

博士学位論文審査要旨

2019年1月18日

論文題目： Dynamics and Architecture of Fine Root System in a *Cryptomeria japonica* plantation

(スギ人工林における細根系の動態と構造)

学位申請者： 田和 佑脩

審査委員：

主査： 同志社大学理工学研究科 教授 武田博清

副査： 同志社大学理工学研究科 教授 後藤琢也

副査： 同志社大学理工学研究科 教授 大園享司

要旨：

本論文では日本主要樹木であるスギについて直径、個根、根系の関係性について明らかにするとともに、根系が土壌立地条件によってどのように応答するかを明らかにすることを目的として立案されている。研究調査地である京都市大原野森林公園のスギ人工林の土壌条件と地上部-地下部現存量との関係の調査結果を記述した。斜面に沿った土壌養分、水分量、有機物層の厚さなどの土壌特性の変化に伴って、地上部と地下部の現存量は負の相関を示し、純一次生産の地下部と地上部への配分が、土壌の養分状況に依存していることを明らかにしている。

根系を形成する個々の根の解剖学的な見地から、根の機能を吸収根と通道根に区別する方法論を提案した。吸収根と通道根を分けるには直径、次数根、原生木部数のどの指標が良いか検討した結果、作業効率なども勘案すると直径を用いるのが簡便であることを提案した。細根の機能とサイズ特性を明らかにし、研究方法論を提案した。

有機物層と鉱物層での細根量と根端密度を調査し、土壌養分が豊富である夏季に根系を大きくすることで、養分吸収の効率を高めていることが示された。細根の動態を、細根系を形成する個根の出生と死亡の動態から説明することが可能となった。根系の土壌条件への応答を、個根、根系構造から調査し、土壌深度による基質の変化に対してその形態的特徴が変化し、直径や根密度は高くなる傾向にあり、分枝は小さくなることを明らかにした。

以上のように、本論文は、森林生態系における地下部根系の分布と動態を明らかにしており、これまでの細根研究に対して、新しい方法論を提案し、その方法を応用することで細根系の土壌の土壌条件に対する応答を明らかにした研究であり、森林生態学研究において重要な貢献をなす研究とみとめられる。

よって、本論文は、博士（理学）（同志社大学）の学位を授与するにふさわしいものであると認められる。

総合試験結果の要旨

2019年1月18日

論文題目： Dynamics and Architecture of Fine Root System in a *Cryptomeria japonica* plantation

(スギ人工林における細根系の動態と構造)

学位申請者： 田和 佑脩

審査委員：

主査： 同志社大学理工学研究科 教授 武田博清

副査： 同志社大学理工学研究科 教授 後藤琢也

副査： 同志社大学理工学研究科 教授 大園享司

要 旨：

本論文提出者は、2012年4月より本学大学院理工学研究科数理環境科学専攻博士課程後期課程に入学し、2016年3月に同課程を退学している。本論文の主たる内容は、2015年度に Plant Root に本論文の第3章部分を第1報とし発表し、第2報として、第4章を Journal of Forest Research に掲載している。在学中は、各年次で優れた研究成果を生み出してきた。英語の語学試験に合格しており、既に投稿済みの論文、博士論文も英語で書かれており、十分な語学力を有すると評価される。

本年1月18日午後3時から4時40分にわたり提出論文に関する博士論文公聴会が開かれ、種々の質疑討論が行われ、提出者の説明により十分な理解が得られた。さらに公聴会終了後、審査委員により論文に関する諸問題について口頭試験を実施した結果、本人の十分な学力を確認することができた。以上により、本論文提出者の専門分野に関する学力ならびに語学力は十分であることが確認できた。

よって総合試験の結果は合格であると判定した。

博士學位論文要旨

論文題目： Dynamics and Architecture of Fine Root System in a *Cryptomeria japonica* plantation
(スギ人工林における細根系の動態と構造)

氏名： 田和 佑脩

要旨：

森林生態系における物質循環の研究において、近年、根系を構成する個々の根に着目し、個根とそれから構成される根系の分布や動態を研究することの重要性が指摘されてきている。この研究では日本主要樹木であるスギを材料とし、直径、個根、根系の関係性について明らかにするとともに、根系が土壌立地条件によってどのように応答するかを明らかにすることを目的として実施した。調査は大阪府と京都府の県境にあるポンポン山の大原野森林公園にあるスギ人工林で行った。

根系を構成している個根の特性について調べるため、根の分枝過程に着目し、個根を1-3次数根として分類を行った。さらに個根の解剖学的特徴を明らかにすることで、直径、次数根、原生木部数との関係性について調べた。吸収根は1次根に多く、直径は小さく、原生木部数は二原基、三原基が多くなっていた。一方、二次肥大根は3次根に多く、直径は大きく、原生木部数は四原基が多くなっていた。以上から、吸収根は1、2次根に多く、また原生木部数が二次肥大と関連していることをスギにおいて明らかにした。吸収根と二次肥大根を分けるには直径、次数根、原生木部数のどれを使えば良いかを検討した結果、作業効率なども勘案すると直径を用いるのが簡便であり良いと考えられた。スギでは直径の境界を0.5~0.6mmに設定することで、吸収根と二次肥大を分けられることを提案した。

次に、研究調査地であるスギ人工林の土壌条件と地上部-地下部現存量との関係との調査を行った。斜面での土壌特性としては、斜面上部では乾燥しており、無機態窒素形態としては $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度が高く、土壌養分の加給性が低くなっており、一方、斜面下部は湿潤で、無機態窒素形態としては $\text{NO}_3^-\text{-N}$ が高く、土壌養分の加給性が高くなっていることが示唆された。また、斜面に沿った土壌養分、水分量、有機物層の厚さなどの土壌特性の変化に伴って、地上部と地下部の現存量は相補的に配分されていることが示唆された。

根系の動態を探るため、直径2mm以下の細根を対象とし、有機物層と鉍物層での細根量と根端密度の季節変化を調査した。根端においては、養分吸収能力に関わる根の直径は $<0.5\text{mm}$ で吸収根を区別した。また、植物にとって重要な無機態窒素の季節変化も調べることにより、土壌養分との関係性についても調べた。季節変化は主に直径 $<1\text{mm}$ の変動によって起こっており、夏季に高く冬季に低くなる傾向が示された。特に有機物層において顕著に細根が変動を示した。細根の分枝により根量と根端密度の変動が生じることが示唆された。そうした変動は、無機態窒素の有効性と関連していた。土壌養分が豊富である夏季に根系を拡大することで、窒素の吸収を最適化させていることが示唆された。

土壌深度による基質の変化と斜面立地による養分変化に対して個根、根系、根量のどのレベルで細根の分布が応答しているかを検討した。個根の直径や根密度は、有機物層より鉍物質土壌で高くなる傾向を示し、さらに分枝は小さくなった。 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 濃度の高い斜面下部では、個根の窒素濃度は高く、少ない炭素投資により窒素を利用し、一方で、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の優占する斜面上部では、有機物層での根系の分枝率を高め、細根密度を高めることで空間あたりの根量を増やすことにより養分吸収量を高めていることが示唆された。土壌断面での有機物層、鉍物層の無機態窒素の供給量に対応し、斜面下部の $\text{NO}_3^-\text{-N}$ が豊富な条件では、個根の生理特性を変化させることにより養分吸収能力を高めており、斜面上部の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ が優占する条件では、根系構造と根量を変化さ

せ根の養分吸収の空間量を増大させることで窒素の吸収効率を上げていることが示唆された。