氏名	崔　健
学位の種類	博　士（　環境学　）
学位記番号	博　乙　第　　２８９４　　号
学位授与年月日	平成　３０年　１０月　３１日
学位授与の要件	学位規則第４条第２項該当
審査研究科	生命環境科学研究科
学位論文題目	Study on Nitrogen Dynamics at Different Ecosystem Development Stages After the Year 2000 Eruption on Miyakejima Island (三宅島2000年噴火後の様々な生態系における窒素動態に関する研究)

主査	筑波大学准教授	博士（理学）	廣田　充
副査	筑波大学教授	博士（理学）	辻村　真貴
副査	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	田村　憲司

論　文　の　要　旨

本論文は、約二十年に一度の頻度で噴火を繰り返す三宅島の窒素動態を解明すべく、現場土壌の窒素無機化速度および窒素動態の時間的・空間的不均一性の把握と、それらの不均一性の変動要因を検証したうえで、三宅島に特有な遷移にともなう窒素動態の変化パターンを提示したものである。一般的に、陸域生態系において窒素は制限要素の一つであり、植物が利用可能な無機態窒素の生成速度、すなわち窒素無機化速度の評価はこれまでも様々な生態系で行われてきた。しかし、実験室内ではなく現場での窒素無機化速度の評価は容易ではなく、未だに知見が不足している。特に、遷移初期の未熟な生態系は土壌が発達していないために窒素無機化速度の計測が非常に困難である。加えて、未熟な生態系から成熟した生態系までが同一環境下に存在するケースが少ないために、遷移にともなう窒素無機化速度および窒素循環に関する知見は非常に少ない。

著者は、2000 年に大規模に噴火した三宅島において噴火による火山灰と火山ガスの被害程度が異なる 10 地点を調査地として選んだ。この 10 地点は、ほぼ似通った環境下にあるにもかかわらず、2000 年噴火の影響が著しく大きく植生がほとんど存在しない裸地から、あまり 2000 年噴火の影響を受けていない成熟林までを含む。この 10 地点において、現場の土壌窒素無機化速度に加えて、土壌温度、水分、土壌有機物含有率、土壌の全炭素・窒素含有率、土壌三相を計測するとともに、エコプレートを用いて表層土壌の微生物群集解析を行った。

著者は第 1 章において、陸域生態系における窒素無機化に関する先行研究を中心にレビューし、特に未熟な生態系における窒素無機化に関して明らかになっていることと残された課題を明確に述べ、本論文で対象とした三宅島における窒素無機化速度に関する研究の意義とともに、主に植生と土壌特性に着目して土壌窒素無機化速度を調べる方向性を示した。これを踏まえて第 2 章では、本研究で選んだ 10 地点の植生状況、表層土壌の物理化学的特性、および微生物群集について述べた。植生状況に関しては、先行研究で得られた調査結果を用いた。その結果、三宅島の遷移で出現することが多いオオバヤシャブシ（*Alnus sieboldiana*）は、10 地点のうち草原から森林へ移行する段階にある 3 地点でみられ、この 3 地点では表層土壌の窒素含有率が高くなることを明らかにした。そしてこれには、*A. sieboldiana* の根粒部に共生する窒素固定微生物の存在が関わっていると考察した。一方、そのほかの土壌物理化学特性および植物量は、噴火の影響が大きかった地点から、その影響がほとんど見られなかった成熟林まで徐々に変化する傾向が見

られることを明らかにした。表層土壌の微生物群集は、裸地から *A. sieboldiana* が確認できた 3 つの地点にかけて機能的多様性が徐々に高くなり、それ以降は似通ったものとなることを明らかにした。

第 3 章では、10 地点における土壌の純窒素無機化速度の測定方法およびその結果を示した。著者は、現場土壌の純窒素無機化速度を推定するために、イオン交換樹脂を用いたレジンコア法を用いた。その結果、純窒素無機化速度の空間不均一性は非常に高く、特に *A. sieboldiana* が出現した 3 地点でのみ純窒素無機化速度が非常に高い一方、その他の地点は同程度でかつ低い値であることを明らかにした。さらに本研究で得られた結果を既存研究の結果と比較したところ、三宅島における土壌の純窒素無機化速度は、他の陸域生態系と同程度であることを明らかにした。また、他地域においても *A. sieboldiana* のように窒素固定植物が存在する場合、純窒素無機化速度が極めて高くなる傾向も明らかにした。さらに既存研究の知見も含めたメタ解析によって、土壌中の純窒素無機化速度に対して、年間降水量、年平均気温に加えて、土壌中の CN 比が重要な要因になる可能性も指摘した。

第 4 章では、第 3 章の結果を踏まえつつ、選んだ 10 地点における無機態窒素の土壌表層へのインプットおよび、土壌表層から土壌深層方向へのアウトプットを算出し、土壌表層付近における窒素動態を推定した。その結果、*A. sieboldiana* 存在下でのみ無機態窒素のインプットおよびアウトプットが非常に多い一方で、裸地および森林ではインプットおよびアウトプット両方とも非常に少ないことを明らかにした。10 地点を噴火被害からの回復過程、すなわち一次遷移にともなう時間的変化と捉えると、表層土壌の窒素動態は *A. sieboldiana* の存在の有無によって非常にダイナミックに変化している可能性を示唆した。

以上の結果に基づき，著者は第 5 章で三宅島における現場土壌の窒素無機化速度および窒素動態の空間的・時間的不均一性パターンとそのメカニズムについて考察した。あわせて今後の課題として、現場の窒素無機化速度の定量手法の改善とともに、本研究で明らかにした *A. sieboldiana* が土壌の窒素無機化に及ぼす影響のメカニズム解明、さらに *A. sieboldiana* の出現と消失が、噴火を繰り返す三宅島の遷移および窒素動態に及ぼす影響解明の必要性を指摘した。

審　査　の　要　旨

著者は、噴火という甚大な撹乱が頻発する三宅島において、陸域生態系にとって欠かせない窒素循環の一つの経路である窒素無機化を現場で定量化し、その時間的・空間的不均一性を詳細に記述するとともに、不均一性にかかわる要因を検証した。これまでも海外を中心に同様の研究はあるものの、噴火被害が大きい場所で形成される未熟な生態系における研究例は非常に少ない。その理由として、限られた地域で偶発的に生じる噴火イベントを対象とすることが難しいことが挙げられる。著者は、三宅島で 2000 年に起こった大規模噴火によって形成された様々な生態系をいかし、未熟な生態系（裸地）から成熟した生態系（成熟林）までの植生、土壌、および土壌窒素無機化と窒素動態に関する知見を得た。これらの知見は、生態系生態学分野の進展に大きく寄与するものである。また、著者が提唱した三宅島における噴火を起点とする一次遷移にともなう窒素無機化および窒素動態の変化パターンは、改善の余地があるものの、このモデルは遷移にともなう生態系の変化という検証が困難な事象の理解に大きく貢献するものと高く評価することができる。

平成 30 年 9 月 10 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学力の確認を行い、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（環境学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。