

短報

英彦山地絶滅危惧植物の種子発芽特性 (2)

金子洋平・須田隆一

英彦山地絶滅危惧植物の保全活動を検討する際に重要な知見となる発芽時期や実生の生育環境を明らかにすることを目的に、英彦山地に生育する絶滅危惧植物8種の種子発芽特性を明らかにした。種子発芽試験の前処理条件として冷湿処理を施し、段階温度法を用いて発芽温度特性を調べた結果、タチゲヒカゲミズ、センダイソウ、ツクシガシワ、ツクシトウヒレンは、温度上昇系及び温度下降系の両方で最終発芽率が高かったことから、特別な休眠をもたないタイプであることが示された。また、シモツケソウは変温条件が休眠解除に必要であることが明らかとなった。一方、ツメレンゲ、ウメガサソウ、オオバアサガラは冷湿処理だけでは十分な休眠解除を行うことができなかつたため、前処理条件を変えて発芽試験を継続することが重要であると考えられた。

[キーワード：絶滅危惧植物、種子発芽特性、冷湿処理、温度条件、英彦山地]

1 はじめに

耶馬日田英彦山国定公園に指定されている英彦山地は、ニホンジカ *Cervus nippon* Temminck (以下、シカ) の分布域拡大及び密度の急増により、シカ食害による林床植生の衰退が著しく、特に食害が激しい種は絶滅の危機に瀕している。そこで、福岡県では、2014年から福岡県レッドデータブック²⁾に掲載された絶滅危惧植物を対象に、シカ防護ネットの設置による物理的な植生保護と並行し、種子保存及び育苗による生息域外保全を実施している。また、種子の一部については、発芽時期や発芽に必要な環境条件などの種子発芽特性を明らかにするために、種子発芽試験を実施しており、前報³⁾において2016年までに実施した絶滅危惧植物11種の結果について報告した。本報では、前報に引き続き2017年以降に実施した種子発芽試験の結果について報告する。

2 調査方法

2・1 種子採集方法

果実及び種子は2016年から2018年にかけて英彦山地で採集した(表1)。前報³⁾と同様、種子の採集方法は、絶滅危惧植物種子の収集・保存等に関するマニュアル⁴⁾に準じて行った。採集した果実及び種子は果肉やゴミを除去し、室温で風乾させた。これらの種子は、長期冷凍保存が最優先であるため、発芽試験及び育苗は、比較的多数の種子が採集できた、タチゲヒカゲミズ *Parietaria micrantha* Ledeb. var. *coreana* (Nakai) H.Hara、ツメレンゲ *Orostachys japonica* (Maxim.) A.Berger、センダイソウ *Saxifraga sendaica* Maxim、

シモツケソウ *Filipendula multijuga* Maxim.、ウメガサソウ *Chimaphila japonica* Miq.、オオバアサガラ *Pterostyrax hispida* Siebold et Zucc.、ツクシガシワ *Vincetoxicum macrophyllum* Siebold et Zucc.、ツクシトウヒレン *Saussurea nipponica* Miq. var. *kiushiana* (Franch.) Ohwi の8種について実施した(表1)。発芽試験に供試した種子数は、種子保存に影響が及ばないように最大で24粒とした。

なお、九州北部において、従来ツクシトウヒレンとされていたものは、オオダイトウヒレン *S. nipponica* Miq. var. *nipponica* とされるが⁵⁾、本報では福岡県レッドデータブックの記載に従い、ツクシトウヒレンを種名として使用した。

2・2 種子の前処理方法

英彦山地上部は冷温帯に属し、冬季は積雪があるため、種子の休眠を解除するためには、低温湿層条件(冷湿処理)に一定期間曝すことが必要だと考えられる。前報³⁾におい

表1 発芽試験に供試した種及び種子数

種名	種子採集年	発芽試験年	種子数	
			温度上昇系	温度下降系
タチゲヒカゲミズ	2016	2017	12	12
ツメレンゲ	2016	2017	12	12
センダイソウ	2016	2017	12	12
シモツケソウ	2018	2019	10	10
ウメガサソウ	2017	2018	12	12
オオバアサガラ	2017	2018	12	12
ツクシガシワ	2018	2019	8	8
ツクシトウヒレン	2017	2018	7	7

表 2 段階温度法における設定温度及び日数

実験系	項目	温度設定スケジュール									
		5	8	12	16	20	24	28	32	36	25/12
温度上昇系	温度 (°C)	5	8	12	16	20	24	28	32	36	25/12
	日数	8	5	4	3	2	2	2	2	2	5
温度下降系	温度 (°C)	36	32	28	24	20	16	12	8	5	25
	日数	2	2	2	2	2	3	4	5	8	5

て、休眠解除には冷湿処理が重要であることが示唆されたため、本実験においても全ての種子に冷湿処理を実施した。冷湿処理は、プラスチックシャーレ（直径 7cm）に蒸留水で湿らせたろ紙を 3 枚敷き、種子を並べた状態で蓋をして 5°C で冷蔵保存した。冷湿処理中はろ紙が乾燥しないように、適宜給水し、約 3 か月間実施した。

2・3 種子発芽試験

各種の休眠・発芽温度特性を明らかにするために、段階温度法を用いて発芽試験を行った。段階温度法は、同じ種子試料を順次異なる温度条件下において発芽を追跡するため、比較的少数の種子により休眠・発芽温度特性を把握できる手法とされ^{6,7)}、わずかな種子しか供試できない絶滅危惧植物の発芽特性を把握するには最適な手法である。

段階温度法の温度設定スケジュールは、およそ 4°C ずつ段階的に上昇させる温度上昇系（IT 系）と 4°C ずつ段階的に下降させる温度下降系（DT 系）からなる（表 2）。IT 系では、36°C の後に 25/12°C の変温条件、DT 系では 5°C の後に 25°C の恒温条件を設定し、各系の最大発芽率を求めた。なお、IT 系の変温条件、DT 系の恒温条件に移す前の発芽率をそれぞれの系の最終発芽率とし、最大発芽率と区別した。各設定温度下の日数は、温度条件で代謝速度が変わり発芽に要する時間も異なるため、2 日から 8 日間とした。光条件はいずれの系も明期と暗期の 12 時間交代とし、IT 系の変温下では 12°C の時に暗期とした。発芽試験は、2017 及び 2018 年はバイオマルチインキュベータ（LH-30-8CT；日本医科器械製作所製）、2019 年は動物個別飼育制御装置バイオマルチ型（LP-30LED-8CTAR；日本医科器械製作所製）を用いた。バイオマルチインキュベータの光源は白色蛍光灯、動物個別飼育制御装置バイオマルチ型の光源は LED 照明であり、照度はどちらも約 3,000lx であった。本機器は 8 つの部屋に仕切られ、各部屋に温度を設定することができるが、1 台のクーラーの冷風を循環させる仕組みであるため、36°C の高温条件と 5°C の低温条件を同時に設定した場合、低温条件を維持することができなかった。そのため、本試験では DT 系が 20°C まで下がった時点で IT 系を開始させることとなり、各系の開始時期に 8 日間のズレが生じた。

発芽試験は、冷湿処理した種子を使用し、プラスチック

シャーレに蒸留水で湿らせたろ紙を 3 枚敷き、各種 7 から 12 粒置床した（表 1）。プラスチックシャーレは蓋をすることにより、蒸発を最小限に抑えるとともに、適宜蒸留水を給水した。反復は、十分な種子数を供試できなかったため、各系 1 とした。発芽の有無は毎日観察し、幼根が確認できた時点で発芽とみなし、計数後に取り除いた。取り除いた種子は発芽床に移植し育苗した。

3 結果及び考察

3・1 種子発芽特性

段階温度法による発芽試験の結果を表 3 及び図 1 に示す。各種の種子発芽特性の違いから、以下の 3 タイプに分類することができた。

一つ目のタイプは、特別な休眠をもたないか若干の相対的な休眠を示すがそれ以外の特別な休眠をもたないものである。IT 系及び DT 系の両方で偏り無く、比較的高い最終発芽率を示したものが該当し、タチゲヒカゲミズ、センダイソウ、ツクシガシワ、ツクシトウヒレンが含まれた。一方、それぞれの発芽特性には若干の相違が認められた。タチゲヒカゲミズ、センダイソウ、ツクシガシワの 3 種は、発芽可能温度範囲は異なるものの、一斉発芽する傾向がみられた。IT 系において最も低温で発芽したのはタチゲヒカゲミズで、設定温度 12°C、センダイソウとツクシガシワは 28°C で発芽が確認された。気温が低い早い時期の発芽は、光合成を早く始められるため他種との競争に有利になる。一方、遅霜や寒風害等の環境ストレスにより枯死する危険性が高まるため、種によって最適なタイミングを選んで発芽していると考えられている⁸⁾。一方、ツクシトウヒレンは設定温度 5°C から発芽を開始し、温度が上昇するにつれ

表 3 発芽数及び最大発芽率 (%)

種名	段階温度法		合計
	温度上昇系	温度下降系	
タチゲヒカゲミズ	11 (91.7)	11 (91.7)	22 (91.7)
ツメレンゲ	1 (8.3)	1 (8.3)	2 (8.3)
センダイソウ	6 (50.0)	5 (41.7)	11 (45.8)
シモツケソウ	8 (80.0)	5 (50.0)	13 (65.0)
ウメガサソウ	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
オオバアサガラ	3 (25.0)	3 (25.0)	6 (25.0)
ツクシガシワ	8 (100.0)	7 (87.5)	15 (93.8)
ツクシトウヒレン	5 (71.4)	4 (57.1)	9 (64.3)

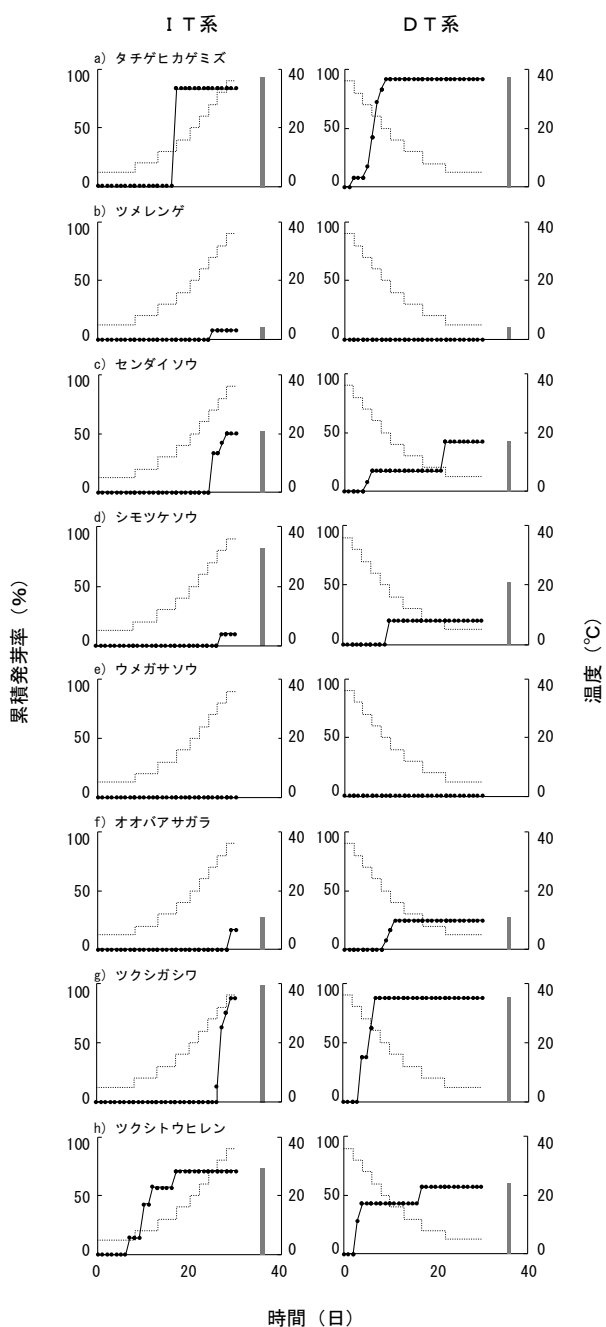


図1 段階温度法における温度と累積発芽数の関係。実線は累積発芽率（最終点の値が最終発芽率）、破線は処理温度、ヒストグラムは最大発芽率を示す。

て段階的に発芽する傾向がみられた。ツクシトウヒレンは、発芽のタイミングを分散させることによってリスクを分散させ、実生の生存率を高めていると推察される。

二つ目のタイプは、変温による休眠解除が顕著なものである。このタイプは、IT系の変温条件下で多くの種子が発芽し、最終発芽率よりも最大発芽率が明らかに大きかったシモツケソウが該当した。変温による休眠解除効果は、雑草などの攪乱依存植物の種子に普通にみられる特性であり⁹⁾、林冠ギャップが発生した攪乱地などが、日当たりの

良い草原に生育するシモツケソウの芽生えの生育適地であると考えられる。また、本種は低温乾燥処理では休眠を解除できなかった³⁾ことから、休眠解除には冷湿処理と変温の組み合わせが必要であると考えられる。

三つ目のタイプは、冷湿処理だけでは、十分な休眠解除ができなかったものであり、ツメレンゲ、ウメガサソウ、オオバアサガラが含まれた。ツメレンゲ、オオバアサガラは、両系とも最終発芽率が25%以下であり、ウメガサソウは全く発芽しなかった。

3・2 今後の課題

上述の3種が十分に発芽しなかった理由として、以下の要因が推察される。

ツメレンゲの発芽率が低かった要因として、過湿の可能性が考えられる。本種は日当たりの良い乾燥した岩壁等に生育し、過湿環境には弱いと考えられる。発芽試験では、ろ紙の乾燥を防ぐ目的でシャーレの蓋をしたが、本種にとっては発芽に不適な過湿環境になっていた可能性がある。そのため、試験環境の湿度や発芽床の水分条件も考慮しながら、発芽試験を再実施する必要がある。

ウメガサソウは、自ら光合成を行うものの、共生菌（菌根菌）を介して栄養の一部を得ている部分的菌従属栄養植物であることが示唆されている¹⁰⁾。菌従属栄養植物の発芽には、共生菌が必要であることがラン科植物の研究から良く知られている¹¹⁾。近年ではウメガサソウと同じツツジ科の菌従属栄養植物であるギンリョウソウ¹²⁾や同科の部分的菌従属栄養植物であるベニバナイチヤクソウ¹³⁾などでも発芽に関わる共生菌が確認されている。そのため、ウメガサソウにおいても、種子の発芽には特定の共生菌が関与していることが推察される。

オオバアサガラの種子は、10月の成熟直後は特段の休眠を示さず高い発芽率を有する¹⁴⁾ものの、種子が乾燥するにつれて深い休眠に入り発芽に複数年を要するようになるのではないかと推察されている¹⁵⁾。本研究に用いた種子は、11月下旬に採集した種子であることから、種子は深い休眠状態であり、冷湿処理だけでは休眠が解除できなかったものと考えられる。本種は攪乱地やギャップに素早く侵入する攪乱依存種であり、これらの環境を感知して即座に発芽していると考えられるため、攪乱依存種の休眠解除法として知られる種皮の傷付け（刺傷）処理や生理的温度を超える高温を短時間処理する高温処理等によって休眠解除できるかを検証することが必要と考えられる。

4 まとめ

タチゲヒカゲミズ、センダイソウ、ツクシガシワ、ツクシトウヒレン、シモツケソウは、冷湿処理と温度条件のみ

で休眠解除できることが明らかとなった。一方、発芽時期や生育適地は種によって異なっていることが示唆されたため、保全活動として、撒きだしやかき起こしの時期を決定する際や植え戻し場所を決定する際には、これらの生活史特性を十分に考慮する必要がある。なお、これらの生活史特性は発芽試験から推測したものであるため、さらに現地調査を実施することで、より適切な保全活動につなげていくことができると考えられる。

一方、英彦山地絶滅危惧植物であるツメレンゲ、オオバアサガラ、ウメガサソウの種子は、冷湿処理だけでは十分に休眠を解除することができなかったことから、条件を変えて発芽条件をスクリーニングする必要がある。また、英彦山地には現在多数の絶滅危惧植物が生育しているが、ほとんどの種で保全に資する知見が不足しているため、今後も種子保存を継続していくにあたり、種子発芽特性を明らかにしていくことが必要である。

謝辞

英彦山地絶滅危惧植物の分布調査及び種子採集を実施するにあたり、植田周平氏、香春道草の会、熊谷信孝氏にご協力いただいた。ここに記して深く感謝申し上げます。なお、耶馬日田英彦山国定公園特別地域及び国有林内における種子の採集は、福岡県嘉穂・鞍手保健福祉環境事務所、京築保健福祉環境事務所、福岡森林管理署の許可を得て実施した。

(英文要旨)

Germination of the Seeds of Endangered Species from Hiko Mountain Range, Japan (II)

Yohei KANEKO and Ryuichi SUDA

*Fukuoka Institute of Health and Environmental Sciences,
Mukaizano 39, Dazaifu, Fukuoka 818-0135, Japan*

We assessed the germination characteristics of seeds of eight endangered species from Hiko Mountain Range, Japan, to facilitate the planning of conservation strategies for these species. The effects of temperature on seed germination were studied in a laboratory experiment using the gradually increasing temperature (IT) and decreasing temperature (DT) method, after cold-wet stratification. The germination tests showed the following: 1) final germination was relatively high under both the IT and DT regimes for *Parietaria micrantha* Ledeb. var. *coreana* (Nakai) H.Hara, *Saxifraga sendaica* Maxim., *Vincetoxicum macrophyllum* Siebold et Zucc., and *Saussurea nipponica* Miq. var. *kiushiana* (Franch.) Ohwi.; 2) temperature fluctuation was necessary to break dormancy in *Filipendula multijuga* Maxim. Further tests with pre-sowing treatments not used in this study are required because the seeds of some species, including *Orostachys japonica* (Maxim.) A.Berger, *Chimaphila japonica* Miq., and *Pterostyrax hispida* Siebold et Zucc., did not germinate.

[Key words ; endangered species, seed germination , cold-wet stratification, temperature, Hiko Mountain Range]

文献

- 1) 熊谷信孝：英彦山・犬ヶ岳山地の自然と植物，2010（海鳥社，福岡）。
- 2) 福岡県環境部自然環境課：福岡県の希少野生生物 福岡県レッドデータブック2011－植物群落・植物・哺乳類・鳥類－，2011（福岡県，福岡）。
- 3) 金子洋平，須田隆一：福岡県保健環境研究所年報，43，128-131，2016。
- 4) 環境省自然環境局：絶滅危惧植物種子の収集・保存等に関するマニュアル（訂正版），2009（環境省，東京）。
- 5) 大橋広好ら：改訂新版 日本の野生植物5 ヒルガオ科～スイカズラ科，2017（平凡社，東京）。
- 6) I. Washitani： *Plant Cell Environ.*, 10, 587-598, 1987.
- 7) 鷲谷いづみ：保全生態学研究，2，77-86，1997。
- 8) 清和研二：落葉広葉樹の発芽タイミング—集中と分散、どちらが得か？：発芽生物学 種子発芽の生理・生態・分子機構，（種生物学会編），p. 153，2009（文一総合出版，東京）。
- 9) 鷲谷いづみ：保全生態学研究，1，191-203，1996。
- 10) 廣瀬俊介，岩瀬剛二：日本菌学会第53回大会講演要旨集，A31，2009。
- 11) 大和政秀，谷亀高広：日本菌学会会報，50，21-42，2009。
- 12) 北村大星，山田明義：日本菌学会第47回大会講演要旨集，54，2003。
- 13) Y. Hashimoto *et al.*: *New Phytol.*, 195, 620-630, 2012.
- 14) 亀谷行雄：東京都林業試験場年報 平成14年度版，49，2003。
- 15) 西尾恵介ら：日本森林学会誌，91，295-298，2009。