



Title	Study on the growth responses of larch species raised under elevated ozone, nitrogen loading, and saline soil [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	菅井, 徹人
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第14204号
Issue Date	2020-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/79557
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Tetsuto_Sugai_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士（農学） 氏名 菅井 徹人

審査担当者	主査	准教授	渡部 敏裕
	副査	教授	玉井 裕
	副査	教授	信濃 卓郎
	副査	助授	丸山 隼人
	副査	名誉教授	小池 孝良

学位論文題名

Study on the growth responses of larch species raised under elevated ozone, nitrogen loading, and saline soil

(オゾン暴露、窒素付加、及び塩類土壌下における
カラマツ属樹種の成長応答に関する研究)

本論文は英文 167 頁、図 24、表 18 を含む 5 章からなり、別に参考論文 4 編が添えられている。

本研究は、北東アジア域における主要な造林樹種のカラマツ属に着目し、急速に増加する窒素沈着や地表付近のオゾン（以下 O_3 ）に対するリスク評価、塩類化土壌での生態系修復に資するカラマツ属の生理生態特性の構築を目的とし、野外操作実験を通じて、将来の変動環境下におけるカラマツ造林への提言を試みた。要点は以下である。

1. オゾン暴露に対する北方造林樹種の成長応答

北海道ではカラマツや、北海道を分布南限とするトドマツによる造林面積の増加が見込まれている。一方、高濃度の O_3 が北海道でも観測されているが、人工林を構成する主要樹種へのリスク評価は限られている。本章では、 O_3 に対するカラマツとトドマツ苗木の個葉光合成応答を評価した。 O_3 暴露は天井の開いたオープントップチャンバーを用いて、野外条件下で行った。両樹種とも O_3 暴露により光合成速度は低下したが、葉窒素濃度の変化は種間で異なり、カラマツでは顕著に低下した。

次に、グイマツとカラマツの交雑から作出したグイマツ雑種 F_1 （以下 F_1 ）とカラマツ苗木の O_3 への応答を調べた。異なる O_3 濃度に対する成長を追跡した結果、 O_3 暴露による乾燥重量の低下は、カラマツよりも F_1 で顕著であった。これはカラマツよりも F_1 で O_3 リスクが高いことを示唆している。一方、カラマツでは、低濃度の O_3 に対して乾燥重量や光合成速度が増加した。この応答は、高濃度で有害に作用する因子が低濃度で有益に作用するホルメシスだと推察した。

2. オゾン暴露と窒素付加、塩ストレスの複合影響に対するカラマツ属の成長応答

野外環境は、 O_3 以外の大気汚染物質も樹木に対して複合的に影響する。先行研究ではカラマツに対する O_3 の生理阻害影響が、窒素付加により緩和される可能性を示唆したが、そのメカニズムや、 F_1 との種間差は分かっていない。本実験では、土壌に対する窒素沈着を想定し、カラマツと F_1 苗木の O_3 応答を異なる窒素付加条件で比較した。 O_3 暴露と並行して、年間ヘクタール当たり 50 kg 相当量の窒素をポット土壌に付加した。窒素付加による成長促進効果は、特に F_1 苗木で顕著であった。 O_3 の成長抑制効果は、窒素付加されたカラマツ苗木で緩和されたが、 F_1 では窒素付加により促進された。この結果は、土壌窒素量が多い条件で F_1 の O_3 リスクが高まる可能性を示唆している。

このような大気汚染は日本に加え、中国の森林にも深刻な影響を及ぼしている。また、黒竜江省を中心とする中国東北部では、大気汚染の進行に加えて、土壌塩類化による森林の劣化も懸念されている。一方、退耕還林など中国の森林政策ではカラマツ属の利用に期待が集まっているが、その耐塩性に関する研究例は極めて少ない。本実験では、グイマツとカラマツ苗木の O_3 暴露と塩

ストレスに対する応答を比較評価した。本実験では内陸の塩類土壌を想定し合計約 80 mmol ナトリウム（以下 Na）相当量をポット土壌に付加した。両樹種とも、葉の Na 濃度は増加したが、Na 集積に対する O₃ の影響は検出されなかった。一方、葉の Na 集積に伴う他の陽イオン濃度の変動に種間差が認められ、塩ストレスに対する葉内の養分応答がカラマツ属内で異なる可能性が示唆された。

3. 塩ストレスに対するカラマツ属の成長応答

異なる塩ストレス条件下で生育させたグイマツ、カラマツ、F₁ 苗木の生理成長応答を評価した。塩ストレスにより最も乾燥重量が低下したのはカラマツであった。一方、塩付加条件下における葉の Na 濃度はグイマツで最も高かった。全ての種で葉に Na が集積したが、Na 以外の陽イオン濃度は維持または増加する傾向があり、カラマツ属の耐塩性機構に陽イオン恒常性の維持が関与する可能性が示唆された。そこで、陽イオンの恒常性が維持されると、光合成の塩ストレス応答が緩和すると予想し、Na と他の陽イオンとのバランス、Na に対する光合成速度の応答を個葉の耐塩性として評価した結果、最も高い耐塩性は F₁ で認められた。

次に、カラマツ属の耐塩性と根系形態の関連を評価した。根系を発達段階に応じて分けした後、それぞれを画像解析した結果、個体の耐塩性が高いほど、塩ストレスに対する形態バランスが維持されていた。これらの結果から、カラマツ属の根系発達における形態バランスの維持が、耐塩性と関与する可能性が示唆された。

本研究は、O₃ や窒素付加に対する応答性がカラマツよりも F₁ で高いこと、個葉耐塩性がグイマツよりも F₁ で優れていることを解明し、育種によってカラマツ属の環境応答性が変化する可能性を示した。これらの知見は将来のカラマツ造林に向けた指針として重要な成果であり、学術的および応用的にも高く評価される。

よって、審査員一同は、菅井徹人が博士（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た。