

氏名	西野文貴		
学位（専攻分野の名称）	博士（林学）		
学位記番号	甲第821号		
学位授与の日付	令和3年3月20日		
学位論文題目	シダ植物の増殖技術としての孢子発芽と前葉体成長に関する研究		
論文審査委員	主査	教授・博士（農学）	上原 巖
		教授・博士（林学）	福永 健司
		教授・博士（林学）	橋 隆一
		准教授・博士（林学）	今井 伸夫
		名誉教授・理学博士	中村 幸人

論文内容の要旨

日本にはシダ植物が約 700 種生育し（海老原 2010）、特徴的な葉形を持つ種や耐陰性を有する種など多種多様な種が存在することから、都市域などの緑化植物として有望視されている（平田 1993, 村上 2019）。しかし、現在、緑化に利用されている種類はベニシダ類やヤブソテツ類など十数種程度で、1800 年代の造園工事で用いられていた種類と比較しても大きく変わっていない（西村 2015）。シダ植物の大半は孢子で繁殖するが、実際には株分けによって増殖させることが一般的である。ただし、株分けは増殖技術として簡易である一方で、大量増殖には不向きであり、またオシダやイヌガンソクなど地中の根茎が匍匐しない種では適用が難しいことから、多種多様なシダ植物の緑化植物としての利用展開は見込めない。そこで、この問題点を解決する糸口として、これまで主流であった株分け技術とは根本的に異なる孢子を用いた増殖技術に着目するに至った。

これまで、シダ植物の孢子は適度の水、温度、光さえあれば発芽して成長するが、その発芽条件は種によって異なる（伊藤 1972）ことは知られているものの、増殖技術に応用が期待できる研究例はほとんどない。そこで本研究では、緑化植物として有望と考えられるシダ植物 9 種を対象として、孢子の発芽とその後の前葉体の成長を満たす要件として主に温度および光条件を明らかにし、増殖技術に応用することを目的として実験を行った。なお、本要旨では温度および光条件を中心に説明する。

【第 I 章】では、シダ植物の系統分類と生活環を中心に整理し、増殖技術に関する研究史を纏めることで本研究の意義を示した。そのうえで、対象種は屋内外に限らず都市域などの修景的な緑化に利用しやすい種を前提とし、実験に使用した種の選定理由を述べた。

修景的な緑化では分布域が広い種、冬季でも葉を保持する常緑性の種、大きく広がった葉形で緑被の効果が高い種などが好まれる。そこで、供試植物として国内で身近に生育するシ

ダ植物 90 種 (村田 2006) の中から、まず本州～九州に分布する常緑性のシダ植物より現在緑化植物としてすでに利用されているベニシダとオニヤブソテツ, それに加えナガバヤブソテツ, オオバノイノモトソウ, コモチシダを選定した。また, 夏緑性ではあるもののほぼ全国的に分布し, 葉身がシダ植物の中では比較的大きくなる特徴を有することから, ゼンマイ, オシダ, イヌガンソク, オオヒメワラビを選定した。

【第Ⅱ章】では, 孢子発芽に必要な温度条件, 光条件のほかに, 培地の種類, 保存方法, 孢子の重量, 山菜としての利用頻度が与える影響を調べた。主に暖温帯に生育するベニシダとオニヤブソテツ, 主に冷温帯に生育するオシダ, 両気候帯に生育するゼンマイ, イヌガンソクの 5 種を対象として恒温 5 条件 (10℃, 15℃, 20℃, 25℃, 30℃) で孢子の発芽試験を行った。その結果, 平均発芽日数は 2～55 日と種によって異なるものの, ゼンマイを除く 4 種では 25℃で最も早く, 5 種ともに 10℃で最も遅かった。最終発芽率は 19～100%と各種で異なるが概ね 25℃で最大値を示した。ただし, イヌガンソクに限っては 20℃以下で 80%以上の値を示した。したがって, 恒温条件下でも発芽は可能と推察され, 分布域は孢子の発芽には影響しないと考えられた。また, 10℃での平均発芽日数は遅いものの, 最終発芽率は高くなることから, 積算温度が明瞭な目安になる可能性も認められた。

さらに, イヌガンソク以外の 4 種を対象に, 12 時間ごとに温度を変えた変温 3 条件 (15℃/5℃, 25℃/15℃, 35℃/25℃) で発芽試験を行った。その結果, 平均発芽日数は 2～27 日と各種異なるが 4 種とも 25℃/15℃で最も早く, 15℃/5℃の条件が 15℃恒温と 10℃恒温に比べて遅かった。最終発芽率は 0～95%と各種で幅広い。しかし, 4 種とも 25℃/15℃で最も高い値を示し, 35℃/25℃で 0～27%と 30℃恒温よりも低い値を示した。

つぎに, 光が孢子の発芽に影響するか調べるため, 照度 3 条件 (100 lux, 1,000 lux, 10,000 lux) と 1 日あたりの照射時間を 3 時間ずつ増やした 9 条件を組み合わせ, ベニシダとオニヤブソテツとゼンマイを対象に 7 日間の発芽試験を行った。最終発芽率は 3 種とも全照度条件において 3 hr/day の照射で最も低い値を示した。最終発芽率は 0～75%と各種で異なり, ベニシダは 100 lux, 21hr/day で 71%, オニヤブソテツは 1,000 lux, 21hr/day で 75%, ゼンマイは 1,000 lux, 24hr/day で 42%とそれぞれ最も高い値を示した。3 種とも照度に関係なく 3hr/day 以上の照射で発芽した。最高発芽率を得るには種によって照度は異なるものの, 21hr/day 以上の照射が必要ながことが判明した。

また, 光の波長 (青色光, 赤色光, 遠赤色光) と照射時間の孢子発芽への影響も確認した。その結果, 最終発芽率は 0～89%と各種で異なるが, ベニシダでは赤色光 (660nm) の 24hr/day 照射で 44%, オニヤブソテツでは赤色光の 24hr/day 照射で 89%, ゼンマイでは青色光 (450nm) の 21hr/day 照射で 27%とそれぞれ最も高い値を示し, 遠赤色光 (730nm) ではベニシダを除く 2 種で全照射時間において約 10%以下の値を示した。モエジマシダは赤色光 (660nm) に

よって孢子発芽が促進される（菅井 1973）ことから、ベニシダとオニヤブソテツも同様の傾向に当てはまると考えられる。一方でゼンマイの孢子は葉緑体を有するため、そこに含まれるフォトトロピンが青色光に反応する（末次ら 2013）ことで発芽が促されていると考えられる。

【第Ⅲ章】では、前葉体成長に必要な温度・光条件の他に、培地の種類、播種密度の条件が与える影響を調べた。第Ⅱ章の実験にて得られたベニシダ、オシダ、イヌガンソクの前葉体を、恒温 5 条件下で 90 日間生育させ前葉体形成までの経過を観察した。その結果、前葉体の形成はベニシダでは 15～30℃、オシダとイヌガンソクでは 15～25℃で確認された。主に暖温帯に生育するベニシダでは 30℃でも前葉体は形成されたが、主に冷温帯に生育するオシダは 30℃では原糸体が前葉体になるまでに枯死した。したがって、主に冷温帯に生育する種は 30℃以上でも孢子発芽するものの前葉体の形成は困難である場合が考えられた。つまり、分布域は前葉体形成時の温度条件の目安となる可能性がある。

また、光条件が前葉体成長に影響するかを調べるため、第Ⅱ章の実験にて得られたベニシダ、オニヤブソテツ、ゼンマイの前葉体を用いて、照度（lux）と光の波長（nm）による前葉体成長の関係を見た。照度条件において 100lux と 10,000lux では幼孢子体の形成は確認されなかったことから、前葉体の成長には 1,000lux が適していると考えられる。また、ゼンマイは全波長条件下にて幼孢子体の形成は確認されなかった。いずれの幼孢子体の形成数も遠赤色光照射で著しく少なかった原因には、フィトクロムなどの作用によって（石崎 2013）原糸体の伸長が正常に行われず、前葉体形成に至らなかったことが考えられる。よって、前葉体の成長には青色光、赤色光が適していると考えられる。

【第Ⅳ章】では、幼孢子体を成長させるための密度条件、栽培容器の容量による実験を行った。ベニシダとオニヤブソテツを対象に密度（3, 15, 30, 50 個/1 シャーレ）と前葉体成長の関係を調べた結果、両種とも密度が低いほど前葉体が大きくなる傾向が見られた。

【第Ⅴ章】では、総合考察を行い、本研究の総括をおこなった。本研究では、緑化植物として有望と考えられるシダ植物 9 種を対象として、孢子の発芽とその後の前葉体の成長に与える主に温度および光条件の効果について実験し、検討した。その結果、孢子の発芽条件は、イヌガンソクを除く 8 種では 25℃前後が最適温度で、10℃未満では発芽が抑制され、30℃を超えると孢子が死滅する可能性が考えられた。イヌガンソクはこれらの傾向とは異なり、より低い 10～20℃が最適温度だったことから、生理特性が他の 8 種とは大きく異なることが考えられた。発芽率は、種によって 53～100%と大きく異なったが、孢子の採取量は一般に大量となることが多いことから、最低でも 20%程度認められれば、発芽後の個体数確保に

は支障はないと判断する。前葉体の成長は全 9 種とも 15~25℃が適し、幼胞子体の形成には青色光、赤色光を照射することで、胞子発芽から円滑に栽培できることが判明した。

以上のことより、胞子発芽と前葉体成長に関する本研究はシダ植物の増殖技術に応用できると考え、従来ではオシダやイヌガンソクなど地中の根茎が匍匐しない株分けが難しい種でも増殖可能なことを示し、シダ植物を緑化植物として利用展開できる可能性を示唆した。

審査報告概要

シダ植物は食用以外にも都市域などでの緑化植物として古くから利用されてきたが、緑化用苗の育成は生産効率が低い上に、適用困難種もある旧来からの株分け法が今日でも主流である。そこで本論文では、緑化用苗の生産性向上や利用可能種の拡大が期待できる胞子を用いた栽培技術に着目し、緑化用に適すると考えた 9 種のシダ植物を供試材料として、それらの胞子の発芽、その後の前葉体と幼胞子体の形成などの初期成長に対して、温度条件や光量・光質条件ほか各種環境条件の違いが及ぼす影響について実験的に確かめた。その結果、胞子発芽と初期成長に対する温度や光の好適条件は種によって異なることが明らかになり、また具体的に種ごとの好適条件が示された。ほかにも播種密度や発芽生育基盤材料との関係、さらには胞子の保存方法なども検討し、シダ植物の新たな苗生産技術につながる大きな成果が得られた。これらの研究成果などを詳細に検討した結果、審査委員一同は博士（林学）の学位を授与する価値があると判断した。