



Title	樹皮下キクイムシ被害を誘発するカラマツの生理的衰弱と危害因子に関する研究
Author(s)	和田, 尚之
Description	この博士論文の全文は利用可能日以降に公開されます。利用可能日以前の閲覧方法は https://www.lib.hokudai.ac.jp/dissertations/copy-guides/ をご参照ください。
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第16779号
Issue Date	2026-03-25
DOI	https://doi.org/10.14943/doctoral.k16779
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/99624
Type	doctoral thesis
File Information	WADA_Hisayuki_abstract.pdf, 論文内容の要旨 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称： 博 士（農学）

氏名 和 田 尚 之

学 位 論 文 題 名

樹皮下キクイムシ被害を誘発するカラマツの生理的衰弱と危害因子に関する研究

近年、北海道のカラマツ (*Larix kaempferi*) 人工林では樹皮下キクイムシの一種であるカラマツヤツバキクイムシ (*Ips subelongatus*) による大規模な枯損被害が問題になっている。一般に、樹皮下キクイムシの生立木に対する穿入は衰弱した宿主樹木に対する 2 次被害であることが多い。今回の樹皮下キクイムシ大規模被害では、カラマツの樹体の衰弱をもたらした 1 次被害の危害因子として、①乾燥、②過湿、③食葉性昆虫による失葉、④根株腐朽病を引き起こすナラタケ属菌 (*Armillaria* spp.) の感染の 4 つが作用した可能性が考えられた。既往研究によると、乾燥と失葉は光合成機能の低下とともに樹皮下キクイムシに対する防御物質である樹脂の滲出量を減少させ、樹皮下キクイムシの穿入を助長することが知られている。他方、ナラタケ属菌の感染と樹皮下キクイムシ被害との関係は被害地の現況調査に基づく推論に止まり、因果関係については明らかでない。さらに、乾燥、過湿、食葉性昆虫による失葉の危害因子はナラタケ属菌に対するカラマツの防御能力を低下させることが予想され、ナラタケ属菌の感染を誘発する危害因子である可能性が考えられた。すなわち 1 次被害として、乾燥、過湿、失葉はナラタケ属の感染と共に連鎖的に樹体の衰弱を助長させて樹皮下キクイムシに対する防御機能を大きく低下させ、樹皮下キクイムシによる 2 次被害を大きくする可能性が考えられた。したがって、樹皮下キクイムシによる大規模枯損を理解するためには、1 次被害において樹木が生理的に衰弱して樹皮下キクイムシの被害を招く作用機序を複数の危害因子に注目して明らかにする必要がある。

本研究の目的は、カラマツ人工林において樹皮下キクイムシの大規模枯損を誘発する危害因子とその作用機序を明らかにすることである。2 章と 3 章では被害林分における現地調査に基づいてカラマツの生理的衰弱とナラタケ属菌の感染との関係の実態把握を行った。4 章ではポット苗を用いた操作実験により土壌乾燥と失葉がカラマツの樹皮下キクイムシとナラタケ属菌に対する防御能力に与える影響を評価した。5 章では局所地形による土壌水分の環境勾配を利用した植栽実験により、土壌水分環境とナラタケ属菌の感染との関係を明らかにした。6 章では総合討論として、樹皮下キクイムシの大規模枯損を誘発した危害因子とその作用機序について検討した。

2 章では、カラマツヤツバキクイムシ被害が発生したカラマツ人工林の実態調査に基づいて、2 次被害としての樹皮下キクイムシの穿入とカラマツの防御能力との関係、ならびに 1 次被害としてのナラタケ属菌の感染とカラマツの光合成生産及び防御能力の関係について検討した。調査地は陸別町と豊頃町の 3 林分の合計 34 個体のカラマツを対象に、樹脂滲出量及び光合成生産に関連する形質を調べ、樹皮下キクイムシの穿入及びナラタケ属菌の感染との関連を構造方程式モデリングによって評価した。樹脂滲出量とカラマツヤツバキクイムシの穿入を比較したところ、穿入の成功は樹脂滲出量が低下した個体のみで検出された。構造方程式モデリング解析では、実測が困難な個体スケールの光合成産物を潜在変数に組み込んだモデルを構築することで、ナラタケ属菌の感染がカラマツの葉量の減少を介して光合成産物を減少させていたことが検出された。また、光合成産物の減少は樹脂滲出量の減少及び樹皮下キクイムシの穿入と関連していた。以上から、今回の樹皮下キクイムシ被害はカラマツの樹脂による防御能力の低下と関係しており、ナラタケ属菌の感染がカラマツの光合成産物と樹脂滲出量の減少を介して樹皮下キクイムシの穿入に作用している可能性が示唆された。

3 章では、樹皮下キクイムシ被害時の針葉の生理状態について、トランスクリプトーム解析による遺伝子発現パターンを指標にして解析した。ナラタケ属菌の感染時は養水分の吸収阻害による光合成機能への影響が予想されるため、養分、水分、光合成に関係する遺伝子に注目した。乾燥を指標する遺伝子群の発現変動は認められなかった。Mg 輸送に関する遺伝子はナラタケ属菌感染個体で有意に発現減少していた。ナラタケ属菌の感染が蔓延した個体の葉では Mg 含有量が減少傾向を示しており、Mg 欠乏による光合成機能の低下の可能性が示唆された。樹脂滲出量の少ない個体では、光合成における集光機能を担う遺伝子の有意な発現減少とクロロフィル量の有意な減少がみられた。樹脂滲出量が低下した個体では光合成機能の低下が示唆され、その理由としてナラタケ属菌の感染による根の養分吸収機能の低下とそれにとまなう針葉の Mg 不足の可能性が考えられた。

4 章では、土壤乾燥と失葉がカラマツの成長と防御機能に与える影響を明らかにするために、カラマツポット苗を対象に乾燥と失葉の操作実験を行った。防御の機能性物質として樹皮下キクイムシに対する防御物質である樹脂とナラタケ属菌に対する防御物質である根のフェノール量を測定した。樹皮下キクイムシの被害地域では、初夏の乾燥と食葉性昆虫による晩夏の失葉が複数年にわたって発生していた。そこで、乾燥処理を 5~7 月に、食葉性昆虫の食害を模した摘葉処理を 8 月に 2 年間実施し、翌年に幹の樹脂滲出量と根のフェノール量を測定した。乾燥処理個体では樹脂滲出量と根のフェノール量に変化がみられず、初夏の乾燥がカラマツの樹皮下キクイムシとナラタケ属菌に対する防御へ与える影響は小さいと考えられた。摘葉処理個体では、樹脂滲出量は変化しなかったものの、根の表面積当たりのフェノール量の減少傾向がみられた。ナラタケ属菌に対する防御能力はフェノール量が少ないほど低いとされるため、連年の失葉はナラタケ属菌の感染を助長すると考えられた。

5 章では、土壤水分環境がカラマツのナラタケ属菌に対する防御能力に影響を与えているか、植栽試験によって検討した。土壤水分環境に勾配が生じるように局所地形を考慮してカラマツ類を植栽し、ナラタケ属菌の感染状況と局所地形の関係を調査した。ナラタケ属菌の感染個体が認められ、枯死した個体は感染によって枯死した個体と判断した。4~6 年生時にナラタケ属菌の感染と枯死の状況を調査した。UAV 測量により取得した局所地形とナラタケ属菌の感染個体の発生位置との関係を近似ベイズモデルによって解析した。ナラタケ属菌の感染によって枯死したカラマツは土壤湿潤度指数が大きい、湿性になりやすい環境で有意に多かった。カラマツは湿性環境で光合成機能が低下するため、獲得光合成産物量が少ない湿性な場所ではナラタケ属菌に対する防御能力が低下しやすいと考えられた。

6 章では総合考察として、樹皮下キクイムシの大規模枯損を誘発した危害因子とその作用機序について検討した。樹皮下キクイムシによるカラマツの枯損は、1 次被害として食葉性昆虫の摂食による失葉と大雨による過湿条件が関与していた可能性が考えられた。続いて、これらの 1 次被害により誘発されたナラタケ属菌の感染は樹体の衰弱を進行させ、最終的には 2 次被害として樹皮下キクイムシの穿入によって枯死に至ったことが推察された。この様に、北海道のカラマツ人工林における樹皮下キクイムシの大規模枯損は、複数の危害因子の連鎖的な作用機序によって発生していた可能性が示され、当該の大規模枯損現象に関する作用機序の一端が明らかになった。