

氏 名 木 部 剛

学位（専攻分野） 博士(理学)

学位記番号 総研大甲第233号

学位授与の日付 平成8年9月30日

学位授与の要件 数物科学研究科 極域科学専攻

学位規則第4条第1項該当

学位論文題目 富士山高山帯に出現するコタヌキラン (*Carex
doenitzii*) 個体群の種子繁殖過程の研究

論文審査委員 主 査 教 授 福地 光男
教 授 神田 啓史
教 授 内藤 靖彦
助 教 授 渡邊 研太郎
教 授 小島 覚 (富山大学)
教 授 増沢 武弘 (静岡大学)
助 教 授 丸田 恵美子 (東邦大学)
助 教 授 大山 佳邦 (国立極地研究所)

論文内容の要旨

北極域や高山帯では、積雪、低温、乾燥などの影響により生育可能な期間が短く、植物の分布が限られている。このような分布限界域付近に生育している植物が、その個体群をどのように維持しているのかは未だ不明な点が多く、特に種子繁殖による個体群の維持についてはほとんど研究がなされていない。そこで種子繁殖過程を記載する上で寒帯に広く分布するスゲ属を材料として選び、より生育期間が長く比較的温暖な環境条件におかれている中緯度高山帯を調査対象とすることが有効と考えて研究を進めた。

本研究は、分布限界付近での種子繁殖による植物個体群の維持機構を解明することを目的とし、富士山高山帯植物（2500m）の火山砂礫地に出現するカヤツリグサ科スゲ属コタヌキラン（*Carex doenitzii*）を用いて、生活史の特性、物質生産と貯蔵の特性、種子発芽と実生の定着の条件について現場観察と実験を行った。

第一に、コタヌキランの生活史を調査し記載した。まず、本種の比較的均一に分布する個体群内に調査区を設定し、生活史諸特性のうち特に成熟個体（種子生産可能な個体）と実生個体（種子から発芽した幼植物個体）のフェノロジーと生育環境との関係を1995年5月から9月にかけて定期的に観察した。成熟個体は調査地での雪解け後まもなく5月下旬に地上部を展開し、8月の中旬までのおよそ3ヶ月間で種子散布までの過程を完了した。種子散布後も緑葉を残しており、9月以降には先端から枯れはじめるものの10月上旬までは茎や葉に緑部が認められた。この観察結果から、調査地での本種の生育期間は雪解けから約5ヶ月間であり、そのうち前半の3ヶ月間に種子生産を完了するという特性を持つことが明らかになった。一方で、同じ調査区内でありながら、6月に地上部に出現した実生個体のほとんどは、わずか1~2ヶ月後の梅雨明け時期に枯死することが分かった。次に、生産された種子が実生として定着するまでの個体数の推移を明らかにするために、単位面積当たりの生産種子数、埋土種子数の測定を行った。生産種子数を花茎あたりの種子数、花茎数、および個体サイズ（地上部投影面積）の測定値より算出した結果、1平方メートルあたり約4000個と推定された。また、埋土種子数は生産種子数に比べ多く、1平方メートルあたり約9000個であった。このうち生存種子の割合は6%から12%と小さく、ほとんどはすでに死亡していた。死亡種子のうち約半数には発芽の痕跡が見られたことから、一旦は発芽しても土中で枯死するものが多いことが明らかになった。

第二に、フェノロジーの調査から明らかになった、成熟個体の早い生長と高い種子生産能力を支える光合成特性、地下貯蔵の炭水化物含有量の季節変化を野外の測定により調査した。成熟個体の光合成速度は、水分の制限を受けることのない6月の種子成熟の開始時期にもっとも高く、種子成熟が完了する8月上旬には周囲の大気中の水蒸気圧の低下から気孔が閉鎖し、光合成速度が低く抑えられることが認められ、最大値は6月の5割程度に低下した。しかし、明条件下での光合成速度は常にプラスであったことから、8月中、成熟個体は、乾燥環境に耐えられる光合成特性を備えていることが示唆された。9月には気孔の開閉制御がほとんど機能しなくなる傾向が見られ、葉の枯死が始まった。成熟個体の地下貯蔵の炭水化物含有量は、地上部展開時期に急減し、展開後にはほぼ一定の低い水準を保ち、成熟個体の地上部が枯れる時期には再び増加した。以上の結果より、地上部展開およびその後の生長には地下貯蔵の炭水化物が利用され、急速な種子の成熟は、

その時期の効率の良い光合成により支えられていることが明らかとなった。

第三に、種子発芽および実生の生長特性を室内実験で明らかにし、その結果と現場の温度環境から実生の定着条件を明らかにすることを試みた。調査地の土壌はスコリア質であり、梅雨明け後晴天が続くと土壌表面は60°Cを越す高温となって著しく乾燥し、植物が吸水不可能な土壌水分条件となる。実生個体が生き延びるためには、この梅雨明けまでに十分な吸水が可能な深さまで根を伸長させる必要がある。そのためには早い時期の発芽と実生の速やかな生長が必要であると推察される。それらを検証するために、室内実験によって得られた発芽速度（最終発芽率の50%発芽に要する日数の逆数）に積算温度（°C・日）の概念を適用することによって、種子発芽に必要な期間を算出した。すなわち、散布直後の種子では、最終発芽率の50%発芽に要する積算温度が約330°C・日であったが、越冬を想定して低温処理を施した種子では発芽の温度に対する反応性が増加し、約180°C・日で発芽が可能になった。また、スコリア質土壌における土壌含水率とマトリックポテンシャルとの関係式から十分な吸水に必要な根の伸長量約5cmが導かれた。ここで、種子発芽と同様に、実生の根の生長実験から、その伸長量に達するのに必要な積算温度は約560°C・日であった。さらに、これらの結果を現場での地表面温度環境の測定結果に当てはめると、6月中旬にはすでに発芽している必要があり、そのためには5月下旬には土壌表面の平均温度がプラスになる必要がある。もし散布直後の種子のままであれば5月初旬には温度の積算を開始しなければならないことから、越冬後の種子発芽に要する期間は約3週間短縮されることが明らかになった。このように越冬によって低温処理された種子は発芽に要する期間が著しく短縮されるという事実は、実生の定着の可能性を高めるという点で極めて有効に働いていることが示唆された。

本研究の結果、富士山高山帯の火山砂礫地のコタヌキラン個体群の維持は、種子生産までの過程が大きく制限を受ける北極域などとは異なり、種子の発芽から実生の定着に至る過程での個体の高死亡率によって制限されているものと推察された。この制限要因を克服して生育するためには、本種のもつ、成熟個体の豊富な種子生産と、限られた期間内で実生個体の定着を可能にしている種子の発芽特性および初期成長特性は、きわめて有効であると結論づけられた。今後、北極域などの高緯度地域に分布するスゲ属植物の繁殖過程を解明していくためには、成熟個体と実生個体のそれぞれの発達段階でどのような制限要因が加わるのか、それに対してどのような個体群の維持機構を備えているのかを同時に明らかにしていくことが課題となる。

論文の審査結果の要旨

博士論文の審査申請のあった木部剛君の論文は、「富士山高山帯に出現するコタヌキラン (*Carex doenitzii*) 個体群の種子繁殖過程の研究」と題して6章から構成されている。研究内容は大きく分けて3つにまとめられ、その一つはコタヌキランの一連の生活史、特にフェノロジーを記載したこと、二つ目は種子繁殖過程における物質生産の特性を明らかにしたこと、そして三つ目は個体群を維持していくための種子発芽と実生の定着の条件を明らかにしたことであった。いずれも、新知見が多く含まれており高く評価される内容である。

第1章～2章では植物の種子繁殖と定着に関する研究およびその背景を紹介し、中緯度高山帯の富士山に出現するスゲ属コタヌキランが種子繁殖過程の研究のために有効な材料であることを記述した。

第3章ではコタヌキランが地上部を展開してから、開花、種子形成、種子発芽、実生の定着に至るまでの一連の生活史を記載し、特に種子繁殖と実生の定着について新しい事実を見い出した。すなわち、本種は融雪時期から7月末の梅雨明け前までに地上部の展開、開花を終え、積雪が始まる前までの約5か月の生育期間のうち、わずか3か月で種子散布までが完了する。しかも種子数は同属のものとは比べると非常に多く生産されることを明らかにした。しかしながら、同時に、これらの種子はそのほとんどの実生が梅雨明け後には死滅するという事実も示された。さらに、この生活史研究において埋土種子量を含む種子繁殖過程の流れを数量的に示したことはこれまでにあまり例はなく、種子繁殖研究の上で重要なデータを提供したと判断された。

第4章ではコタヌキランの光合成速度と地下部の貯蔵炭水化物の含有量を測定し、本種が発芽能力の高い多量の種子を形成すること、および融雪の早い時期に地上部を展開させることを検証した。その結果、本種は種子成熟時期の6月中旬の強い光に依存した高い光合成能力を示し、地上部の展開期には、地下部に貯蔵された炭水化物が効率よく利用されていることを明らかにした。

第5章では生活史研究で明らかにされた実生の定着率がきわめて低い事実を重視して、実生の定着条件を、発芽実験と土壤環境から明らかにすることを試みた。すなわち、調査地の土壤はスコリア質のため、梅雨明け後、土壤表面は高温乾燥によって植物が吸水不可能な状態となる。これが実生の死滅の大きな原因であることが予測された。室内実験の結果から発芽速度に積算温度の概念を適用し、実生の定着のために要する期間を算出した。散布直後の種子では積算温度が約330℃・日であったが、低温処理を施した種子では温度に対する発芽反応性が高まり、約180℃・日で発芽可能となった。また、土壤含水率とマトリックポテンシャルとの関係から十分な吸水が可能な根の伸張が約5cmと算出され、実生の根の生長実験からそれまで伸長するには560℃・日を必要とすることを示した。これらの結果から判断して、多くの種子は越冬によって発芽反応性が高まり、発芽に要する期間は短縮されるので、高温乾燥を招く梅雨明け前にすでに吸水が可能な根の伸張があり、結果的に、実生の定着は十分に可能であることを明らかにした。

第6章では本論文の結論をまとめ、今後の研究の展望を明確に記述した。申請者はこれまでほとんど解明できなかった寒帯に広く分布するスゲ属植物の繁殖過程に関して、中緯度の高山帯に調査地を選んだことにより、種子繁殖に強く依存した生活史を記載することが出来た。さらにこれらの生活史を支えている物質生産および種子発芽と実生の定着の条件を現場の観察のみならず、室内実験によって検証した。これらの点を総合的に評価した結果、木部剛君の申請した論文は博士(理学)論文に値すると判断した。