氏名（本籍）	堀内　勇寿
学位の種類	博　士（　農学　）
学位記番号	博　甲　第　　9855　　号
学位授与年月日	令和　3　年　3　月　25　日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当
審査研究科	生命環境科学研究科
学位論文題目	Ecological Study on Plant Reproduction and Pollination for Establishing Appropriate Management of Ex-situ Conservation in Botanical Garden Setting (植物園における適正な生息域外保全の確立に向けた繁殖・送粉生態学的研究)

主査	筑波大学教授	博士（農学）	上條　隆志
副査	筑波大学教授	農学博士	津村　義彦
副査	筑波大学助教	博士（農学）	川田　清和
副査	筑波大学准教授	博士（理学）	廣田　　充
副査	国立科学博物館 植物研究部　研究主幹	博士（理学）	田中　法生

論　文　の　要　旨

審査対象論文は、野生植物の絶滅危惧種について、その生息域外保全技術の確立を目指したものであり、生息域外保全の場である植物園で栽培されている絶滅危惧種を対象として実施した繁殖・送粉生態学的研究成果からなる。

第１章で著者は、研究背景として、生物多様性の危機とその対処法としての生息域外保全の有効性について述べた。さらに、本論文が着目する植物の繁殖・送粉生態学的プロセスには、集団の存続と進化過程に働く生態プロセスがあることを述べ、生息域外保全の実行において、送受粉を介した人為的選択が深刻な問題となる可能性を指摘した。さらに、保全する絶滅危惧種の生体に対する劣化として、遺伝的劣化、適応度低下、保全環境への適応を上げ、その事例について広くレビューした。さらに著者は、生息域外保全の拠点である植物園において繁殖・送粉生態学的研究を行い、実践的かつ効率的な保全管理方法を探ることの必要性を指摘した。

第２章で著者は、保全対象の劣化である繁殖効率の低下を招く原因として、異種間花粉輸送に着目した。著者は、国立科学博物館筑波実験植物園内に栽培されている絶滅危惧種５種を用い、柱頭に付着する花粉のDNA Barcoding解析を用いて、異種間花粉輸送のパターンの解明を試みた。その結果、異種間花粉輸送は基本的に50 m以内の範囲で起こること、柱頭への付着花粉粒数に占める異種花粉が増加すると同種花粉が減少することを明らかにした。

第３章で著者は、ジェネラリスト送粉者であるハナアブに着目して、異種間花粉輸送に関する研究を行った。著者は、ハナアブの体表付着花粉のDNA Barcoding解析と植物園内の絶滅危惧種を含む植物の位置情報に基づき送粉特性を検討した。その結果、ハナアブ類の送粉ネットワークは116の植物種で構成されていることが示された。さらに、北米原産の要注意外来種であり、植物園内には生育しないセイタカアワダチソウ

が送粉ネットワーク中心に位置し、異種間花粉輸送のスーパージェネラリストとして振舞うことが示された。著者は異種間の送粉状況を監視する生物としてのハナアブ類の利用可能性を指摘すると共に、異種間花粉輸送の観点からセイタカアワダチソウが保全対象種に対して悪影響を与えることを指摘した。

第４章で著者は、野生絶滅種のコシガヤホシクサを対象とした栽培試験を行った。本種は、元の自生地への再導入が失敗しており、遺伝的な要因と生息域外の栽培環境への適応が原因と考えられてきた。そこで著者は、交配方法と環境要因（水中、湿潤土壌）が成長・生存に与える影響を検証する栽培試験を行った。その結果、他家交配の成長量が自家交配より優れていたのは、用いた母株の３割程度であり、近交弱勢が発現しないという点で遺伝的な不健全性があることが示唆された。また、生存率において近交弱勢が機能したのは水中条件の発芽率についてのみであった。一方、このような栽培個体群の性質から、水深の深い再導入地での本種の定着を困難にしている可能性が示唆された。

第５章で著者は、コシガヤホシクサの繁殖特性を考慮した管理の必要性を指摘し、花序特性と栽培密度に着目した栽培実験を行った。その結果、第一花序が雌として機能していること、繁殖成功は第二から第三花序で最大化すること、高栽培密度条件は、訪花昆虫のコシガヤホシクサの花粉輸送を促進するとともに、他家交配の促進に繋がる昆虫の滞在時間の抑制が生じることが示された。これらの結果から著者は、本種の効率的な生息域外保全の実践には、花序特性を考慮した栽培密度管理の重要性を指摘した。

第６章で著者は、保全対象として栽培される絶滅危惧種に対する異種間花粉輸送がもたらす負の効果を低減するためには、科学的エビデンスに基づいた栽培植物の空間配置、植物園外を含めたセイタカアワダチソウなどのスーパージェネラリストとして振舞う外来種の除去、ハナアブ類を用いた花粉輸送状況のモニタリングの必要性を指摘した。さらにコシガヤホシクサのような、種ベースでの効率的な保全方法が求められている事例においては、交配を含む繁殖様式および種特異的な花序特性や送粉パターンの相補的な理解が必須であり、根拠に基づく適切な保全管理実践の必要性を指摘した。

審　査　の　要　旨

審査対象論文が焦点を当てた生息域外保全は、種や個体群の絶滅を防ぐ、重要な対処法であるが、その一方で、種子繁殖能力の低下や栽培環境への適応などにより野生復帰ができない事例が数多く指摘されてきた。著者は、この問題に対して、植物園における異種間花粉輸送と野生絶滅種の繁殖生態の大きく２点に着目した。その結果、植物園における異種間花粉輸送の実態を示すことに成功するとともに、要注意外来種であるセイタカアワダチソウが異種間花粉輸送に強く関わっていることを見出した。また、野生絶滅種の繁殖生態については、栽培の長期化によって近交弱勢が発現しにくくなっている実態を示すと共に、花序特性を考慮した栽培密度管理の有効性を指摘した。本論文が得た知見はいずれも新規性に富み、植物園における生息域外保全の在り方に対して深い洞察をもたらすものである。また、モニタリング手法としてのハナアブ類の活用など具体的な提言も豊富に含まれている。以上のように、著者の論文は、生息域外保全技術の確立に寄与する保全生態学的研究として高く評価される。

令和３年１月２７日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認める。