

道東で大発生しているカラマツヤツバキクイムシ被害とならたけ病について

北海道立総合研究機構 林業試験場 徳田 佐和子・小野寺 賢介

はじめに

カラマツ (*Larix kaempferi*) は主に本州中央部の亜高山帯～高山帯に天然分布し、北海道では 1880 年代頃から造林され始めた。道内における現在の資源量は、カラマツ類全体で面積：432 千 ha、蓄積：92,051 千 m³ に及ぶ⁽⁴⁾。

重要な森林資源であるカラマツに、近年、道東地方で大規模な衰退・枯死被害が発生している (図-1)。北海道のとりまとめでは、2016 年度に道東 3 町 (陸別町、津別町、足寄町) から 1,718ha もの被害面積が報告された (北海道水産林務部 内部資料。注) 被害報告は 2016 年 4 月末日を期限に提出されていることから、2015 年度に被害確認が行われたと考えられる)。この被害はカラマツヤツバキクイムシ (*Ips subelongatus*, 以下、キクイムシ、図-2) によるものとして扱われ、被害推移状況を調べる合同調査 (北海道水産林務部ほか、2016 年 6 月～) が実施されている。

キクイムシの大発生は、餌資源の増加と樹木の衰弱をもたらす台風など気象害の後に起こることが報告されている^(5,10)。今回のキクイムシ被害発生の原因を探るために、道総研林業試験場では、衛星写真や小型無人航空機 (UAV) を用いた被害把握調査 (2016 年 8 月～) を開始した。そのなかで、被害地のカラマツが極端に衰弱しており、また、キクイムシ穿孔のない枯死木も存在することが明らかになってきた。針葉樹を枯死させる病害虫としては、キクイムシ類のほか、ナラタケ (*Armillaria*) 属菌がよく知られている^(3,8)。そこで、今回起こったカラマツ人工林の大量枯死現象を包括的に理解するための予備調査として、本研究ではキクイムシとナラタケ属菌の両方に着目した調査を行い、衰退枯死の直接的原因を検討した。また、カラマツの衰弱程度を把握し、カラマツの状態と被害発生との関係を探る手段として、樹脂滲出能調査の応用を試みた。



図-2 カラマツヤツバキクイムシと樹幹に開けられた孔
キクイムシの体長：約 5mm、孔の径：約 3mm、
2017 年 6 月 29 日、陸別町

材料と方法

調査地は、北海道陸別町内のカラマツ人工林 (一般民有林、36 林班 89 小班、N43°28', E143°43', 図-3) である。この人工林 (林齢 32 年生、面積 0.37ha) は陸別町市街から約 1.5km 北西に離れた場所にあり、標高 290~310m、傾斜約 12°の南西向き斜面の中腹に位置していた。枯死木を含めた小班全体の立木密度は約 830 本/ha (空撮画像を元に計算) で、場所により大きく異なった。調査対象としたカラマツは、胸高直径平均±標準誤差=20.9±0.48cm (n=80)、樹高平均±標準誤差=20.9±0.39m (n=20) であった。また、この地域はキクイムシ被害が蔓延しており、周囲を見渡すと容易に枯死したカラマツを発見することができた。



図-1 カラマツ人工林で発生した林木の衰退枯死
UAVによる空撮画像、2017年7月20日、陸別町



図-3 調査したカラマツ人工林 (32 年生)
枯死木が多い場所 (奥側) が、手前より明るい

1. キクイムシ穿孔調査

2017年8月23日に、北海道水産林務部森林整備課および森林活用課・十勝総合振興局・林業試験場で行っているキクイムシ合同調査の一環として実施した。林内からランダムに選んだカラマツ100本について、生死、衰退の有無、キクイムシ穿孔の有無、葉色を調査した。このとき、衰退の有無は、樹冠幅や葉量などにより調査者各自が判断しており、明確な基準は設けなかった。キクイムシ穿孔の有無については、地表から概ね地上高2mにかけての範囲の樹幹を目視で観察し、直径約3mmで正円形の孔を調査対象とするキクイムシの穿孔とみなして記録した。このとき、カラマツ個体あたりの穿孔数は考慮せず、穿孔が1個でも確認された場合には、穿孔木とした。

2. ナラタケ属菌感染調査

2017年8月24、25日の1回目の調査で53本、9月21、22日に行った2回目の調査で残り27本、合計80本のカラマツを対象に実施した。調査木は、前述の穿孔調査を行ったものの中からランダムに選び、樹幹地際の樹皮を剥皮して、白色菌糸膜および根状菌糸束の有無を確認し、ナラタケ属菌の感染状況を調査した。剥皮はカラマツの状態に応じて1～複数箇所行い、特に、葉量の低下など衰退の兆候がみられる個体についてはほぼ全周を剥皮して観察した。調査では、カラマツの状態を(i)未感染：樹皮下に白色菌糸膜や菌糸束が存在せず、樹皮表面から樹皮内部に貫通した菌糸束も存在しない、(ii)感染初期：樹皮下には白色菌糸膜や菌糸束が存在しないが、樹皮表面から樹皮内部に貫通した菌糸束がある、(iii)感染蔓延：樹皮下に白色菌糸膜があり、ときとして菌糸束をとともう、に区分した。なお、本研究では、病原菌の同定は行わなかった。

3. 樹脂滲出能調査

樹脂滲出能調査は、樹幹に木部に達する程度の穴をポンチ(目抜き)で開け、一定時間後に穴から樹脂が滲出しているかどうかをみるもので、マツ材線虫病の感染の有無を判断する方法として知られる。本研究では、ナラタケ属菌感染調査を実施したカラマツ80本を対象に、ポンチによる穴開けを概ね小田⁶⁾に従って行った。1回目の調査は2017年8月24日午前中にカラマツ64本の地上高30cm付近に穴を開けて樹皮を円形に取り除き、8月25日午前中に樹脂滲出状態を観察した。2回目の調査は同年9月21日午後に残り16本のカラマツに穴を開け、9月22日午前中に結果観察を行った。ポンチは内径10～12mmのものを使用し、穴は各調査木につき2個開けて、それぞれの結果が異なる場合には樹脂滲出量の多い穴の状態を、その個体の樹脂滲出能とみなした。

統計解析は、大阪大学のHPサイト「医薬学データ用統計解析プログラム-遺伝情報実験センター (<http://www.gen-info.osaka-u.ac.jp/MEPHAS/>)」を利用した。

結果

キクイムシ穿孔調査を行ったカラマツ立木100本のうち、生存木は72% (72本)、枯死木は28% (28本) だった。キクイムシの穿孔は、生立木の8.3% (6本)、枯死木の100% (28本) に観察された。キクイムシ穿孔のない生立木66本の内訳は、健全木83.3% (55本)、衰弱木16.7% (11本) だった。いずれの枯死木についても枯死した時期は不明だ

が、樹皮が樹幹から剥脱せずについた状態で、樹冠部には小枝やときとして針葉も残されていた。

キクイムシ穿孔調査に引き続き、ナラタケ属菌感染調査を行ったカラマツ80本の結果を図-4に示す。生立木63本のうち、キクイムシ穿孔・ナラタケ属菌感染のいずれも発生していなかったのは55.6% (35本) で、残りの44.4% (28本) は、キクイムシ、ナラタケ属菌いずれか、もしくは両方の被害を受けていた。被害木の内訳は、キクイムシ穿孔のみの個体が17.9% (5本)、ナラタケ属菌感染のみの個体が64.2% (18本)、キクイムシ穿孔とナラタケ属菌感染の両方が確認された個体が17.9% (5本) だった。一方、枯死木では、17本のすべてでキクイムシ穿孔とナラタケ属菌感染の両方が確認された。枯死木上で確認されたナラタケ属菌感染のほぼ全部が、図-5で示すような白色菌糸膜が発達した感染蔓延の状態であり、感染初期の個体は1本のみであった。なお、生立木および枯死木の胸高直径、樹高はそれぞれ平均21.1cm、20.1cmおよび20.7m、21.4mで、生立木と枯死木のサイズに統計的に有意な違いはなかった(Wilcoxonの順位と検定)。生立木内で比較した場合、無被害、キクイムシ穿孔のみ、ナラタケ属菌感染のみ、両被害(キクイムシ穿孔およびナラタケ属菌感染)それぞれのカラマツの胸高直径平均は21.3cm、22.8cm、20.8cm、18.9cmで、統計的に有意な違いは検出されなかった(Steel-Dwass検定)。

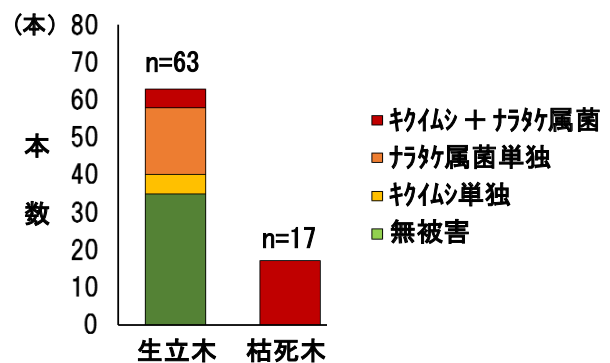


図-4 カラマツ立木の内訳：カラマツの生死とキクイムシ穿孔・ナラタケ属菌感染の有無(調査木80本)



図-5 ナラタケ属菌に感染したカラマツ地際の剥皮部
樹皮下に明瞭な白色扇状の菌糸膜が発達

樹脂滲出能調査の結果は、6段階のレベル：(0) 樹脂がまったく滲出せず、材表面が乾燥している、(1) 樹脂はわずかで砂粒大、(2) 樹脂は少なく1~2mm程度の粒状、(3) 樹脂が比較的多く、穴下部にたまる、(4) 樹脂が(3)よりも多く、穴下部に三日月型にたまる、(5) 樹脂が非常に多く、穴の外に流れ出る、に区分することができた(図-6)。







| 0 | 1 | 2 |
|--|--|--|
|  |  |  |
| 樹脂が滲出せず、材表面が乾燥している。材表面に粘り気なし | 樹脂はわずかで砂粒くらいの大きさ。材表面に粘り気あり | 樹脂は少なく1~2mm程度の大きさ、粒状 |
| 3 | 4 | 5 |
|  |  |  |
| 樹脂が比較的多く、穴下部にたまる | 樹脂が3より多く、穴下部に三日月型にたまる | 樹脂が非常に多く、穴の外に流れ出る |

図-6 樹脂滲出能の区分け(6段階のレベル)

樹皮に穴を開けてから、1昼夜経過した後の様子

カラマツの被害状況(生死、キクイムシ穿孔・ナラタケ属菌感染の有無)と、樹脂滲出能の関係を図-7に示す。8月、枯死木14本すべてが、樹脂滲出がないレベル0に属していた。レベル0の個体はこのほか、キクイムシ穿孔+ナラタケ属菌感染初期木、キクイムシ穿孔+ナラタケ属菌感染蔓延木、キクイムシ穿孔木、およびナラタケ属菌蔓延木に各1本ずつあった。キクイムシ穿孔、ナラタケ属菌感染のない無被害木26本はレベル0~5を示したが、レベル4の個体が無被害木26本中13本(50%)ともっとも多く、続いてレベル3の個体(5本(19.2%))が多かった。無被害木のうちレベル0だったカラマツは1本、レベル1だったものは2本で、両者をあわせて無被害木の11.5%を占めていた。一方、キクイムシ穿孔やナラタケ属菌感染を受けたカラマツは、無被害木よりも樹脂滲出能が全体に低く、レベル3~4に属する個体の割合が少なかった。なんらかの被害を受けていた生立木24本の内訳は、レベル0:4本(16.7%)、レベル1:4本(16.7%)、レベル2:6本(25%)、レベル3:4本(16.7%)、レベル4:4本(16.7%)、レベル5:2本(8.3%)だった。9月の樹脂滲出能は8月よりも全体に低く、レベル3以上のカラマツはなかった。樹脂滲出能は、無被害木がレベル1~2、キクイムシ穿孔+ナラタケ属菌感染蔓延木レベル1、ナラタケ類感染初期木がレベル1~2、ナラタケ属菌感染蔓延木がレベル0~1を示した。このとき調査木16本には枯死木、キクイムシ穿孔+ナラタケ属菌感染初期木およびキクイムシ穿孔が含まれておらず、これらについて9月の樹脂滲出能は不明である。

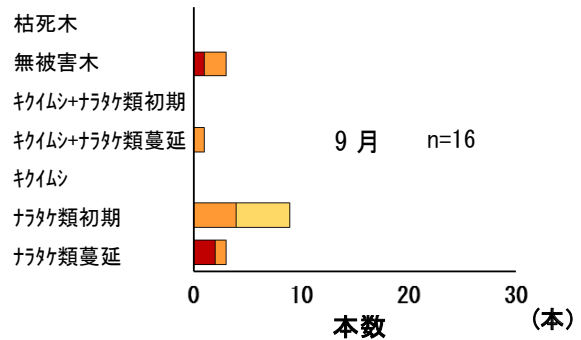
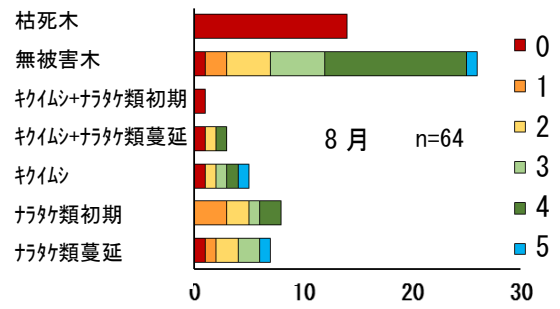


図-7 カラマツの被害状況と樹脂滲出能

8月と9月の調査木は別個体。バーの色分け(0~5)は樹脂滲出能のレベルを示す(図-6参照)

考察

本研究では、一般民有林のカラマツ人工林から1,718haのキクイムシ被害が2016年に報告された道東地域にある陸別町の1林分で、キクイムシ穿孔、ならたけ病、樹脂滲出能に関する調査を行った。その結果、枯死木のすべてでキクイムシの穿孔とナラタケ属菌の感染が認められた。また生立木の一部からも、これらの両方、もしくはどちらか一方が認められた。カラマツヤツバキクイムシは一次加害性の強い害虫⁽⁵⁾であり、病原性の強いナラタケ属菌は針葉樹を枯死させる能力がある^(3,8)。よって、枯死の直接的な原因は、キクイムシ穿孔とならたけ病の発生と考えられる。しかし、キクイムシ被害、ならたけ病被害とも樹木がなんらかのストレスを受けて衰弱している場合に甚大化するとされる^(5,8)。本研究で、両者の被害を受けていない無被害木の中に8月の樹脂滲出能がゼロもしくは極端に低い個体があったことも、被害地のカラマツがあらかじめ衰弱状態にあることを示していると考えられる。

日本産のカラマツヤツバキクイムシは、かつて、*Ips cembrae*とみなされていた。しかし、ヨーロッパ産、アジア産の*I. cembrae*は、宿主、分布域、分子系統解析の結果および付随する青変菌の種類が異なることから区別され、前者は*I. cembrae*、後者は*I. subelongatus*として整理されている⁽²⁾。このキクイムシは、北海道では昭和16年頃から発生しはじめ、戦後になって全道的に蔓延した⁽¹⁰⁾。炭鉱用坑木の移動によって本州から道内に持ち込まれた⁽¹⁰⁾とも言われるが、詳細な検討はなされていない。記録に残っている最初の大発生は1950年に石狩、北見、十勝地方で起こったもので、北見では23年生の被害林を約17ha皆伐したと報告されている⁽¹⁰⁾。道内におけるこれまでの被害は20ha未満の小規模なものであることが多く、1966年

以降の推定被害面積をみると、100ha を超す被害が発生したのは2002年(457.8ha)、2015年(144.4ha)、2016年(1,718ha)のみである(小野寺, 未発表データ, 北海道森林保護事業実績から算出)。2015年の144.4haから2016年の1,718haまで一気に被害面積が増加した今回の被害は、北海道はもちろん国内でも前例のない規模のものである。

大規模なキクイムシ被害が発生した原因としては、キクイムシ個体数の増加とカラマツの衰弱を招く複数の要因が同時に発生したことが考えられる。カラマツヤツバキクイムシは、通常、新鮮な倒木、立枯れ木等で繁殖するが、風害、雪害、間伐木の放置等で餌資源が増えて生息数が著しく増加すると生立木にもアタックし、周辺および残存林分に枯損被害が発生する。しかし、健全な樹木は樹脂(ヤニ)を出して抵抗するので、それらに対するヤツバキクイムシ類のアタックは失敗することが多く、また繁殖率は新鮮枯死材での繁殖時よりも落ちる⁽¹¹⁾。一方、樹木を弱らせる乾燥ストレス、葉食性害虫による被害、山火事などは、生立木被害を増加させることが知られている⁽²⁾。被害地でのキクイムシ個体数の増加は、2013年10月にこの地域で起こった湿雪害で発生し、林外への搬出処理がしきれなかった倒木や幹折れ木、落枝が大量の餌資源となったことに起因すると推測される。また、雪害翌年の2015年にキクイムシの個体数が増加したとき、カラマツはすでになんらかの原因で衰弱しており、キクイムシ穿孔への抵抗力が落ちていた可能性がある。カラマツが衰弱した原因はわかっていないが、2013年秋の雪害に加えて、近年、北海道各地で被害が発生し、被害の広域化と長期化が懸念されているカラマツハラアカハバチによる失葉の影響が大きい可能性がある⁽⁷⁾。

さらに、本研究で発生が確認されたならたけ病も、この被害地でキクイムシの穿孔と繁殖を促進させた大きな要因としてあげることができよう。キクイムシ穿孔、ナラタケ属菌感染のいずれの被害もなかった無被害木では、多くの個体が樹脂滲出能調査で十分な樹脂滲出能(レベル3, 4)を示した。一方、ナラタケ属菌感染木では樹脂滲出能が低下し、樹脂が粒状にしか滲出ないレベル2以下の個体の割合が過半数を占めた。特に、ナラタケ属菌が蔓延した被害木では樹脂を滲出させる能力がゼロの個体も存在した。このことから、ならたけ病罹病木は被害が進行すると樹脂滲出能が低下し、キクイムシの穿孔・繁殖を許す餌資源となっていると考えられる。

ならたけ病はそれ自体単独で樹木の衰弱・枯死をもたらす樹木病害である。北海道には、9種類のナラタケ(*Armillaria*)属菌が存在するとされている^(4, 9)。これらのうち、*A. ostoyae*(オニナラタケ、ツバナラタケ)は、過去にカラマツ林、エゾマツ、トドマツ林から報告されたならたけ病被害のほとんどで、原因となっていたと推察されている⁽⁸⁾。よって、今回、被害を起こしているナラタケ属菌も本菌である可能性がある。本研究では、キクイムシもしくはならたけ病どちらか一方の被害が確認された生立木内で比較すると、ならたけ病被害木の割合が高かった。このような被害木では、ならたけ病により樹脂滲出能が低下したところでキクイムシが穿孔し、その後、速やかにカラマツが枯死すると考えられる。一方、キクイムシ被害によって枯死したカラマツには、ナラタケ属菌が感染し、あら

たな感染源となって林分内での被害拡大に寄与していると考えられる。

本研究からは、著しい衰退・枯死被害が発生しているカラマツ人工林1林分の直接的な枯死原因がカラマツヤツバキクイムシ穿孔とならたけ病感染であり、両者の相乗効果によって被害が激化していることが示された。なぜこのようなことが発生したのか、今後も起こりうることなのか、十分に検討しなければいけない。カラマツ人工林の衰退が始まった最初のきっかけと、現在の状況に至ったプロセスを解明するために、包括的かつ横断的な研究が望まれる。さらに、キクイムシ被害、ならたけ病とも森林内で広域的に適用できる簡便な防除法がない。被害拡大を防ぐためには被害発生のごく初期に、キクイムシ穿孔木やならたけ病感染木および衰弱木を判別して、除去(伐倒・搬出)を徹底する必要がある。剥皮調査を行わなければ見つけることができないならたけ病感染木や、害虫被害木、衰弱木の抽出を迅速に行う技術の開発が望まれる。

謝辞

本調査に際してご協力いただいた陸別町役場、陸別町森林組合、北海道水産林務部、十勝総合振興局の関係各位の皆様へ感謝申し上げます。なお、本研究の一部は北海道立総合研究機構重点研究「カラマツヤツバキクイムシ被害拡大抑制技術の開発」によって行われた。

引用文献

- (1) Cha J-Y., Sung J-M., Igarashi T. (1994) Biological species and morphological characteristics of *Armillaria mellea* complex in Hokkaido: *A. sinapina* and two new species, *A. jezoensis* and *A. singular*. *Mycoscience* **35** : 39-47.
- (2) European and Mediterranean Plant Protection Organization (2005) *Ips cembrae* and *Ips subelongatus*. *EPPO Bulletin* **35**: 445-449.
- (3) 長谷川絵里・太田祐子・服部 力・佐橋憲生・菊池泰生 (2013) 日本の針葉樹上に生息するナラタケ属菌. *森林防疫* **694** : 4-12.
- (4) 北海道水産林務部(2017)平成27年度北海道林業統計. <http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/sum/kcs/rin-toukei/27rtk.htm>
- (5) 小泉 力 (1994) カラマツヤツバキクイムシ. (森林昆虫 総論・各論. 小林富士雄・竹谷昭彦 編著, 養賢堂, 東京, 567pp) 183-184.
- (6) 小田久五(1963) 松くい虫の加害対象木とその判定法について. *森林防疫* **189** : 263-266.
- (7) 小野寺賢介・徳田佐和子 (2016) カラマツハラアカハバチ被害の現状と将来の展望. *森林保護* **343**: 17-19.
- (8) 太田祐子 (2002) ならたけ病. (全国森林病虫獣害防除協会編, 森をまもる, 493pp), 249-257.
- (9) Ota Y., Sotome K., Hasegawa E. (2009) Seven *Armillaria* species identified from Hokkaido Island, northern Japan. *Mycoscience* **50** : 442-447.
- (10) 鈴木重孝 (1984) 風雪害とカラマツヤツバキクイ. *光珠内季報* **60** : 7-11.
- (11) 吉田成章 (1986) ヤツバキクイムシ. *林業と薬剤* **94** : 1-9.