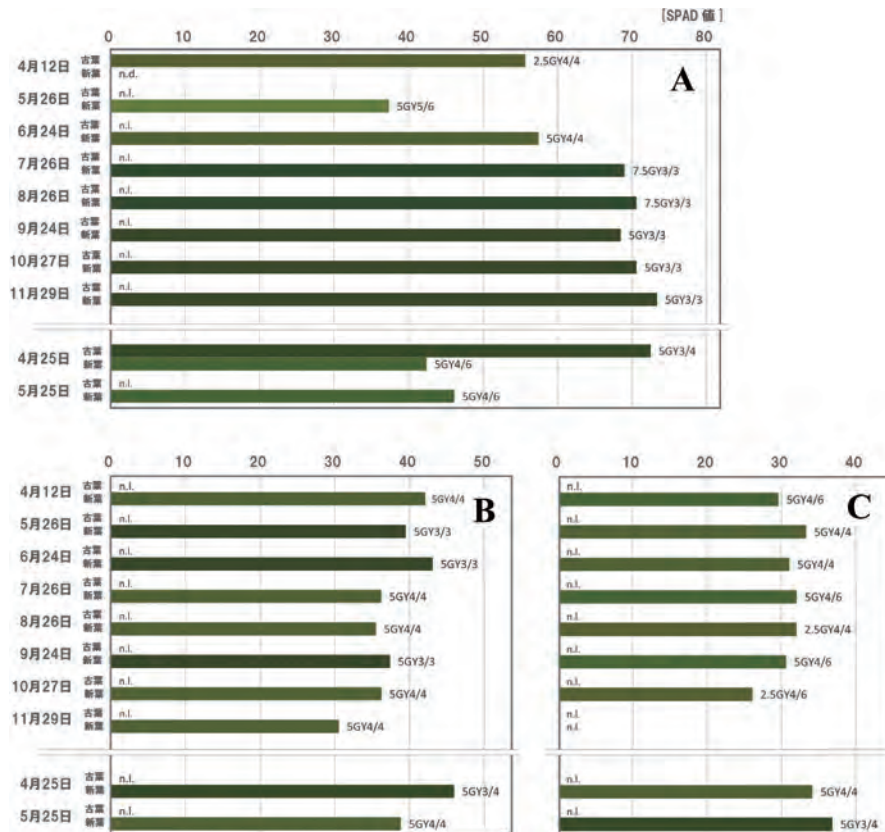


図6 葉に明確な黄白化のない木本に微酸性した中水を与えた際の葉色と葉緑素量の変化 A: ツクシムレスズメ。B: ヤシャブシ。C: サクラ '玉縄桜'。各棒グラフの色は色彩色差計で読み取ったマンセル値 (右に表記) から変換したもの。n.l.は対象となる葉がないことを表す。n.d.は計測値がないことを表す。

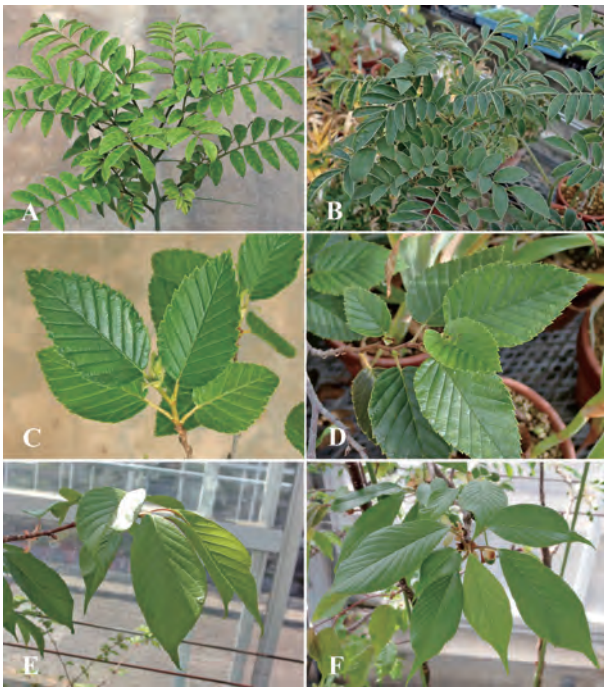


図7 葉に黄白化のない木本に微酸性化した中水で栽培した時の生育状況の変化 A：実験開始1ヵ月後のツクシムレスズメ（2021年5月26日）。B：実験開始半年後のツクシムレスズメ（2021年10月27日）。C：実験開始1ヵ月後のヤシャブシ（2021年5月26日）。D：実験開始半年後のヤシャブシ（2021年10月27日）。E：実験開始前のサクラ‘玉縄桜’（2021年4月26日）。F：実験開始1年後のサクラ‘玉縄桜’（2022年4月27日）。

ヤシャブシ 図6B、図7C、D

前種と同様に根粒菌と共生する木本植物で、長年健全な葉色を保っていた植物である。

新葉の展開時から一貫して葉色が良好で葉緑素量もほぼ一定していた。翌年の新葉展開後の4月に最も高い葉緑素量となったが、前年と大きく変わりがなかったことなどから、アルカリ性の水にも高い耐性を持っていると考えられる。

サクラ‘玉縄桜’ 図6C、図7E、F

葉に黄白化が観察されていなかった落葉性の樹木で、アルカリ性の中水でも葉の状態は影響を受けないと予測していた植物である。

新葉が展開した4月から葉の状態は良く、11月に落葉するまで葉色と葉緑素量に大きな変化は見られなかった。翌年の新葉については前年と比較して葉緑素量が少し増え葉色も濃くなっており、微酸性化した中水によって葉の状態はやや改善しているが、アルカリ性の水での栽培にも耐えられる植物であると考えられる。

4. 好石灰岩性植物

キバナノクリンザクラ 図8、図9A、B

本種は炭酸カルシウムの多い石灰岩地のアルカリ性土壌に

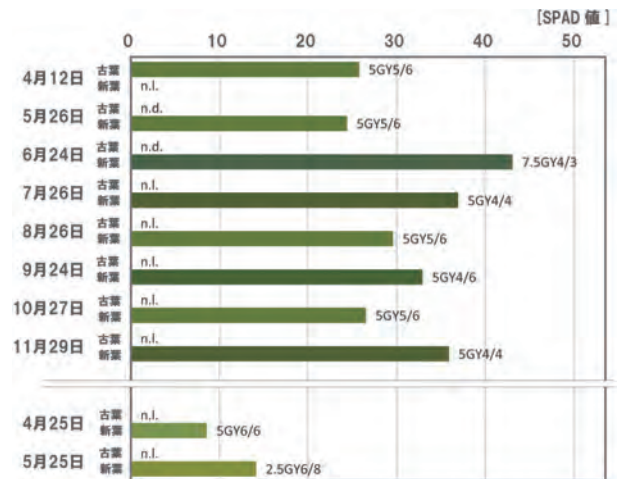


図8 好石灰岩性植物キバナノクリンザクラに微酸性化した中水を与えた際の葉色と葉緑素量の変化 各棒グラフの色は色彩色差計で読み取ったマンセル値（右に表記）から変換したもの。n.l.は対象となる葉がないことを表す。n.d.は計測値がないことを表す。



図9 キバナノクリンザクラを微酸性化した中水で栽培した時の生育状況の変化 A：実験開始前の良好な生育状態（2021年4月26日）。B：4ヶ月後には葉が枯れ、数枚の小さな新葉が残る（2021年8月26日）。

自生する植物であるため、微酸性化した中水による生育状態への影響を観察した。微酸性化した中水を与える以前の生育状況は良好で、4月には多数の開花を確認した。調査開始前から新葉の展開が始まった4月と翌5月の葉は淡緑色5GY5/6であったが、6月には緑化して葉緑素量が増加し、葉をたくさん茂らせていた。しかし、7月には黄白化が進むとともに葉緑素量が減少して下葉が枯れはじめ、8月以降は数枚の小さな新葉を残すだけとなった。8月から11月の葉緑素量が増減しているのは、計測する葉が黄白化して小さくなり、計測箇所により葉緑素量が異なったためである。翌春の4月と5月の葉は前年の9月ごろからゆっくと展葉してきたものなので新葉として扱った。2022年4月には貧弱な花茎を1本だけ伸ばして開花し、葉は前年の同月より著しく葉緑素量が少なくなり、5月には2.5GY6/8と黄白化が進んでいた。本種は好石灰岩性の植物であるため、アルカリ性の中水の栽培下では順調に生育していたが、急に微酸性化した中水に置き換わったことで生育状態が悪化したものと思われる。



図10 微酸性化中水（左）とpH調整前のアルカリ性中水（右）の灌水による比較栽培 A：アマミデンダ（2021年6月24日）。B：ヒラミレモン（2021年6月24日）。C：キバナノクリンザクラ（2021年10月27日）。

微酸性化中水とアルカリ性中水での比較栽培

アマミデンダ（オシダ科）とヒラミレモン（ミカン科）について、各種ともに微酸性化した中水を与える温室とアルカリ性の中水を与える温室とに分けて栽培したところ、生育状況に顕著な違いが観察された（図10A、B）。両種ともに2021年6月にはアルカリ性の水質で管理した個体の葉が黄白化していた一方で、微酸性条件で栽培した個体の葉にははっきりとした黄白化は確認できず、健全であった。

キバナノクリンザクラの生育状況は前2種とは対照的な結果となった。2021年10月には微酸性化した中水で栽培した個体の葉は黄白化と枯れが進んでいたものの、アルカリ性の中水を用いていた温室の個体では緑色の葉を多数広げて健全に生育していた（図10C）。好石灰岩性である本種はアルカリ性に傾いた土壤で順調に生育できるよう適応しているものと考えられる。

おわりに

アルカリ性から微酸性化した中水を灌水に用いたことにより、温室内で調査した植物以外の種にも葉の質や成長が改善する傾向が観察された。例えば、系統維持に苦慮していた絶滅危惧IB類のホソバニガナ（キク科）*Ixeridium beaverdianum* (H.Lév.) Springateは植え替えや施肥なしに草丈がこれまでの約2倍になるほど成長して、多数開花したことにより多量の果実が採取できた。同じく絶滅危惧IB類のナンゴクデンジソウ *Marsilea crenata* C.Preslはこれまでより多数の葉を出してよく繁茂している。また、ツブキの古典園芸品種群は葉の色や光沢が増して個体も大きく成長し、本来の葉芸の姿を見せている。そのほか、今回水質を変更した栽培温室では、他の栽培温室と比較してアブラムシやカイガラムシなどの害虫の発生が著しく少なくなり、虫害による被害がかなり軽減されている。

本調査では微酸性化に硝酸を用いたため、中水の硝酸態窒素量をLAQUAtwin-NO3-11（株式会社堀場製作所製）を用いて測定したところ17mg/Lを示し、同じく計測したハイポネックス原液6-10-5（株式会社ハイポネックスジャパ

ン製）の1000倍希釈液と同等の濃度となった。調査中は窒素源の多い水を灌水していたことになるものの、上記の植物や今回調査した植物は水質変更前にも窒素分の多い施肥により葉色が改善することはあったが、今回の調査結果ほどの葉色や成長の改善は見られていなかった。また、好石灰岩性のキバナノクリンザクラは硝酸態窒素量が増えたにも関わらず、生育不良を起こしていることから、水質変更の影響が強く現れたものと考えられる。しかし、調査期間中は無施肥であったことを考慮すると、葉色や生育の改善には水質の微酸性化と硝酸による窒素源の供給の両方が関与したものと推測される。今後の水質の微酸性化には硫酸など他の酸性化溶液を検討したい。

今回の結果から、当園の栽培温室で管理する植物の葉に見られた黄白化などの生育不良は、灌水に用いていたアルカリ性の水質が主な要因であると考えられた。この水質変更で多くの植物で生育状態が向上しているが、水のpHの操作だけですべて解決することはないので、今後も個々の植物に目を向けながら適切な栽培管理を目指す必要がある。

調査を進めるにあたり、富山県中央植物園の栽培展示課早瀬裕也技師、同課川住清貴技師主任、同課原田幸平技師主任、田中玲子さん、川住和美さんにご協力頂きました。また、中部水処理株式会社の方々には水の酸性化について様々な配慮や貴重なアドバイスを頂きました。ここに記して感謝申し上げます。

引用文献

- 加藤哲郎（1996）土壤の化学性の診断方法と基準。藤原俊六郎・加藤哲郎・安西徹郎（著）。土壤診断の方法と活用。87-112。農山漁村文化協会。東京。
- 木田幸男（2007）樹木医による「土壤のアルカリ化問題」早わかりガイド。第六回「アルカリ土壌に合う植物ってあるの?」。<<https://greeninfrastructure.jp/support/knowledge/alkali-guide/vol6/>>（2022年11月10日アクセス）
- 高辻豊二（2000）温州ミカンの養分吸収の特徴。農文協（編）。果樹園芸大百科1カンキツ。263-268。農山漁村文化協会。東京。

デンプンの観察 (植物園における教育プログラムとして)

The observation of starch (As an educational program in Botanical Garden)

近藤 真由菜*・酒井 英二
Mayuna KONDO*, Eiji SAKAI

岐阜薬科大学
Gifu Pharmaceutical University

要約：日本薬局方ヨウイニンの確認試験に関する見直し作業中に、デンプンの観察が簡便で、かつ興味深いことに改めて気づき、小学校での出前講座や薬草園のイベントに使えるのではないかと考えた。ヨウ素デンプン反応は、誰もが小学生の頃に体験しており、頭の片隅に青紫色に変化する記憶が残っているのではないだろうか。しかし、この反応でデンプンのモチ性、ウルチ性の区別ができることまでは、広く知られていない。そこでヨウ素デンプン反応によるモチ性、ウルチ性の判別や、顕微鏡で見るでんぶん粒の大きさや形状が植物種によって異なることを紹介し、植物園を訪れる児童生徒を対象とした体験型の教育プログラムを提案する。

キーワード：ウルチ性、でんぶん粒、日本薬局方、モチ性、ヨウ素デンプン反応、Waxy遺伝子

日本薬局方(日局)は、医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律第41条により、医薬品の性状及び品質の適正を図るため定められた医薬品の規格基準書で、100年有余の歴史があり、初版は明治19年6月に公布されている。現在、第十八改正日本薬局方(厚生労働省2021)が公示され、植物由来の医薬品も多数収載されている。その中には確認試験や純度試験として、誰もが体験したことのある「ヨウ素デンプン反応」が記載されている。日局では、でんぶん粒の確認に用いられ、特にヨウイニン、ヨウイニン末では、モチ性・ウルチ性の判別を利用している。ヨウ素デンプン反応によるでんぶん粒のモチ性・ウルチ性の判別はあまり知られておらず、また光学顕微鏡で観察できるでんぶん粒の大きさや形状が植物種によって異なることを紹介することで、身近な植物に興味を持ってもらえるのではないかと考えた。

なお「ヨウ素デンプン反応」でなぜ染色されるかに関しては、詳しい反応機構の研究論文(川村1968、田仲1980、矢島2015)がインターネット上で公開されているので、ここでは簡単な解説にとどめる。デンプンには、グルコースが直鎖状に繋がったもの(アミロース)と、直鎖のところでこ

ろで枝分かれしているもの(アミロペクチン)がある。また、実際には直鎖はらせん構造となっており、その中にヨウ素が入り込んで発色する。長いらせんになるとより、多くのヨウ素が入り込んで青紫色となる。一方アミロペクチンは、直鎖状の部分が短く赤褐色となる。例えば、同じコメデンプンでも、アミロースが多く含まれるウルチ性デンプンでは青紫色を、アミロースを含まないアミロペクチン主体のモチ性デンプンでは赤褐色を呈することになる。

材料及び方法

日局記載のヨウ素デンプン反応は、ヨウ素試液を使用している。ヨウ素試液は、『ヨウ素14gをヨウ化カリウム溶液(2→5)100mLに溶かし、希塩酸1mL及び水を加えて1000mLとする』と規定されているが、扱いの容易さを考えて本検討では試薬として販売されているヨウ素液(0.05mol/L)を用いた。ヨウ素液(0.05mol/L)は、1000mLあたりヨウ素13gを含んでいる。

観察対象は、片栗粉(パレイショデンプン：馬鈴薯)、小麦粉(コムギデンプン)、コーンスターチ(トウモロコシデンプン)、もちとり粉(コメデンプン：うるち米)、白玉粉(コ

* 〒502-8585 岐阜県岐阜市三田洞東5-6-1
Mitahora-higashi 5-6-1, Gifu-shi, Gifu 502-8585
esakai@gifu-pu.ac.jp



図1 でんぷん粒の採取（レンコン） 1：レンコンをすりおろす。2：コップにセットしたダシバックに詰める。3：水を加えて、絞り出す。4：バックを取り出し、水を加える。5：沈殿したら、新しい水と交換。6：水がきれいになったら、沈殿を集めて乾燥。

メデンプン：もち米)の粉末およびWaxy種のトウモロコシ、ハトムギ、ジュズダマ、オオムギ、バナナ、レンコン、ウコン、生薬ウコンとした。レンコンについては、さらにおろし金ですりおろし、水でさらして沈殿したでんぷん粒を採取した。

切断面や粉末に薄めたヨウ素液を滴下し呈色を直接確認したり、粉末や植物から得られたでんぷん粒をスライドグラスにのせ、グリセリン水で10倍に薄めたヨウ素液を滴下し、カバーガラスをかけ光学顕微鏡で観察した。コメデンプンのモチ性・ウルチ性の確認は、日局コメデンプンの確認試験(3)に従って、粉末1gに水50mLを加えて加熱し、のり状の液1mLに薄めたヨウ素試薬を0.05mL加えて呈色を確認した。

観察結果

1. コメデンプンのウルチ性・モチ性

白玉粉はもち米の粉で、アミロースを含まないアミロペクチンだけのため赤褐色となる。一方もちり粉はうるち米の粉で、アミロースを含むため青紫色となった。低アミロース米は冷めてもおいしいということで、うるち米のアミロース含量を減らしたシルキーパールやミルククイーンといった品種（低アミロース米）が生まれている。

2. トウモロコシデンプンのモチ性・ウルチ性

トウモロコシからモチ性に関連する Waxy 遺伝子（福永 2019）が単離され、モチ性のトウモロコシが栽培されるようになってきている。トウモロコシデンプンを光学顕微鏡で観察す

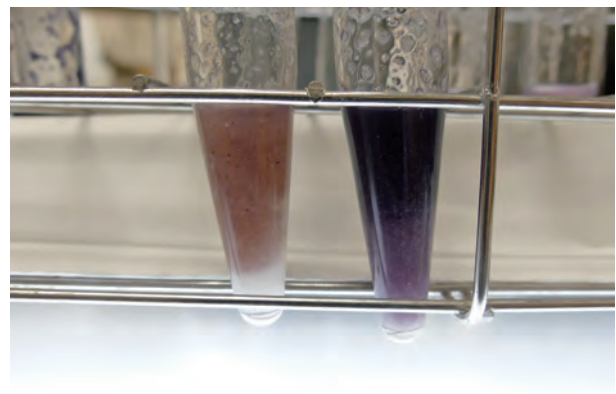


図2 でんぷん粒のモチ性・ウルチ性 左：白玉粉（もち米）。右：もちり粉（うるち米）。

ると、平均15 μ mの大きさで少し角張った形のものが確認できる。もち米とうるち米のように、トウモロコシにおいてもヨウ素デンプン反応により、モチ性・ウルチ性の両品種を区別できる。

3. ハトムギとジュズダマ

ハトムギは、ウルチ性のジュズダマの栽培品といわれ（福永 2019）、アミロースの含量が少なくモチ性を示す。よって両種をヨウ素デンプン反応で区別することが可能であり、この特徴はハトムギ由来の生薬である日局ヨクイニンの確認試験や純度試験に利用されている。ハトムギの断面に薄めたヨウ素液を滴下すると赤褐色になり、一方、ジュズダマでは青紫色になる。なお、ヨウ素液を薄めず使用すると、濃く染

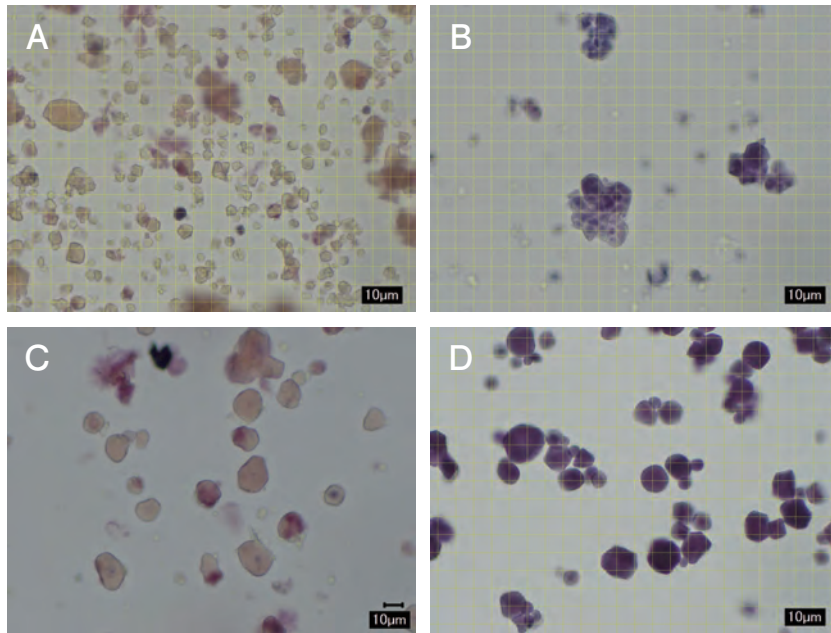


図3 でんぷん粒の顕微鏡写真（モチ性・ウルチ性） A：白玉粉（もち米）。B：もちとり粉（うるち米）。C：Waxy種のとウモロコシ。D：コーンスターチ。

まりすぎでモチ性・ウルチ性の判断ができなくなる。日局ヨクイニン末を顕微鏡で観察すると、薄めたヨウ素液ででんぷん粒は帯赤褐色になるが、青紫色になる小型のでんぷん粒も確認できる。ハトムギは100%モチ性ではない場合もあり、アミロースを含むために青紫色に染まるでんぷん粒を含んでいる。

4. 小麦粉とオオムギ

小麦粉は薄めたヨウ素液で青紫色になり、径20µm以上の大きな粒と径10µm以下の小さい粒の二極化をしていることが確認できる。オオムギを粉末にしたものについても大小の二極化したでんぷん粒が確認できた。大小の二極化はこの種の特徴といえる。

5. バレイショデンプン

バレイショデンプンは、片栗粉として販売される身近なものである。なお、本来片栗粉はカタクリ由来のデンプンである。バレイショデンプンの特徴はその大きさにあり、平均50µmの楕円形であり、へそや年輪状の模様が観察できる場合もある。薄めたヨウ素液を加えたとき、大きいでんぷん粒では時間とともに色が濃くなる様子をはっきりと観察することができる。また、でんぷん粒は、偏光プリズムを使うことで偏光十字という現象を確認できるが、バレイショデンプン

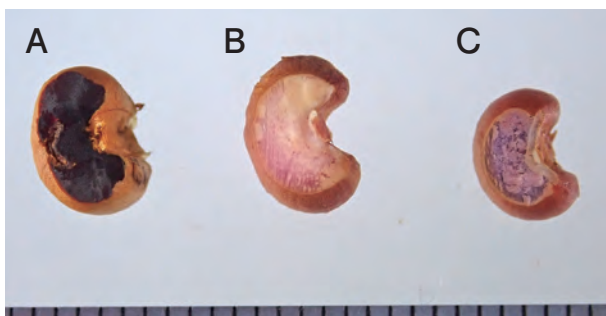


図4 ヨウ素デンプン反応（ハトムギとジュズダマ） A、B：ハトムギ。C：ジュズダマ。A：ヨウ素液。B、C：薄めたヨウ素液。

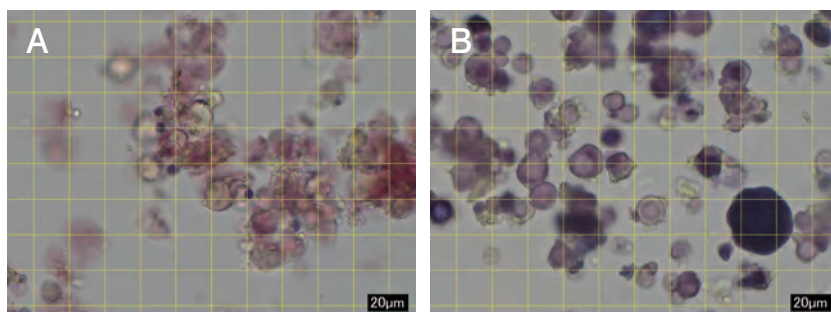


図5 でんぷん粒の顕微鏡写真（ハトムギとジュズダマ） A：ハトムギ。B：ジュズダマ。

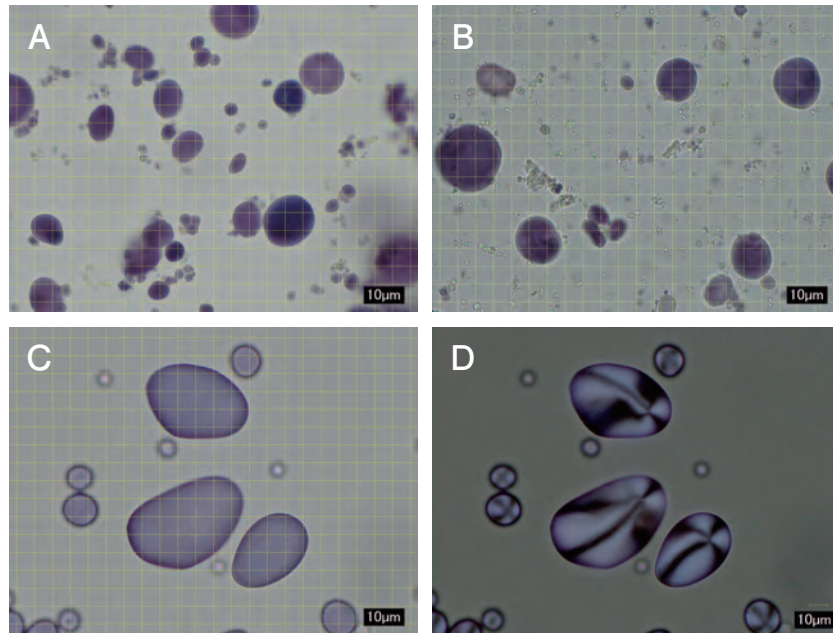


図6 でんぷん粒の顕微鏡写真（小麦粉，オオムギ，片栗粉） A：小麦粉（コムギデンプン）。B：オオムギを粉碎したもの。C：片栗粉（パレイショデンプン）。D：直角に交叉した偏光プリズムによる偏光十字の観察。

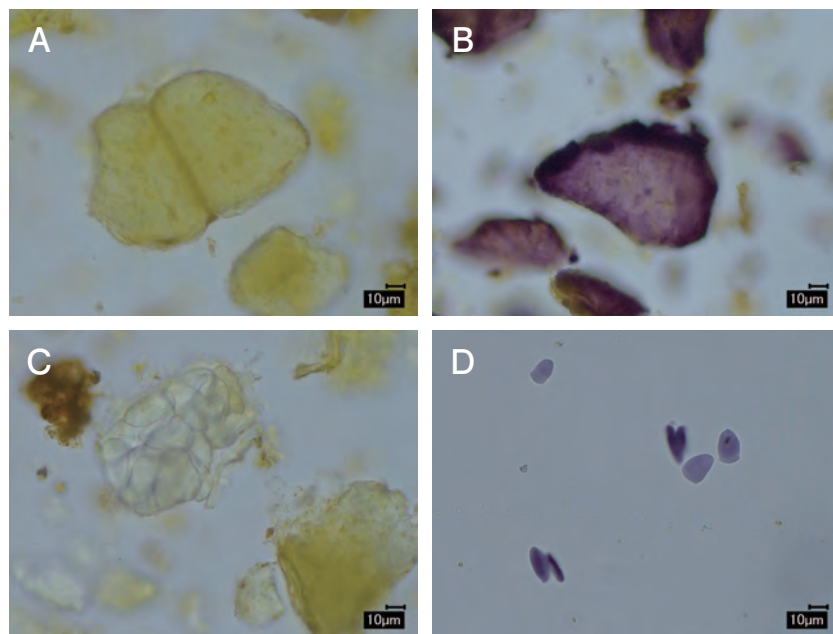


図7 糊化したでんぷんとでんぷん粒の顕微鏡写真（ウコン） A：生薬ウコン末。B：生薬ウコン末に薄めたヨウ素液を滴下。C：ウコンの粉末。D：ウコンの粉末に薄めたヨウ素液を滴下。

のように大きなものでは容易に観察できる。

6. 生薬ウコンとウコンのでんぷん粒

生薬ウコンは、調製過程で根茎が加熱されることがある。そのため含有するでんぷん粒のほとんどが黄色い色素を含んで糊化し塊となる。薄めたヨウ素液を滴下すると、黄色の塊が青紫色に染まりでんぷんであることがわかる。一方、生薬に調製加工される前のウコンの根茎には、糊化していない平

たいでんぷん粒が多数確認できる。平たい形のでんぷん粒は、ショウガ科の特徴でショウガでも確認できる。

7. 身近な植物のでんぷん粒

江戸時代までは、澱粉の原料植物といえば葛（クズ）、蕨（ワラビ）、片栗（カタクリ）で、葛粉、蕨粉、片栗粉として今もその名前が残っている。工業用の糊として澱粉が多量に生産されるようになり、原料植物の主流は馬鈴薯（ジャガ

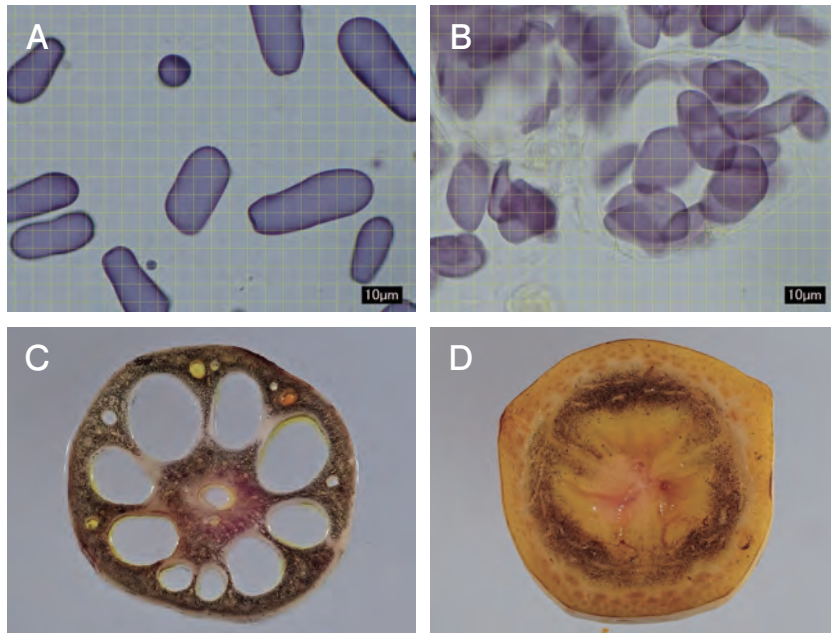


図8 レンコンとバナナ A: レンコンをすりおろして得た澱粉。B: バナナをスライドガラスに押し当てて得た澱粉。C: レンコンの横切面に薄めたヨウ素液を滴下。D: バナナの横断面に薄めたヨウ素液を滴下。

イモ) や甘藷 (サツマイモ)、玉蜀黍 (トウモロコシ) に移った。近年では、カンショデンプンを蕨粉に、バレイショデンプンを片栗粉としている。葛粉も入手が難しくなったためか、和菓子の原料に蓮粉 (レンコン) がよく使われるようになってきている。レンコンは、すりおろして水にさらすことででんぷん粒を簡単に集めることができる。顕微鏡で観察すると細長い形を確認でき、明らかにバレイショデンプンと区別ができる。また、バナナの場合は、スライドガラスに押し付けることででんぷん粒の確認ができる。レンコンとバナナの横切面に薄めたヨウ素液を滴下すると、でんぷん粒が含まれている位置を確認できる。

考察

でんぷん粒の観察は面白いと思っていただけたらだろうか。ヨウ素デンプン反応は、小中学校で体験する実験であり、かつ簡単に準備ができる。今回は試薬として市販されているヨウ素液を用いたが、うがい薬として入手できるポピドンヨードガーグル7% (イソジン、1mL中にヨウ素7mg含む) でもこの反応を見ることが可能である。ただし、皮膚刺激を軽減しているためか浸透性が悪く、反応には時間を要するようである。バナナやレンコンのように普段目にするものから、植物園ならではの珍しい植物は、子供たちの興味を引くものとする。植物を面白いと思うきっかけは、葉のつき方だったり、種子の散布方法だったり人によって様々であるが、で

んぷん粒の観察という経験をきっかけに植物に興味を持ってくれる子供たちが増えることを期待している。

引用文献

- 川村信一郎 (1968) デンプンの検出と定量. 澱粉工業学会誌16 (2) 70-77. <<https://doi.org/10.5458/jag1953.16.70>> (2022年11月1日アクセス)
- 厚生労働省 (2021) 第十八改正日本薬局方. <<http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000066530.html>> (2022年11月1日アクセス)
- 田仲二郎 (1980) ヨウ素-デンプン反応の色. 化学教育28 (3) 257-263. <https://doi.org/10.20665/kagakuyouiku.28.3_257> (2022年11月1日アクセス)
- 福永健二 (2019) 遺伝学から見たモチ性穀類の起源: モチの文化誌とモチの遺伝子. 育種学研究 21 (1) 1-10. <<https://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/2010928191.pdf>> (2022年11月1日アクセス)
- 矢島博文 (2015) ヨウ素デンプン反応の発色のしくみ. 化学と教育 63 (5) 228-231. <https://doi.org/10.20665/kakyoshi.63.5_228> (2022年11月1日アクセス)

白馬岳の絶滅危惧種の域外保全

—種子による栽培から開花・結実まで—

Ex situ conservation of endangered species in Mt. Shirouma from seed cultivation to flowering and fruiting

坪井 勇人^{1,*}・村井 良徳²・尾関 雅章³

Hayto TSUBOI^{1,*}, Yoshinori MURAI², Masaaki OZEKI³

¹白馬五竜高山植物園・²国立科学博物館筑波実験植物園・³長野県環境保全研究所

¹Hakuba Goryu Alpine Botanical Garden,

²Tsukuba Botanical Garden, National Museum of Nature and Science,

³Nagano Environmental Conservation Research Institute

要約：白馬岳の絶滅危惧種の域外保全を目的とした種子採取と栽培を行った。2017年と2019年の調査で17種の種子を採取し、実生栽培した結果、11種が開花した。高山植物の栽培マニュアルの作成、保全に向けた啓発活動が今後も求められる。

キーワード：域外保全、高山植物、種子採取、白馬岳、絶滅危惧種

日本植物園協会が進める生物多様性保全事業として、絶滅危惧種の種子の収集を行い、種子保存拠点園である環境省新宿御苑において種子の冷凍保管を行っている。日本植物園協会における未保有の絶滅危惧種においては高山植物も数多くあるが、これは自生地情報が限られ調査が困難と想定されることによると考えられる。また、収集された種子は、冷凍保管だけでなく保全を目的とした生育実態を解明するために植物園で種子による栽培を行うことが望ましいとも考えられる。白馬五竜高山植物園は夏のスキー場を利用した植物園であり、標高約1,500mの冷涼な環境を有し、11月～5月にかけては雪に覆われることにより、高山植物の自生地の環境に近いことからその栽培に適している。そこで、日本植物園協会が未保有である絶滅危惧種が多く分布する白馬岳の高山植物の種子採取および域外保全を目的とした栽培を行うこととした。

種子採取調査および結果

白馬岳に分布するとされる絶滅危惧種を対象種とした。調査および登山に適した好天の日を選び、対象種の位置と結実のタイミングを明らかにするために開花期にも調査を行った。白馬岳に隣接する山岳も調査地としたが自生地情報を非公開とするため、調査地名は白馬岳周辺の表記に留め

表1 種子採取対象種および採取結果

調査年	種名	科名	環境省RL	種子採取
2017年	シロウマチドリ	ラン	VU	○
	アシボソスゲ	カヤツリグサ	NT	○
	リシリカニツリ	イネ	VU	○
	ツクモグサ	キンボウゲ	EN	○
	タカネキンボウゲ	キンボウゲ	EN	×
	クモマキンボウゲ	キンボウゲ	CR	×
	リシリオウギ	マメ	VU	○
	ウラジロキンバイ	バラ	VU	○
	ハゴロモグサ	バラ	VU	○
	シロウマナズナ	アブラナ	EN	○
	チシマツメクサ	ナデシコ	CR	×
	シコタンハコベ	ナデシコ	VU	○
	オノエリンドウ	リンドウ	EN	○
	シロウマリンドウ	リンドウ	NT	○
ウルップソウ	オオバコ	NT	○	
2019年	ミヤマカニツリ	イネ	VU	×
	タカネキンボウゲ	キンボウゲ	EN	○
	クモマキンボウゲ	キンボウゲ	CR	○
	クモイナズナ	アブラナ	VU	×
	タカネミミナグサ	ナデシコ	VU	○
	チシマツメクサ	ナデシコ	CR	○
ハイツメクサ	ナデシコ	EN	○	

ておく。2017年においては6月19日、7月20日、8月4日、8月10日、8月30日～31日、9月11日、9月25日、10月

* 〒399-9211 長野県北安曇郡白馬村神城22184-10
22184-10, Kamishiro, Hakuba Village, Kitaaazumi-gun, Nagano
tsuboi@hakubagoryu.com

12日の計8回の調査を行った。2017年の調査の結果、発見できなかった対象種においては長野県環境保全研究所、国立科学博物館の協力を得て、2019年8月25日～27日に調査を実施した。結果として対象種19種のうち17種の種子採取を行った(表1)。種子採集した植物の証拠標本は、国立科学博物館植物標本庫(TNS)、株分けが可能であった一部の植物については長野県環境保全研究所標本庫(NAC)で保管されている。

栽培方法および結果

調査により得られた種子は環境省新宿御苑にて冷凍保管を行っているが、種子の一部は白馬五竜高山植物園において栽培を行った。播種は鹿沼土小粒を敷き詰めた育苗箱において行い、覆土厚は種子の大きさに比例して1cm～1mm未満とした(図1)。播種のタイミングは種子採取後に十分な自然乾燥の後に2週間以内に行った。ただしキンボウゲ科のツクモグサ *Pulsatilla nipponica* (Takeda) Ohwiは、同属のオキナグサ *P. cernua* (Thunb.) Berchtold et J.Presl では採取後に乾燥させると発芽率が低下するという経験に基づき、種子採取後3日以内に播種した。育苗箱は標高800mの屋外栽培圃場の遮光率75%の遮光ネット下にて管理を行い、灌水は乾かさないように毎日行った。11月下旬～4月上旬の期間は、自生地に近い低温湿潤処理となるよう育苗箱は積雪下にて管理した(図2)。雪解け後の4月下旬からは発芽する種類も多く、移植に適した大きさになったと判断した段階でビニールポットへの鉢上げを行った。7.5cm径のロングポットを用い、鉢底には軽石中粒を2cm程度詰めマグアンプK小粒を元肥として使用し、用土は鹿沼土小粒：軽石小粒=1：1～2の混合比率とした。十分な大きさに育った植物においては、一回り大きなビニールポットへの植え替えを行うか、植物園の露地環境への定植を行った。結果として2022年10月時点で対象種17種のうち16種が発芽し、11種で開花に至っている(表2)。



図1 播種をした育苗箱



図2 積雪下にて管理する育苗箱



図3 アシボソゲ(植物園への定植)

表2 栽培の結果

種名	科名	発芽	開花
シロウマチドリ	ラン	なし	なし
アシボソゲ	カヤツリグサ	○	○
リシリカニツリ	イネ	○	○
ツクモグサ	キンボウゲ	○	なし
タカネキンボウゲ	キンボウゲ	○	○
クモマキンボウゲ	キンボウゲ	○	○
リシリオウギ	マメ	○	なし
ウラジロキンバイ	バラ	○	○
ハゴロモグサ	バラ	○	○
シロウマナズナ	アブラナ	○	○
タカネミミナグサ	ナデシコ	○	○
チシマツメクサ	ナデシコ	○	○
シコタンハコベ	ナデシコ	○	○
ハイツメクサ	ナデシコ	○	○
オノエリンドウ	リンドウ	○	○
シロウマリンドウ	リンドウ	○	○
ウルップソウ	オオバコ	○	なし

シロウマチドリ (ラン科)

Platanthera convallariifolia Lindl.

環境省RL：絶滅危惧Ⅱ類 (VU)

ラン科植物の特性のためか、通常の播種では発芽せず。

アシボソゲ (カヤツリグサ科) 図3

Carex scita Maxim. var. *tenuisetata* (Franch.) Yonek.

環境省RL：準絶滅危惧種 (NT)

良く発芽し、生育も良好。播種後2年で開花。植物園へ定植することで自生地と変わらない大きさの株に成長した。

リシリカニツリ (イネ科) 図4

Trisetum spicatum (L.) K.Richt. subsp. *alascanum* (Nash) Hultén

環境省RL：絶滅危惧Ⅱ類 (VU)

良く発芽し、生育も良好。播種後2年で開花。植物園へ定植することで自生地と変わらない大株に育った。ただし2022年は開花がみられず、定期的な植え替えが必要とみられる。



図4 リシリカニツリ (ポット苗)

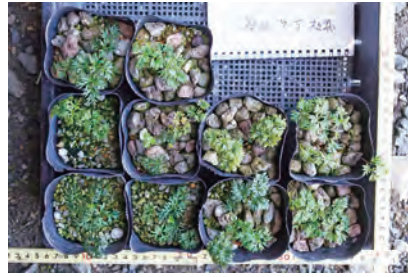


図5 ツクモグサ (ポット苗)



図6 タカネキンポウゲ (ポット苗)



図7 クモマキンポウゲ (ポット苗)



図8 リシリオウギ (ポット苗)



図9 ウラジロキンバイ (植物園への定植)

ツクモグサ (キンポウゲ科) 図5

Pulsatilla nipponica

環境省RL：絶滅危惧IB類 (EN)

発芽率が10%以下であり、近縁種のおキナグサに比べ明らかに発芽率が悪く、生育も遅い。ポットへの移植後に枯死するものも多い。未開花個体を植物園に定植したところ、10株程度が良好な生育を見せている。2018年に発芽した個体は5年経過した2022年においても開花はみられない。

タカネキンポウゲ (キンポウゲ科) 図6

Ranunculus altaicus Laxm. subsp. *shinanoalpinus* (Ohwi) Kadota

環境省RL：絶滅危惧IB類 (EN)

国内希少野生動植物種 (令和3年1月指定)

発芽率は低いが、播種後2ヶ月で発芽し、冬期に室内で栽培を行ったところ播種後11ヶ月で開花。植物園へ定植したところ屋外で2020年、2021年と2年連続して良好な開花がみられた。

クモマキンポウゲ (キンポウゲ科) 図7

Ranunculus pygmaeus Wahlenb.

環境省RL：絶滅危惧IA類 (CR)

国内希少野生動植物種 (平成31年2月指定)

発芽率は比較的良く、播種後2ヶ月で発芽し、冬期に室内で栽培を行ったところ播種後8ヶ月で開花。近年の高山植物栽培書には登場しないが、明治39年の栽培書においては

播種後3年で開花する記述がみられた。圃場においては10.5cm径のポットを満たすほどの大株に多数が育ったが、植物園への定植では翌年には個体が小さくなり次第に消失した。

リシリオウギ (マメ科) 図8

Astragalus frigidus (L.) A.Gray subsp. *parviflorus* (Turcz.) Hultén

環境省RL：絶滅危惧II類 (VU)

発芽率が低く、ポットへの移植後に枯死するものも多い。現状で個体は10株程度が維持できているが、開花はみられない。

ウラジロキンバイ (バラ科) 図9

Potentilla nivea L. var. *camtschatica* Cham. et Schldtl.

環境省RL：絶滅危惧II類 (VU)

良く発芽し、生育も良好。播種後2年で開花。植物園へ定植した後も良好な生育を維持できている。

ハゴロモグサ (バラ科) 図10

Alchemilla japonica Nakai et H.Hara

環境省RL：絶滅危惧II類 (VU)

発芽率は低いが、発芽後の生育は良好。播種後2年で開花。植物園へ定植した後も良好な生育を維持できている。

シロウマナズナ (アブラナ科) 図11

Draba shiroumana Makino



図10 ハゴロモグサ (植物園への定植)



図11 シロウマナズナ (ポット苗)



図12 タカネミミナグサ (植物園への定植)



図13 チシマツメクサ (植物園への定植)



図14 シコタンハコベ (植物園への定植)



図15 ハイツメクサ (植物園への定植)

環境省RL：絶滅危惧IB類 (EN)

発芽するが多くはなく、ポットへの移植後に枯死するものも多い。播種後2年で開花。ポット栽培、植物園で定植した個体、ともに長期に渡る維持が難しいともみられる。

タカネミミナグサ (別名：ホソバミミナグサ) (ナデシコ科)
図12

Cerastium rubescens Mattf. var. *koreanum* (Nakai) E.Miki
環境省RL：絶滅危惧II類 (VU)

良く発芽し、生育も良好。播種後1週間で発芽し、冬期に室内で栽培を行ったところ播種後6ヶ月で開花。挿し芽により増殖させることができた。ポット栽培、植物園への定植した個体、ともに株元から枯死するものも多い。

チシマツメクサ (ナデシコ科) 図13

Sagina saginoides (L.) H.Karst.

環境省RL：絶滅危惧IA類 (CR)

発芽率は低いが、播種後2年で開花。ポット栽培、植物園への定植した個体ともに、株元から急速に枯死するものも多いが、挿し芽により増殖させることができた。挿し芽の詳細は、村井ら (2023) を参照。

シコタンハコベ (ナデシコ科) 図14

Stellaria ruscifolia Willd. ex D.F.K.Schltl.

環境省RL：絶滅危惧II類 (VU)

良く発芽し、生育も良好。播種後2年で開花。ポット栽培のものは株元から枯死するものも多い。挿し芽により増殖させることができた。植物園へ定植した個体はマット状に広がる良好な生育を維持できている。

ハイツメクサ (ナデシコ科) 図15

Minuartia biflora (L.) Schinz et Thell.

環境省RL：絶滅危惧IB類 (EN)

発芽率は低いが、播種後2年で開花。植物園へ定植した個体はマット状に広がる良好な生育を維持できている。

オノエリンドウ (リンドウ科) 図16

Gentianella amarella (L.) Börner subsp. *takedae* (Kitag.) Toyok.

環境省RL：絶滅危惧IB類 (EN)

発芽するが多くはなく、ポットへの移植後に枯死するものも多い。播種後1年で開花。ただし生存率は低く、二年草であることから長期的な維持は難しい。

シロウマリンドウ (リンドウ科) 図17

Gentianopsis yabei (Takeda et H.Hara) Ma ex Toyok.

環境省RL：準絶滅危惧種 (NT)

発芽するが多くはなく、ポットへの移植後に枯死するものも多い。播種後1年で開花。ただし生存率は低く、二年草であることから長期的な維持は難しい。



図16 オノエリンドウ (ポット苗)



図17 シロウマリンドウ (ポット苗)



図18 ウルップソウ (ポット苗)



図19 絶滅危惧種コーナーに看板と植物を展示



図20 絶滅危惧種コーナーでの植物園ガイド



図21 啓発活動を目的とした講演会の開催

ウルップソウ (オオバコ科) 図18

Lagotis glauca Gaertn.

環境省RL：準絶滅危惧種 (NT)

良く発芽するが、ポットへの移植後に枯死するものも多い。種皮が硬いためか播種後4年経っても新規の芽生えがみられる個体もあった。2018年が最初の発芽だが、5年経過した2022年においても開花はみられない。

植物園における一般公開および啓発活動

種子から栽培した絶滅危惧種において十分な数量が栽培できた種類においては、白馬五竜高山植物園の露地環境に定植し、一般公開を行っている。来園者の往来が多い広場において絶滅危惧種専門のコーナーを造成し、高山帯の自然らしく見えるようにロックガーデン調に仕立てた上で、解説板と共に展示を行っている (図19)。植物園ガイドの際にもこれらを活用し絶滅危惧種の域外保全をテーマに解説を行っている (図20)。また、筑波実験植物園の研究最前線「日本の高山植物の多様性と保全」や「日本の希少な高山植物」(ともに村井が担当) などでも、当該コーナーの紹介や今回の域外保全の取り組みを紹介した。

2019年9月24日には「高山植物を、守り、育てる、最前線」と題した講演会を日本植物園協会中部植物多様性保全拠点園連絡会議に合わせ一般公開として行い、約80名の参加となった (図21)。2022年9月25日、26日には「白馬五竜高山植物園 絶滅危惧種の保全 成果報告会」と題し

た講演会、見学会を開催し、約70名の参加となった。これらの機会においては、植物園関係者、環境省、林野庁といった業務で植物に関わる方だけでなく、白馬の山案内人、植物ガイド、山小屋関係者などの参加もあり、高山植物の保全に対する注目度が高いこともうかがえる。絶滅危惧種の域外保全が植物園というフィールドを活用して積極的に行われている事実を伝え、成果を発表していくことが、生物多様性保全を充実させていくことに繋がると考えている。

今後の課題

高山植物の絶滅危惧種は、狭い地域や特殊な地質などの環境で独自に分化したものや、氷期の生き残りなど、分布が限られるものが多い。そして高山に自生するため、気候変動や鹿の生息域拡大による影響を受けやすいと考えられる。また高山植物は一般的に栽培が難しいと言われるが、今回の事例のように栽培が不可能なものではなく、今後も植物園による積極的な域外保全を進めていく必要があると考えられる。筑波実験植物園においても同様の域外保全を進めており、白馬五竜高山植物園とは異なる環境下における栽培の知見を積み重ねていくことで、高山植物の育成マニュアルの作成も行っていきたい。また、今回の栽培にあたり民間の山野草栽培業者を訪ね、最適な用土や管理についてヒアリングを行ったところ、発芽率や生存率の向上に繋がったこともあり、民間の栽培名人の技術を継承していくことも域外保全においては重要であると考えている。



図22 環境省が行う現地のモニタリング調査

生物多様性保全においては、域内保全と域外保全の両方が求められる。白馬村や長野県内においては環境省、長野県環境保全研究所、民間の山岳関係者などが現地の生育実態調査や保全活動などを進めているが（図22）、これらと合わせて植物園が行うべき域外保全を今後も続けていく必要がある。

引用文献

- 環境省（2020）【維管束植物】環境省レッドリスト2020. <<https://www.env.go.jp/content/900515981.pdf>>（2022年11月4日アクセス）
- みねはな会（2013）山野草・栽培全書～日本・アジアの山野草篇～. 近代出版.
- 村井 良徳・坪井 勇人・風間 勇児・高木 理江・二階堂 太郎・尾関 雅章（2023）高山植物栽培の技術開発：挿し芽による絶滅危惧種キタダケヨモギとチシマツメクサの増殖例. 日本植物園協会誌 57: 101-102.
- 日本園藝研究會（1906）高山植物. 園芸之友臨時増刊.
- 清水建美・門田裕一・木原浩（2014）. 高山に咲く花 増補改訂新版（山溪ハンディ図鑑8）. 山と溪谷社.

北海道大学植物園におけるヒダカソウ

Callianthemum miyabeanum

生息域外保全の10年間（2011～2020年）の成果

Achievements of 10years (2011-2020) of *Ex-situ* conservation of *Callianthemum miyabeanum* at Botanic Garden, Hokkaido University永谷 工^{1,*}・稲川 博紀¹・高田 純子¹・西川 洋子²・島村 崇志²・陶山 佳久³・水永 優紀⁴・中村 剛¹Koh NAGATANI^{1,*}, Hironori INAGAWA¹, Junko TAKADA¹, Yoko NISHIKAWA²,
Takashi SHIMAMURA², Yoshihisa SUYAMA³, Yuki MIZUNAGA⁴, Koh NAKAMURA¹¹北海道大学北方生物圏フィールド科学センター植物園・²北海道立総合研究機構 エネルギー・環境・地質研究所・³東北大学大学院農学研究科附属複合生態フィールド教育研究センター・⁴アポイ岳ジオパークビジターセンター¹Botanic Garden, Field Science Center for Northern Biosphere, Hokkaido University,²Research Institute of Energy, Environment and Geology, Hokkaido Research Organization,³Field Science Center, Graduate School of Agricultural Science, Tohoku University,⁴Mt. Apoi Geopark Visitor Center

要約：ヒダカソウ *Callianthemum miyabeanum* はキンポウゲ科の多年草で、北海道日高地方様似町のアポイ岳およびその周辺に局在する固有種である。近年急速に個体数が減少し、生息域外での保全が早急に求められている。北海道大学植物園は2011年からヒダカソウ自生地株の保護・増殖の取り組みを開始した。本稿では2020年までの10年間に得られた成果をまとめて報告する。その成果は本園が日本植物園協会植物多様性保全拠点園として取り組んでいる北海道・高山帯の絶滅危惧種の増殖法確立のみならず、外部資金導入による冷却棚の開発、研究機関への協力、社会教育、増殖株の様似町への里帰りなど多岐にわたる。

キーワード：アポイ岳、自生地株、絶滅危惧種、増殖法、ヒダカソウ

ヒダカソウ *Callianthemum miyabeanum* Tatew. はキンポウゲ科の多年草で、生育地が北海道日高地方に限られている固有種であり（図1）、様似町のアポイ岳が主要な自生地である。アポイ岳はマントルが地殻を突き抜けて固まった幌満かんらん岩体から成り立っているため、土壌にはニッケルやマグネシウムが多く含まれ、植物の生育を阻害する（高橋・田中 2008）。また、アポイ岳は海に近い海霧に覆われやすく、夏季にも気温が上がらない特殊な気候条件下にあり、標高1000m未満ながら多くの高山植物が自生する。本種はこのような特殊な地質、気象に適応した非常に希少な植物である（渡邊 2005）。また本種は葉が展開する前の早春に開花するという特性があり、その姿は多くの人々に好まれてきた。このような希少性と高い観賞価値から、過去にはヒ



図1 本園のヒダカソウ栽培株

* 〒060-0003 北海道札幌市中央区北3条西8丁目
N3, W8, Chuo-ku, Sapporo-shi, Hokkaido 060-0003
k-nag@fsc.hokudai.ac.jp

ダカソウの盗掘が頻繁に起こり、自生地での個体数の減少を引き起こした(渡邊 2001)。北海道では2002年に本種を「北海道希少野生動植物の保護に関する条例」の特定希少野生動植物種に指定し、自生地の監視活動の強化など保護対策をとった結果、盗掘被害は減少した(佐藤 2005)。しかし、その後も自生地のヒダカソウの数は減り続け(佐藤 2005)、また、個々の株も衰えて、現在は小さい株が観察されるばかりとなった(西川ら 2005)。その原因として温暖化による平均気温上昇と積雪量の減少が指摘されている(増沢 2009、西川ら 2009)。このため生息域内での株の増加は困難とみられ、生息域外での保全が早急に求められている。

北海道大学北方生物圏フィールド科学センター植物園(以下、本園と記す)は2011年から地方独立行政法人北海道立総合研究機構(以下、道総研)および様似町と協力し、ヒダカソウ自生地株の保護、増殖に取り組んでいる。2019年には本園で増殖したヒダカソウが故郷であるアポイ岳のふもとにあるアポイ岳ジオパークビジターセンターに里帰りし、保全取り組みが10年目を迎えた2020年には同センターの特別展で展示され、ヒダカソウ保全活動の一つの節目を飾ることとなった。そこで、この特別展を含めこの10年間に得られた成果を「自生地由来系統の域外保全及び増殖」、「外部資金による冷却機能を持つ育成柵の開発」、「研究利用」、「教育利用」、「自生地由来の増殖株の様似町への里帰りと特別展示」の5項目にわけて報告する。

自生地由来系統の域外保全及び増殖

前述したようにヒダカソウは観賞価値が高いため愛好家によって栽培されており、自生地が失われたとしても本種が完全に絶滅することはないと思われる。しかし栽培されているヒダカソウは長年にわたり人為的に維持されてきたため、栽培が容易な少数系統や花が大きいなど観賞価値が高い系統が選抜された可能性も考えられる。そのため、自生地のヒダカソウが持つ遺伝的多様性が栽培下の個体に保たれているとは限らない。遺伝的多様性の保全のためには、自生地に現存する可能な限り多くの系統を植物園に導入し、栽培下で異なる系統を交雑させることなく維持することが重要である。そこで本園では、自生地で採集した株の育成、および根からのクローン個体再生による増殖と、自生地由来種子と育成株種子による増殖を試みた。採集した種子および株のデータ(永谷ら 2014a、b)、また、本園における2016年までの生育データ(永谷ら 2018)は報告済みである。今回はこれに2020年までのデータを加え、2011年から2020年

までの10年間のデータをまとめて記載し報告する。なお、盗掘などの危険を考慮して、採集地は位置を特定できないよう記号A~Eであらわした。

自生地で採集した株の育成および増殖

採集した自生地株のデータは以下の通りである。2012年~2014年の3年間で5地点(幌満岳A、アポイ岳BおよびC、吉田山DおよびE)から地上部を有する個体34株、および、採集の際に切れた根の断片23本、合計57サンプルを採集した。そのうち地上部を有する34株中32株が活着し、また根の断片23本中3本から植物体が再生され、2015年初頭時点で合計35株の自生地由来株を保有することとなった。また、2015年から根伏せ法による増殖の試みを開始した(永谷ら 2018)。これは株から根を切り取り、それを用土に植えつけることで個体の再生を図るもので(図2、3)、2015年に2本の根を試験的に根伏せしたところ2本とも個体再生に成功した(永谷ら 2018)。以後、毎年根伏せをおこない、いずれも高い成功率を得ている。根伏せは遺伝的に同一なクローンを得ることが出来るため、系統の維持に有効である。2020年度末時点で自生地由来株およびそれらのクローンは138株まで増殖した(図4)。

なお、これには2019年に様似町へ譲渡された10株を含



図2 根伏せに用いた根の断片



図3 根伏せ途中(用土に完全に埋める前)の様子

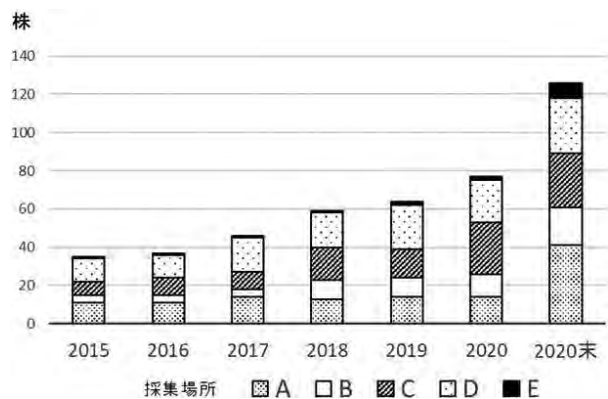


図4 園内の自生地由来株数

むため（後述）、2020年度末時点で本園が保有する自生地由来株およびそのクローンは128個体であった。

種子による増殖

まず自生地で採集した種子による増殖について記す（永谷ら 2014b、2018）。2011年、2012年および2014年に類似町のアボイ岳ファンクラブのメンバーが3地点（幌満岳A、吉田山DおよびE）より合計151粒を採集した（図5）。平均重は14.2mg/粒であった（永谷ら 2018）。採集後速やかに本園へ移送し播種した。2016年末時点までに3粒の発芽（発芽率2.0%）が確認された（図6）（永谷ら 2018）。2017年にそのうち1個体、2020年にはさらに1個体が枯死し、2020年末時点では、自生地由来種子から増殖し生育しているのは1個体のみとなった（吉田山Dより2014年に採集）。発芽率がたいへん低いこと、2015年以降は種子の採集が困難なほど結実数が減っていることなどから、ヒダカソウの自生地由来種子での増殖は極めて難しいと言える。

次に本園で育成した株から採集した種子について記載する。自生地で採集した株およびそのクローン株の最初の開花は2015年に確認された。全株の合計開花数は2015年には35株中9花であったが、株の順調な生育と、クローン株の増加に伴い開花数は増加し、2018年以降は毎年200以上の

開花が見られた（図7）。園内で自然結実した種子を初めて採集できたのは2016年であった（永谷ら 2018）。以後2020年までの5年間で合計3518粒を採集・播種した。これらのうち2019年までの播種（2687粒）の結果、2020年末までに1091の発芽が確認されている（発芽率41.0%）。これは自生地で採集した種子の発芽率を大きく上回り、種子による増殖は十分可能である。しかし、これらの種子は栽培下の自然交配によるため、自生地が異なる系統間の交雑による可能性がある。したがって自生地由来株の系統保存という目的には合致しない。

そのため、株ごとに袋掛けをおこなって交雑を防ぎ、人為的に同株の花同士で受粉することを2017年に試みた（図8）。7花に袋掛けおよび人工授粉をおこない、3花が結実した（42.9%）。人工授粉の結果得られた完熟種子は6粒であり、そのうち出芽したのは3粒であった。対照実験として6花に袋掛けのみをおこない、人工授粉をおこなわなかったが、結実は0であった。また、袋掛けをおこなわなかった61花は46花が結実した（75.4%）。このように人工授粉によって系統を保存しつつ種子繁殖も可能であるが、袋掛けには労力がかかることから人工授粉の試みは2018年以降おこなわないこととした。



図5 自生地由来種子（2014.6.27撮影）スケールは1目盛りが1mm。下3個は生育が不良なもの。



図6 自生地由来種子の実生（2014.11.1撮影）

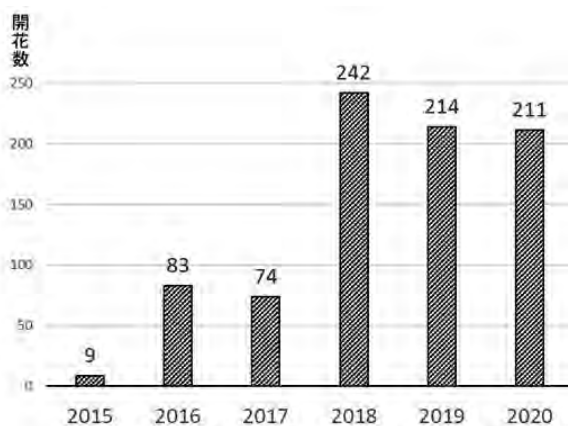


図7 自生地由来株の開花数



図8 袋掛けをしたヒダカソウ栽培株

ヒダカソウの自生地由来種子は発芽率が極めて低く、そもそも結実数が少ないため入手困難である。一方、自生地由来株の株分けは容易で、さらに根伏せによる増殖の成功率は高い。自生地由来の系統を増殖するにあたっては株分け、根伏せによるクローンの育成が省力的で確実である。本園ではクローン株を増やすことによって自生地由来系統の増殖と確実な保全を確立したといえる。

外部資金による冷却機能をもつ育成棚の開発

本園は2012年に公益財団法人栗林育英学術財団より300,000円の研究助成を受けた(永谷ら 2014a)。目的は絶滅危惧植物、特に北海道産の高山植物の育成に関する研究である。

地球温暖化の危機が指摘されて久しいが、近年、札幌市内でも夏季に以前にはない暑さがみられる。北海道で1898年以降計測を続けている7地点(旭川、網走、帯広、札幌、寿都、根室、函館)の年平均気温の平均値は1898年から2015年にかけて100年あたりおよそ1.59℃上昇している(札幌管区気象台 2017)。とりわけ1990年頃に急速に気温が上昇しており、著しい高温を記録した年もおおむね1990年以降に集中している。また、年平均気温の上昇は、7地点のうち寿都、根室ではそれぞれ0.8℃、1.1℃であるのに対し、札幌、旭川ではそれぞれ2.4℃、1.9℃であり、都市化の進行によるヒートアイランド現象の影響と考えられる。そのため札幌の中心部に位置する本園でも高山植物の育成がより難しくなる傾向があり、ヒダカソウの生息域外保全をおこなう上でも適切な対策が必要である。そこで本園では栗林育英学術財団の助成金を利用して夏季の高温、さらに今後の温暖化にも対応可能な育成棚を試作した。これについては永谷ら(2014a)が報告しているため参照されたい。本稿ではそのデータを用い、簡単な紹介にとどめる。

試作した冷却棚は縦6.0m、横1.8mで、建築工事で使用する足場パイプを主材料とし、遮光、送風、気化熱および流水によって鉢の温度上昇を防ぐ仕組みを備える(図9、10)。

2012年8月29日から11月13日にかけて試作棚を稼働させ鉢温(鉢内の用土の中心部の温度)を測定した。その結果、冷却棚は、鉢温を日最高温度で最大7.0℃、平均温度でも1.8℃下げ、盛夏でも鉢温をほぼ30℃以下に抑えられることが確認された。したがって冷却棚は高温に弱いヒダカソウ育成に有効であると期待される。今後温暖化が進行すれば現在以上に栽培環境は厳しいものとなる。21世紀末(2076～

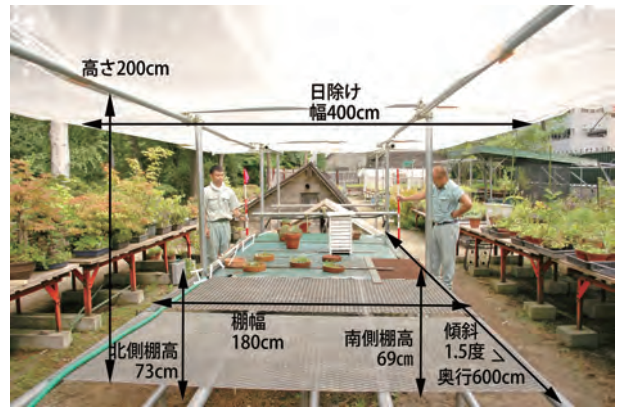


図9 冷却棚の構造(永谷ら2014aより転載)

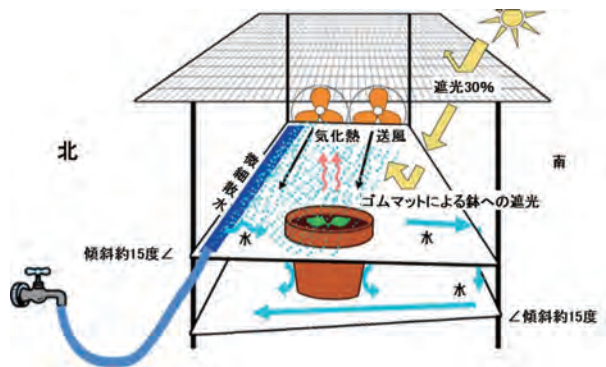


図10 冷却棚の仕組み(永谷ら 2014aより転載)

2095年)における北海道の夏日の年間日数は20世紀末に比べて30日程度増加し、日本海側や太平洋側西部ではさらに多く増えることが予測され、また、真夏日の年間日数は10日程度増加すると予測される(札幌管区気象台 2017)。しかし、この冷却棚の使用により対応は可能であろう。さらにヒダカソウ以外の高山・寒冷地の植物栽培にも活用することを検討している。

研究利用

本園の目的の一つに大学関係者(研究者、学生)やそのほかの研究施設に植物資料を提供し、研究に協力することがある。ヒダカソウについては以下の3つの事例があった。2012年に北海道大学農学研究院植物機能開発学研究室に種子を提供し、フラスコ内での無菌発芽試験に使用された(小川ら 未発表)。2016年に北海道大学大学院農学院植物生態・体系学研究室へ葉組織を提供し、キタダケソウ属の形態比較の研究に利用された(土屋ら 未発表)。2017年に東北大学大学院農学研究科附属複合生態フィールド教育研究センターへ遺伝解析試料として葉組織の提供を行った。この研究は「遺伝情報解読ブレークスルーを活用した『種の保存法』指定種最適保全管理」(平成28年度～平成30年度

環境研究総合推進費)の一環として実施された。これによりアポイ岳・吉田山と幌満川を挟んだ幌満岳の集団間に遺伝的な差異があることなどが解明された(小沼ら 2017)。

教育利用

本園は大学の付属施設ではあるが、大学関係者や研究機関以外にも植物の知識を広める、一般市民を対象とした教育機能もその使命の一つである。ヒダカソウについては、本園における展示以外に以下の教育・普及活動が行われた。

様似町での講演

様似町では2010年より「地質や地形、自然環境、そこに暮らす住民の生活や歴史など様似町を丸ごと知ることと住民の郷土愛の醸成をはぐくむこと」を目的とした教育事業として「ふるさとジオ塾」をおこなっている。また「アポイ岳自然セミナー」はアポイ岳の自然の貴重さやすばらしさを再確認し、アポイ岳再生事業に係る様々な取り組みについて学ぶ講座である。

2018年7月24日に様似町中央公民館において、「アポイ岳自然セミナー①×ふるさとジオ塾③」として本園および道総研によるヒダカソウの保全取り組みの成果を発表する機会を得た。道総研(西川)が「アポイ岳の花～ヒダカソウが教えてくれること～」という演題で自生地の現状を報告し、本園(永谷)が「北海道大学植物園におけるヒダカソウの保全」と題して本園でのヒダカソウ自生地株の保護・育成と増殖について講演した(図11)。時間は午後7時から8時半の1時間半であったが参加者は熱心に耳を傾け、質疑応答もおこな

われた。地元の方々のヒダカソウへの興味と保全にかかる熱意が感じられた。

浦河高校の課外学習への協力

2017年7月31日、北海道浦河高等学校の3年生7名が本園を訪れた。これは「総合的な学習の時間 課題研究」の一環としておこなわれたもので、浦河高校が位置する浦河郡浦河町はヒダカソウ自生地であるアポイ岳のある様似町の西に隣接することから、自らの地元の植物の現状と保全について知識を深めたいというのがその目的であった。本園職員の説明を受けながら、自生地由来のヒダカソウと栽培施設を見学した。生徒らはヒダカソウを管理している現場での育成・増殖の工夫や苦勞などについて質問し、本園職員の回答に興味深く耳を傾けていた。なお、見学の成果は2017年9月20日に様似町図書館において、ふるさとジオ塾特別版「ヒダカソウを救え～わたしたちにできること～」として発表された。また、2017年12月15日には浦河高校の学習発表会において「花の名は。～ヒダカソウ アポイの宝 守りたい～」という表題で発表され、同発表会の最優秀を獲得したことにより北海道高等学校総合学科学習成果発表会全道大会への出場が決定した。

次代を担う高校生への教育は重要である。絶滅危惧植物は地元の植物であっても目にすることが少なく、興味を持って実物に触れることは難しい場合がある。そのため本園で保全したヒダカソウを高校教育に利用したことは、本園コレクションの効果的な活用例であり、非常に意義ある教育・普及活動であった。

自生地株由来の増殖株の様似町への里帰りと特別展示

ヒダカソウはアポイ岳のシンボリックな花であり、様似町ではヒダカソウを「町の花」に制定している。様似町では2015年にアポイ岳の高山性動植物を保全・再生するため学識経験者らによる「アポイ環境科学委員会」を設置、さらに2016年からは文化庁補助事業を活用し高山草原の劣化と希少種の減少要因解明や再生手法の検討のため各種試験調査を展開している。その一環として2018年より希少植物の栽培、増殖に着手し、アポイ岳山麓にあるアポイ岳ジオパークビジターセンターに栽培施設(図12)を設置して、アポイ岳の高山植物の発芽試験等を進めている。このように栽培管理の体制が整ったことから、本園で保全しているヒダカソウ自生地株由来のクローン増殖株を様似町へ里帰りさせ、栽培施設で保全したいという要望がビジターセンターから本園に寄せられた。そこで2019年にクローン増殖株10個体を



図11 ヒダカソウ保全取り組みについての講演のポスター



図12 アポイ岳ジオパークビジターセンターの栽培施設に移されたヒダカソウ増殖株 (2022.5.26撮影)



図13 特別展におけるヒダカソウ増殖株の展示

譲渡することとなった。それに先立ちビジターセンターの高山植物管理担当者(水永)が本園にて、管理設備、環境、管理方法および根伏せ繁殖についてのレクチャーを受けた。7月に行われたレクチャー後、9月にクローン株は引き取られ、ビジターセンターで越冬することとなった。

本園が様似町とヒダカソウの保護に取り組み始めてからちょうど10年目となる2020年(4月1日~6月30日)、提供株の一部はビジターセンターで開催された「特別展 幻の花ヒダカソウ」において展示された(図13)。自生地保全と本園での増殖に関する取り組みの10年間の成果を社会に発信する良い機会となったといえる。

なお、新型コロナウイルス感染症の感染拡大による行動制限により、会場を訪れる人は多くはなかったことから2021年にもこの特別展は行われた。

まとめ

本園は道総研および様似町と協力し希少種ヒダカソウの生息域外保全を2011年から行っている。2020年までの10年間、自生地由来株またはそのクローンの95%以上を維持

し続けている。根伏せによる増殖の成功率は高く、これにより安定した系統保全方法を確立したといえる。また、外部から研究資金を獲得し、冷却機能を持つ育成棚を試作し、今後の温暖化への対策を準備した。さらに研究機関へ研究試料を提供し、自生地集団の遺伝的特性の解明に貢献した。社会教育面では、高校課外学習「総合的な学習の時間」への協力や自生地である様似町での講演を通じて、ヒダカソウの保全への社会の理解を深めることが出来た。最後に、増殖した自生地由来株を様似町へ里帰りさせ、様似町によるヒダカソウの保全に協力するとともに、ヒダカソウの保全の一連の取り組みを特別展により地元市民および登山者・観光客に広く知ってもらうことが出来た。

今後も、本園で管理する絶滅危惧植物については、その安定した系統保全を確立するとともに、研究、教育、地元による絶滅危惧植物保全の取り組みへの協力などを通じ、幅広く活用していきたい。

引用文献

- 増沢武弘(2009)地球温暖化と高山植物. 増沢武弘(編著). 高山植物学. 423-431. 共立出版. 東京.
- 永谷工・稲川博紀・高田純子(2014a)2012年度栗林財団助成金を利用した研究の報告—絶滅危惧植物の保護・育成を目的として—. 北大植物園技術報告・年次報告 12: 2-13.
- 永谷工・稲川博紀・高田純子(2014b)絶滅危惧種ヒダカソウ *Callianthemum miyabeanum* (キンポウゲ科)の種子および栄養繁殖による増殖と保全. 日本植物園協会誌 49: 60-64.
- 永谷工・稲川博紀・高田純子(2018)ヒダカソウ (*Callianthemum miyabeanum*)の生息域外保全および増殖の試み. 北大植物園技術報告・年次報告 16: 2-10.
- 西川洋子・宮木雅美・大原雅・高田壯則(2005)ヒダカソウ (*Callianthemum miyabeanum*)の主要な生育地間のサイズクラス構成の比較と個体群動態から見た生育特性. 日本生態学会誌 55: 99-104.
- 西川洋子・住田真樹子・藁庄輔(2009)温暖化にともなうアポイ岳ヒダカソウの開花時期の変化. 保全生態学研究 14: 211-222.
- 小沼拓矢・綱本良啓・阿部晴恵・中村剛・陶山佳久(2017)MIG-seq分析によるキタダケソウ属3種の種識別と遺伝的集団構造解析. 第49回種生物学シンポジウム講演要旨集.
- 札幌管区気象台(2017)北海道の気候変化【第2版】これまでの120年とこれからの予測. 札幌管区気象台. 札幌.
- 佐藤謙(2005)アポイ山塊と幌満岳の超塩基性岩植生: 偽の永久方形区法によって示された植生変化. 日本生態学会誌 55: 71-83.
- 高橋諄・田中正人(2008)アポイ岳の高山植物と山草. 改訂版. アポイ岳ファンクラブ. 札幌.
- 渡邊定元(2001)アポイ岳超塩基性岩フロアの45年間(1954-1999)の変化. 地球環境研究 3: 25-48.
- 渡邊定元(2005)アポイ岳超塩基性岩フロアの特異性. 日本生態学会誌 55: 63-70.

武田薬品・京都薬用植物園におけるショクダイオオコンニャクの連続開花ならびにこれまでの国内開花実績の報告

Continuous flowering of *Amorphophallus titanum* in Takeda Garden for Medicinal Plant Conservation, Kyoto and a report of flowering results in Japan

坪田 勝次*・野崎 香樹

Katusji TSUBOTA*, Koju NOZAKI

武田薬品工業株式会社 京都薬用植物園

Takeda Garden for Medicinal Plant Conservation, Kyoto

要約：ショクダイオオコンニャク *Amorphophallus titanum* (サトイモ科) は、その優美で大きく展開する仏炎苞と、非常に充実した巨大な花序から放たれる臭い匂いが有名で、世界各国のマスメディアや一般市民を喜ばせている。日本国内での開花例としてこれまで23例 (11施設) が報告されている。しかしながら、関西地方において同一個体からの連続開花の例は見られない。そこで、今般、武田薬品・京都薬用植物園で成功した連続開花に至るまでの栽培方法等の経緯についてまとめた。併せて、これまでの国内での開花実績について聞き取り調査を実施したのでその結果を報告する。さらに、関係者の多大な協力により2017年の初開花時に作製できなかった、さく葉標本の作製に成功したので、その工程について詳しく紹介する。

キーワード：花粉採取、京都薬用植物園、さく用標本、ショクダイオオコンニャク、連続開花

ショクダイオオコンニャク *Amorphophallus titanum* (Becc.) Becc. (サトイモ科) は、インドネシアのスマトラ島固有の希少な種で、その優美で大きく展開する仏炎苞と、非常に充実した巨大な花序から放たれる臭い匂いが有名である。日本各地で開花が認められ、これまで国内では23例 (11施設) の開花が報告されている。連続開花は、鹿児島県指宿市にある「フラワーパークかごしま」、茨城県つくば市にある「国立科学博物館筑波実験植物園 (以下、筑波実験植物園)」、東京都調布市にある「東京都神代植物公園」の3施設で確認されており、それらに次ぐ4施設目として武田薬品・京都薬用植物園が連続開花を達成した。関西地方での連続開花の事例がないことから、今般、当園における連続開花までの日常の育成方法について紹介する。

同一個体からの連続開花

国内で初めて連続開花を記録したのは「フラワーパークかごしま」で、2008年7月14日に第1回目の開花、2年後 (2010年8月2日) に第2回目の開花となった。次いで、「筑波実験植物園」では2012年5月25日を皮切りに、第2回目 (2014

年7月3日)、第3回目 (2016年8月14日)、第4回目 (2018年6月26日)、第5回目 (2020年1月18日) の開花で国内最多の開花記録園となった。「東京都神代植物公園」では2011年11月30日を皮切りに、第2回目 (2015年9月5日)、第3回目 (2019年7月27日)、第4回目 (2021年6月24日) の開花が確認された。そして、「当園」では2022年7月2日に、第2回の開花を確認し、国内4つ目の連続開花施設となった。併せて、関西地方で初めての連続開花の記録でもある。

これまでの国内での開花実績

1991年11月に「東京大学大学院理学系研究科附属植物園 (以下、小石川植物園)」に国内初の開花が確認されてから、2022年11月までに23例 (11施設) の開花が記録されている。しかし、開花に至るまでの確固たる要因をつかむことが難しく、肉穂花序の出現でようやく開花の判断ができる程度で明快な知見は未だ得られていない。それでも、各園が保有する塊茎芋の充実が図られ、2008年から2022年までの14年間で23例の開花に至っている。安定かつ確実な系統

* 〒606-8134 京都市左京区一乗寺竹ノ内町11
Ichijoji Takenouchi-cho 11, Sakyo-ku, Kyoto 606-8134, Japan
katsuji.tsubota@takeda.com

維持が可能な育成方法や、開花に至るまでの必須要因を明らかにするため、開花実績のある施設や、開花が期待される株を保有するすべての日本植物園協会加盟園に聞き取り調査を行ったので報告する。

北から新潟県の「新潟県立植物園」、茨城県の「筑波実験植物園」、東京都の「小石川植物園」、「東京都夢の島熱帯植物館」および「東京都神代植物公園」、千葉県の「京成バラ園」、静岡県の「はままつフラワーパーク」、京都府の「京都府立植物園」および「当園」、高知県の「高知県立牧野植物園」、鹿児島県の「フラワーパークかごしま」で開花記録がある(表1)(図1)。

今回の調査により、各園の開花時の画像と開花した時間帯、肉穂花序の容姿、塊茎芋の大きさなど、様々な形態や大きさ、色の違いが見られることが判明した。特に形態的に大きく違ったのが肉穂花序の色と大きさであり、「当園」の

肉穂花序では、開花当日から終始鮮やかな黄色を呈し、開花当日は生々しい輝きが確認されている。高さは第1回目は110cm、第2回目は145cmと開花園の中でも極めて小さい記録と類似するのが「高知県立牧野植物園」と「はままつフラワーパーク」の株で、前者の高さは147cm、後者は155cmといずれも小さく鮮やかな黄色を呈しているように感じられた(図2)。

一方で、国内最大を示したのが「筑波実験植物園」の272cm、次いで「東京都神代植物公園」の249cm、「フラワーパークかごしま」の2回目で243cmだった。これら大型の花序を保有する系統はいずれも茶褐色を呈する付属体がほとんどであり、その他にも「小石川植物園」、「東京都夢の島熱帯植物館」、「京都府立植物園」、「京成バラ園」および「新潟県立植物園」なども成育のステージや年生の違いもあるが、非常に大きく高い花序が見られ、茶褐色を示す特徴は

表1 国内での開花事例

	開花年月日	回数	都道府県	植物園名	導入元	花序		塊茎	
						花の高さ	苞葉の直径	重さ	直径
1	1991年11月18日	初	東京都	小石川植物園	ジム・サイモン	129cm	23cm	28kg	40cm
2	2008年7月14日	初	鹿児島県	フラワーパークかごしま	小石川植物園	220cm	12cm	—	60cm
3	2008年7月16日	初	鹿児島県	フラワーパークかごしま	小石川植物園	223.5cm	130cm	—	60cm
4	2008年7月22日	初	東京都	夢の島熱帯植物館	小石川植物園	105cm	—	—	—
5	2008年7月29日	初	静岡県	はままつフラワーパーク	熱帯植物販売業者 エキジチックプランツ	155cm	—	12kg	45cm
6	2010年7月22日	初	東京都	小石川植物園	ジム・サイモン	150cm	—	26kg	45cm
7	2010年8月2日	2回目 ^(※1)	鹿児島県	フラワーパークかごしま	小石川植物園	243cm	105cm	40kg	60cm
8	2011年11月30日	初	東京都	神代植物公園	調査中	107cm	73.5cm	19kg	40cm
9	2012年5月25日	初	茨城県	筑波実験植物園	小石川植物園	206cm	—	34kg	51cm
10	2014年7月3日	2回目	茨城県	筑波実験植物園	小石川植物園	272cm	—	70kg	66cm
11	2015年7月21日	初 ^(※2)	東京都	神代植物公園(小石川植物園の塊茎芋)	小石川植物園	—	—	—	—
12	2015年9月6日	2回目	東京都	神代植物公園	調査中	137cm	61cm	19kg	—
13	2016年7月12日	初	高知県	牧野植物園	熱帯植物販売業者 エキジチックプランツ	147cm	85cm	19kg	41cm
14	2016年8月14日	3回目	茨城県	筑波実験植物園	小石川植物園	238cm	—	65kg	63cm
15	2016年8月28日	初	千葉県	京成バラ園	熱帯植物販売業者 エキジチックプランツ	152cm	—	—	—
16	2017年8月1日	初 (栽培24年)	京都府	武田薬品・京都薬用植物園	摂南大学邑田先生	110cm	90cm	10.2kg	34cm
17	2018年6月26日	4回目	茨城県	筑波実験植物園	小石川植物園	240cm	—	76kg	73cm
18	2019年7月27日	3回目	東京都	神代植物公園	調査中	222cm	104cm	33kg	—
19	2020年1月18日	5回目	茨城県	筑波実験植物園	小石川植物園	232cm	—	67kg	71cm
20	2021年6月24日	4回目	東京都	神代植物公園	調査中	249cm	108cm	35kg	—
21	2021年7月16日	初	京都府	京都府立植物園	ジム・サイモン	230cm	130cm	44kg	55cm
22	2022年7月2日	2回目 (栽培29年)	京都府	武田薬品・京都薬用植物園	摂南大学邑田先生	145cm	110cm	12.5kg	34cm
23	2022年8月14日	初	新潟県	新潟県立植物園	小石川植物園	100cm	50cm	10.38kg	34cm

—は回答を得られていないもの

※1 2008年7月14日開花の塊茎芋と同個体

※2 2015年7月21日開花の塊茎芋のみ別個体

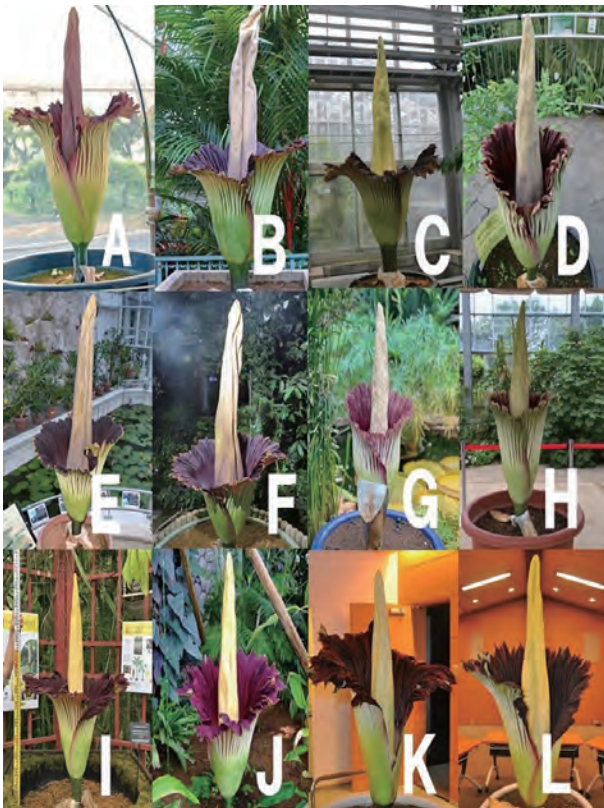


図1 これまでの開花実績園（国内11園） A：小石川植物園。B：フラワーパークかごしま。C：京都府立植物園。D：東京都夢の島熱帯植物館。E：東京都神代植物公園。F：筑波実験植物園。G：新潟県立植物園。H：京成バラ園。I：高知県立牧野植物園。J：はままつフラワーパーク。K：武田薬品・京都薬用植物園2017年。L：武田薬品・京都薬用植物園2022年。

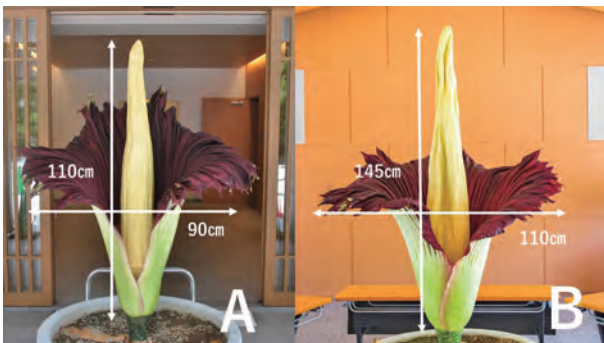


図2 開花当日の花序の大きさ A：2017年開花状態。B：2022年開花状態。

共通していた。

塊茎芋の大きさを比較すると、一番大きく成長した年で「筑波実験植物園」の76kg、「京都府立植物園」の44kg、「フラワーパークかごしま」の40kg、「東京都神代植物公園」の35kgといずれも大型の花序と茶褐色を呈する点が共通していた。

一方で、小さなサイズを示す塊茎芋でありながら立派な開花状態まで至ったのが、「当園」の1回目の10.2kg、2回目の12.5kg、「はままつフラワーパーク」の12kg、「高知県立

牧野植物園」の19kgで小型の花序と黄色を呈する点が類似していた。すなわち、2系統に分かれるように感じられた。現在、開花までには至っていないが「安城産業文化公園デンパーク」の株も前者と類似する特徴を有し（長澤 2018）、同系統ではないかと推測される。

これまでの国内で開花した施設の肉穂花序を比較すると、同種内でいくつかの系統の違いのようなものが存在するのかが、本種に精通されている先生方や、各園の導入担当者や意見交換を交わし、どこから導入されているのか、導入形態についても種子なのか塊茎芋のかなど詳細に調査を遂行して調査結果をまとめる予定である。

現在、国内で保有されている系統は、「小石川植物園」からの分譲株がほとんどであるが、業者からの購入品も存在していることから、導入経路と花序の形態と照らし合わせながら比較調査することは興味深いものがある。

当園での栽培管理でのポイント

当園で保全・栽培しているショクダイオオコンニャクの株は1993年に、希少な植物の収集保存とともに、本種の何らかの作用性を期待して、「摂南大学薬学部附属薬用植物園」の邑田裕子先生より種芋となる塊茎芋を分与いただいた。当初は、温室担当研究者である高橋勉氏、瀬川隆夫氏、尾向孝司氏が、文献などの知見が少ない中、栽培方法について苦慮しながら保全に努めてきた。1999年より正式に筆者が植物多様性保全活動の一環として積極的に進めていくこととなり、本植物の保全管理のすべて担うこととなった。

12号鉢の駄温鉢に草丈90cmの植物体であった1999年当時の栽培方法は、地下部の塊茎芋の肥大を図ることが開花への早道であるように感じられ、とにかく、成育期は、地上部の伸長とともに灌水の量や、回数を増やした。施肥に関しては栄養成長期には液肥（微粉ハイポネックス（N-P-K=6.5-6-19）1000倍希釈液）を週1回施し塊茎芋や地上部の充実を図った。2008年頃から塊茎芋の充実とともに開花報告が聞かれるようになったが、その反面、塊茎芋の枯死報告も聞かれはじめた。開花に至る過程を急ぐ余り、多灌水の管理傾向になり、鉢中の加湿が枯死を招いたのではないかと考えた。成育期には大量の灌水を欲する塊茎芋ではあるが、連日、灌水量を継続すると、湿度が高い傾向の温室内では、塊茎芋への負担が大きく、特に休眠期へ移行する時期では塊茎芋の腐敗に繋がるのではないかと推察し、成育期以上に休眠期に入ってからの環境条件が重要だと考えた。

休眠期を迎える冬期に温室熱源であるギルド（温湯管）

付近に移動して最低15℃を保ち、灌水量はほとんど停止状態で見守る管理を行った。微量な水分は必要になってくるので日々の状態を察する観察力は問われるところである。その結果、塊茎芋は順調に肥大して、以前のように一部が腐敗することもなく安定した休眠期が実現できた。

栽培管理方法と植替え時の塊茎芋計測

植替え時に指や爪などによる塊茎芋へのキズから菌やバクテリアに感染することが最大のリスクと考え、ネマトーダ(根こぶ線虫)被害防除の目的で「バイデードL粒剤(三井化学アグロ株式会社)」を規定量よりも若干多く施用している。なお、塊茎芋の一部が腐敗する事象を減らすため、極力植替えを行わないことを推奨する。

用土は5層に分けて管理を行っている(図3)。塊茎芋より下層部分は最大限に排水性を考慮した用土を採用し、第1層には日向軽石土(大粒)を、第2層には日向軽石土(大粒)および赤玉土(大粒)1:1を、第3層には赤玉土(中粒)および機能性培養土「土太郎(スミリン農産工業株式会社)」を2:1で配合した。塊茎芋が位置する第4層には根の発育

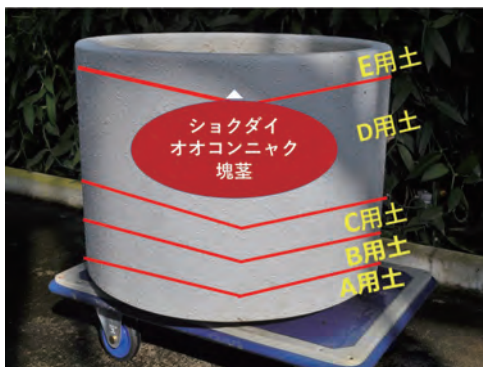


図3 5層に分けての植え付け方法

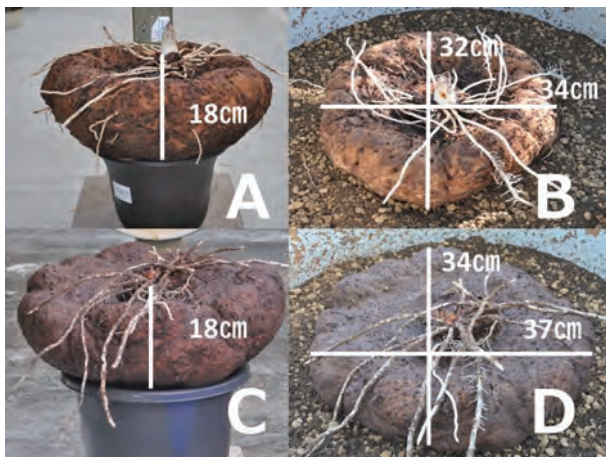


図4 植替え時の塊茎芋のサイズ AおよびB: 2017年初開花時塊茎芋。CおよびD: 2022年連続開花時塊茎芋。

を促すため混合土の赤玉土(中粒)、赤玉土(小粒)、機能性培養土および自家製腐植土壌(当園で植物ガラを用いた堆肥)を、4:4:2:1を混和し、塊茎芋の上部に根の存在が見られる本植物の特性に順応した土壌を用いた。上層部分の第5層については芽の存在があるため周辺に水分が停滞しないように赤玉土(大粒)を敷き詰め最大限排水性を高める施策を行った。さらに、塊茎芋の育成を図るためエコロン426-180日タイプ(ジェイカムアグリ株式会社)を基肥として混和した。

参考までに塊茎芋の掘り上げ調査を行ったところ、2017年度の塊茎芋は、高さ18cm、縦32cm、横34cm、重さ10.2kg、2022年度は高さ18cm、縦34cm、横37cm、重さ12.5kgと約5年の経過で少し塊茎芋が充実したものの、大きな変化はなく表面も健全な状態にあるように感じとれた(図4)。

連続開花までの経過

2017年8月1日に関西初の開花が見られ、その後、2018~2021年と栄養成長と休眠を繰り返し、2021年の8月10日に地上部が褐色を帯び始め、8月15日に完全に地上部が倒れ休眠期に突入した(図5A、5B、5C)。当時、地上葉が3m27cm、茎径が18cmを示した(図5D)。その後、通例よりも30日間程度長い9ヶ月間の休眠期を経て、2022年5月6日に萌芽が確認された。42日後の時点で花の高さが70cm、横幅15cm、茎の周囲が55cmとなった。6月18日に鞘状葉に包まれた芽に付属体の出現を確認し、花芽であることを確信した。花芽か葉芽かの判別は、各施設で物議を醸すところではあるが、葉芽の場合は、芽の出現から忽ち上部への伸長が敏速で、花芽の場合は基部から少し上部が膨れ上がる形状が見られる。この知見は、他園からも報告があり、花芽はふっくらと丸みを帯び、葉芽はピラミッド状になる(Lobin *et al.*2007、Latifah *et al.*2015)、少し芽が伸長して芽の基部の片側が顕著に膨れてきて、芽全体が非対称になると花芽と推定できる(小林ら 2018)。当園の栽培担当者であった職員からも同様の知見が得られている。

今回、花芽確定の根拠とした付属体出現から開花までは14日間を要したが、「京都府立植物園」では11日間、「高知県立牧野植物園」では17日間(矢部 2017)、「フラワーパークかごしま」では13~17日間(伊東ら 2011、南ら 2012)、「筑波実験植物園」では15~17日間(小林ら 2018)、「小石川植物園」では34日間(下園 1992)、当園の1回目では8日間(坪田ら 2017)と、個体ごとにバラツ



図5 展示温室内でのショクダイオオコンニャク A、B、C：栄養成長期（2021年7月10日）。D：休眠前（2021年8月10日）。

きがあり確固たる所要日数は言えない。他の施設では鞘状葉の剥がれ落ちることが予測になる（下園 1992）、花序から放たれる香りが一段階臭みのレベルが上がれば数日後に開花が期待できるなど、様々な変化を指標のひとつとして現象を捉えて要因の検討をしているところである。参考までに今回の花芽確定の根拠とした付属体出現から開花までの変化を記した。

- ① 6月18日：付属体の出現が確認される（図6A）。
- ② 6月21日～26日：花序の成育が著しく5～11cmの伸長が見られる。
- ③ 6月24日：開口部の裏側の苞葉が緩み始める（図6B）。
- ④ 6月25日：苞葉が色付き始める（図6C）。
- ⑤ 6月27日：墨汁のような香りが発生して、苞葉の色が濃くなり始める（図6D）。
- ⑥ 6月28日：花序の伸長幅が少し抑制され、鞘状葉が緩み始める（図6E）。
- ⑦ 6月30日：鞘状葉がすべて剥がれて花序付近の香りが墨汁のような香りからゴミ箱に類似した腐植した感じの香りに変化する（図6F）。

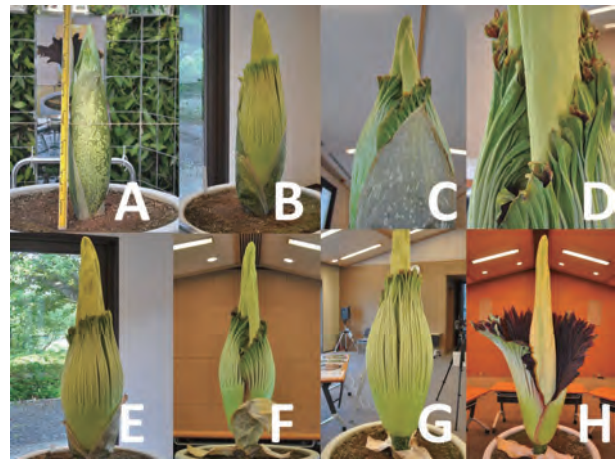


図6 付属体の出現で開花が確実視されてから開花まで A：付属体の出現（2022年6月18日）。B：苞葉の後部がほどけ始める（2022年6月24日）。C：苞葉が色付き始める（6月25日）。D：墨汁のような香りが出始める（6月26日）。E：21日から6日間にわたり花序の成育が著しく伸長（6月27日）。F：花序の伸長が止まり鞘状葉は緩み始める（6月28日）。G：仏炎苞が緩み腐肉臭の香りに変化する（6月29日）。H：仏炎苞の全開と開花（7月2日）。

- ⑧ 7月1日：苞葉の裏側に位置する開口部の大きさが際立ちはじめ、苞葉の色も開花時と同様の濃紫色に変化する（図6G）。伸長が停止。
- ⑨ 7月2日：開花当日（全開）（図6H）。

以上の形状の変化から開花日を推測するにあたり、付属体の成長に特徴があるように感じた。付属体出現4日後あたりから急速に変化があり、1日に10cm以上の伸長が確認された。その成長は6日間続いた。1日の伸長が2～4cm幅に切り替わった27日から5日後の7月1日に伸長が停止して、2日に苞葉の展開とともに開花が確認された（図7）。しかし、「筑波実験植物園」の開花記録には、そのような傾向は見られなかった（小林ら 2018）と記載されている。香りについては2～4cmの成長幅に切り替わった時から、墨汁のような香りから、腐肉臭のような香りに変化した。花序周辺にま

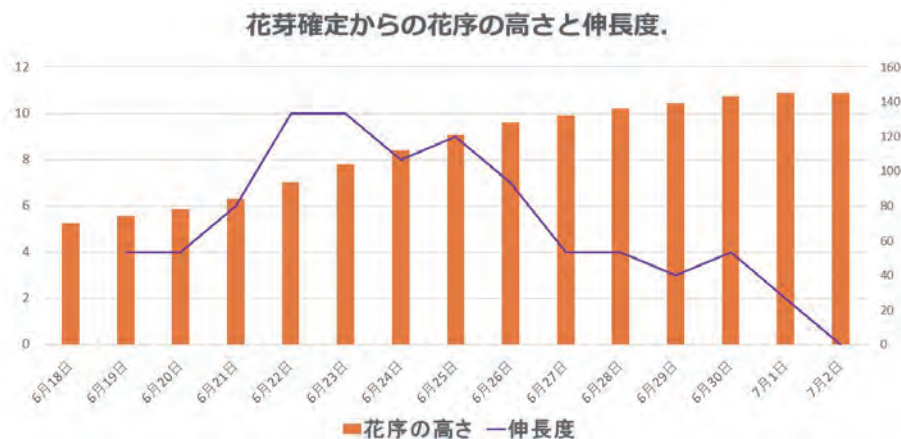


図7 花芽確定からの花序の高さと伸長度

で香りが漂ってきた翌日に開花が見られる結果となり、この事象も開花日の指標となると思われた。

開花直前からの経時的变化

開花が期待される数日前から RICOHWG-30 を用いて 30 分間隔でインターバル撮影を開始した。7月1日 23 時まで動きが見られなかった仏炎苞は、翌 7月2日 1 時から展開の兆しを見せ、その後、急速に展開し、7月2日 11 時に全開となった (図8)。前報 (坪田ら 2017) でも述べたが他園の報告にあるとおり「小石川植物園」では朝方 (下園 1992)、「高知県立牧野植物園」では 21 時 (高知県立牧野植物園 2016)、「東京都神代植物公園」では 19 時 (志賀 2013)、「フラワーパークかごしま」では 9 時 (南ら 2012) など、ばらつきはあるものの、日没後の数時間以内あるいは日の出前後に集中している。絶対的とは言えないが重要な事象であるように思えた。

開花で苞葉が全開となるとすぐ肉穂花序付近に大量のハ

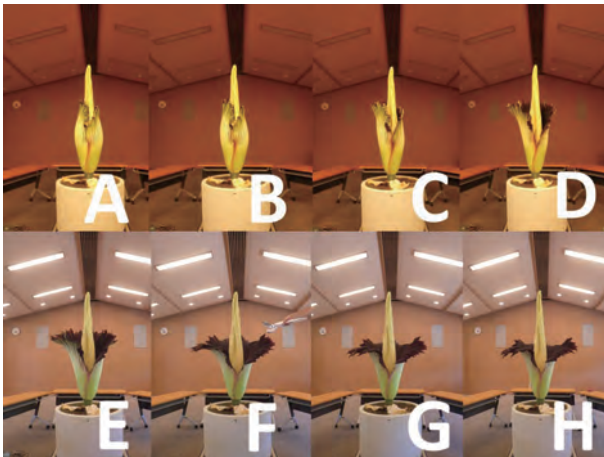


図8 開花前夜からの仏炎苞の経時的变化 (2時間毎のインターバル撮影) A: 7月1日 23 時 (撮影開始)。B: 7月2日 (仏炎苞の展開開始) 1 時。C: 3 時。D: 5 時。E: 7 時。F: 9 時。G: 11 時 (仏炎苞の展開停止)。H: 13 時 (撮影終了)。



図9 開花翌日のホールで死んでたハエの様子 (2022年 7月3日)

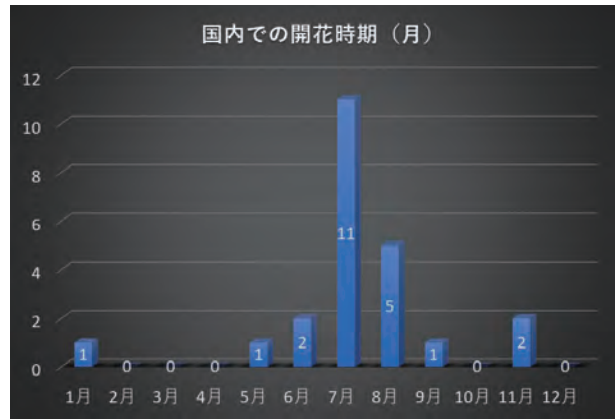


図10 国内での月別の開花状況

エが群がり、閉めきったホール内であるにも関わらず侵入する生態に驚かされた。翌日の未明には展示場所の床にすべてのハエが死んだ状態で確認された (図9)。どのような現象なのか様々な先生方に相談したところ、本植物はシデムシなどが送粉者となっているが、ハエも同様に花粉媒介者のひとつであり、そのような役割を持つハエに対して害のある物質を出すことはなく、環境的に死に至ったのだろうとの回答を得た。開花月については育成場所の温度条件や日頃の灌水方法などにも違いがあると思われるが、概ね、7月あるいは8月に 16 例と集中している結果となった (図10)。それから少しスライドして 5 月、6 月および 9 月開花というのも 4 例が確認され、それとは逆に冬期の 11 月ならびに 1 月に開花しているのが 2 例確認されていることが判明した。今後も開花例が増えるにつれて傾向が明らかにされるものと期待される。

さく葉標本作製

「当園」では 2017 年の初開花時に出来なかった「さく葉標本の作製」という課題が残されている。国内では、「小石川植物園」、「京都府立植物園」、「東京都神代植物公園」の花がさく葉標本として残されており、今回、当園が 4 例目になる。本植物は希少であり、大型の多肉質であるため、一般的なさく葉標本の作製方法ではカビなどが発生し、また不十分な乾燥状態で虫の発生が見られるなどの支障が生じる。何しろ、作製例が少なく情報がほとんどない。そこで、技術を保有している「京都府立植物園」のボランティアチームにご協力をいただき、作製したので、その経過を報告する。

「京都府立植物園」ボランティアチーム「なからぎの会」の白石恵美子氏、齋藤紀子氏、市原裕子氏を中心に、「京都府立植物園」温室係の磯見吉勝氏、山方政樹氏、植岡荘平氏、儀間沙紀氏、成栗祥太氏に運搬作業や、乾燥補助作業など多大なる協力を頂いた。

乾燥から整形、縫製の一連の工程について作製方法のノウハウをご教示頂いた。

実際の作業は、付属体が倒伏しはじめた2022年7月7日に肉穂花序の土台部分から切除し、京都府立植物園の研究室に移動した。その移動の際は、肉穂花序に傷をつけないように、薬剤散布用のポリエチレン製M型(丸型)容器(100L・センコー製)に、肉穂花序を立体にしたまま固定して、慎重にワンボックスタイプの車で運搬した。その後の作業工程は以下のとおりである(図11、図12)。

研究室の実験台に肉穂花序を設置して解体作業を開始した。①新鮮な状態で仏炎苞と付属体とに解体した。②まず、繊細で柔らかい部分の仏炎苞を切り離した。③その後、水分を多く含む乾燥工程の難しい肉穂花序を取り出した。④肉穂花序は縦に割った。⑤乾燥しやすいように腐りやすい肉

穂花序の繊維質の多い部分を丁寧にくりぬいた。この工程でのポイントは、繊維質をくりぬきすぎると全体の型が崩れ、標本としての形が保てないことから周囲の縁については1.0cm～1.5cm程度は果肉を残すこととし、バランスよく形状が保てる作業が要求される。このことは、「京都府立植物園」でのさく葉標本作製時での反省点があり、今回の作製に生かすことができた。⑥仏炎苞を上部と下部に切り分け、それぞれ最後の縫製作業でのパーツとして準備した。⑦乾燥は肉穂花序、仏炎苞それぞれについて丁寧に新聞紙の上に展開し、その上から新たな新聞紙で挟み込み、その上からブロック材を載せて、乾燥が良好に進むように配置した。新聞紙の間に挟み込み重石を設置した。⑧乾燥が完了するまでの間、連日新聞紙の交換作業を継続することになる。⑨概ね乾燥と判断された8月24日に縫製作業を開始した。この作業で



図11 さく葉標本の作製時 A：見学会会場の当園ホール内で花序を切除。B：当園から京都府立植物園に運び出す時に使用した100Lポリエチレン製M型(丸型)容器バケツ。C：仏炎苞を解体。D：肉穂花序を解体。E：肉穂花序の中身(繊維質)を取り出す。F：肉穂花序を切除。



図12 花粉採取、乾燥工程、縫製工程、当園の額装 A：花粉採取のためのシリコン容器の取り出し。B：花粉を追加採取。C：乾燥工程。D：鞘状葉の縫いつけ。E：さく葉標本作製に携わったメンバー。F：当園エントランス内での額装。

は、植物本体の迫力感や臨場感を醸し出すために、ラミネーションテープを使用せずに、目立たない和裁糸を用いた。肉穂花序や仏炎苞の色に類似する糸を選択し3~5cmおきに針を入れ縫いつけ、学術的に植物形態が判別しやすいように苞葉などの裏側についても折り返したり、雄花を個々に縫い付けたり精度の高い標本づくりを目指した。台紙には2分割した肉穂花序を1本、3分割した仏炎苞を2枚、鞘状葉を2枚配置した。⑩8月31日に縫製作業を完了した。縫製中に肉穂花序を中心にカビの発生が見られたが、エタノール消毒液を塗布しながら処理した。なお、消毒液はエタノール75%希釈液以上を用いることが重要で、70%希釈液以下では効果が薄れる傾向が判明した。害虫の対策には防虫剤を設置して綺麗な模様を維持した。解体開始64日後に完成した。

縦半分に切除した裏半分を利用して、小さめのさく葉標本についても併せて作製した。

さく葉標本の作製には、通例の植物種で10日間を要するところを、概ね、64日間を経過することとなり、約6倍の作業時間を要することとなった。

今回の標本作製への挑戦は、非常に貴重な経験であり、希少なショクダイオオコンニャクの開花記録を歴史に残す意味でも貴重な資料であり、今後の知見の充実に寄与したといえる。これもひとえに歴史ある「京都府立植物園」の偉大さと、ボランティアチームの技術力の高さによるものと強く感じた。

今後の取り組み

国内では開花報告が聞かれる一方で、まだまだ本植物の



図14 挿し穂増殖で得られた幼苗

生理生態に関する知見は少なく、開花までの確固たる要因が見いだされていない。独自の育成特性を持つため、純然たる株数が保有されていないことが一番の課題であり、比較栽培に供する材料がない。そのためにも、本植物の増殖ならびに様々な育成方法について調査を進めたいと考える。既に葉部分を用いた「葉挿し」で数本であるが増殖に成功しており(図13)、順次、株の育成に努めている(図14)。安定かつ効率の良い増殖法についても調査中であり、数種の調査結果がまとまった時点で、本誌にて報告する予定である。

謝辞

これまでショクダイオオコンニャクの導入ならびに様々な形で情報をくださった邑田裕子先生(元摂南大学薬学部附属薬用植物園)をはじめ、日常業務に加えてコロナ禍対策など大変ななか、国内での開花記録に関する情報を提供くだ



図13 挿し穂増殖に成功した様子 A: Y字を用いた挿し穂。B: 様々な用土での比較。C: 挿し木処理150日後。D: 挿し木処理180日後。

さいました長澤亜希子氏（有限会社フローラトゥエンティワン）、磯見吉勝氏・山方政樹氏（京都府立植物園）に感謝いたします。

開花時、画像を提供くださった邑田仁先生・出野貴仁氏・小牧義輝氏（小石川植物園）、大島寛史氏・牧角淳子氏（フラワーパークかごしま）、吉川航右氏・日比也貴氏（東京都神代植物公園）、武内俊介氏（京成バラ園）、堤千絵氏（筑波実験植物園）、西村佳明氏（高知県立牧野植物園）、村松祐子氏（はままつフルーツパーク）、磯見吉勝氏（京都府立植物園）、榎本浩氏（元東京都夢の島熱帯植物館館長、現神奈川県立大船フラワーセンター園長）、久原泰雅氏（新潟県立植物園）に加えて、今後、開花が期待される安城産業文化公園デンパークの岸江直純氏・高井敦雄氏・磯部実氏（広島市植物公園）の多大なるご協力をいただき調査を進めることができました。誠に有難う御座いました。

最後に、標本作製に関して、ご指導ならびにご協力頂いた京都府立植物園ボランティアチーム「なからぎの会」の白石恵美子氏・齋藤紀子氏・市原裕子氏・京都府立植物園の温室係磯見吉勝氏・山方政樹氏・植岡荘平氏・儀間沙紀氏・成栗祥太氏に感謝いたします。

引用文献

- 小林弘美・鈴木和浩・小野寺知子・市川沙央里・工藤礼子・清水圭子・原京子・張本保則・二階堂太郎・堤千絵・遊川知久（2018）筑波実験植物園におけるショクダイオオコンニャクの育成法と4回開花記録. 日本植物園協会誌 53: 69-74.
- 高知県立牧野植物園（2016）平成28年度の主な出来事. 高知県立牧野植物園年報 16: 4-5.
- Latifah, D., Wawangningrum, H., Hartini, S. & Munawaroh, E. (2015) How to predict the blooming of the giant corpseinflorescence *Amorphophallus titanum* (Becc.) Becc. Ex Archug Berita Biologi 14: 111-120
- Lobin, W., Neumann, M., Radscheit, M. & Barthlott, W. (2007) The cultivation of Titan Arum (*Amorphophallus titanum*) -Aflagship species for botanic garden. Sibbaldia: The Journal of Botanic Garden Horticulture, 5: 69-86
- 南公宗・伊東信雄・軽部稔（2012）ショクダイオオコンニャクの開花と付属体の温度調節機能. 日本植物園協会誌 46: 127-134.
- 長澤亜希子（2018）熱帯動植物友の会会報 178: 1-13.
- 志賀秀樹（2013）東京都神代植物園の利用促進に関する一考察. 日本植物園協会誌 47: 95-107.
- 下園文雄（1992）ショクダイオオコンニャクの開花について. 日本植物園協会誌 26: 69-74.
- 植物和名ー学名インデックスYリスト. <<http://ylist.info/index.html>>（2017年7月21日アクセス）
- 坪田勝次・古平栄一・松岡史郎（2017）関西におけるショクダイオオコンニャクの初開花. 日本植物園協会誌 52: 79-82.

矢部幸太（2017）ショクダイオオコンニャク栽培記録と開花. 高知県立牧野植物園研究報告やまとぐさ.2: 65-69

海洋博公園熱帯ドリームセンターにおける パルダリウムを用いた生息域外保全株の展示

Showcase an exhibition of *Ex situ* plants using paludarium method,
in Tropical Dream Center, Ocean EXPO Park, Japan

砂川 愛子^{1,2}・稲田 幸太²・端山 武²・具志堅 江梨子²・佐藤 裕之²・阿部 篤志²・天野 正晴^{2,*}
Aiko SUNAGAWA^{1,2}, Kota INADA², Takeshi HAYAMA², Eriko GUSHIKEN²,
Hiroyuki SATO², Atsushi ABE², Masaharu AMANO^{2,*}

¹熱帯ドリームセンター・²一般財団法人沖縄美ら島財団

¹Tropical Dream Center, ²Okinawa Churashima Foundation

要約：熱帯ドリームセンターにおいて、世界自然遺産登録地の一部である沖縄島北部やんばる地域の自然を紹介するコーナーの展示替えに際し、パルダリウムを用いた展示物制作、及び希少植物の展示を行った。展示は、同地域に生育する希少植物の生息域外保全株を用い、パルダリウムを用いた生息域外保全株の維持管理手法についても検討した。その結果、カシノキランなど着生ランについては安定した栽培ができています。

キーワード：沖縄、生息域外保全、世界自然遺産、パルダリウム、やんばる

海洋博公園熱帯ドリームセンター（以下ドリームセンター）は、1986年に海洋博公園内に開園した主に5つの温室から構成されている植物園である。5つの温室のうち3温室では、コショウラン、カトレアなど園芸ラン科植物を中心とした展示を、残りの2温室では、熱帯果樹など熱帯・亜熱帯の植物を中心に植栽・展示している。ドリームセンターでは1986年の開園当初より、来園者に沖縄島北部の‘やんばる’と呼ばれる地域に息づく生き物などを紹介するコーナーとして、「やんばるギャラリー」を開設し、やんばるの特色ある自然の映像や写真を用いた展示を行ってきた。このやんばるギャラリーは、ドリームセンターの象徴である高さ36mの遠見台内に設置されている。しかし開園から30年以上が経過し、施設や展示物の経年劣化による不具合や展示内容の情報更新の必要性が高まり、大規模な展示替えが求められた。さらには、2018年頃より沖縄本島北部地域の世界自然遺産登録へ向けた取り組みが県内各地で盛り上がり、ドリームセンターでも2018年夏に当該地域の植物を紹介する展示会を開催するなど、世界自然遺産登録推進を応援する取り組みを実施してきた。このような状況下において、2020年よりやんばるギャラリーの展示替えに着手した。

展示替え計画立案にあたり、やんばるギャラリー開設当初

の基本理念である、やんばるの特色ある自然を紹介する方針はそのままに、新たな取組みとして動植物ともに生態展示を目指した。展示手法としては、野生下の生き生きとした姿を再現できることと、長期に渡り安定して育成・栽培管理ができることに注目して、近年国内でも人気が高まっているビバリウム Vivarium を用いることとした。

ビバリウムとは、1829年にイギリスのナサニエル・ウォード氏が植物の長期運搬のために発明した「ウォードの箱」と呼ばれる密閉ガラス容器 (Keogh 2019) に由来するもので、動植物を観察、研究や飼育・栽培するために、自然環境を再現した容器や構造物を指す。国内ではビバリウムの呼称よりも、アクアリウム Aquarium やテラリウム Terrarium、パルダリウム Paludarium といった呼称の方が耳にする機会が多いであろう (例えば; 株式会社エムピージェー編集部 2018, 2019)。これらは、ビバリウムのうち水圏環境が主体であるものをアクアリウム、陸上動物などが中心で陸生環境のものをテラリウム、その両方の性質を兼ね備えたものをパルダリウムと細分化したものである。これまでにドリームセンターでの展示実績はないが、全国の博物館相当施設では、アクアリウム手法を用いた水草展示 (国立科学博物館筑波実験植物園 2021) や、苔を用いたテラリウムが展示されて

* 〒905-0206 沖縄県国頭郡本部町字石川888
Ishikawa 888, Motobu-cho, Kunigami-gun, Okinawa 905-0206
m-amano@okichura.jp

いる（鶴沢 2016）。そこで今回の展示替えではパルダリウム手法を用い、やんばるの自然を再現した展示を目標に定めた。

展示替えを立案した2020年時点では、世界自然遺産への登録は未定であったが、2021年7月に開催されたUNESCOの会議において登録決定が濃厚となってきたこともあり、展示替え完了を登録が見込まれる2021年7月下旬に設定し、作業を実施した。

パルダリウム制作と材料

今回展示替えを行ったコーナーは円柱形の建物内の2階フロア（168.58m²）で、中心に遠見台へ登るエレベーターが配置されている（図1）。このエレベーターは、1階（温室から抜け出た順路）から3階（遠見台の展望エリア）をつないでおり、2階フロアにはエレベーターのほかに出入口が1ヶ所設けられている。展示替えを行った2階フロアには、壁面から内側に向けて仕切り壁が設置され、この仕切り壁により約

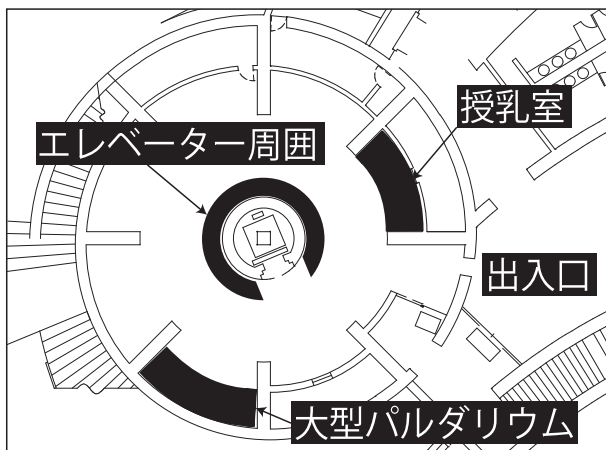


図1 展示替えをおこなった遠見台2階の平面図

3.7m×約2.3mの区画が6区画設けられている。このうち1ヶ所には臨時の授乳室が設けられているため、ここ以外の5区画のスペースとエレベーター周囲を対象に展示替えを行った。

展示作業を開始する前に、仕切り壁で区切られた5区画の壁面の更新を行った。元の壁面にはやんばるの森をイメージした絵が壁紙として使用されていたが、経年劣化などによる傷みなどが見受けられた。そこで壁面に新たな壁紙を貼付する必要があったが、施設管理の都合上、既存の壁紙を残した状態で傷つけることなく復旧可能な施工方法が求められた。そこで最初にベニヤ板などの木材を用い古い壁面の前面に新たに壁面を構築し（図2）、やんばるの森の写真を引き伸ばしたものを貼付した。

次に、来園者にやんばるの森の雰囲気を感じてもらうため、展示エリア全体にわたり展示物を置く棚には擬岩を採用した。擬岩については、著者の1人である稲田が中心となって、専門誌（株式会社エムピージェー編集部 2018、2019）やWeb上に掲載されている情報などを元に製作にあたった。大型パルダリウムの躯体を手始めに、エレベーター周囲を取り囲む擬岩の製作を進めた。擬岩は、断熱材のウレタンフォームと発泡ウレタンで基本となる擬岩の形状を形作り、その上にシリコンを塗ることで岩肌の僅かな凸凹を表現した。この状態で着色を行うと偽物感が強いいため、数種類の土や砂などを表面に混ぜ込み、自然な質感を出すように工夫した。またやんばるの森の雰囲気を醸し出せるように、ヒカゲヘゴ *Cyathea lepifera* の幹材やリュウビンタイ *Angiopteris lygodiiifolia* やホウビカンジュ *Nephrolepis biserrata* などのシダ植物の生体を展示に用いた。大型パルダリウムとエレベーター周囲に設置した擬岩展示台の作製に用いた材料及び



図2 壁面の施工状況 A：木材枠設置状況。B：ベニヤ板により構築した壁面。

植物生体、制作時間等は表1、2に示した。

展示に供した植物に関しては、富沢(2020)や野外調査における観察経験を参考に、パルダリウムで再現した環境に馴染み、且つ、やんばるに生育する種類を中心に選定した。展示に供した植物は、沖縄美ら島財団で生息域外保全用に採集した株を増殖・繁殖させ余剰となった株を用いることとした。種の保存法指定種や沖縄県希少野生動植物保護条例指定種の展示については、法律施行前及び種指定前に生息域外保全を目的に飼育・栽培していたものから増殖したものをを用いた。また一部種類については、パルダリウム等の環境下での栽培試験も兼ねて本展示に供与した。これは、栽培圃場での栽培・育成状況が芳しくない種類について、パルダリウム等で再現した環境による栽培の安定化を期待したものである。

このほかに、パルダリウムでよく題材として取り上げられるオキナワシリケンイモリ *Cynops ensicauda popei* を用いたパルダリウムやオキナワキノボリトカゲ *Diploderma polygonatum polygonatum* のテラリウム展示などを行い、さらに展示が困難な種類については写真等で紹介し、やんばるに息づく動植物を紹介する展示構成となるように努めた。

展示状況

大型パルダリウム (図3)

製作した大型パルダリウムは、高さ220cm×幅140cm×奥行き48(上部)／110(下部)cmの擬岩の上部にはめ込まれており、湿度を保持できるように前面をアクリルパネルで覆った。下部は土台部分として、数箇所に植物を入れたガラスポットを置けるようにした(図3C)。また背部には、

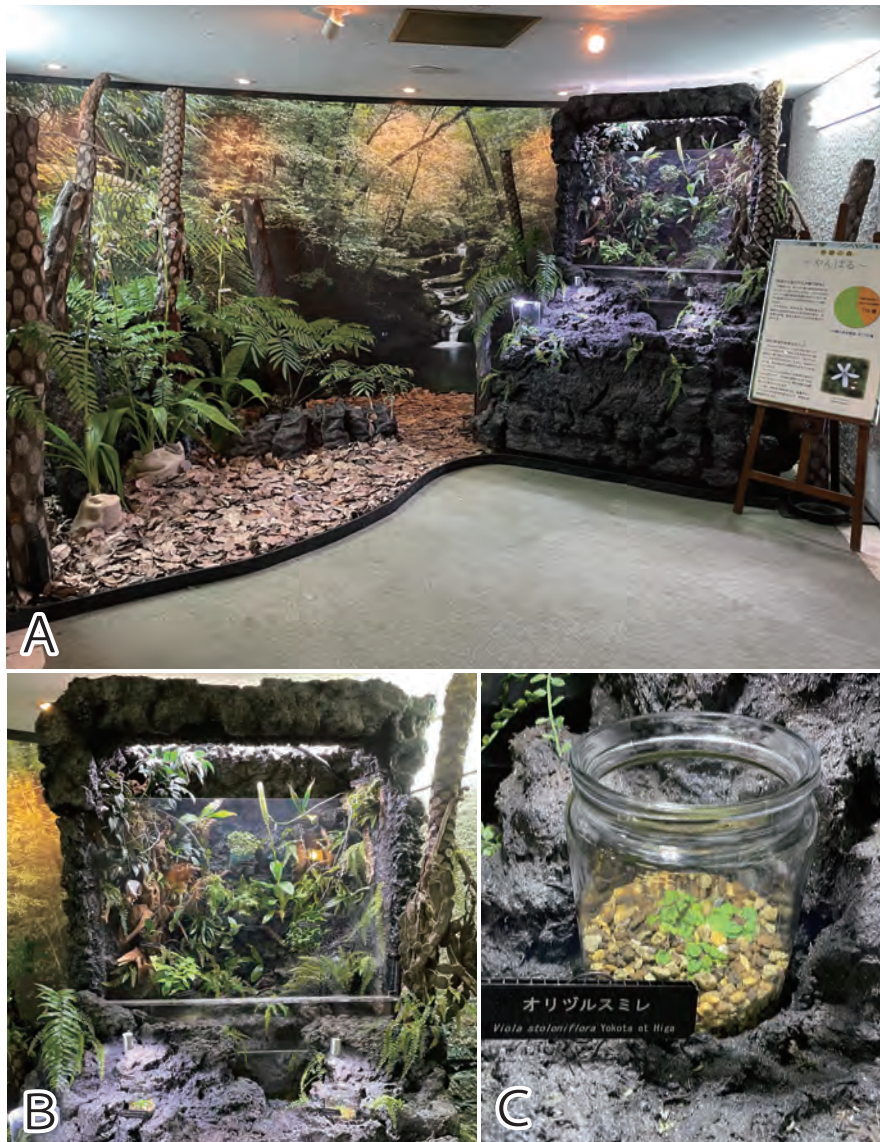


図3 大型パルダリウム設置状況 A: 全景。B: パルダリウム拡大。C: ガラスポット内に植栽したオリヅルスミレの展示。

表1 大型パルダリウムに用いた資材等と制作時間

材料	角杉材、杉丁張材、ベニヤ板、ボンドシリコン、ビニールタン、発泡ウレタングリーンフォーム、水性多用スプレー、アクリル板、植物加湿器、家具転倒防止伸縮棒、水槽、水槽用LEDライト
植物	オオオサラン <i>Eria scabrilinguis</i> 、オオサンショウソウ <i>Pellionia radicans</i> var. <i>radicans</i> 、オキナワセッコク <i>Dendrobium okinawense</i> * ¹ 、カゴメラン <i>Goodyera hachijoensis</i> var. <i>matsumurana</i> 、カシノキラン <i>Gastrochilus japonicus</i> 、キンギンソウ <i>Goodyera procera</i> 、シマミズ <i>Pilea brevicornuta</i> 、ツルカタヒバ <i>Selaginella flagellifera</i> 、フウラン <i>Neofinetia falcata</i> 、ヤンバルアオヤギバナ <i>Solidago yambaruensis</i> 、ユウコクラン <i>Empusa formosana</i>
作業人数	1人
制作時間	87h
作業内容	パルダリウム水槽の作製、ウレタン注入・加工、シリコン処理、木作業、塗装

*1 種の保存法指定種であるが、法律施行以前より沖縄美ら島財団で栽培している個体から増殖した個体を展示に用いている。

電源類を収納可能な作りとした。パルダリウムは溪流環境を再現することを目的に、上部から水が滴り落ちる作りとし、パルダリウム下部には水が貯まる構造とした (図3B)。また15分/1時間の間隔でミストを発生させ、溪流環境を再現するとともにパルダリウム内の湿度が保たれるようにした。この大型パルダリウムは、2021年3月より約3.7m×約2.3mの区画のうち1区画で展示を開始した (図3A、表1)。

展示当初は、管理作業を考慮し前面のアクリルパネルは観音開きで開閉可能な作りとしていたが、見た目の悪さとアクリルパネルの劣化による反り返りが課題となった。そのため観音開きの扉を取り外し、1枚のアクリルパネルをはめ込む方式に変更し、維持管理の作業効率を損なうことなく見た目の改善を図った。

パルダリウムに展示した植物のうちオオオサラン *Eria scabrilinguis*、オキナワセッコク *Dendrobium okinawense*、カシノキラン *Gastrochilus japonicus*、フウラン *Neofinetia falcata*、ユウコクラン *Empusa formosana* については、生育状態が良好に保たれているため、展示開始当初から2022年7月現在まで継続して同じ個体を展示している。カゴメラン *Goodyera hachijoensis* var. *matsumurana*、キンギンソウ *Goodyera procera*、シマミズ *Pilea brevicornuta* は6~12ヶ月、オオサンショウソウ *Pellionia radicans* var. *radicans*、ツルカタヒバ *Selaginella flagellifera*、ヤンバルアオヤギバナ *Solidago yambaruensis* は1~2ヶ月程度展示は継続できたが、これらの種類は多湿、風通しの悪さ、光量不足などの影響により生育状態が悪化したため、個体の入

れ替えを行った。大型パルダリウムの下部部分には、オオシロショウジョウバカマ *Heloniopsis leucantha*、オリヅルスミレ *Viola stoloniflora* などの溪流小型植物をガラスポット内に1個体ずつ展示し、6ヶ月程度の継続展示ができています (図3C)。

大型パルダリウムを設置した区画を除いた残りの4区画には、やんばるに息づく動物の写真ややんばるの自然を紹介した映像資料、生息域外保全の一環として実施している無菌培養苗の展示を行い、生き物の紹介とともに保全についての普及啓発に努めた。

エレベーター周囲 (図4)

2階フロアの中心に位置するエレベーター周囲の壁は曲面となっており、曲面に沿った形で展示台とする擬岩躯体の製作を進めた。高さ80~100cm×長さ200~240cm×奥行き60cmの5つの擬岩を、エレベーター周囲の壁面に沿う形に配置し組立て設置した。2021年7月31日より一般公開を開始した (図4A、B、表2)。前述の通り、エレベーター周囲は曲面の壁であり、これまでは展示台などを設置することが難しく、パネル展示が関の山であった。今回、曲面に合わせた擬岩の展示台を設置したことで、やんばるの森の雰囲気作りに加え、円形の展示エリアを効率的に利用することが可能となった。本エリアではガラスポットを利用した溪流植物の展示、耐陰性の強い植物の鉢展示、やんばる地域に生息する淡水魚や両生類、爬虫類の展示を行っている。溪流植物については、湿度を保つこととこぼれ種子による混淆を防ぐことを目的に種類ごとに全てガラスポット内に仕立てた展示を行った (図4C)。

クニガミトンボソウ *Platanthera sonoharae* は、これまで長期間の展示が難しかったが、ガラスポット内にて管理を行うことで湿度が保たれ、6ヶ月以上展示が可能となり、開花まで確認できたが、カイガラムシの発生により入れ替えを行った。他にヒメタムラソウ *Salvia pygmaea* とタイワンサギゴケ *Staurogyne concinnula* をガラスポットで、オナガサイシン *Asarum caudigerum* とヒナカンアオイ *Asarum okinawense* を鉢で展示しており、6ヶ月程度で個体の入れ替えを行っている。

さらに体験・学習型展示を目指し、カゴメランの葉の模様を観察できるコーナー (図4D) を設置するとともに、オキナワキノボリトカゲ、オキナワシリケンイモリ、タメトモハゼ *Giuris* sp.、ミナミメダカ *Oryzias latipes* の展示を行った (図4E)。それぞれパルダリウムやアクアリウムに仕立



図4 エレベーター周囲設置状況 A、B：躯体設置状況。C：溪流植物展示。D：カゴメラン観察コーナー。E：イモリを中心としたパルダリウム。

表2 エレベーター周囲に用いた資材等と制作時間

材料	角杉材、杉丁張材、ベニヤ板、ボンドシリコン、ビニールタン、発泡ウレタングリーンフォーム、水性多用途スプレー、ヒカゲヘゴ <i>Cyathea lepifera</i> 幹丸太、ケージ、USBファン、爬虫類ライト、加温機、ガラスベース、透明エンビパンチング、水槽
植物	イシガキスミレ <i>Viola tashiroi</i> var. <i>tairae</i> * ¹ 、イリオモテスミレ <i>Viola tashiroi</i> f. <i>takushii</i> 、オリヅルスミレ <i>Viola stoloniflora</i> 、オキナワスミレ <i>Viola utchinensis</i> * ¹ 、オナガサイシン <i>Asarum caudigerum</i> * ¹ 、カゴメラン <i>Goodyera hachijoensis</i> var. <i>matsumurana</i> 、クニガミトンボソウ <i>Platanthera sonoharae</i> * ¹ 、タイワンサギゴケ <i>Staurogyne concinnula</i> 、ナガバハグマ <i>Ainsliaea oblonga</i> var. <i>oblonga</i> 、ヒナカンアオイ <i>Asarum okinawense</i> * ¹ 、ヒメタムラソウ <i>Salvia pygmaea</i> 、ホウビカンジュ <i>Nephrolepis biserrata</i> 、ヤクシマスミレ <i>Viola iwagawae</i> 、リュウビンタイ <i>Angiopteris lygodiiifolia</i>
動物	オキナワキノボリトカゲ <i>Diploderma polygonatum polygonatum</i> 、オキナワシリケンイモリ <i>Cynops ensicauda popei</i> 、タメトモハゼ <i>Giuris</i> sp.、ミナミメダカ <i>Oryzias latipes</i> (沖縄島固有遺伝子保有集団)* ²
作業人数	2人
制作時間	244h
作業内容	躯体基礎作製、ウレタン注入・加工、シリコン処理、木工作业、塗装、ヒカゲヘゴ幹丸太の加工

*1 種の保存法指定種であるが、法律施行以前より沖縄美ら島財団で栽培している個体から増殖した個体を展示に用いている。
 *2 沖縄県希少野生動物植物種に条例によって指定されている種であるが、条例指定以前より沖縄美ら島財団で飼育している個体から繁殖させた個体を展示に用いている。

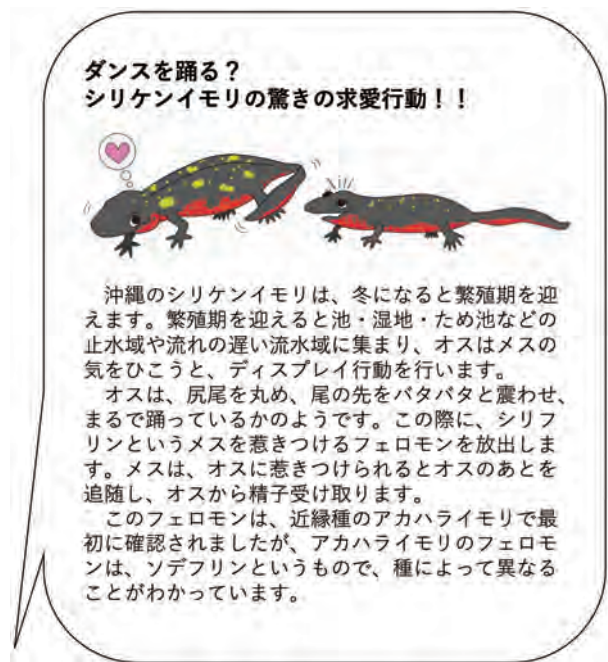


図5 イラストと生態情報を含んだキャプション

てた水槽内で展示を行い、生息環境を整えるよう配慮した。また通常の名前を表記したキャプションに加え、その種の生態的な特徴とイラストを掲載し、生き物に関する知識がなくても興味を抱いてもらえるように、学べる内容とすることを旨とした(図5)。

まとめ

展示替え以前は、やんばんるギャラリー全体が薄暗くエレベーターホールとしての役割が主であったため、来園者は素通りすることが多かった。更新後には、パルダリウムを中心に個別照明を設置したことにより展示物が明るく照らされ、来園者にも展示エリアとの認識が深まり立ち寄られる機会を創出することができた。またメディアにも取り上げられたこともあり、やんばんるギャラリーを目的とした来園者も見受けられ、別の展示を目的とした来園者も足を止めて見学をしていただけることも増え、概ね好評である。

パルダリウムに用いた種類のうち、着生ランについては個体の維持が容易となり、栽培圃場で管理を行うよりも状態良く展示を行うことが可能となった。しかしながら着生ラン以外の種類については、溪流環境を再現したパルダリウムでは、継続して同一個体を展示に供することは難しいことが判明した。今後の課題として、パルダリウムに用いる植物の選定を栽培管理の面から検討を重ねたい。再現した環境に適した種類を選定する必要性は高いが、パルダリウム内に植栽ポットの設置箇所を複数作ることによって植物の入れ替えが容易となり、季節に応じた花のある植物展示が可能となった。

今回、COVID-19による休園期間を上手く活用することで展示更新を滞りなく実施できた。更新後の維持管理には、水やりや動物への給餌、植栽のメンテナンス作業等に1h/人/日程度が必要となっており、維持管理の簡略化が今後の課題として挙げられる。今後はパルダリウム内の植物やパルダリウムそのものの入れ替え、写真の変更、情報更新などを適宜実施できるよう注力していく必要がある。

本報告を投稿するにあたり、環境省沖縄奄美自然環境事務所にはパネル作成に際し協力をいただきました。岡山理科大学の東馬哲雄氏には本誌への投稿に関するご助言をいただきました。沖縄美ら島財団海獣課の山本るな氏には、オキナワシリケンイモリなど生き物のイラストを描いていただきました。心より感謝を申し上げます。最後に展示替えに際し、関わって下さった全ての方に紙面上ではありますが御礼を申し上げます。

本展示更新は、H30-34国営沖縄記念公園運営維持管理業務の一環として実施した。また展示に関わる物品等の購入費については、当該業務の受託費及び沖縄県国営沖縄記念公園内施設（海洋博覧会地区内施設）の収入の一部を使用した。

引用文献

- 株式会社エムピージェー編集部 (2018) パルダリウムとアクアテラリウム. 月刊アクアライフ2018年7月号 No.468. 143.
- 株式会社エムピージェー編集部 (2019) パルダリウムとアクアテラリウム2. 月刊アクアライフ2019年7月号 No.480. 130.
- Keogh, L. (2019) The Wardian Case: Enviromental Histories of a Box for Moving Plants. *Environment an History* 25: 219-244.
- 国立科学博物館筑波実験植物園 (2021) 一旅する水草—水草展. <<https://tbg.kahaku.go.jp/event/2021/08mizukusa/index.html>> (2022年6月30日アクセス).
- 富沢直人 (2020) アクアテラリウムやパルダリウムに向けた植物たち. 月刊アクアライフ2019年7月号 No.492: 36-39.
- 鶴沢美穂子 (2016) ミュージアムパーク茨城県自然博物館第57回企画展「こけティッシュ苔ワールド!—ミクロの森に魅せられて—」のアンケートからみる来館者の意識変化. 茨城県自然博物館研究報告 (19): 105-116.

短編映画『富山田んぼ物語』の制作による 植物園での稲作の展示

Production and screening of the short film “Toyama TAMBO Story”,
as a new exhibition method on the theme of rice farming

東 義詔^{1,*}・志内 利明¹・川窪 伸光²・中田 政司¹

Yoshitsugu AZUMA^{1,*}, Toshiaki SHIUCHI¹, Nobumitsu KAWAKUBO², Masashi NAKATA¹

¹富山県中央植物園・²岐阜大学応用生物科学部

¹Botanic Gardens of Toyama, ²Faculty of Applied Biological Sciences, Gifu University

要約：稲作をテーマとした特別展の新しい展示手法として、短編映画『富山田んぼ物語』を制作した。この映画は、1年間に及ぶ水田のインターバル静止画像と、小型ビデオカメラによる農作業の動画映像を編集して5分間にまとめ、字幕とオリジナルBGMを加えたものである。短編映画は、来園者が自由に視聴できるように、特別展会場に設置した半暗室の仮設映写室でリピート上映した。短編映画では、稲作が、植物学的にはイネの成長を管理する栽培技術体系であること、稲作によって作られた水田が、生態学的には我々を取り巻く環境として重要な要素であることを視覚的に表現した。短編映画の制作と展示の過程を報告する。

キーワード：イネ、インターバル撮影、お米、小型ビデオカメラ、短編映画、定点撮影

富山県中央植物園では、富山県にゆかりのある植物やその年に因んだ植物をテーマとして、毎年夏から秋にかけて約1か月間『特別展』を開催している。例えば、平成25年には富山市呉羽地区で生産されている梨をテーマとし、平成30年には魚津市加積地区で生産されているリングを取り上げた。

豊かな水に恵まれた富山県の農業は稲作に特化しており、特に種籾の県外向け受託生産量では6割のシェアを誇り、全国一の「種もみ王国」と呼ばれている（富山県 2018）。平成30年には県産新品種「富富富（ふふふ）」が本格デビューし、富山県内でも「お米」に対する関心が高まりを見せたことから、令和2年の特別展では「お米」をテーマとして取り上げるようになった。

植物園における梨やリングの特別展では、植物としてのナシとリングの分類学的な解説や、果樹としての紹介のほか、来園者に品種の多様性を体験していただく「試食コーナー」を設け、手に入るだけ集めた品種の食べ比べを行った。お米も多種多様な品種があり、富山の「富富富」をはじめとする各県自慢の品種を食べ比べすることができるが、切り分けだけの梨やリングの一般への提供と異なり、お米をご飯に

調理して提供するには資格（調理師免許）が必要であり、衛生上の事など物理的にも炊き立てのご飯を提供することが難しく、断念せざるを得なかった。しかし、お米の品種を並べただけでは、全く意味がない。では、お米をテーマとして、植物園では何を展示すべきか。

お米は、イネ *Oryza sativa* L. を栽培管理する「稲作」の成果品である。一般的な稲作の流れは、春の田起こしに始まり、播種・育苗、本田への元肥施用、耕起・碎土、代かき、初夏から夏の田植え、追肥、除草、秋の収穫・脱穀、乾燥・調整、包装、出荷と続き、冬を前にした本田の秋耕で終わる（山本 2004）。このような一年を通じた水田での稲作は縄文時代に始まるといわれ、長い年月の間で体系化され、日本人の生活の中に定着した文化である。稲作が行われる水田（田んぼ）は、私たちの生活空間に隣接して存在し、四季の移り変わりを映し出す景観要素であるとともに、その変化に適応した独特の生き物が生活する場として生物多様性の一翼を担う環境要素でもある。お米をテーマとする特別展は、稲作をどう展示・紹介するかということでもある。

イネという植物の、一年を通じた発芽・成長・開花・結

* 〒939-2713 富山県富山市婦中町上轡田42
42 Kamikutsuwada, Fuchu-machi, Toyama 939-2713
y-azuma@bgty.org



図1 特別展『お米展—イネと田んぼと人の営み』の展示風景 正面奥の展示がメインとなる短編映画『富山田んぼ物語』上映の様子。

実という劇的な形態変化を示すと同時に、稲作=具体的な農作業の流れと水田の四季をどうすれば展示できるのか、その答えとして制作されたのが、短編映画『富山田んぼ物語』である。

特別展『お米展—イネと田んぼと人の営み』は、令和2年9月11日（金）から10月21日（水）までの約6週間、サンライトホールで開催された（図1）。メインとなる短編映画『富山田んぼ物語』は、来園者が自由に視聴できるように、特別展会場に設置した半暗室の仮設映写室でリピート上映した。その他の展示内容（パネルおよび実物展示）は、1. イネの植物学、2. 東南アジアの稲作、3. お米づくりの一年、4. 稲作を支えた昭和時代の農機具、5. 富山の種もみ、6. 富山のお米、7. 田んぼの生態、8. 富山の日本酒、9. 富山のます寿し、である。

ここでは、植物園における新たな展示の試みとして、短編映画『富山田んぼ物語』の制作に至る準備、撮影方法および展示方法について報告する。

特別展で上映する短編映画『富山田んぼ物語』の制作

稲作を植物園で展示し、紹介するため、農業者の作業、イネの成長、水田と自然の環境変化を並行して、四季を通じて映像を記録し、さまざまに編集して短編映画を制作した。短編映画に使用する映像は、デジタルカメラによる139,971枚におよぶインターバル静止画像と、手持ちタイプの小型ビデオカメラによるのべ76分16秒の動画映像である。インターバル撮影とは、1分ごとにシャッターを切る（撮影する）など、一定時間間隔で静止画像を記録する方法である。この機能をもつデジタルカメラを対象に向けて、カメラを固定し、インターバル撮影を行えば、一定間隔で対象の変化を記録し続けることができる（真鍋・川窪 2014）。一

方、手持ちタイプの小型ビデオカメラで農業者の稲作作業を、作業工程に沿って撮影すれば、その農作業を連続的に記録できる。これら2つの記録手法で得られた静止画像と動画映像を映像処理ソフトで編集し、さらに映像にあった音楽をつくり、音入れを行うことで、短編映画を完成させる。以下、短編映画の制作と展示に必要であった過程に沿って紹介する。

稲作とは人の営みである。したがって農業者に植物園の意図を理解していただき、撮影・展示に協力いただくには、農業の現場へおもむいての相談・打合せは欠かせない。特に農業者の活動の様子、イネの成長、水田や背景となる立山連峰の四季の移り変わりを撮影するため、およそ一年半の準備・撮影実施期間を通じて稲作現場への訪問を頻繁に行う必要があった。そこで植物園から15分程度で行ける水田を撮影場所の候補として探したところ、植物園から西へ約5kmの富山市婦中町小長沢地区が最適であった（図2A）。同地区で稲作を営む小長沢営農組合に植物園の意図を説明し、全面的に短編映画の撮影に協力していただけることとなった。さらに、同組合員の沢井正二氏のご好意で、自宅に隣接した作業場とビニルハウス内で、種もみの播種から苗づくりの工程を撮影させていただけることになり、同氏が管理する水田での定点撮影も許可していただいた。

デジタルカメラによるインターバル撮影方法

1. 長期インターバル撮影用タワーの設置

水田のインターバル定点撮影を行うには、デジタルカメラを長期間固定するための足場が必要であった。まず、植物園の作業場で、直径48.6mmの単管パイプ、直交クランプ、自在クランプを組み合わせて、足場となるタワーを作製した。タワーは、底面が一辺50cmの正三角で、高さが200cmとなるような三角柱にした。なお、単管パイプのうち1本だけは、その先端にデジタルカメラを固定できるように、高さを250cmとした。

2019年4月26日に、植物園で組んだタワーを小長沢地区の水田に運び、畔道の南東側の地面に40cmほど打ち込み、自立させた（図2B）。これで、デジタルカメラを固定するための長期撮影用タワー（通称：お米タワー）が設置できた。

2. デジタルカメラの準備

インターバル撮影用のデジタルカメラは、屋外での長期撮影を考慮し、防水設計され、電池や記録メディアの交換が容易なRICOH製WG-60を使用した。なお、イネの成長と

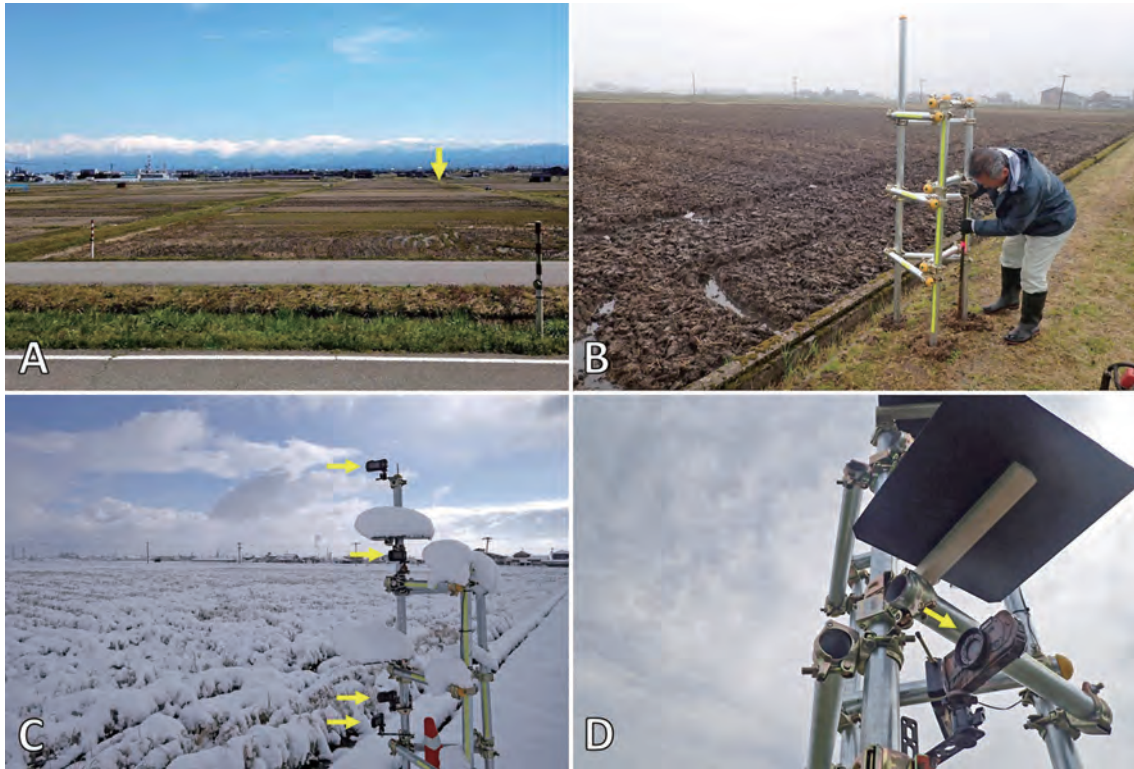


図2 インターバル撮影用デジタルカメラの設置 A: 設置場所となった富山市婦中町小長沢地区。矢印は定点撮影を行った場所を示す(2019年4月20日)。B: 畔道に長期撮影用タワー(通称:お米タワー)を自立させた様子(2019年4月26日)。C: デジタルカメラを固定したお米タワー。CとDの矢印は固定したデジタルカメラを示す(2020年2月6日)。D: お米タワーに固定したデジタルカメラと雨除け(2019年4月26日)。

水田風景の変化を同時に撮影するには、複数台のデジタルカメラが必要であった。そこで、合計6台のデジタルカメラを準備し、イネの成長の撮影にカメラ2台、広範囲の風景の撮影にカメラ2台、撮影中の一時的なメンテナンスや故障時の交換用にカメラ2台を使用した。また、電池はRICOH製WG-60の純正品D-LI92を10個準備した。

3. お米タワーへのデジタルカメラ固定

インターバル撮影は、一度カメラを固定して撮影位置を決めた後に、画角を変えると映像が不連続となるため、その位置を変更することができない。そのため、撮影開始時に、それぞれのカメラで撮影する対象を慎重に検討した。今回のインターバル撮影では、2台のカメラを地上60cmから70cmの高さに固定してイネの成長を、1台のカメラを地上160cmの高さに固定して水田の変化を、もう1台のカメラを地上200cmの高さに固定して立山連峰を背景に自然環境の変化を撮影した(図2C)。

デジタルカメラのお米タワーへの取り付けには、単管用クランプに自由雲台(SLIK製SBH-60)を組み合わせた自作の固定器具を使用した(図2D)。設置したカメラを保護するために、プラスチック製のダンボールで自作した雨除け

を取り付けた。これにより、カメラのレンズ面に付く水滴や汚れを軽減させる効果があった。

4. 短編映画撮影時のデジタルカメラの設定

インターバル撮影された静止画像は、動画化して、短編映画にする必要がある。そのため撮影開始時には、撮影対象が変化する速度を想定して、インターバル撮影間隔を検討しなければいけない。例えば、本短編映画の農作業で変わっていく水田を撮影する場合(短時間の現象)はシャッターを切る間隔を10秒、季節的な風景の変化を撮影する場合(長時間の現象)は15分といったように、撮影間隔の設定を行った。

インターバル撮影を利用した短時間の現象では、農作業の結果、水田がどのように変化したかを定点撮影したい。農作業で変わっていく水田の変化は速いため、使用したデジタルカメラの最短撮影間隔である10秒と設定した。なお、撮影間隔の設定は、バッテリー1個で撮影できる枚数や、撮影枚数の設定上限といった、デジタルカメラの機種選定に左右される。また、デジタルカメラは撮影した画像の処理などに時間を要するため、撮影時間が短すぎるとシャッターが切れなくなるなど、動作不良が生じる場合がある。そこで、事前



図3 インターバル撮影で記録した富山市婦中町小長沢地区の田んぼの四季 A：春（2019年5月20日4時33分）。B：夏（2019年7月27日7時15分）。C：秋（2019年9月6日10時30分）。D：冬（2020年2月6日14時15分）。A～Dの写真はPhotoshop CS5.5を用いて、露出補正を行った。いずれの写真もお米タワーから撮影した画角で、トリミングは行っていない。

に使用するデジタルカメラで前述の条件を確認し、インターバル撮影間隔を算出すれば、1～2時間で撮影が完結する短時間の現象は撮影可能となる。

インターバル撮影による長時間の現象の撮影では、インターバル撮影間隔が短くなるほど、記録媒体やバッテリー交換などの定期的かつ頻繁なメンテナンスが必要となる。一方、撮影間隔が長くなるほど、記録できない現象（撮影対象の変化）が多く発生する。そのため、撮影対象の変化する時間や撮影期間中の労力を考えて、インターバル撮影間隔を設定することが重要である（真鍋・川窪 2014）。

更なるデジタルカメラの詳細設定は、絞り優先オート、絞り値F 3.5、ISO400～800、露出補正-1.0EV、フラッシュはなしとした。上記の設定をしたデジタルカメラでインターバル撮影を行った結果、1年間に及ぶ水田のインターバル静止画像を記録できた（図3）。2019年4月26日から2020年4月26日までの撮影期間中、電池の交換は合計65回行い、インターバル撮影した静止画撮影枚数は139,971枚となった。

小型ビデオカメラによる動画撮影方法

1. 撮影に使用した手持ちタイプの小型ビデオカメラの利点

農業者の活動を撮影するために、手持ちタイプの小型ビデオカメラ（DJI製 Osmo Pocket）を使用した。このビデオカメラには、3軸メカニカルジンバルが搭載されており、強力な手振れ補正機能がある。実際、撮影者自身がカメラを構えて動いて撮影しても、映像にほとんどブレが生じなかった。そのため、作業する農業者や農業機械を歩いて追いかけてながら撮影できた。また、カメラ本体が軽量で小型のスティック形状（高さ約12.2cm、幅約3.7cm、奥行約2.9cm）であり、片手で握って撮影できたことから、農業者に気付かれにくく、自然な作業の様子が撮影できた。

2. 農作業動画撮影時の小型ビデオカメラの設定

手持ちタイプの小型ビデオカメラは、ジンバル設定をフォローモード（カメラ部分を支持するジンバルが、スティック状のハンドルの動きに合わせて常に動き、カメラの動きに連動して調整されるため、安定した滑らかな動画の撮影が可能モード）、撮影露出を-1.0EV、動画解像度を2.7K（2720×1530）に設定した。撮影当時、4K（3840×2160）の



図4 小型ビデオカメラで撮影した稲作作業 A：田起こし(2020年4月17日)。B：播種(2019年4月20日)。C：田植え(2019年5月15日)。D：稲刈り(2019年9月10日)。A～Dは撮影した動画から切り出した静止画。Photoshop CS5.5を用いて、いずれも露出補正のみ行った。

解像度での撮影も可能であったが、映像編集には極めて高いPCスペックが必要となるため、2.7Kの動画解像度で撮影した。それでも、十分な解像度で撮影できた。

小型ビデオカメラを用いて、田起こし(図4A)・播種(図4B)・代かき・田植え(図4C)・溝切・稲刈り(図4D)・籾摺り・包装の様子を現場で動画撮影した。撮影の際には、タワーに固定したインターバル用デジタルカメラの高さ(約70cmか約160cmのいずれか)と農作業の動画を撮影する高さがほぼ同じになるようにした。撮影時の高さを揃える工夫で、定点カメラの静止画像とビデオカメラの動画映像を編集してつなげたときに、自然な雰囲気と連続する映像となった。2019年4月11日から2020年4月17日までの撮影期間中、記録された作業動画は、111クリップ、76分16秒となった。

撮影映像の編集方法

1. 編集作業と音入れ

デジタルカメラで撮影した静止画像と小型ビデオカメラで撮影した動画は、映像処理ソフト Adobe Premiere Pro CS5.5で、時間的に圧縮するなどして、動画化した。編集時には、PCの処理能力の関係で、撮影した静止画像を一度にすべて動画に変換するのではなく、シーンごとに細分化して動画に変換した。シーンごとに名前をつけた動画ファイルは時系列で管理した。得られた映像から必要な動画を編集して、音入れを行うことで、5分27秒の短編映画とした。

短編映画の長さを5分程度と短くしたのは、来園者が飽きずに視聴できる限界と考えたためである。映像を補足する文字情報としてのテロップは、映像作品の字幕ルールに従って、1秒あたりの上限を4文字とした。またBGMの作曲・演奏は、川窪によるもので、タイトルバック(図5A)ではお米(精米した富富富)を入れた食料品用の容器をマラカス代わりに使い(図5B)、トレース台に上げた米粒の透過映像(図5C)に重ねた。

2. 短編映画の編集で意識したこと

短編映画を編集するにあたり、まず意識したのは、水田が生態学的に重要な要素であることをいかに示すかであった。その例として、5月の代かきの場面を紹介する。ここでは、田起こし後、トラクターが田の土を細かく砕き、水と混ぜている作業を行っている。トラクターの作業中に数羽のダイサギ *Ardea alba* L. やアオサギ *Ardea cinerea* L. が飛来し、水田で採餌しはじめた(2分15秒頃)。これは、人の営みで作られた水田を野鳥が生活の場として利用していることを示している。このように、水田は食物連鎖の舞台として生態系の一翼を担う環境であることを示すように編集をした。

次に、イネの収穫という「喜び」を映像の中で、どのようにして表現するかを意識した。農業者はさまざまな作業の積み重ねを経て1年かけてイネの果実(籾)を収穫し、お米という成果品としている。収穫の喜びを短編映画の中で表現するにあたり、幸運だったのは、稲刈りの直後に虹が現れた



図5 タイトルバックの演出とラストシーン A: タイトルバック。B: 食料品用の容器にお米(富富富)を入れたマラカス風楽器。C: タイトルバック撮影。トレース台を透過映像の撮影に使用した。D: ラストシーンの虹が現れた田んぼ。

ことである。約14万枚のインターバル静止画像のうち、その瞬間3枚のみに虹が写りこんだのは偶然にすぎないが、この映像をラストシーンに使えという啓示であったようにも思えた(図5D)。ラストシーンの字幕は一年間撮影に協力いただいた小長沢営農組合の方々と水田へのメッセージを込めて、「ありがとう 田んぼ」とした。

短編映画『富山田んぼ物語』の展示方法

1. 仮設映写室の設営

制作した短編映画の展示(上映)は、特別展の会場である植物園内のサンライトホールで行った。サンライトホールは、太陽光が差し込む天窓を備え、イベント会場として利用したり、短期間の植物の展示に利用したりする広い空間である。太陽光が差し込む天窓を備え、日中は明るすぎるため、映写機などを必要とする映像作品の展示には向いていない。そこで、特別展会場の中心に、間口4.5m×高さ3m、奥行き3.4mで内面を黒張りした仮設映写室を設置した(図6A)。仮映写室の奥の壁に3m×1.7mの映写用ロール型スクリーンを吊り下げることで、明るい会場の中でも、十分に視認できる映写室が完成した。

2. 短編映画の映写

映写するプロジェクターは、3400ルーメンの単焦点液晶プロジェクター(BenQ製MW826ST)を使用した(図6B)。一般的な標準焦点のプロジェクターを使用した場合、レンズ面とスクリーンとの間に距離が必要となり、仮設映写室内にプロジェクターを設置することができない。一方、単焦点液晶プロジェクターは、短い距離で大きなスクリーンに投写できる利点がある。今回は、プロジェクターからスクリーンまでの距離は約1mで、観客の前から映像を投影することができるようになった。また、制作した短編映画は、プロジェクターにブルーレイディスクプレイヤー(SONY製BDP-S1500)を外部接続し、リピート再生した。

3. 短編映画の音楽再生

短編映画の音楽は、プロジェクターに小型スピーカー(YAMAHA製MSP3)を外部接続して再生した(図6B)。スピーカーはプロジェクターを挟んで、観客側に向けて2台設置した。プロジェクターとスピーカーは、幅60cm、高さ90cm、奥行45cmのキャスター付きプロジェクター台の上に置いた。また、仮設映写室の外には長椅子を置き、展

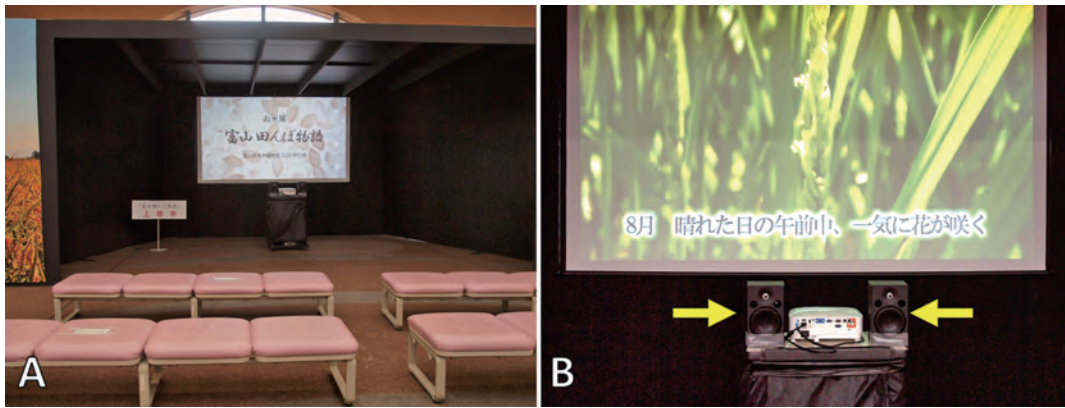


図6 サンライトホールに設営した仮設映写室に設置したプロジェクターとスピーカー（矢印）。A：客席から見たスクリーンの様子。B：仮設映写室の中

示の流れの中で、来園者が座って観賞できるようにした。

おわりに

完成した短編映画『富山田んぼ物語』は、特別展『お米展—イネと田んぼと人の営み』のメイン展示として上映・公開された（開催期間中の総入場者数11,541人）。インターバル撮影したイネの成長と動画撮影した農業者の活動とを組み合わせることで、稲作という一年間の営みを約5分間に圧縮して展示（上映）することができたわけである。

真鍋・川窪（2014）は、インターバル撮影技術を用いた映像化により、「ヒト」の日常的な時間スケールで直接認識しにくい時間スケールを認識できると指摘した。さらに、中～長期的に撮り続けた現象の変化を映像化し圧縮すれば、数分で1年間の変化を示すことができ、学術面への応用も可能であると示唆している。

イネの成長、稲作の農作業の各過程は、写真や図を使ったパネル展示で紹介・解説することはできるが、イネの開花のしくみや、一年の中で季節ごとに姿を変える田んぼの景観といった「変化」は、時間を圧縮した映像によって初めて認識できるものであり、真鍋・川窪（2014）の指摘を裏付けるものとなった。付け加えると、時間を圧縮した稲作の短編映画は、人間の生活域に最も近い環境である田んぼ（=水田）が、四季の移り変わりの中で、時に芸術的に美しい風景として存在していることを気付かせてくれた。今回は初めての試みであったが、プロの映像作家でなくても、芸術・エンターテインメント性を備えた科学的な記録映画が、植物園の展示作品として制作できる可能性を示せたと思う。

制作した短編映画は、2023年の稲刈りのシーズンに導入予定である85インチ大型ディスプレイで、再度上映する計

画である。

本報告にあたり、農業組合法人小長沢宮農組合には短編映画の撮影やお米展の展示にご理解とご協力いただきました。富山県農林水産総合技術センター農業研究所の小島洋一郎育種課長には富山県の稲作に関する情報提供や県産イネの栽培品種展示にご協力いただきました。また、魚津水族館の不破光大学芸員、富山県中央植物園栽培展示課の川住清貴技能主任、和久井彬実博士にはパネルおよび実物展示にご協力いただきました。ここに記してお礼申し上げます。

引用文献

- 山本由徳（2004）イネ．堀江武（編）農学基礎セミナー新版作物栽培の基礎．54-138．一般社団法人農山漁村文化協会．東京．
- 真鍋徹・川窪伸光（2014）映像による展示が可能にする知覚体験—北九州市立自然史・歴史博物館の取り組み．平井康之・藤智亮・野林厚志・真鍋徹・川窪伸光・三島美佐子（著）知覚を刺激するミュージアム見て、触って、感じる博物館のつくりかた．97-127．学芸出版社．京都．
- 富山県（2018）とやまの農林水産業．富山県農林水産部農林水産企画課．富山県．

ネペンテス・トルンカータ（ウツボカズラ科）の ギネス世界記録認定について

Guinness World Records Certification for *Nepenthes truncata* (Nepenthaceae)

石田 均*・土居 寛文・樽尾 好昭
Hitoshi ISHIDA*, Hirofumi DOI, Yoshiaki TARUO

兵庫県立フラワーセンター
Hyogo Prefectural Flower Center

要約：兵庫県立フラワーセンターで約35年間栽培していたネペンテス・トルンカータの捕虫袋が2022年4月に50cmほどに成長したため、ギネス世界記録認定を申請した。その結果、8月20日にこれまでの記録を上回る55.5cmで認定された。

キーワード：ギネス世界記録、ネペンテス・トルンカータ、兵庫県立フラワーセンター、捕虫袋

兵庫県立フラワーセンターでは、1988年頃から収集・栽培及び展示を行ってきた。ウツボカズラ科ウツボカズラ属は、その捕虫器官（捕虫袋）の形態が捕虫の仕組みの観察対象として優れていることから、特に力を入れて収集を行ってきた。当園のコレクションは、それぞれの種の特徴的な形態を持つ原種53種1変種、自然交雑種4種からなる134系統にも及ぶ国内屈指のコレクションとなっており、「兵庫県立フラワーセンターウツボカズラ属の原種の系統保存コレクション」として2020年3月25日ナショナルコレクションに認定された。

ネペンテス・トルンカータ *Nepenthes truncata* Macfarl. はフィリピンミンダナオ島に分布するウツボカズラ属の草本で、ウツボカズラ属の中でも長く大きな捕虫袋をつけることで知られている。ウツボカズラ属は捕虫袋の大きさや色など変異が多く、当園ではナショナルコレクションに認定されたネペンテス・トルンカータ4系統を保全している。中でもコレクション114号のネペンテス・トルンカータは40cm以上の大型捕虫袋をつける推定45年生の個体で、兵庫県立フラワーセンターで約35年間栽培している。このネペンテス・トルンカータは夏季に行う食虫植物展では鉢で展示し、来園者に人気の高い植物である。2012年から食虫植物室で地植えにより常設展示にしたことで、株がしっかりと成長し近年50cm程度の捕虫袋をつけるようになった。

ギネス世界記録を調べたところ、これまでのギネス世界記録は、2020年キュー植物園の43cm。2021年11月に膨らみ始めた捕虫袋は2022年4月に50cmほどに成長し蓋が開いたため、ギネス世界記録認定（最長のウツボカズラ捕虫袋 Longest *Nepenthes* pitcher trap）を申請することにした。

ギネス世界記録において捕虫袋の長さとは、捕虫袋の底部から蓋の先端までとしている。正確な計測と計測結果の可視化を図るため、専用の計測器具を自作した（図1）。2022年8月20日ギネスワールドレコーズ公式認定員により、植物の専門家として大山隆・早稲田大学教授（分子遺伝学）、測量士として株式会社内山測量設計の内山恭昌氏の立会いのもと、これまでの記録を12.5cm上回る55.5cmで認定され（図2）、公式認定証を授与いただいた（図3）。



図1 自作した専用器具を用いての測定風景

* 〒679-0187 兵庫県加西市豊倉町飯森1282-1
Iimori 1282-1, Toyokura-cho, Kasai-shi, Hyogo 679-0187
hts_ishida@hyogopark.com



図2 ギネス世界記録と認定されたネベンテス・トルンカータ



図3 ギネス世界記録認定証授与式 測定の結果これまでの記録を大きく上回り、公式認定書を授与された。

その後、育成者の土居寛文による食虫植物特別講演会を行い、多くの来園者が熱心に聴いていた。加えてその様子をYouTubeに生配信し好評を得た。

ネベンテス・トルンカータのギネス認定は日本で初めてであることから大きな反響を呼び、テレビ、ラジオ、新聞等各メディアに取り上げられ、インターネット上でも話題となった。その結果、全国の愛好家をはじめ多くの来園者が「世界一のウツボカズラ」の見学に訪れている。今後愛好家や生産者と連携し、ネベンテス・トルンカータを含むナショナルコレクションを利用することで、愛好家だけではなく一般の方にも「食虫植物の聖地」として広く認知してもらい、さらなる普及に努めていきたい。

神代植物公園植物多様性センターにおけるSDGsの取り組み

SDGs efforts of The Center for Plant Diversity of Jindai Botanical Gardens

田中 利彦*・山内 実可子
Toshihiko TANAKA*, Mikako YAMAUCHI

公益財団法人東京都公園協会 神代植物公園植物多様性センター
The Center for Plant Diversity of Jindai Botanical Gardens,
Tokyo Metropolitan Park Association

はじめに

東京都神代植物公園は、植物多様性の衰退が懸念されている中、2006年から公益社団法人日本植物園協会が提唱する「植物多様性保全拠点園ネットワーク」の「地域野生植物保全拠点園」として、東京都を中心とする絶滅危惧植物の保全に取り組んできた。2007年には東京都内の絶滅危惧植物保全事業の検討に着手し、優先的に保全対象とする種の選定や、保全策の検討を行ってきた（照井 2015）。

神代植物公園植物多様性センター（以下、センター）は、東京都における植物多様性保全をより一層推進し、保全のための様々な機能を果たす拠点となることを目的として、2012年4月に設立された施設である（照井 2017）。センターでは東京都における「絶滅危惧植物等の保護・増殖」「絶滅危惧植物の情報収集・発信」「植物多様性に関する教育・普及」の3つの柱を軸として、ラン科植物の無菌培養等の生息域外保全の実施、生息域内保全への技術的助言、ガイドツアーや環境学習プログラム、講座の開催といった活動を展開している。

センターの中心となる施設が、学習園（約2.6ha）と情報館（650m²）である。学習園には、東京都で見られる多様な環境の中から、「武蔵野」「奥多摩」「伊豆諸島」の3ゾーンを設け、それぞれの自然環境を再現して、各ゾーンの環境に生育する植物を植栽している。情報館には、植物に関する常設のパネル等の展示や、植物図鑑や地域の植物誌等を集めたライブラリーのほか、植物の生態や植物と人とのかわりを、パネルや植物生体等を用いて展示・解説したエントランス展示を設けている。

2015年9月の国連サミットにおいて、SDGs（Sustainable Development Goals：持続可能な開発目標）が加盟国の全会一致で採択された。SDGsは2030年までに、持続可能でよりよい世界を目指す国際目標である。東京都では『『未来の東京』戦略』（2021年3月策定）において、目指す2040年代の東京の姿「ビジョン」、2030年に向けた「戦略」、戦略実行のための「推進プロジェクト」を提示しており、この推進プロジェクトとSDGsの17のゴールとの関係を明示している。

センターでは、前述した3つの柱を軸として事業に取り組んでいるが、これはまさにSDGs目標15『陸の豊かさを守ろう』、特にターゲット15.5の“絶滅危惧種保護、絶滅防止対策”に該当する。ここではSDGs目標15以外の観点から、令和3年度に取り組んだ事業2点について紹介する。1点は、SDGs目標12『つくる責任つかう責任』のターゲット12.5“廃棄物発生的大幅削減”の観点から、本来は廃棄する発生材を有効利用した取り組みとして、「流木の有効活用による学習園観察路柵の設置」である。もう1点は、発生材の活用に加え、ターゲット12.8“自然と調和したライフスタイルに関する情報と意識の共有”の観点から、天然資源の採取から分解までを紹介した、「園内での発生材を活用した天然資源循環に関する展示」である。

流木の有効活用による学習園観察路柵の設置

学習園内の伊豆諸島ゾーン・海岸砂地エリアは、その名の通り伊豆諸島の海岸砂地環境を再現したエリアであり、ハマアザミ、ネコノシタ、ハマゴウなどの砂地環境に適応し

* 〒182-0011 東京都調布市深大寺北町1-4-6
Jindaijikitamachi 1-4-6, Chofu-shi, Tokyo 182-0011
syokubutsu-t@tokyo-park.or.jp

た植物を植栽している(図1)。園路とは別に、総延長約50mの観察路が設けられており、これまで約5~10cm間隔で飛び石(30×30cm)が敷かれていた(図2)。

観察路は、園路よりも近くで植物を観察することができるため、多くの来園者に利用されていた。観察路の飛び石が小さく、やや歩きづらいこともあり、観察路を外れて植栽域(砂地)に立ち入る来園者が多く、植物名ラベルの破損や、植物の枯死の一因となっていた。また、砂地に足跡が付きやすく、景観維持のため、足跡を消す作業が毎日発生するという管理上の問題があった(図3)。

植栽域への踏み込みについては、口頭や掲示物による注意喚起を行っていたが、持続的な改善には至らなかった。そのため、観察路柵の設置を行い、それに併せて、幅員の見直し及び飛び石の撤去を行って利便性を高めることを検討した。この際、計画地のテーマに沿った景観を演出し、魅力を向上させるため、柵の材料として「流木」を用いることを計画した。

流木は、購入すると1本につき数千~数万円の費用を要

するため、廃材利用を検討した。当初はダムからの入手を試みたが、流木の一時保管や輸送が難しく断念した。その後、江戸川区新中川にある都立の河川係船施設で、流れ着く多数の流木を含む支障物を回収して一般廃棄物として処理しているという情報を得たため、本取り組みへの協力を依頼したところ、快諾が得られ、実現する運びとなった。

2021年6月、職員5名で集積現場を訪問し、係船施設職員の案内で現場視察を行った。必要な流木の量・サイズ・形状を伝え、流木の選定及び収集・一時保管を依頼した(図4)。

2021年9月、十分な量の流木が集まったことから、2トントラックでセンターに流木を搬入し、流木の磨き・洗浄及び防腐剤塗布を順次行った。来園者の安全に配慮し、事故につながる可能性のある突起や付着物は切除した。現地への施工は2022年1月から2月にかけて行った。観察路幅員の見直しと飛び石の撤去を行い、流木同士はねじ止めを行ってつなげてから、杭打ちをして園地に固定した(図5)。流木を利用することで海岸をイメージさせ、海岸砂地エリアに相



図1 学習園伊豆諸島ゾーン



図3 砂地についた足跡(施工前)



図2 観察路柵施工前の様子



図4 搬入した流木

応しい景観を創出することができた（図6）。

なお、流木の一部はその形状を活かして、センターの展示用アクアテラリウムや、無菌培養で増殖したランの展示に活用するとともに（図7）、神代植物公園本園大温室のラン室での景観演出にも利用した（図8）。

本取り組みでは、廃材である流木を有効活用することにより、流木処分費及び資材購入費の削減、エリアのテーマに沿った景観の魅力アップを図ることができた。また、植栽域が明確に区分されたため、植物名ラベルの破損や植物へのダメージの軽減が図られ、ネコノシタ、ポタンボウフウ等の生育状況が改善されるとともに、ケカモノハシやピロードテンツキといった新規植栽植物の導入を行うことができた。他にも職員の足跡消し等の管理作業時間の削減、観察路が歩きやすくなったことによる利便性の向上、流木が地温の上昇や凍結を緩和することによる植物生育状況の向上（ハマサオトメカズラの開花・結実数の増加等）といった効果が確認されている。

園内での発生材を活用した天然資源循環に関する展示

「植物の繊維」というテーマでのエントランス展示を、2021年12月7日から、新型コロナウイルス感染症拡大防止のための休園期間（2022年1月12日～3月22日）を挟んで2022年5月まで行った（図9）。9枚構成のパネルを中心に、植物体から繊維を取り出す方法や、伝統的に繊維利用され



図5 観察路柵の固定



図8 流木を用いた本園大温室での景観演出



図6 観察路柵施工後の様子



図9 エントランス展示全景

てきた種、実験的に繊維利用を試みた種などを、性質を比較しながら紹介した。更に、植物の木部と師部、植物の繊維の主成分であるセルロースとその分解など、植物学的に掘り下げた内容に踏み込み、繊維の素材として人に選ばれてきた植物の共通点を紹介した(図10A~D)。

展示パネルの内容は、学習園で見られる繊維が取れる植物を取り上げ、学習園内の該当する植物には案内のタグをつけて、パネルと実物の両方を見ることで理解が深まるようにした(図11)。また、パネルに加えて、植栽管理の発生材を活用して職員が手作りした7種の植物(クズ、フジ、カラムシ、ヒメコウゾ、カヤツリグサ、ヒメガマ、アオギリ)の糸・



図11 繊維が取れる植物を案内したタグ

植物の繊維

みなさんは、「繊維」というと何を思い浮かべますか？
綿、麻、羊毛、絹などの「天然繊維」、
それらを編んで作られた「化学繊維」など、
私たちは、様々な繊維に囲まれて暮らしています。

中でも、身近な環境から手軽に入手できる「植物の繊維」は、
驚くべきことのないほど昔から、
生活や文化を形作る素材として、人々を支え続けています。

■「植物の繊維」がとれる場所
植物の繊維は、種によって、茎(幹)や、種子の毛から取り出すことができます。

クズ、アオギリ、カヤツリグサ、ヒメコウゾ、ヒメガマ、アオギリ

その中でも、茎の「鞘皮」と呼ばれる部分が、
古来から選択的に利用されてきました。

植物から「繊維」を取り出そう!

日本人にとっては、身近な環境に生育する、なじみ深い野草である「クズ」を例に、「植物多様性センター」の、植物から繊維を取る過程をご紹介します。

クズを採る
秋の七草でおなじみのクズは、生育旺盛な多年草で、空き地や草原、住宅街でも見ることが出来ます。マメ科の大型のツル植物で、長さ10mを越えます。

Yulを採取する
繊維を得るためには、Yulはなるべく長く、小さくは少ないものを選びます。**若葉が木質化してないYul**が適しています。

Yulから「芯」を取り除く
糸・布、紙の素材に適した「鞘皮」は、Yulの皮から取れます。芯から得られる繊維は、もろく折れやすいので、取り除きます。皮は、Yulの切り口から引っ張ると、簡単にはがすことができます。

学習園の植物でつくるちよつと珍しい!? 糸・布、紙

繊維として伝統的に利用されてきた植物種をヒントに、利用があまり一般的でない植物でも、糸・布、紙づくりに挑戦しました。

■ **アオイ科 アオギリ**
アオイ科はシナノキの鞘皮、ワタの綿毛が布の素材として利用されます。植物多様性センターでは、日本で昭和ころまで傘の代用品として、縄やむしるの素材に使われていたこともある「アオギリ」の鞘皮から繊維を取り出してみました。

■ **カヤツリグサ科 カヤツリグサ**
古代エジプトでは、アフリカ原産の「カミガヤツリ」から、筆記媒体「パピルス」が作られていました。パピルスは、3,000年以上前の遺跡からも発掘されています。植物多様性センターでは、長期保存できる性質に着目し、同じカヤツリグサ科である「カヤツリグサ」から繊維を取り出してみました。

■ **ガマ科 ヒメガマ**
ガマ属の植物は、アイヌの人々の生活文化の中で利用され、葦藁を使ったゴザや縄が作られていました。植物多様性センターでは、その質感から、葦藁の緑の薄い部分は繊維になる素材ではないかと考え、細かく裂いて利用してみました。

「植物の繊維」を利用する生きもの

人間のほかに、様々な生きものが植物の繊維を巧みに利用して生活しています。

■ **繁殖のために利用する**

野鳥
鳥は、巣を作るために植物の繊維を利用します。クズやアオギリの繊維は、鳥の巣の材料として利用されています。

ミノガのなかま
ミノガのなかまは、植物の繊維を利用して巣を作ります。クズやアオギリの繊維は、ミノガのなかまの巣の材料として利用されています。

スズメバチやアシナガバチ
スズメバチの巣の素材は「紙」の繊維です。紙は、繊維の繊維でできています。これが、蜂が利用されるきっかけとなりました。

■ **エネルギーとして利用する**

セルロースの分解者
セルロースは地球上に最も多く存在する炭水化物ですが、白色紙や繊維や褐色腐植層と呼ばれる腐らせた炭酸塩、エネルギーとして利用することができます。

草食動物
草食動物は、胃や腸にセルロースを分解する細菌がいることにより、植物を食入的的にエネルギーを得ることが出来ます。

図10 「植物の繊維」展示パネル A: 導入。 B: 植物から「繊維」を取り出そう! C: ちよつと珍しい!? 糸・布、紙。 D: 「植物の繊維」を利用する生きもの。



図12 発生材（クズ）の加工



図14 コガタスズメバチの巣



図13 ヒメガマから取れた繊維と加工品

布、紙の実物、和紙と洋紙、木材とパルプの実物も展示し、更に理解が深まるように工夫した（図12、図13）。

センターならではの視点として、人と植物の関わりだけでなく、動物による巣材やエネルギー源としての植物の繊維の利用事例についても紹介した。洋紙発明のきっかけとなったスズメバチの巣やアシナガバチの巣は、園内で採取した実物を展示した（図14）。

植物から繊維を取り出し、その繊維を使って糸・布、紙を作るには、相当の時間を要したこと、また植物学的な側面から、植物の繊維にアプローチした文献等の資料が少なかったことなどから、当初の予定より展示物の作成が遅れ、構想から1年以上の試行錯誤を重ね、今回の展示を実現することができた。

当初は、来園者に布や紙に触って質感を楽しんでいただく予定であったが、新型コロナウイルス感染症拡大防止のため、市販の額縁を加工した木枠やプラシャーレに封入し、目で見て質感が伝わりやすいよう工夫して展示を行った。

ツイッターを見て、エントランス展示の見学を目的とされ

る来園者が多数あった。「実物が比較できておもしろい」、「この布を作るのにどれくらい時間がかかったのか」などの感想や質問を多数いただくなど、非常に反響があった。特に、製作における工夫や苦勞について興味を持つ来園者が多く、布や紙を職員が手作りしたことも、好評の一因であったと考える。

前回の「イネ科植物」をテーマとしたエントランス展示（2021年9月7日～12月5日）から始めた解説図の配布が好評だったことから、今回の展示では、セルフガイド「植物の繊維」を作成し、展示開始と同時に配布を開始した。2021年12月7日～2022年1月10日までの期間でセルフガイドを100枚配布し、学習園での植物観察やご自宅での振り返りに役立ててもらうことができた。また、この展示物を活用し、植物の繊維に関するガイドツアーを実施した。予め用意した剪定の発生材を用いて、繊維を取り出す体験を行ってもらったところ、参加者に大変好評であった。

引用文献

照井進介（2015）神代植物公園植物多様性センターにおける東京都内に生息する絶滅危惧植物の保全に関する取組。日本植物園協会誌 50: 158-161.

照井進介（2017）神代植物公園植物多様性センター5年のまとめ。都市公園 219: 62-65. 東京都公園協会.

高山植物栽培の技術開発：挿し芽による 絶滅危惧種キタダケヨモギとチシマツメクサの増殖例

Development of technology for alpine plant cultivation: Propagation of endangered species, *Artemisia kitadakensis* (Asteraceae) and *Sagina saginoides* (Caryophyllaceae) by cutting

村井 良徳^{1,*}・坪井 勇人²・風間 勇児²・高木 理江¹・二階堂 太郎¹・尾関 雅章³
Yoshinori MURAI^{1,*}, Hayato TSUBOI², Yuji KAZAMA²,
Rie TAKAGI¹, Taro NIKAIDO¹, Masaaki OZEKI³

¹国立科学博物館筑波実験植物園・²白馬五竜高山植物園・³長野県環境保全研究所

¹Tsukuba Botanical Garden, National Museum of Nature and Science,

²Hakuba Goryu Alpine Botanical Garden, ³Nagano Environmental Conservation Research Institute

日本植物園協会の植物多様性保全拠点園では、関係機関と連携しながら絶滅危惧種などの日本の希少な植物の栽培増殖を行っている。筑波実験植物園や白馬五竜高山植物園では、様々な高山植物の栽培・増殖に関する技術開発に取り組んでおり、今回は環境省により絶滅危惧I類に指定され、100年後の絶滅確率が100%という危機的な状況にある（環境省自然環境局野生生物課希少種保全推進室 2015）、キタダケヨモギ *Artemisia kitadakensis* H.Hara et Kitam. やチシマツメクサ *Sagina saginoides* (L.) H.Karst. について、挿し芽（挿し木）などによる増殖例を紹介する。

キタダケヨモギは、キク科ヨモギ属の多年草で、北岳などの南アルプスのごく一部にのみ自生する高山植物である。分布が非常に限られるため、絶滅危惧種IB類（EN）に指定されており、生育域内での保全はもとより生育域外での保全も望まれる。これまでに、株分けによる増殖方法が試行されており、わずかにでも芽および根がついた茎であれば、ポット（硬質ポリポット 9 cm 深型）に植え付け、筑波実験植物園の圃場ハウス内（日中の光合成有効放射 PAR: 約 150 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、温度: 20°C 前後）などで栽培することにより、順調に生育させることができている（Murai 2020）。もう少し詳しく説明すると、まずポットの底 1~2 cm には軽石を入れ、赤玉:鹿沼:軽石 = 4:5:1（全て小粒）をよく混合したものを基本用土としている。またなるべく根詰まりを起

さないようにするため、用土の微塵は十分に洗い流した状態で植付けを行っている。根が乾きすぎないように適宜灌水して栽培すると、1ヶ月ほどで根の伸長や葉の展開がみられ、その後も順調に株が生育する。株のごく一部分から増やすことができるため、自生個体を利用する場合も、株の大部分は現地に温存できる方法である。

さらに今回、キタダケヨモギの株分け以外の増殖方法として、挿し芽でも増やすことに成功したので、その詳細を記す。茎を2~3節ほど切り取り、下部の葉は除去して、2時間吸水させた後、株分けの際と同じ組成の用土を挿し床とした。用土と根が乾きすぎないように適宜灌水を行っている。また今回は、病害虫のリスクや周辺の環境変化などが実験に与える影響をなるべく排除するために、国立科学博物館の研究室内にある人工気象器（LH-120S、日本医化器械製作所）を利用した。人工気象器の設定条件は、6時から18時までは明条件（蛍光灯: NEC FL20SEX-N-HG 昼白色、光合成有効放射 PAR: 約 120 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ）で 20°C、18時から6時までは、暗条件で 10°C に設定した。この実験を繰り返し行ったところ、50%以上の確率で、挿し芽による増殖に成功した。挿し穂には、茎の中央部などよりも、若い穂先がついた茎を利用した方が、成功率は高かった。そこで穂先のみを利用して、他の条件（室温 22°C 一定に設定した部屋で発根促進剤や LED 照明なども利用）でも挿し芽を行ったところ、さらに高い確率で成功している。今後も改良を行い

* 〒305-0005 茨城県つくば市天久保4-1-1
Amakubo 4-1-1, Tsukuba, Ibaraki 305-0005
murai@kahaku.go.jp

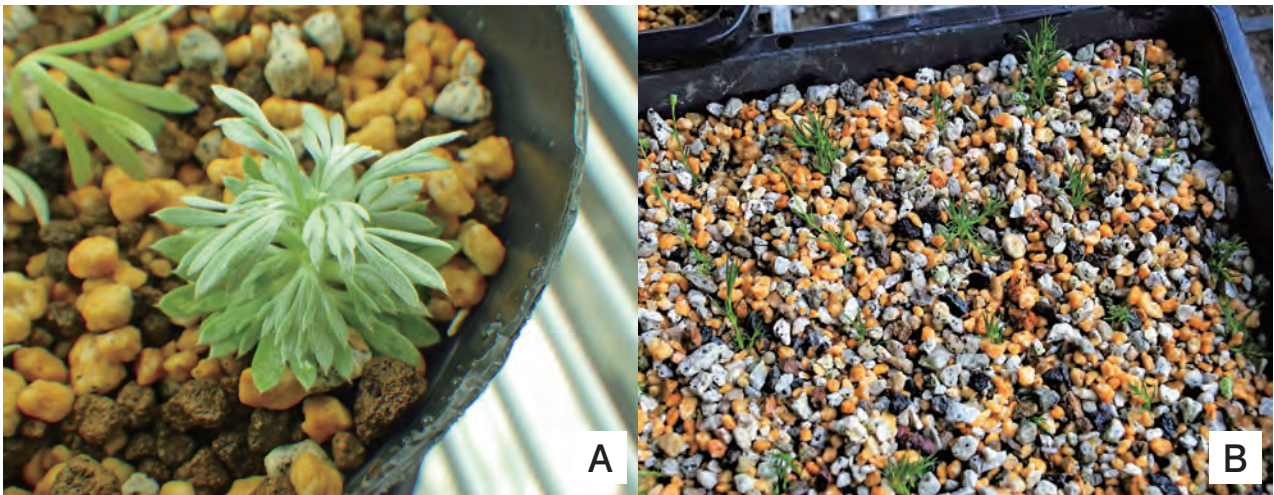


図1 挿し芽の様子 A: キタダケヨモギ (人工気象器内)。B: チシマツメクサ (屋外圃場)。

たい。

前述のように、株分けや挿し芽によりキタダケヨモギを安定的に増やすことには成功しているが、遺伝的多様性の確保の観点からは、本種を開花させ、クローンではない別個体同士を交雑させて種子を得ることも重要と考えられる。しかし、圃場ハウス内の栽培では開花には至っていないため、光や温度、栄養などの条件を変えて栽培を行うと共に、さらに株分けて増殖させた個体を、多くの高山植物が良好に開花している標高約1,500 mの白馬五竜高山植物園において生育させるなどして、開花に必要な条件の検討を進めている。開花について成果が得られた際には、改めて報告を行いたい。

次にナデシコ科ツメクサ属のチシマツメクサの増殖例についても紹介する。チシマツメクサは、周北極地域に広く分布するが、日本では、北海道や北アルプスなどの一部に分布が限定され、絶滅危惧IA類に指定されている。これまでに、日本植物園協会のプロジェクトにより白馬岳周辺から採集した種子を用いて実生栽培を行い、開花させることにも成功しているが、その過程で白馬五竜高山植物園の圃場において挿し芽で増殖が可能とも明らかとなった(坪井ら2022, 坪井ら2023)。具体的な方法としては、7月末に充実した大きさに成長した株を用いて、穂先の茎を3 cmほどに切り取り30分程度吸水させた後、鹿沼土単体、または鹿沼土:軽石=1:1(全て小粒)の混合用土に茎を半分程度挿した。栽培環境は標高約1,500 mの屋外圃場とし、灌水頻度はポットに植栽した苗と同一条件下にて2日に一回程度とした。結果として約1ヶ月後の8月末には鹿沼土単体の用土では30%程度、混合用土では70%程度の確率で茎の節から5 cm程度の根の伸長がみられた。発根した挿し芽はポット

への移植を行ったところ、その後も十分な生育がみられた。

種子から実生栽培した株や挿し芽で増やした株は、発芽や発根から1年ほど経つと、枯死してしまうことが多い。この傾向は、自生地に近い環境である白馬五竜高山植物園での屋外栽培をはじめ、筑波実験植物園での圃場ハウス栽培、さらに人工気象器での栽培などでも共通して観察されている。チシマツメクサを長期間維持するための栽培技術の確立も期待されるが、成功率が非常に高い挿し芽を用いることで、安定的に株の更新ができると考えられる。特に、前述のキタダケヨモギと同じ人工気象器内での挿し芽では、80%以上の非常に高い確率で成功している。さらに、栽培中の株に枯れはじめの兆候(葉や茎などの萎れ)が出た後でも、速やかに前述の方法で挿し芽を行えば活着することも分かっており、域外保全株を維持するためには大変有効な手段と考えられる。

引用文献

- 環境省自然環境局野生生物課希少種保全推進室(編)(2015)レッドデータブック2014—日本の絶滅のおそれのある野生生物—8 植物I(維管束植物). ぎょうせい, 東京.
- Murai, Y (2020) Phenolic compounds from *Artemisia kitadakensis* endemic to Japan. Bulletin of the National Museum of Nature and Science, Series B, 46 (2), 89-93.
- 坪井勇人・村井良徳・尾関雅章(2022)白馬岳の絶滅危惧植物の域外保全. 日本植物園協会第57回大会・総合プログラム.
- 坪井勇人・村井良徳・尾関雅章(2023)白馬岳の絶滅危惧種の域外保全—種子による栽培から開花・結実まで—. 日本植物園協会誌 57: 60-65.

筑波実験植物園のクレマチス栽培における暑さ対策

Heat management in cultivation of *Clematis* at Tsukuba Botanical Garden

大内 哲郎・二階堂 太郎・村井 良徳*

Tetsuo OUCHI, Taro NIKAIDO, Yoshinori MURAI*

国立科学博物館筑波実験植物園

Tsukuba Botanical Garden, National Museum of Nature and Science

クレマチスは、キンポウゲ科センニンソウ属 (*Clematis*) の総称であり、色や形が非常に多様な花が楽しめる植物のため、近年園芸植物として大変人気が高い。筑波実験植物園のクレマチス園では、例年ゴールデンウィークから6月上旬頃まで「クレマチス園公開」を開催し、野生種・園芸品種あわせて330種類以上のコレクションのうち、約250種類を公開している。また植物多様性保全拠点園として、日本各地のカザグルマ (図1) など、絶滅危惧種の系統保存と展示も行っているが、株や展示資材の老朽化やモグラによる被害などの問題もあり、その対応も行いながら、来園者が見やすく、分かりやすい展示となるように改善を行っている (村井 2019)。特にここ数年の大きな問題としては暑さがある。夏には40℃を超える日が続くなど、暑さが大変厳しい。もともと暑さに弱い系統をはじめ、それ以外の系統でも、夏の間には状態が悪くなり枯死する個体もあったため、対策に取り組

んでいる。今回はその暑さ対策について、いくつか紹介する。

まずクレマチスには野生種に基づく系統があり耐暑性も異なるため、当然のことながらモンタナ系などの野生種が高標高地域に自生し暑さに弱い系統は、なるべく涼しい場所で管理することを心掛けている。このような系統は、クレマチス園内でも外周部の木本類により日陰ができる場所などに植栽している。ただし近年では、暑さが激しく午前中に光が差し込むだけで、株が弱り蔓も枯れる (旧枝咲きは翌年に花が咲かなくなる) ことが多いため、植栽棚に遮光ネット (ダイオラッセル 1700 黒、遮光率70~75%、ダイオ化成株式会社) をかけ、日除けをしており (図2A)、さらに資材に高さがあり株の全体を覆うことが難しい場合は、株元だけでも覆うようにしている (図2B) (村井 2021)。このような遮光により、厳しい暑さの中でもクレマチスが順調に生育するようになった。またバックヤード (圃場) でも、遮光や換気などを行うことにより、ハウス内がなるべく涼しくなるように心掛けているが、暑さに弱い系統をはじめ、生育不良で養生中の株などは、他のクレマチスの管理場所よりも涼しいハウスに移動させ、夏越しをさせている。また灌水を夕方涼しい時間帯に行うのも効果的である。

次に、ガーデンモスを用いたマルチングによる暑さ対策についても紹介する。そもそもガーデンモスのマルチングは、暑さ対策よりもむしろ雑草対策として導入したものであった。過去には、園内の伐採木をウッドチップにしてクレマチス園でマルチングに使用していたが、病気が大量発生したという履歴があり、その後はクレマチスの株元へのマルチング自体を控えていた。しかし、除草作業にかかる負担は大変大きく、その解決方法を検討した結果、マルチングの必要性が



図1 クレマチス園内のカザグルマ (群馬県産) この花の自生地はダム開発により消失。

* 〒305-0005 茨城県つくば市天久保4-1-1
Amakubo 4-1-1, Tsukuba, Ibaraki 305-0005
murai@kahaku.go.jp



図2 遮光の様子 A：株全体。B：株元のみ。

高まった。予算が限られるなか、市販のウッドチップは高額で手が出せなかったため、代わりに利用できる資材を探し、比較的安価なガーデンモス（今市木材開発協同組合）で試行することにした。市販されている有名なヤシの実チップを使う場合と比べると、購入費用を4～5割ほどに抑えることができる。2020年から予備的にガーデンモスをクレマチス園内の一部に敷いたところ、周辺と比べて雑草を抑制する効果が見られた。さらに夏の暑い時期に、ガーデンモスの状態を確認していた際に、ガーデンモスの中に手を入れたところ、下部がひんやりと冷たく感じ、土壌を確認すると周辺と比べて湿り気があることにも気付いた。これはガーデンモス以外でのマルチングでも見られることがあるが、土壌の水分の蒸散を抑制し、さらに土壌が高温化するのを防ぐ効果があり（井上 2007）、クレマチス園における暑さ対策としても非常に有効ではないかと考えた。そこで2022年は、客観的なデータにより前述の効果を確認するために、クレマチス園内の日当たりのよい一角に、5 cmの厚さ（マルチングの効果が期待される十分な厚さ）にガーデンモスを敷きつめた区画を準備し、ガーデンモスによるマルチングのあり/なしで、その地温と土壌水分（体積含水率）の比較を行った（図3）。土壌環境測定には、METER社（旧Decagon Devices社）のセンサー（5TM）とロガー（ZL6）を使用し、クレマチスの根がある地中16～22 cmの深さにセンサーを設置して1時間ごとに測定・記録を行った。その結果、例えば6月から9月までの地温を比較すると、ガーデンモス処理なしが6月：23.5℃、7月：28.1℃、8月：28.9℃、9月：26.3℃と推移したのに比べて、ガーデンモス処理を行うと、6月：22.5℃、7月：27.0℃、8月：25.7℃、9月：22.1℃と地温が低く抑えられており、特に暑い8月、9月はその効果が顕著であった。また土壌水分も、処理なしは6月：20.2%、7月：19.4%、8月：19.1%、9月：19.3%と推移したのに比べて、ガーデ



図3 マルチングによる地温と土壌水分の比較実験
A：無処理区。B：ガーデンモス処理区。

ンモス処理では6月：22.2%、7月：22.2%、8月：24.2%、9月：26.2%と土壌水分が高くなり、やはり暑い夏の間の保水効果が大きくなることが示唆された。

近年では夏の厳しい暑さにより、水切れを起こしたり、その反対に降雨や灌水後の高温で地温も高くなり根腐れを起こすなどして、枯死する株まで出ていたが、ガーデンモスによるマルチングにより、その状況は改善してきている。ガーデンモスによるマルチングの注意点としては、ガーデンモスの表面が極度に乾燥していると水をはじくことがあるため、その場合は灌水などを十分に行う方がよい。またガーデンモスは、完全に雑草を抑えられる訳ではないため、除草を行う必要がある（回数は少なくなる）ほか、少しずつ分解するため、適宜補充する必要もある。ただしそれらを考慮しても、予算が限られる中、コストを抑えながら、除草の手間の削減と暑さ対策を同時に行うことができる効果的な方法と考えられる。今後も、その他の暑さ対策を含めて改良などを加えながらうまく活用して、貴重なクレマチスコレクションを維持・発展させて行きたい。

引用文献

- 井上光弘（2007）種々のマルチ材による土壌面蒸発抑制と温度環境. 農業および園芸 82: 683-686.
 村井良徳（2019）筑波実験植物園におけるクレマチスの展示と絶滅危惧種の保全. クレマチス 48: 1-5.
 村井良徳（2021）クレマチスの多様性を守り・伝えるための取り組み. クレマチス 49: 13-16.

東南植物楽園におけるザーバオバブ（アオイ科）の屋外開花 The outdoor flowering of *Adansonia za* (Malvaceae) in the Southeast Botanical Garden

仲井間 歩
Ayumi NAKAIMA

東南植物楽園
Southeast Botanical Garden

ザーバオバブ *Adansonia za* Baill. はマダガスカル島の中西部から南部一帯に分布しており、小葉の柄が長く、葉が垂れるのが特徴のアオイ科の木本である。樹形は生育地により異なり、円柱形、やや上部が細くなった瓶形、ずん胴、と様々あるとされる。自生地では雨期にオレンジ色の花を咲かせる。

東南植物楽園には、2014年8月に旧「ひめゆりパーク」跡地（2005年10月閉園）より21本を移植した。2014年移植当時のサイズは、いずれの株も樹高は約10m、幹周り約2m程度であった。この21本のザーバオバブは、1983年に沖縄県糸満市のサボテン公園「ひめゆりパーク」がオープンする際に導入されたものであり、マダガスカルで入手した種子を育成したとの記録がある。本稿では、このザーバオバブの開花の経緯を報告する。

今回開花したのは、この21本のうちの東南植物楽園内植物園エリア『バオバブの杜』にある2株（図1の個体2および個体4）で、計9花が確認された。2022年9月の開花時点で、個体2が樹高約10m、幹周り約2m、個体4が樹高約

13m、幹周り約2.1mであった。

9月15日午後3時頃に、個体2（図2）の株元にて落下花（花A：図3）を発見した。樹上を探したところ、開花中の



図2 個体2の開花時の様子



図1 東南植物楽園 植物園エリア『バオバブの杜（もり）』におけるザーバオバブの植栽位置



図3 落下した花（花A）

花（花B）が確認された（図4）。この時点で、個体2に雌蕊のみが残っている状態の花を2個（花C、D：図5）が確認できたことから、9月12日頃に既に2個の花が開花していた可能性がある。さらに、個体2の樹上には、2個の蕾（花E、F）が確認できた（図6）。



図4 個体2に開花中の花（花B）



図5 開花して花弁が落下した後の花（花C、D）。細長い雄蕊が見える。



図6 個体2の蕾（花E、F）

16日午後4時頃、花Bの落下を確認した。花弁は幅が約0.8cm、長さ約9.5cmで5枚あり、色は外側が橙黄色で内側が赤橙色。萼は幅約1cm、長さ約13cmで5裂し、カール状となり、色がつぼみの時から変化のない緑色。雄蕊は長さ約8.5cmで85本あった。

18日未明頃、花E、Fが開き始め、午前8時頃に開花を確認した（図7）。

19日午前8時頃、個体2に前日まで未確認であった蕾が開花した（花G）。この花は全開せず不完全な開花であった。

20日午前8時頃、花E、F、Gの落下を確認した。花Gは雌蕊ごと落下していた。雌蕊は1個で、長さは約14cmであった。また、個体2に長さ約50mmの蕾（花H：図8）を確認した。

21日8時頃、花Hの蕾が肥大するのを確認した。長さは約60mmであった。22日8時頃には、さらに肥大が進行し、最初に確認した時点より長さ1.5倍程度（約80mm）になった。

22日午前11時頃、個体4に、前日まで未確認の1花の開



図7 開花した花（花E、F）



図8 個体2の蕾（花H）



図9 個体4に開花中の花（花I）



図10 液浸標本にした花



図11 シリカゲルで乾燥させた花器（上段左から、花Aの雌蕊、雄蕊、花弁2枚のみ、萼3枚のみ。下段左から、花B、花Hの花全体）

花を確認した（花I、図9）。24日午前8時頃、個体2の花Hが開花し、25日午後には落下した。

個体2は15日の開花確認からこの日までに計8花の開花、個体4は1花のみの開花となった。

花は液浸標本（図10）、およびシリカゲル乾燥標本（図11）として保存を試みた。

開花との関連性は不明であるが、開花時の気象条件を以下に示す。2022年9月9日～12日は大潮であった。9月3日に台風11号、10日に台風12号、17日に台風14号と、3週連続で沖縄本島に台風が接近し、3～5日、10～12日、16～18日、とにわか雨や強風が3日ほど続き、それ以外は概ね曇りときどき晴れ間があり、月間降水量は378.5mmであった。月平均気温は28.3℃、平均湿度83%、月間日照時間は161.4hであった。

東南植物楽園内植物園エリア『パオバブの杜』は完全屋外で土壌は粘土質である。個体1～個体3（図1参照）付近にてトックリヤシ *Mascarena lagenicaulis* の幼木を育苗している。また、2020年10月からは個体15、16から左部分を区切り、ヨナグニウマの放牧展示を行っている。

開花株同定および導入歴の確認にあたり、一般財団法人進化生物学研究所理事長の湯浅浩史所長、日本樹木医学会沖縄県支部理事の樋口純一郎理事長のご協力を頂きました。感謝申し上げます。

引用文献

- 気象庁ホームページ<<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>>（2022年11月10日アクセス）
- 近藤典生（1997）進化生研ライブラリー2 パオバブ ゴンドワナからのメッセージ。財団法人進化生物研究所・東京農工大学育種学研究所。信山社。東京
- 吉田彰（1995）パオバブ。植物の世界 76。週刊朝日百科。7_99-7_102。朝日新聞社。東京・大阪

オッテリア・メセンテリウム（トチカガミ科）の開花

The flowering of *Ottelia mesenterium* (Hydrocharitaceae) in Tsukuba Botanical Garden

渡邊 嘉人・二階堂 太郎・田中 法生*
Yoshito WATANABE, Taro NIKAIDO, Norio TANAKA*

国立科学博物館筑波実験植物園
Tsukuba Botanical Garden, National Museum of Nature and Science

オッテリア・メセンテリウム *Ottelia mesenterium* (Hallier f.) Hartog (トチカガミ科) (図1) は、多年生の沈水性水草で、インドネシア・スラウェシ島の約50km四方の範囲にあるマリリ湖水系 Malili Lake System (トウティ湖 Lake Towuti, マタナ湖 Lake Matana, マハロナ湖 Lake Mahalona) のみに分布する、地域固有種である (Hummel 2020, Kasselmann 2020)。葉が激しく波打つのが特徴で、その特異な形態と地域固有性の価値から、観賞用水草として稀に流通している。

本種は、栽培が極めて難しく、水草としての継続的な栽培は不可能とされてきた (Kasselmann 2020)。国立科学博物館筑波実験植物園では、本種の継続的な栽培と開花に成功したため、その栽培条件と開花記録について報告する。

栽培条件

1) 水槽の仕様

栽培個体は、日本へ観賞用に輸入されたものを2018年2月16日に筑波実験植物園に導入し、水槽内に植え付けた。導入時には、葉のほとんどは溶けていたが、葉の成長点と根の一部は残っていた。

ガラス温室内に設置したガラス水槽（幅60cm、奥行30cm、高さ36cm）を栽培に用いた。ガラス温室は、冬期は暖房、夏期は冷房を稼働して、最低気温15℃、最高気温30℃の範囲で維持されている。

水槽内の環境は、自生地の環境を参考にした。自生地の湖底の土壌は砂泥で、水質は1981年7月の計測値で、全硬度：マタナ湖6.0°dH（トウティ湖3.4）、水面の水温：29℃、水深2mの水温：28.5℃、電気伝導度：185μS/cm（同

120μS/cm）、pH：約7（同約7）と報告されている (Cook and Urmi-könig 1984)。これらの情報から、硬度を高く、栄養塩類も十分に与えることが必要と推測し、川砂（つくば市産、粒系1mm未満）、珪砂（粒径2～3mm）を6：3の割合で混合して深さ4cmの底床とし、そこに0.7の割合で栄養系水草用ソイル（アマゾン・パウダー、ADA社）を、0.3の割合でサンゴ砂細粒を底床の上に敷いた。水は、筑波実験植物園の井水（pH7.8前後、電気伝導度180μS/cm程度）を用いた。この結果、水槽の水質は、pH7.5程度、全硬度6.0-9.0°dH、電気伝導度200μS/cm程度で維持された。

自生地の光量は不明であるが、本種は透明度が高いとされるマリリ湖水系の水深80-250cmに生育すると報告されている (Cook & Urmi-König 1984) ため、強い光量は適さ

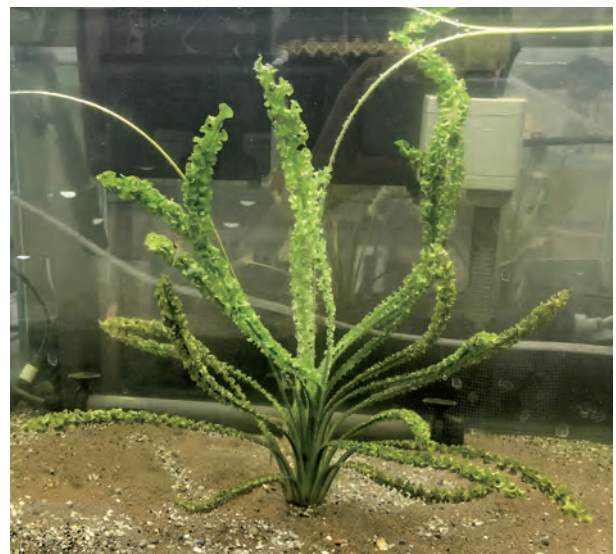


図1 筑波実験植物園で栽培しているオッテリア・メセンテリウム 波打つ葉が特徴で、観賞価値が高い。

* 〒305-0005 茨城県つくば市天久保4-1-1
Amakubo 4-1-1, Tsukuba-shi, Ibaraki 305-0005
ntanaka@kahaku.go.jp

ないと判断した。直射光は午前中と夕方のみ当たる場所に設置し、20W蛍光灯3本を7時間点灯した。天候による変動が大きい参考値ではあるが、蛍光灯直下でのPAR（光合成有効放射）は、10月の晴天時で $250\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{sec}$ 、曇天時で $170\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{sec}$ であった。

自生地の水中二酸化炭素濃度は不明であるが、添加による弊害は考えにくいため、炭酸ガスを3秒に1滴の量を、8-17時（9時間）添加した。

2) 管理方法

換水は、週に一度、全水量の3分の1程度を、筑波実験植物園の井水で行った。換水の際に、株元に溜まった汚泥をクリーナーホースで吸い出した。

追肥として、2週間に一度、液体肥料（フローラプライド、テトラ社）を標準濃度の4分の1程度、固形肥料（イニシャルスティック、テトラ社）を4ヶ月に一度、2粒×4カ所、根元から10cm程度離れた底床内に埋めた。

付着性の糸状緑藻類の除去を主な目的として、ミナミヌマエビ約20匹を水槽内で飼育した。本園での栽培では、この緑藻類の付着状況が本種の生育状態に大きく影響していたため、ミナミヌマエビの数を調整することで、緑藻類を排除することに気を配った。なお、緑藻類の量に合わせて個体数を調整した状態では、ミナミヌマエビによる葉の食害は確認されなかった。

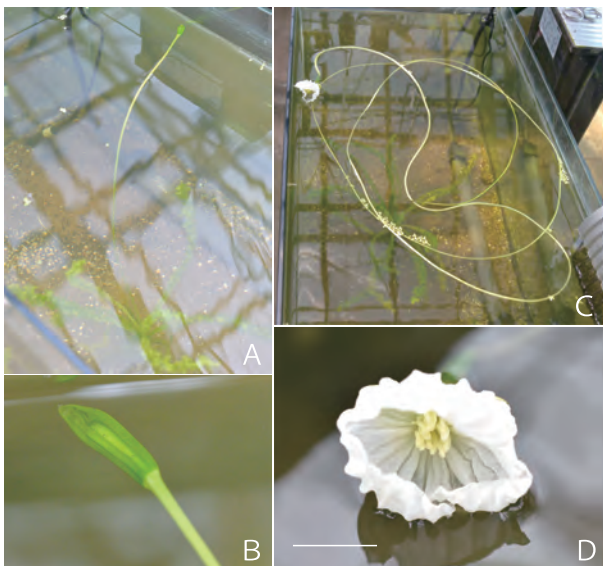


図2 筑波実験植物園で開花したオッターリア・メセンテリウムの雌花 A：柄が伸長し、雌花を含む苞鞘が水面に達した様子。この後さらに柄を伸ばして、およそ1週間後に開花した。B：苞鞘は1個の雌花を包む。(A、Bとも2018年5月25日撮影) C：伸長した苞鞘の柄は、水面に浮かぶ。D：雌花。雌しべの見える部分は柱頭面である。スケールバーは2cm。(C、Dとも2018年6月4日撮影)

開花状況

栽培を開始してから、約4月後の2018年6月4日に、筑波実験植物園において初めて開花した（図2）。開花した花は雌花であった。本種は雌雄異株であるため、今回筑波実験植物園に導入された個体は雌株であることが判明した。

株元から、苞鞘の柄は伸長して水面に達した後もさらに伸長を続け、とぐろを巻くように水面に横たわる（図2A-C）。およそ150～180cm程度になることが多い。これは、Cook & Urmi-König (1984) の最大150cmまで伸長するとの記述と同等かそれよりも長い。本種は虫媒花と考えられ、花はちょうど水面に咲くため（図2D）、送粉を行うには花が水面に達しさえすればよいはずである。本種の生育地の水深が80-250cmであることから、自生地ではちょうど水面まで伸長していると推測される。筑波実験植物園における栽培では、水槽の浅い水深でも、自地に合った花序柄がそのまま生じているようだ。一般的に、水草の花の柄は水深に合わせて伸長することから、本種の性質は興味深い。

1つの花序に1つの雌花のみが形成された。これは、Cook & Urmi-König (1984) の記述（雌花は1花、雄花は16花以上）と一致した。開花後は、ほぼ一日で萎れた。

初開花後、2022年10月現在まで個体は継続して生育している。その間に、30回程度の開花があった。このうち、正確に記録されている開花日だけを列記すると、2018年6月4日、2018年8月3日、2018年10月5日、2018年10月16日、2018年12月21日、2019年3月3日、2021年7月2日、2021年9月10日である。つまり、少なくとも、厳冬期を除いて、ほぼ年間を通して開花することがわかった。自生地では、少なくとも7月に開花したという情報があるのみで、栽培下での開花時期の蓄積情報は今回が初めてと考えられる。なお、同時に複数の苞鞘が生じることはなかった。

国内における本種の導入事例は多数あるものの、多くは栽培開始後に葉が溶けて個体が枯れており、長期的な栽培成功と開花の事例は極めて限られている。著者が調べた限りでは、水草の販売会社で一度開花が見られたことがある程度で、それ以外のアクアリウムショップなどでの例は確認できていない。一般の方で成功されている例があるとしてもその数は極めて限られていると推測される。

今後は、雄株を導入し、栽培下での交配と結実を目指したい。開花を確認した水草販売会社では花の雌雄性については確認されておらず、輸入される個体の雌雄個体の割合などは不明である。栄養器官のみでは雌雄の判別はつかないため、時々輸入される個体を導入して開花を待つしかないだろう。

う。一方で、輸入個体は自生地からの採取個体のみと考えられることから、自生地集団の保護を踏まえた適正な輸入数を考慮しなければならない。

筑波実験植物園での本種の栽培管理において、大内哲郎、加藤真司、高木理江、手島さとみ、和知恵子の各氏にご協力をいただきました。月刊アクアライフ編集部には、開花に関する情報収集にご協力いただきました。ここに感謝申し上げます。

引用文献

- Cook, C. D. K. & Urmi-König, K. (1984). A revision of the genus *Ottelia* (Hydrocharitaceae). 2. The species of Eurasia, Australasia and America. *Aquatic Botany* 20 (1-2) : 131-177.
- Hummel, S. (2020) Botanical impressions: Mahalona Lake, Sulawesi. <<https://dennerleplants.com/en/learn/blog/mahalona-lake-sulawesi/>> (2022年10月22日アクセス)
- Kasselmann, C. (2020) *Aquarium Plants*. Aquarium Plants Publisher, Teltow, Germany.



2021年～2022年認定 日本植物園協会 ナショナルコレクション

Introduction to the JABG National Plant Collection certificated in 2021-2022

ナショナルコレクション委員会
National Plant Collection Committee

我が国には6,700種を超える野生植物が自生し、これらや外国産種をもとに古くから数多くの栽培品種が作出された。加えて、国内外から収集された野生植物、有用植物や園芸植物も栽培された結果、現在も日本各地に多くの植物コレクションが存在する。しかし、近年、流行り廃りや持ち主の不在などによって、野生植物の自生地での絶滅の懸念同様に、日本の多くの貴重な植物コレクションが消失の危機にさらされている。

日本植物園協会では、植物多様性保全拠点園活動をはじめとして、これまで野生種の絶滅危惧植物の保全を進めてきたが、さらに包括的な取り組みとして、「野生種、栽培種に関わらず、日本で栽培されている文化財、遺伝資源として貴重な植物を守り後世に伝えていく」ことを目的に、分類群や歴史、文化等の一定のテーマを持った植物コレクションを「日本植物園協会ナショナルコレクション」として認定する制度を2017年に開始した。認定されたコレクションの種や品種に関する情報等を公開するとともに、維持が困難になった時にコレクションの橋渡しをすることで、個人や愛好団体等、保全の基盤が脆弱な植物コレクションであっても、長期間安定して保全されることが期待される。

2021年6月から2022年5月までに、新たに以下の5件が日本植物園協会ナショナルコレクションとして新たに認定され、2022年5月17日に開催された協会第57回大会（岐阜県各務原市）において認定式が行われた。認定された個人、団体には認定証および認定盾を授与し、ナショナルコレクションのロゴマークの使用を許可する。

2017年7月よりナショナルコレクション認定制度を開始

し、これまでツバキやツツジ、サクラ等の伝統園芸植物をはじめとする2,201種類が認定されたことで、貴重な植物の保全が図られている。

なお、ナショナルコレクション制度の概要、申請書類、認定されたコレクションの詳細等については、協会ホームページ内ナショナルコレクション（<http://www.syokubutsuen-kyokai.jp/nc/>）を参照されたい。

第10号 「小田急山のホテル 庭園のツツジ」

Evergreen azalea collection in the garden Hôtel de Yama
小田急電鉄株式会社（東京都）

認定日：2022年3月14日

認定期間：2022年3月14日～2027年3月13日

山のホテルの庭園は、三菱財閥4代目総帥岩崎小彌太男爵の別邸が1911年（明治44年）に建築された際に整備された庭園に由来する。以来、100年に渡って管理されてきたツツジは、江戸時代に作出された他所ではほとんど見られな



図1 小田急山のホテル 庭園のツツジ



図2 ツツジ '手牡丹'（リュウキュウ系）

い30の古品種を含む84種類である。大刈り込みされたツツジは樹高3m以上の大きさに成長している株もあり、周囲の景観とともに次世代に残すべき価値あるコレクションである。

第11号 「アマミアセビとリュウキュウアセビの遺伝資源コレクション」

Genetic resources collection of *Pieris* in the Nansei Islands

京都府立植物園（京都府）

認定日：2022年3月14日

認定期間：2022年3月14日～2027年3月13日

奄美大島に自生するアマミアセビおよび沖縄本島に自生するリュウキュウアセビは、アセビと比べて大きな花を咲かせ観賞価値が高いため、園芸目的の採取により1970年代以降急速に個体数を減らし、リュウキュウアセビは環境省レッドリスト2020では絶滅危惧IA類にランクされている。京都府立植物園は、両種あわせて152個体（99遺伝子型）を自生地および栽培地から収集し、遺伝資源コレクションを構築した。本コレクションは、自生地への植え戻しにあたって十分な遺伝的多様性を有すると考えられ、自生地での生物多様性を回復させる基本材料としても重要である。



図3 アマミアセビとリュウキュウアセビの遺伝資源コレクション



図4 アマミアセビ (*Pieris amamioshimensis*)

第12号 「野生のハスおよびキバナハスのコレクション」

Collection of wild lotus and yellow lotus species

京都府立植物園（京都府）

認定日：2022年3月14日

認定期間：2022年3月14日～2027年3月13日

ハス属を含むハス科は、かつて今よりも多様で広く分布していたことが知られている。現存するハス属2種のうち、ハスは、古代から人との関わりが深く、食用や観賞を目的として交配がくり返されたため、原種や現在の分布に至った経緯が明らかでない。一方、キバナハスは、野生個体かどうかは比較的判断しやすい。京都府立植物園では、2006年から本格的なハス属の収集を開始し、海外での調査等で採集された野生種2種の19系統121個体を保有する。本コレクションは、ハス属の保全だけではなく、原種が持つ形質、生態的特性、栽培品種との遺伝的關係、および分布拡大の経過などを解明・考察する上で重要である。



図5 ハス (*Nelumbo nucifera*) オーストラリア北部産



図6 キバナハス (*Nelumbo lutea*) アメリカ合衆国ロイジアナ州産

第13号 「日本花の会 サクラの種・品種コレクション」

Species and cultivars collection of Cherry blossom of
The Flower Association of Japan

公益財団法人日本花の会（東京都）

認定日：2022年3月14日

認定期間：2022年3月14日～2027年3月13日

日本花の会が保有するサクラ属コレクションは、サクラ類を栽培・保存する施設としては国内最大級の365種類からなり、学術研究の材料としても多数利用されるなど、日本のサクラ類の遺伝資源保全に寄与している。結城農場内の桜見本園では品種の保存、啓蒙とともに品種保存園やモデルガーデンを設けており、また「桜の名所づくり」事業として、優良品種の苗木を量産し、日本各地に提供するなどの普及活動にも取り組んでいる。



図7 日本花の会 サクラの種・品種コレクション



図8 エドヒガン ‘神代曙’

第14号 「江戸椿を中心とする国営武蔵丘陵森林公園のツバキコレクション」

Collection of Edo Tsubaki and other valuable *Camellia*
cultivars of Musashi-Kyuryo National Government Park
国営武蔵丘陵森林公園都市緑化植物園（森林公園里山パーク
クス共同体）（埼玉県）

認定日：2022年3月28日

認定期間：2022年3月28日～2027年3月27日

国営武蔵丘陵森林公園は、全国初の国営公園として1974年に開園した。1976年には公園内に都市緑化植物園の建設に着手し、様々なツバキの品種を導入した。さらに1993年からは新しく椿園を造成しツバキの植栽を行い、1995年に完成した。本コレクションは、江戸時代に全国から集められたツバキをもととして、主に染井村（現東京都豊島区）で作られた豪華な重弁の花や洗練された美しさを持つ多彩な江戸椿128品種およびその他の貴重な18品種の合計146品種である。他所ではあまり見られない品種を含み、その保有数は関東有数である。開花期にはガイドツアーやツバキをテーマとした企画展示を行っており、好評を博している。



図9 ツバキ ‘紫椿’（江戸椿）



図10 ツバキ ‘藻汐’（江戸椿）

日本植物園協会第57回大会

研究発表会 発表要旨

日付 2022年5月20日

会場 内藤記念くすり博物館

口頭発表

日本の植物園における生息域外保全の質的課題

—複数園協働で種内の複数系統を保全するメタコレクションを目指して—

浅野 (田村) 紗彩¹・遊川 知久²・中村 剛^{1,3}

¹北海道大学大学院環境科学院・²国立科学博物館筑波実験植物園・³北海道大学北方生物圏フィールド科学センター植物園

アオノリュウゼツランの開花記録と人工授粉の試み

中原 充[○]・片岡 聡司・原田 尋子

大阪公立大学附属植物園

(本誌43-46ページに調査報告として収録)

沖縄県産ホザキサクラの種子発芽に及ぼす気温と光の影響

佐藤 裕之¹・具志堅 江梨子¹・島袋 徳正²・阿部 篤志¹

¹一般財団法人沖縄美ら島財団・²大宜味村文化財保護審議委員

白馬岳の絶滅危惧植物の域外保全

坪井 勇人¹・村井 良徳²・尾関 雅章³

¹白馬五竜高山植物園・²国立科学博物館筑波実験植物園・³長野県環境保全研究所
(本誌60-65ページに事例報告として収録)

ポスター発表

薬用植物トウキの採種に関する検討

佐々木 聡子^{1,2}○・佐々木 陽平¹

¹金沢大学医薬保健学域薬学類附属薬用植物園・²株式会社夕張ツムラ
(本誌25-33ページに研究論文として収録)

デンブンの観察ー植物園における教育プログラムとして

近藤 真由菜○・酒井 英二

岐阜薬科大学薬草園

(本誌55-59ページに調査報告として収録)

植物園をつなぐオンラインツアーの取り組み紹介

仲井間 歩¹・丸山 貴代¹・林 寛子¹○・野崎 香樹¹・夏井 操¹・林 浩二¹・中田 政司¹・倉重 祐二²・堤 千絵¹

¹日本植物園協会教育普及委員会・²新潟県立植物園

北大植物園における絶滅危惧種ヒダカソウ *Callianthemum miyabeianum* 生息域外保全の10年間 (2011~2020年) の成果

永谷 工¹○・稲川 博紀¹・高田 純子¹・中村 剛¹・西川 洋子²・島村 崇志²

¹北海道大学北方生物圏フィールド科学センター植物園・²地方独立行政法人北海道立総合研究機構
(本誌66-71ページに事例報告として収録)

海洋博公園に生育する絶滅危惧種コナミキの保全に向けた取り組み

福川 優希¹○・天野 正晴¹・佐藤 裕之¹・大嶺 千智²・傳田 哲郎²

¹一般財団法人沖縄美ら島財団・²琉球大学理学部

筑波実験植物園におけるナラ枯れ集中加害木の発生予察と防除対策について

筒井 杏子^{1,3}○・二階堂 太郎¹・升屋 勇人²・高橋 由紀子²・細矢 剛¹

¹国立科学博物館筑波実験植物園・²森林総合研究所・³筑波大学大学院 (生命)

薬用植物センキュウの根茎の加工による成分変化について

梁 惠芬○・安藤 広和・佐々木 陽平

金沢大学医薬保健学域薬学類附属薬用植物園

(本誌34-37ページに研究論文として収録)

希少水生植物の栽培保全：最近の成果と課題

渡邊 嘉人¹○・響田 圭又²・福田 ゆき²・槐 ちがや³・二階堂 太郎¹・田中 法生¹

¹国立科学博物館筑波実験植物園・²筑波大学・³土木研究所

神代植物公園植物多様性センターにおけるSDGsの取組について

田中 利彦○・夏目 賢一

神代植物公園植物多様性センター

(本誌96-100ページに実用記事として収録)

筑波実験植物園におけるカンアオイの根腐れ原因の調査と健全育成について

高木 理江¹○・筒井 杏子^{1,2}・二階堂 太郎¹・升屋 勇人³・奥山 雄大¹

¹国立科学博物館筑波実験植物園・²筑波大学大学院 (生命)・³森林総合研究所
(本誌7-13ページに研究論文として収録)

異なる自生地のオクトリカプトにおける栽培管理前後のアルカロイド含量および組成の比較

野崎 香樹¹○・高倉 美紅²・渥美 聡孝²・西尾 基之¹

¹武田薬品工業株式会社京都薬用植物園・²九州保健福祉大学薬学部

Ephedra equisetina の栽培研究

高野 昭人¹・中野 美央¹○・中根 孝久¹・川端 良子²・Jolibekov Berdiyev³・Ivan Ivanovich Maltsev⁴

¹昭和薬科大学・²東京農工大学・³カラカルパクスタン農業大学・⁴ウズベキスタン科学アカデミー植物研究所
(本誌14-24ページに研究論文として収録)

(氏名に付された○は発表者を示す)

日本の植物園における生息域外 保全の質的課題

—複数園協働で種内の複数系統を保全する メタコレクションを目指して—

浅野 (田村) 紗彩¹・遊川 知久²・中村 剛^{1,3}

¹北海道大学大学院環境科学院

²国立科学博物館筑波実験植物園

³北海道大学北方生物圏フィールド科学センター植物園

植物園は生株の栽培と種子保存によって絶滅危惧植物の生息域外保全の中核的な役割を担っている。日本植物園協会加盟園は2021年時点で日本産絶滅危惧植物の73%の分類群を生息域外保全しているが、これまでの生息域外保全の推進においては分類群数を増加させることが優先され、コレクションの質的な問題は精査されていない。日本の植物園の生息域外保全の質を高めるためには、同一分類群を保有する植物園間で由来自生地の情報を共有し、複数系統を分担して保全することにより全体で遺伝的多様性を高める「メタコレクション」の手法が有効と考える。そこで本研究の目的は、各植物園における生息域外保全コレクションの系統維持と記録管理の問題点と、植物園間の分譲における記録の授受と保全目的の共有についての課題を明らかにすることとした。

本研究では、コレクションの導入・増殖・分譲履歴に関するアンケート調査を実施した。調査対象は、植物園協会が2018年に行った絶滅危惧植物保有状況調査の回答に基づき、分譲された可能性がある2園以上が保有するCRの種子植物とした。対象となる110分類群を保有する32園へ、回

答期間2021年9月27日-2022年1月25日で調査票を送付した。

その結果、29園から108分類群3,332株について回答を得た。全29園を総計した各分類群の保有株数の最頻値は3株、各園における各分類群の保有株数の最頻値は1株で、生息域外保全株を喪失するリスクが高いことが示された。回答があった全ての株のうち、導入や分譲に関する記録があるのは106分類群2,716株(82.0%)の884系統(系統：各園のコレクションの中で、導入・増殖・分譲記録に基づき遺伝的に同一と推定される株を全て含む)であった。そのうち359系統(40.6%)で由来自生地の記録がなく、生息域外保全の目標である植え戻しや野生集団の補強への利用価値が低いことが示された。

全884系統の導入方法を見ると、植物園間の分譲は186系統(21.0%)を占めており、そのうち協会加盟園からの分譲は177系統(20.0%)であった。分譲に伴う記録の授受を見ると、今回の調査対象加盟園から分譲されていた119系統中55系統(46.2%)は分譲元の園内において分譲した記録が残されておらず、13系統(20.3%)で由来自生地の記録が伝えられていなかった。すなわち、分譲によって複数園で同じ分類群を保全するという目的が必ずしも植物園間で共有されていないと推察される。

日本の植物園における生息域外保全の質を高めるため、各植物園の生息域外保全コレクションの情報をまとめるインベントリーシステムに3つの機能を追加することを提案したい。①同一分類群をもつ植物園同士を引き合わせ、②由来自生地など非公開情報の共有を促し、③協働の保全計画を協議する場を提供する機能を追加することにより、複数系統を分担して日本の植物園全体で遺伝的多様性を高めるメタコレクションが実現可能と考える。

沖縄県産ホザキザクラの 種子発芽に及ぼす気温と光の影響

佐藤 裕之¹・具志堅 江梨子¹・

島袋 徳正²・阿部 篤志¹

¹一般財団法人沖縄美ら島財団

²大宜味村文化財保護審議委員

ex A.Gray)はサクラソウ科の草本で、日本では山口県、鹿児島県、沖縄県で自生が確認されている。環境省版レッドリストでは絶滅危惧IB類に指定されているが、沖縄県においては現在1地点10株程度が確認されるのみであり、危機的な状況にある。この自生地は一時期、遷移が進んで環境が変化し、その存在が確認できなくなったが、周囲の草木を間引きして明るい環境にしたところ、再発芽が確認された。このような経緯から、本種の発芽、生育に光が大きく影響すると推察された。本研究では、自生地環境保護を目的とした最適な間引き、草刈り時期を推定するため、ならびに、

ホザキザクラ (*Stimpsonia chamaedryoides* C. Wright



自生地におけるホザキザクラの様子 (Bar=10mm)

生息域外保全に向けた播種技術構築のため、沖縄県産の個体由来の種子を用い発芽に及ぼす気温と光の影響を調査した。その結果、20℃と25℃が播種15日後程度で発芽開始と最も早く、15℃と30℃で発芽の遅延、5℃と35℃で発芽の抑制が観察された。15℃から30℃における播種75日後の発芽率は74.4%から95.6%で、試験区間に有意差は認めら



明条件で栽培した播種36日後の実生の様子 (Bar=2mm)

れなかった。また、暗条件で播種した種子の36日後の発芽率は明条件におけるその半分程度と低い値を示したが、暗条件から明条件に移しさらに30日経過した種子は発芽率が向上し、明条件で66日間栽培し続けた場合と比較し有意差は認められなかった。以上の結果より、20℃から25℃が発芽適温であり、光は発芽率を向上させることが判明した。自生地近傍の平均気温が発芽適温に達するのは4月上旬から5月下旬、10月中旬から11月下旬であるため、気温のみを考慮した場合においては、この期間が間引き、草刈りの適期と推定される。今後、得られた知見を元にさらなる生息域内外の保全技術構築に向けた研究を行う。

植物園をつなぐオンラインツアーの取り組み紹介

仲井間 歩¹・丸山 貴代¹・林 寛子¹○
野崎 香樹¹・夏井 操¹・林 浩二¹
中田 政司¹・倉重 祐二²・堤 千絵¹

¹日本植物園協会教育普及委員会・²新潟県立植物園

教育普及委員会では、植物園の魅力発信、ならびに植物園同士の連携促進を目指し、各園からの短編動画を募集してつなぐオンラインツアー動画の制作を開始した。制作した動画は、本活動をきっかけにYouTubeに開設された日本植物園協会公式チャンネルにて公開した。2021年には第1弾「植物園めぐり」、第2弾「紅葉狩り」を制作・公開し、2022年春の公開に向け、サクラをメインとした「植物園の花見旅」の募集を行っている。

制作にあたって、多くの植物園を見ていただけるよう各園

の動画を30秒～1分と短く設定し、動画全体の長さを10～15分とした。第1弾の「植物園めぐり」では、全国の植物園26園にご協力いただき、東日本、西日本の2編に分けて公開した。第2弾の「紅葉狩り」では、14園にご協力いただき、季節変化を楽しめるよう10月と11月の2回にわたって動画を制作いただき公開した。中継感や地域差が出るよう、シナリオのフォーマットを統一し、他園への呼びかけや方言を取り入れた。適宜、植物解説を行うなど教育要素も取り入れた。

公開して4ヶ月以上が経過し、チャンネル登録数は250を超え、閲覧回数は2000回前後に達した。各動画のアナリティクス集計分析から、とくにSNSの宣伝効果が極めて高いことがわかった。オンラインツアーでは、SNSで個々の園を応援するフォロワーが、他の植物園を知る良いきっかけになると考えられる。問題点として平均視聴時間が3分前後と短いことから、動画の長さや順番、公開方法を検討する必要があると考えられた。第3弾では各園の動画を個別に順次公開し、オープニングとエンディングの形式を整えることで



(左) 第1弾「植物園めぐり」、(右) 第2弾「紅葉狩り」

統一感を出す方法で試行する。

今後も、全国の植物園の魅力をアピールできるよう、地域によって植物の種類や季節変化が異なる面白さを発信でき

るよう、オンラインツアー動画の制作に取り組んでいくため、引き続き加盟園のみなさまにご協力をお願いしたい。

海洋博公園に生育する 絶滅危惧種コナミキの 保全に向けた取組み

福川 優希¹・天野 正晴¹・佐藤 裕之¹
大嶺 千智²・傳田 哲郎²

¹一般財団法人沖縄美ら島財団・²琉球大学理学部

コナミキ *Scutellaria guilielmii* A.Gray (シソ科) は、本州 (千葉県、石川県以西)、四国、九州、屋久島、種子島、宝島、奄美群島、沖縄諸島、中国南部に分布する1年生草本である。沖縄県本部町に位置する海洋博公園 (以下、公園という) では、2008年に1カ所で生育が確認され、2016年には発表者の1人である天野が別の場所で生育を確認している。後者では5×5mほどの広さに数百個体が生育しており、沖縄県内の他の生育地と比較して個体数が多い。

沖縄県内における本種の生態については、フェノロジーに関する報告が1例あるのみである (齊藤ら 2020)。2016年以降に公園内で行った観察の結果、本種は毎年3月~5月に開花、4月上旬~5月下旬に結実したのち、6月には姿を消してしまうことが確認された。12月頃には、再びロゼット状に広がった姿が野外で確認されている。公園内での本種の保全を進めるにあたり、開花・結実フェノロジーを把握することに加え、種子保存特性や発芽特性、送粉生態等を解明することは重要であるが、これまで全く調査されていない。本種についてこれらの基礎的情報を蓄積することで、公園内の

生育地を維持するための適切な植物管理手法の実践や、展示・観察会等を通じた公園利用者への普及啓発の題材とすることが出来る。

そこで本研究では、種子の発芽特性、送粉生態の解明を中心に本種の生態を調査することで公園内の絶滅危惧種を取り巻く生態系サービスの一端を明らかにすると共に、保全に資する基礎的資料とすることを目的とした。

【材料と方法】

- 1) 発芽試験 (予備試験) : 公園内に自生するコナミキから2021年4月に採集した種子を用いて、5℃、10℃、15℃、20℃、25℃、30℃、35℃の7試験区を設定し、発芽試験を実施した。90日間観察したのち発芽がほとんど確認できなかったため、全て20℃の温度区画に移動し、観察を行った。
- 2) 種子繁殖に関する調査
 - ①自動自家受粉能の有無を確認するため、栽培株に袋掛け処理を施し、訪花動物を排除した状態における結果率・結実率を算出した。
 - ②①との比較のため、公園内の自生地において開花した花にマーキングを行い、結果率・結実率を算出した。
- 3) 訪花昆虫に関する調査 : 送粉者相と訪花頻度を明らかにするため、ビデオカメラ (SONY HDR- CX12) を花の前に設置し、午前と午後各3時間の撮影を複数回行った。

【結果と考察】

発芽試験では、30℃、35℃で90日間処理したのちに20℃へ移行した試験区での発芽率が有意に高かった。これは本

種の種子が休眠することを示唆しており、休眠を打破するための最適温度条件の検討を行う必要がある。種子繁殖と訪

花昆虫については現在調査中であり、大会時に結果を報告する。

筑波実験植物園における ナラ枯れ集中加害木の発生予察と 防除対策について

筒井 杏子^{1,3}・二階堂 太郎¹・升屋 勇人²
高橋 由紀子²・細矢 剛¹

¹国立科学博物館筑波実験植物園・²森林総合研究所
³筑波大学大学院（生命）

ナラ枯れは、養菌性キクイムシのカシノナガキクイムシ (*Platypus quercivorus*) (以下カシナガ) と *Raffaella quercivora* によって引き起こされる。カシナガは、集合フェロモンを放出し仲間を呼ぶ性質があり、それによって集中加害された樹木は萎凋枯死する。このため、樹木保護の現場では集中加害木を早期に発見し、被害を防ぐことが重要である。そこで本調査では、トラップの設置により集中加害される樹木を予測するとともに、適用拡大申請中のノズル式エアゾール剤をカシナガに施用することで、省力的に防除する方法を検討した。

【材料と方法】

調査Ⅰ：クリアファイルで作成した捕虫トラップ（以下、トラップ）を用いて、コナラ21本、ミズナラ9本、計30本について以下の調査を行った。

I-1：トラップの設置による集中加害木の発生予察：2021年9月21日、調査木の太さに応じ、地際から高さ40 cm付近に1器～3器ずつトラップを設置した。設置1週間後にトラップに捕獲されたカシナガの頭数を調査した。そのうち、カシナガが捕獲された個体を、カシナガの集中加害予測木（以下、予測木）とした。

I-2：調査木におけるカシナガ捕獲頭数調査：予測木には樹高2 m付近までトラップを複数器追加で設置した。予測木を含む全ての調査木において1週間おきに1ヶ月間、トラップ1器当たりの平均捕獲頭数を調査した。

調査Ⅱ：ノズル式エアゾール剤（農薬：適応拡大申請中）の試験使用と殺虫効果の調査：予測木上においてフラスコが出ている穿入孔30孔をランダムに選び、薬剤試験の対象とした。ノズル式エアゾール剤を注入した15孔と注入しなかった15孔のフラスコ排出の孔数を1週間ごとに1ヶ月間調査した。

【結果および考察】

I-1：調査木全30本のうち、コナラ1本、ミズナラ1本、計2本でカシナガが捕獲された。この2本を予測木とし「コナラ1」「ミズナラ1」とした。

I-2：9月21日から10月28日までの約1ヶ月間に「コナラ1」ではトラップ1枚当たり6.8頭、「ミズナラ1」では17.1頭が捕獲された。一方、それ以外の調査木では捕獲されなかった。よって、トラップの設置によりカシナガに集中加害される樹木を早期に発見できる可能性がある。

Ⅱ：フラスコの排出があった孔の平均は、薬剤処理区で15孔中4.2孔、無処理区で15孔中11.8孔であった。処理区の孔からは幼虫が樹皮上に這い出して死んでいる様子も観察された。ノズル式エアゾール剤が坑道内のカシナガに対して殺虫効果を示したことから、予測木へのトラップの設置とノズル式エアゾール剤の併用で、重点的且つ省力的にナラ枯れの被害を抑えられる可能性がある。ただし、当園での被害は発生初期であるため、被害程度の違いが防除効率に影響する可能性もある。今後、長期的に防除効果を検証する必要がある。

希少水生植物の栽培保全： 最近の成果と課題

渡邊 嘉人¹・轡田 圭又²・福田 ゆき²
槐 ちがや³・二階堂 太郎¹・田中 法生¹

¹国立科学博物館筑波実験植物園・²筑波大学・³土木研究所

筑波実験植物園では、絶滅危惧種や国内希少野生植物種など多様な水生植物の栽培保全を行っている。現在の課題として、1) 栽培条件未知種の栽培条件検討、2) 栽培困難種の栽培条件検討、3) 多種多系統の維持管理がある。この取り組みについて最近の成果と今後の展望を紹介する。

1) 栽培条件未知種の栽培条件検討

ナガバエビモ *Potamogeton praelongus* (ヒルムシロ科) は、国内では北海道にのみ自生し、環境省の絶滅危惧種 I A 類で国内希少野生植物種に指定されている。栽培条件を明らかにするため、水温 (15℃、20℃、25℃) と用土 (川砂・川砂+黒土・川砂+黒土+ケト土) を組み合わせて生育試験を行った。15℃区では緩やかな生育を見せ、25℃区では設置後約2週間~1か月半の間、良好な生育をするが、その後水温が高過ぎる為か葉や個体自体が溶けた。総合的に、水温20℃・川砂+黒土+ケト土を追加した区の生育が最も良好であることがわかった。当園では、挿し戻しでの増殖、種子発芽、開花・結実も確認しており、基本的な栽培保全技術が確立されつつある。また保全した個体は、展示

にも活用している。

2) 栽培困難種の栽培条件検討

オッターリア・メセンテリウム *Ottelia mesenterium* (トチカガミ科) は、インドネシアのスラウェシ島にのみ自生する。栽培困難種として知られ、長期に渡って維持できた例がほとんどない。当園では2018年2月に1個体を導入。現在まで約4年間維持し続け、その間に30回ほど開花に成功した。雌花としてはおそらく国内初開花と考えられる。自生地の湖沼域環境を参考に、低床は目の細かい川砂をベースにサンゴ砂を混ぜ込み、水質を調整した。管理してきた感覚として、葉の根元に汚泥が溜まると水の濁みが生じ、葉の根元が変色し溶けることに気付いた。このことから、換水と低床の掃除を高頻度に行うことが、長期維持のコツと思われる。本種は雌雄異株であり、当園の個体は雌株である。今後は雄株を導入し種子による増殖を目指したい。

3) 多種多系統の維持管理

植物園では、限られたスペースで多種・多系統の水草を維持する必要が生じるが、その際に交雑やコンタミが大きな問題となる。茎葉からの栄養繁殖や水を通しての種子や殖芽などの移動が起きやすい水草では特に細心の注意が必要となる。当園では、個別の水槽管理と大型のFRP水槽などでの複数管理を併用しているが、種特性や目的に合わせた使い分けを行っている。

今後の展望は、他の希少な水生植物の栽培条件確立を目指すとともに、常設展示や企画展ですぐに使用できるような仕組み作りを目指したい。



オッターリア・メセンテリウム 左：栽培の様子、右：開花した雌花

異なる自生地のおクトリカブト における栽培管理前後の アルカロイド含量および組成の比較

野崎 香樹¹・高倉 美紅²・渥美 聡孝²・西尾 基之¹

¹武田薬品工業株式会社京都薬用植物園

²九州保健福祉大学薬学部

【目的】

オクトリカブト (*Aconitum japonicum* Thunb. subsp. *subcuneatum* (Nakai) Kadota) は北海道南部から本州中部以北の日本海側に自生する多年草 (擬似一年草) で、生薬「ブシ」の基原植物である。本種は薬用に生産栽培されていることから、品種育成も盛んに行われ、成育ならびに塊根に含まれる代表的な成分であるブシジエステルアルカロイド (以下、BDA; メサコニチン、ヒパコニチン、アコニチンおよびジェサコニチン) についてすでに詳細な研究が行われている。しかしながら、本種におけるBDA含量および組成が栽培管理前後で変動するかについて明らかにされた報告は見られない。本研究では、青森県内の4地点で採取した野生個体のBDA含量および組成とこれらを数年間、同一条件下で栽培した後のBDA含量および組成との比較を行った。加えて、同一条件下で栽培した自生地間の成育の比較も合わせて行った。

【材料および方法】

2014年9月22日に4地点 (佐井村長後、佐井村穴澗、佐井村仏ヶ浦駐車場および夏泊半島大島) より採取された野生個体を武田薬品・京都薬用植物園に集め、その後、同一栽培条件下で肥培管理を行った。2020年1月15日に混合培土を充填した直径12 cmのポリポットに4地点の塊根を植え付けた。ポットあたり1球植えとし、自生地につき10球を用いた。草丈等の地上部の成育調査は茎葉繁茂期の7月31日に、地下部は地上部が枯死した12月18日にそれぞれ

実施した。野生個体採取時 (栽培前) または栽培後に掘り上げた塊根は陰干し、乾燥させた後に第十七改正日本薬局方の純度試験 (3) の方法にしたがってBDA含量および組成を測定した。

【結果】

成分分析の結果、供試した4地点におけるBDA含量 (栽培前、栽培後 mg/g) は、長後 (6.18、3.99 mg/g)、穴澗 (0.07、6.12 mg/g)、仏ヶ浦 (3.15、2.51 mg/g)、夏泊半島 (8.82、5.26 mg/g) であった。穴澗の栽培前の個体で示す通り、毒性が強いことで知られるオクトリカブトにおいてもBDAをほとんど含まない個体の存在が明らかになった。また、穴澗の個体は栽培することで顕著にBDA含量が増加した。他方、穴澗以外の3地点の個体は、栽培することでBDA含量が同程度もしくは減少した。同時に、栽培後では自生地間の総BDA含量が比較的安定化した。成分組成において、栽培前にほとんど成分が検出できなかった穴澗以外の3地点の個体では栽培前と後との間に明確な差異は認められなかった。同一栽培条件下での成育においては、萌芽または開花所要日数、ならびに草丈または節数で自生地間の差異が顕著に現れた。

【考察】

本種におけるBDA含量、組成、成育において自生地間差異が明らかになったことで、多様性保全の観点から1系統の植物種だけでなく、複数系統を保存する重要度が増した。同一の自生地においても分析の時期によってBDA含量が大きく異なったことから、BDA含量は環境要因の影響を大きく受けるものと考えられる。一方、組成においては3地点の個体で栽培前と後との間に明確な差異が認められなかったことから、遺伝的要因の関与の可能性が考えられる。最後に、自生地間で開花時期に大きなばらつきが生じた。この結果が複数系統を用いて花の鑑賞期間を延ばす等、植物園において本種の魅力を引き出す、より効果的な展示に資することを期待する。

私たちは、植物園協会の事業を支援しています

— 賛助会員（団体及び法人） —

株式会社総合設計研究所 公益財団法人日本植物調節剤研究協会
株式会社緑生研究所 公益財団法人東京都公園協会
渡辺パイプ株式会社

広告索引

NHK出版 趣味の園芸 ……………	126	日本新薬株式会社……………	128
一般財団法人 沖縄美ら島財団 ……	127	株式会社富士植木……………	128
一般財団法人 公園財団 ……………	127		
タキイ種苗株式会社……………	126		

研究発表委員（*委員長）

折原 裕	名誉会員
川北 篤	東京大学大学院理学系研究科附属植物園
酒井 英二	岐阜薬科大学薬草園
佐々木陽平*	金沢大学医薬保健学域薬学類附属薬用植物園
高野 昭人	昭和薬科大学薬用植物園
田中 法生	国立科学博物館筑波実験植物園
牧 雅之	東北大学植物園
森本 千尋	元 一般財団法人公園財団公園管理運営研究所
山浦 高夫	日本新薬株式会社山科植物資料館

日本植物園協会誌 第57号

令和5年2月発行

発行責任者 西川 綾子
編集責任者 佐々木陽平
発行所 公益社団法人日本植物園協会
東京都北区田端 1-15-11 ティーハイムアサカ201
印刷所 日本印刷株式会社

日本植物園協会誌投稿要領

1. 投稿者は、原則として、(公社)日本植物園協会(以下「協会」という。)会員または関係者であること(共著者はこの限りではない)。会員外の場合は研究発表委員会(以下「委員会」という。)の承認を経て掲載することがある。

2. 原稿の種類は、総説、特別寄稿、特集記事、研究論文、調査報告、事例報告、実用記事、開花記録、協会報告、研究発表要旨などとし、原則として他誌に未発表のものとする。海外から導入された植物を研究材料にする場合は、適切な方法で入手されたものとする。

- a. 総説、特別寄稿、特集記事は、委員会からの執筆依頼による。
- b. 研究論文は、植物、植物園および植物園活動等に関する研究の成果をまとめたもので、投稿による。
- c. 調査報告、事例報告は、植物や植物園等の現地調査から得られた植物園において役立つ史的あるいは技術的・方法的な情報、また、植物園運営における新たな取り組み事例や技術報告等で、投稿による。
- d. 実用記事、開花記録は、植物および植物園活動に関する記事や植物園内で栽培されている植物の開花に関する記事等で、投稿あるいは委員会からの執筆依頼による。
- e. 協会報告は、協会および委員会等の会議記録、海外事情調査報告等で、事務局あるいは当該委員会が執筆する。
- f. 研究発表要旨は、当該年の協会大会・研究発表会の講演要旨とする。なお、研究内容を他の種類の原稿として別途、本誌に投稿することができる。

3. 原稿の採否、掲載の順序は委員会が決定する。研究論文については、委員会委員あるいは委員が依頼した査読者の2名以上による査読を経て掲載を決定する。その他の原稿については、委員会委員あるいはその依頼者がチェックを行い、必要があれば投稿者に修正を求める。また、委員会は、投稿者の承諾を得て、図表などを含む原稿の体裁、長さ、文体などについて加除、訂正することができる。

4. 原稿本文はMicrosoft Office Wordファイルとして作成し、ファイル名は「筆頭著者の姓名」とし、拡張子を付ける。原稿の作成は、原則として、「原稿構成例」ファイルを協会HP (<http://www.syokubutsuen-kyokai.jp/business/journal.html>) よりダウンロードし、その形式を変更せずに使用して行う。原稿の用紙サイズはA4判縦使いで、上下20 mm、左右20 mmの余白を設け、本文の文字サイズは11ポイントとする。原稿中の日本語表記は、現代かなづかいの口語体「である調」とし(ただし、謝辞は「ですます調」でも可)、学術用語を除き常用漢字を使用し、学術用語の表記は原則として文部科学省学術用語集もしくは各種学会用語集に基づくものとする。句読点は「、」「。」とし、英数字および英単語以外は全角を使用する。英文では「,」「.」「:」「;」等も含めて半角を使用する。ローマ字はヘボン式とするが、固有名詞(ローマ字表記が公表されている品種名等)はこの限りではない。植物名、外国地名、人名などの表記はカタカナまたは原語のまま、属以下の学名はイタリック(斜体)とする(変種や品種等のランクを示す語、「var.」や「f.」等はこの限りではない)。学名の表記については、原則「植物和名一学名インデックス YList」(<http://ylist.info/index.html>) に従い、未掲載の分類群については「The International Plant Names Index」(<http://www.ipni.org/index.html>) に従う。ただし、学名著者が複数の場合は“et”で結び、“&”は用いない。なお、タイトルおよび要旨中の学名には命名者名をつけない。単位は、次のものを使用すること。長さ [m, cm, mm, μm]、重さ [kg, g, mg, μg, ng]、容量 [L, mL, μL]、時間 [s, min, h, d]、温度 [°C]、濃度 [mg/mL, mol/L, %]。

5. 原稿の1ページ目には、表題、著者名、所属(所属機関がない場合は住所)を和文および英文で表記する。著者、所属等が複数の場合、著者名のあと、および所属等の前に上付き半角数字を記す。また、投稿者名または責任著者名のあとに半角星印(*)を記し、ページ最下部に連絡先住所を記す(ただし単著の場合、星印は不要)。さらに、和文の要約およびキーワードを記す。なお研究論文においては、英文のSUMMARYおよびKey wordsが必要である。ただし、実用記事、開花記録、協会報告については、要約およびキーワードは不要である。

6. 和文の要約は150~300字、SUMMARYは200語以内とし、キーワード(あいうえお順)およびKey words(abc順)は、それぞれ5語程度とする。

7. 本文は、原則として、緒言、材料および方法、結果、考察、謝辞、引用文献をもって構成し、緒言と謝辞の見出しはつけない。ただし、調査報告、事例報告、実用記事、開花記録等においてはこの形式にこだわらない。

8. 本文中での文献の引用は、日本語文献については、(植物・協会 2008)、(温室 1998)、植物ら(2000)と表記し、括弧は全角、著者名と発行年の間は半角スペースとする。引用文献が複数の場合は、(植物 2000、温室 2010)と表記し、発行年順に全角カンマで区切る。同じ著者による同年発行の文献は、(協会 1990a, b)のように小文字アルファベットで区別し、全角カンマで区切る。また違う年に発行された文献は(温室 1985, 1990)と表記し、発行年順に全角カンマで区切る。英語文献についても同様とするが、著者が複数の場合は、「&」[*et al.*]で(Jones 2010, Jones & Harada 2011, Jones *et al.* 2012)のように半角で表記し、発行年順に全角カンマで区切る。年号と西暦を並記する場合は、(協会 平成4; 1992)と表記する。

9. 引用文献の一覧は、第一著者名のABC順にしたうえで、同著者の順は発行年順に配列し、本文の最後に一括して記載する。各引用文献は、著者名、発行年、表題(または書籍名)、掲載雑誌・巻・ページ(書籍の場合は、掲載ページ・出版社情報)を順に掲載する。著者が多数の場合でも共著者名は省略しない。また、雑誌名あるいは書籍名は省略しない。日本語文献では、

著者が複数の場合は「・」で区切り、発行年、巻、ページを半角、それ以外はすべて（括弧、ピリオド含む）全角とする。英語文献では、すべて半角で表記し、著者名は「(姓) (カンマ+スペース) (名イニシャル) (ピリオド)」(例: Makino, T.) と表記し、複数著者は半角カンマ+スペース (,) で区切り、最後の著者のみ「&」で繋げる。引用文献の種別毎の表記については、原稿構成例 (4項) を参照すること。

10. 図 (写真含む) は、各図A4判一枚に作成し、「図1、図2…」のように通し番号をつける。ひとつの図中に、複数の図や写真が入る場合は、各図または各写真の中に「A、B、…」を貼り込む。本文中では、(図1)、(図2A)、(図3、図4A) のように全角括弧内に引用し、数字と英語のみ半角とする。図のタイトルおよび説明文は、本文引用文献のあとにまとめてつけることとし、研究論文では和英両方併記、それ以外では和文のみとする。詳細については、原稿構成例 (4項) を参照すること。

各図はJPEG形式もしくはPDF形式で作成し、ファイル名は「筆頭著者名 (姓名)・図1」、「筆頭著者名 (姓名)・図2」とし、拡張子をつける。デジタルデータは、①300万画素以上、②1メガバイト以上、③使用サイズで350dpi以上、のいずれかの条件を満たすものとする。ただし、ファイルサイズが大きい場合は、必要最低限の解像度を保持してサイズダウンしたものを投稿し、掲載決定後、高解像度のファイルを提出することができる。

複数の写真や図をまとめて一つの図とする場合には、著者が希望するレイアウトで作成した図のPDFファイルに加え、その図の中で使用したすべての写真または図について、それぞれ個別の写真または図を提出すること。写真については、加工処理していない原本が望ましい。

11. 表は、原則として、Microsoft Office Excelファイルとして作成し、各図A4判一枚に作成し、「表1、表2…」のように通し番号を付ける。ひとつの表中に、複数の表が入る場合は、各表の左上に「(A)、(B)、…」を付け加える。本文中では、(表1)、(表2A)、(表3、表4A) のように全角括弧内に引用し、数字と英語のみ半角とする。表のタイトルおよび説明文は、各表の上部に配置する他、本文引用文献のあとにまとめてつけることとし、研究論文では和英両方併記、それ以外では和文のみとする。ファイル名は「筆頭著者名 (姓名)・表1」、「筆頭著者名 (姓名)・表2」のようにし、拡張子をつける。詳細については、原稿構成例 (4項) を参照すること。

12. 原稿本文中に、図表の挿入位置を【図1挿入】、【Table 3挿入】のように明示し、レイアウト案を提出することができる。ただし、印刷の最終的なレイアウトは委員会に任される。

13. 原稿 (図表を含む) は、電子ファイルで投稿する。投稿はメール添付もしくはファイル転送サービスを利用し、委員会 (bull-jabg@syokubutsuen-kyokai.jp) に送信するか、CD-RまたはUSBメモリなどのディスク媒体にて協会事務局に郵送する。ディスク媒体で提出する場合は、封筒表面に「協会誌投稿原稿」と明記し、必ず印字原稿を添付するものとし、媒体の返却は行わない。土日、休日を除いて送信後3日あるいは郵送後一週間を経っても原稿受領の連絡が無い場合、直接事務局に電話あるいはメールで問い合わせること。

14. 原稿内容については、投稿者チェックリストの項目を確認し、著者が属する所属の長および文書主任など2名による内部校正を済ませてから投稿すること。また、研究論文の英文のSUMMARY等は、できるだけネイティブもしくは英文翻訳会社などによる校正を受けてから投稿する。

15. 総説、特別寄稿、特集記事、研究論文、調査報告、事例報告は1編につき12頁以内とし、それを超える場合は委員会で掲載の可否を判断する。実用記事は4頁以内、開花記録、協会報告は1~2頁を基本とする。なお、文字のみの場合、印刷1ページあたり約2,400字になるので、これを参考に原稿を作成すること。原稿作成にあたっては原稿構成例 (4項) および最新号を参照すること。

16. 著者校正は原則1回で、本文字句と図表の確認・訂正のみとし、文章の書き換えは原則認めない。

17. 著者にはPDFファイルを贈呈する。委員会からの依頼原稿については、著者に別刷り30部を無料で贈呈する。超過部数またはその他の原稿の別刷りを希望するときは、必ず投稿カードにあらかじめ記載することとし、その費用は著者負担とする。

18. 投稿する際は、投稿カード (<http://www.syokubutsuen-kyokai.jp/business/journal.html>からダウンロードする、または協会事務局に請求する) に必要事項を記入し、そのPDFファイルを必ず添付すること。投稿カードの添付のない原稿は受理されないことがある。

19. 協会誌掲載内容の著作権は、協会に帰属する。掲載決定後、著者校正時に著作権委譲承諾書様式が送付されるので、同書に署名し著者校正と一緒に返送すること。

令和5年2月改訂

原稿送付先: 公益社団法人日本植物園協会事務局

メールアドレス bull-jabg@syokubutsuen-kyokai.jp

〒114-0014 東京都北区田端1-15-11 ティーハイムアサカ201

電話 03-5685-1431 FAX 03-5685-1453

ボーダー映え

花壇向け
5アイテム

在来種より分枝性や花色・草丈などが改良され、ボーダー植栽や大型コンテナで最高のパフォーマンスを発揮するアイテムが揃いました。年間の植栽計画におすすめです。



ジニア (*Zinnia elegans*)
F1プレシオーサ

立体的でカラフルな色彩の巨大輪種(花径8cm内外)。草丈約25cmで分枝性に優れる。従来種に比べ生育・開花揃いに優れ、花型もよい。



アルセア (*Alcea rosea*)
スプリングセレブリティーズ

半八重～八重の大輪で播種から100～110日で開花。草丈は60～100cm。全7色とミックスで美しいパステル色が揃う。開花期は6～10月。



サルビア (*Salvia hybrida*)
イパネマ

メドーセージ(*S. guaranitica*)のハイブリッドタイプ。暑さに強く、分枝性がよい。花色はブルー以外にローズ・ラベンダー・パープルがある。



デルフィニウム (*Delphinium elatum*)
F1オーロラ

節間がよく詰まりボリュームのある雄大な花穂が際立つ種子系F1品種。花色はブルー・ラベンダー・ホワイトなど全6色が揃う。



ジギタリス (*Digitalis hybrida*)
F1パンサー

雌性不稔のため一輪ごとの花もちがよい。分枝性のよいニーハイタイプで連続開花性に優れる。花色は落ち着きのあるローズピンク。



タキイ種苗株式会社 園芸部

本社 〒600-8686 京都市下京区梅小路通猪熊東入
TEL: (075) 365-0123(大代表) FAX: (075) 365-0720

<https://www.takii.co.jp>

※2月17日発売予定

『趣味の園芸』テキスト連載が待望の書籍化!
まちなかの植物に秘められた、
驚きの生きる知恵!

道草ワンダーランド

まちなか植物はこうして生きている

多田 多恵子

◆定価 1,925円(税込)

A5判 並製 160ページ(内カラー 144ページ)



※好評発売中

家庭園芸に必要な「作業」に特化したシリーズ本

NHK趣味の園芸 12か月栽培ナビDo

手入れがラク! 時間もかからない!

小さな庭をつくる

河野 義雄

病気や害虫を毎月の手入れで予防する

病気と害虫を防ぐ

草間 祐輔

◆定価 各 1,650円(税込)

A5判 並製 112ページ(内カラー 96ページ)



おかげさまで、NHKテキスト

『趣味の園芸』は

2023年3月号で **通巻600号**

4月号で **創刊50周年**

を迎えます。

ご愛読まことに
ありがとうございます。



NHKテキストキャラクター「ニココ」

日頃の感謝を込めて

テキスト企画 2号連続・読者プレゼント(3・4月号)

読者とおきの写真を誌面に掲載!(3～5月号)

ほか、さまざまな企画を予定しています。ご期待ください!

NHK出版

〒150-8081 東京都渋谷区宇田川町 7-1 <https://www.nhk-book.co.jp> *一部地域では発売日が異なります。

*お客様注文センター TEL 0570-000-321 午前 9:30～午後 4:30(年末年始・小社指定日を除く)



海洋博公園
OCEAN EXPO PARK



熱帯ドリームセンター
TROPICAL DREAM CENTER



沖縄美ら海水族館
Okinawa Churaumi Aquarium

〒905-0206 沖縄県国頭郡本部町字石川 424 番地

<https://oki-park.jp/kaiyohaku/>



第 34 回都市公園等コンクール
管理運営部門 国土交通省都市局長賞
文京区立肥後細川庭園



第 32 回都市公園等コンクール
管理運営部門 国土交通大臣賞
国営常陸海浜公園



第 31 回都市公園等コンクール
管理運営部門 国土交通大臣賞
新宿区立新宿中央公園



第 37 回都市公園等コンクール
管理運営部門 国土交通省都市局長賞
平城宮跡歴史公園「連携・共創の発展形」

市民に喜ばれる安全快適な公園づくりと都市公園の価値向上に真摯に取り組みます。

Parks Japan F.®



一般財団法人 公園財団

〒112-0014 東京都文京区関口 1-47-12 江戸川橋ビル 2 階
TEL(03)6674-1188 FAX(03)6674-1190 <https://www.prfj.or.jp/>

自然を演出して170余年 技術とアイデアで緑ゆたかな環境づくりをめざします



昭和薬科大学竣工時



昭和薬科大学近景

主な業務内容

- 造園工事・緑化工事の企画・設計・施工
- 植物及び諸施設の維持管理及び景観形成管理
- 公園の運営管理



創業嘉永2年
株式会社 富士植木

〒102-0074 東京都千代田区九段南4-1-9
tel 03(3265)6731 fax 03(3265)3031 代表
<https://www.fujiueki.co.jp>

中央支店・多摩支店・千葉支店・神奈川支店・山梨支店

新しい
生きるを、
創る。

独自技術で難病に挑み、
ひとりの「生きる」に希望をとどける。
ユニークな機能性食品で、
みんなの「生きる」を健やかにする。
新しい時代の、新しい生きるを、
わたしたちは、創っていく。

健康未来、創ります
 **日本新薬**

