

#### 4. 外国人特別研究員との共同研究の概要

Summary of the collaborative research (Clarify your role and the Fellow's role in the collaborative research.)

##### 外生菌接種によるカラマツコンテナ苗の環境ストレス耐性向上に関する研究

(Promoting abiotic stress tolerance of container-grown seedlings by inoculating ectomycorrhizal fungi)

平成 29 年から 30 年の 2 年間にわたり、外国人特別研究員の Evgenios AGATHOKLEOUS 氏と標記課題の共同研究を行った。概要は以下となる。

我が国では、主伐期を迎えた人工林の伐採後の再生林を進めるために、コンテナ苗の導入が進められている。根系と土壌が一体化した根鉢を有するコンテナ苗は、従来使われていた裸苗と比較して活着がよいと考えられているが、条件によっては植栽がうまく行かない場合がある。特に、降雨が少ない時期のコンテナ苗の植栽においては枯死の報告例が多くあり、生理学的知見に基づいた乾燥ストレス耐性向上のための育苗技術が必要とされている。

北海道の主要造林樹種であるカラマツは成長が早く、コンテナ苗の開発が有望視されている樹種である。カラマツでは外生菌根の接種による成長促進が報告されているが、コンテナ苗への外生菌の導入、ならびに外生菌根による水分動態、養分動態に関する生理的知見はほとんどないのが現状である。そのため、外生菌の導入がコンテナ苗の乾燥ストレス耐性へ与える影響を生理学的知見に基づき明らかにする必要がある。

また、将来的な環境変動を考える場合、大気オゾン濃度の上昇と窒素負荷量の増加が植栽木におよぼす影響は無視できない。窒素負荷量の増加は樹木の成長を促進するが、相対的にリンの欠乏を引き起こす。外生菌根の形成はリンの吸収を助ける一方で、オゾンにより外生菌根を形成する菌の種数が極端に減少することが報告されている。すなわち、外生菌根の導入によるコンテナ苗のストレス耐性向上のためには、オゾンによるコンテナ苗の栄養生理的影響ならびに外生菌との生物間相互作用を明らかにしなければならない。

本研究では、外生菌根の有無がカラマツコンテナ苗の環境ストレス耐性へ与える影響を解明することを目的とした。そのために、コンテナ苗の育成手法の蓄積がある森林総合研究所北海道支所において外生菌を接種したコンテナ苗の育成を行った。育成した苗木を対象として、ガラス室内で乾燥ストレス処理を行い、外生菌根の発達、必須養分間の相互作用の解析、苗木の成長量と光合成活性の測定を行った。また、コンテナ苗の一部は研究協力機関である北海道大学の開放型オゾン暴露施設内に植栽し、高オゾンと窒素付加条件における外生菌根の発達と苗木の成長、養分動態を調べ、将来環境におけるカラマツコンテナ苗への外生菌根接種の影響の解明を行った。

分担状況：受入研究者は、実験設計、カラマツコンテナ苗の作成・栽培、乾燥処理を行うとともに、光合成測定法の指導を担当した。Agathokleous 氏はカラマツコンテナ苗への外生菌接種、光合成測定、成長解析、無機養分測定を担当した。現在、共著として研究成果を投稿中である。

#### 5. 外国人特別研究員との共同研究の成果とその評価

Results and Evaluation of the collaborative research

平成 29 年度は外生菌を接種したカラマツコンテナ苗を、研究協力機関である北海道大学の開放型オゾン暴露施設内にて生育させ、異なるオゾン濃度と窒素条件における外生菌根の発達と苗木の成長、養分動態を調べた。オゾン処理は通常大気のコントロール区がおおよそ 39 ppb であるのに対して、人工的にオゾンを暴露する高オゾン処理区の濃度はおおよそ 65 ppb であった。また、窒素処理は緩効性固形肥料を用い、低窒素処理をポットあたり 150 mg N、高窒素処理を 200 ml 容量のポットあたり 300 mg N とした。カラマツコンテナ苗の成長への影響を調べた結果、外生菌接種による影響は顕著ではなかったが、高オゾンにより根元直径成長が抑えられることが明らかとなった。一方で、高窒素処理は直径成長には影響を及ぼさないが、樹高成長および枝の数を増加させることが明らかとなった。また、高オゾンによって苗の成長量(総乾重)は低下し、地上部へのバイオマス分配が増加した。一方で、高窒素処理は成長量を増加させるが、バイオ

マス分配には影響を及ぼさなかった。オゾンと窒素との相互作用を調べた結果、高窒素処理はオゾンによる成長量の低下を防ぐことはないが、地上部へのバイオマス分配の増加を抑えることが明らかになった。予想に反して、外生菌接種により外生菌根の数が増えたにもかかわらず、オゾン耐性の向上は見られなかった。原因として、苗木のサイズが小さかったため、外生菌との共生関係を十分に確立できなかったことが考えられる。

平成 30 年度は、外生菌根の有無がカラマツコンテナ苗の乾燥ストレス耐性へ与える影響を解明するため、外生菌を接種するとともに施肥強度を変えて育成したカラマツコンテナ苗を対象として、移植後の乾燥ストレスに対する反応を光合成、成長量、地上部地下部への炭素分配の変化から調べた。十分施肥処理は 200 ml 容量のポット当たり 300 mg N としたが、貧栄養処理は 75 mg N とした。灌水処理として週に 2 回 140 ml の水を与えた。10 月に生育したコンテナ苗を 4L 容量のプラスチックポットに移植し、乾燥処理を開始した。乾燥処理として週に 1 回、50 ml の灌水を行った。対照として、週に 1 回 500 ml の十分な灌水を行う処理区を設けた。貧栄養条件で生育したカラマツコンテナ苗では、十分な栄養条件で生育した個体と比べて乾燥処理による光合成の低下が遅くなった。乾燥処理をかけた苗木では光合成速度は対照区の 3 分の 1 程度に低下した。一方で、施肥を十分に行った条件で、十分に灌水を行った場合、外生菌を接種した苗木は他の処理区（十分施肥＋外生菌無接種、貧栄養＋外生菌接種、貧栄養＋外生菌無接種）と比べて光合成速度が約 30% 高くなることが明らかとなった。また、栄養条件がよい場合には、外生菌の接種が乾燥下での光合成に有利に働くことが明らかとなった。

本研究によって得られたこれらの科学的知見は、北海道の再生林ならびに荒廃地緑化のためのコンテナ苗の育成に貢献すると考えられる。

平成 29 年度の成果は、現在 Journal of Forestry Research に投稿中である。また、Agathokleous 氏は本研究課題に関連して、国際会議を含め 11 件の研究発表を行い、国際誌に 34 報の論文が掲載された。これらの成果により、植物の環境ストレス応答に関する科学的知見の集積に大きく貢献した。