

研究資料

エゾマツ造林に関する研究資料 IV
エゾマツの病害

徳田佐和子

Research notes on silviculture of Yezo spruce (*Picea jezoensis*) IV
Diseases of Yezo spruce.

Sawako TOKUDA

エゾマツに発生する病害の概要

エゾマツ (*Picea jezoensis* (Sieb. et Zucc.) Carrière) の病害は、暗色雪腐病、アトロペリス胴枯病、ならたけ病、枝枯病など、これまで国内では30種近くが記録されている (日本植物病理学会編, 2000)。これらのうち主なものが載ったカラー写真つきの図鑑や教科書も出版されている (伊藤・藍野, 1982; 岸, 1998; 小林ほか, 1999; 高橋, 2003; 秋本, 2006)。また、高橋 (1991) は、天然更新におけるエゾマツの生育過程に応じて遷移する寄生菌類相について概況を報告している。特に、球果・種子段階では球果さび病、芽生え・稚苗段階では苗立枯病・暗色雪腐病・ちゃいぼたけ病、稚樹・幼樹段階では暗色雪腐病・ファシディウム雪腐病などが枯死要因となって天然更新を妨げ、また、枝枯性病害 (高橋・佐保, 1973) の罹病もある。亜成木・成木段階へ成長した後は、アトロペリス胴枯病や各種の材質腐朽病菌の感染により材質劣化および樹勢の衰退が起こる。エゾマツ天然木に発生するこれら病害のなかで、天然更新初期の死亡率を高める暗色雪腐病は多くの研究者の注目を浴びてきた。また、暗色雪腐病菌のいない倒木上でエゾマツ実生が生残する倒木更新の仕組みについては詳しい研究が行われ、現在も新しい報告がなされている (飯島ほか, 2004; 飯島ほか, 2005a; 飯島ほか, 2005b; Iijima *et al.*, 2006)。このほか、穿孔性害虫であるヤツバキクイムシとそれらが伝搬する青変菌によってもたらされる成木の枯損被害も無視できない。

さらに、エゾマツ人工林の育成と病害の関係を見ると、まず、育苗段階では上記の暗色雪腐病が問題となる。道内の造林面積の拡大に伴い針葉樹苗木の需要が高まった頃には、エゾマツ苗木生産が成功しない大きな理由の一つであったこの病害に関して、病原菌の生態や防除法に関する積極的な研究が行われた (佐藤ほか, 1960; 小口, 1970)。現在はエゾマツの苗木生産量が減少し、エゾマツの暗色雪腐病防除に使える登録農薬もないが、そのなかで、東京大学北海道演習林は育苗からのエゾマツ人工林造成に長期的に取り組んでおり、独自の手法を確立して安定した苗木生産を行っている (小笠原, 2001)。

エゾマツ造林地における病害の発生報告は少なく、断片的な記録しかないが、天然更新時と同様に病原菌が寄生していくものと考えられる。苗木植栽後、数年のうちに暗色雪腐病の激害をこうむった林分もあったと推察されるが、具体的な調査記録としては残っていない。局地的には高橋 (1979) が北海道中央部に位置する東京大学北海道演習林内のエゾマツ植栽木の病害を列記し、それらの子細を記載しているものの、その他の地域については生育期間全体を通じた病害の発生状況に関する記録が不足している。そのため、成林に至らなかった不成績造林地の衰退原因・過程を病害面から推測することは困難である。林地に

北海道立林業試験場 Hokkaido Forestry Research Institute, Bibai, Hokkaido, 079-0198

[北海道林業試験場研究報告 第45号 平成20年3月, Bulletin of the Hokkaido Forestry Research Institute, No.45, March 2008]

おける生育期間全体を通しての病害としては、ならたけ病がある。また、成林後の病害としては、天然林と同様に木材腐朽菌による材質腐朽病、青変菌類を体内に持つ樹皮下穿孔性のキクイムシが伝播する青変病に注意する必要があるだろう。さらに、根や幹の物理的強度が低下した腐朽被害木は台風などの強風による風倒被害を受けやすい（今関・青島，1955a；亀井・五十嵐，1957；今関，1965）。エゾマツの人工林育成に際し、特に大径材生産を目標とした長伐期施業を行うときには、材の経済的価値を下げるとともに風倒の危険性を増大させる腐朽被害の回避を考慮する必要があると考えられる。また、倉橋ら(1992)は、目視により判定したエゾマツ天然木の健康度と伸長量・肥大成長量の関係を解析して、着葉量が少なく葉色が薄い衰退木は健全木に比べると樹木全体の成長量が劣り針葉が短い傾向があることを明らかにし、エゾマツはトドマツと同様、外観上の着葉量や葉の色調から樹木の健全度を推定できることをつきとめた。エゾマツ人工林の健康状態を把握する方法の一つとして、こうした簡便な手法の利用も有効であると思われる。以下に、エゾマツの主な病害について解説する。

球果・種子段階の病害

球果さび病

さび菌目の糸状菌 *Thekopsora areolata* (Fries) Magnus によって起こり、罹病球果はシイナ率が高くなる。亜高山帯ではアカエゾマツやエゾマツと病原菌の中間宿主であるシウリザクラの混交林で特に被害が大きく、こうした林分では前者2種の天然更新上の重要病害となっている（岸，1998；高橋，2003）。概要の記載は、高橋（1979）などがある。

稚樹・幼樹段階の病害

1 暗色雪腐病

病原菌は林地の堆積腐植層や苗畑などの土壤中に生息する不完全菌類 *Racodium therryanum* Thumen で、本菌はエゾマツ、トドマツ、アカエゾマツ、ヒノキアスナロ、アカマツ、クロマツ、スギ、ヒノキ、サワラなどに自然感染するほか、草本類を含む幅広い植物に対し病原性を有する（佐藤ほか，1960；遠藤ほか，1985；Sakamoto and Miyamoto, 2005）。本菌はエゾマツやトドマツなどの種子に対して強い病原性を持つことに加え、これらの実生・稚樹・幼樹に感染し葉や実生の軟弱な幹を枯らすので、北海道では針葉樹の育苗・天然更新上の重要病害の一つとなっている（遠藤ほか，1973；遠藤・林，1974；遠藤，1975；岸田ほか，1986；Cheng and Igarashi, 1987；Cheng and Igarashi, 1988；程，1989；程・五十嵐，1990；岸，1998）。また、天然生稚樹と同様に植栽苗木も侵すので、エゾマツ人工林造成の障害でもある。稚樹のほか、雪圧によって接地した数年生～十数年生林木の下枝が罹病することもある。本病は積雪後～融雪期に発病し、エゾマツへは地表付近の有機質から伸展した菌糸によって感染して積雪下で被害が拡大する。根雪期間80日以上地域に分布し、多雪地で被害が大きい（佐藤ほか，1960）。特に、有機物（落葉・落枝）と雪が堆積しやすく、雪解けが遅れる沢地やくぼ地で被害が発生しやすい。また、融雪の遅れも被害を増加させる（佐藤ほか，1960；高橋・小笠原，1990）。なお、本病原菌は、針葉樹樹冠下に限らずウダイカンバ・ミズナラ・ハリギリなど本道の上層林冠を構成する広葉樹樹冠下にも広く生息する（岸田ほか，1985）。

通常、暗色雪腐病による被害を確認できるのは、罹病木上の菌体を直接観察できる融雪直後に限られる。この時期、罹病木の表面はフェルト状で密なもしくはクモの巣状の暗緑色～暗灰色の菌糸で覆われる（岸，1998；高橋，2003）。罹病葉は落葉しやすく、こうした菌体はまもなく消失していくので、激害地であっても夏季には本病の発生状況を把握しにくい（亀井，1959c）。病原菌が夏季にどこでどのように生息しているかはわかっておらず、生活史全体は依然として不明である。生理的性質については、佐藤ほか（1960）、真田ほか（1984）、遠藤・林（1973）らが詳しく調べており、生育適温は15～20℃だが－4℃でも発育する

ことおよび積雪下で土壌が不凍結の場合に本菌による樹木種子への発芽阻害が多くなる可能性などについて報告している。なお、国内の暗色雪腐病の概要については、最近、Sakamoto and Miyamoto (2005) がまとめている。

林内の暗色雪腐病菌は土壌表面のAo層に多く生息し、B層およびコケ類・倒木上には存在しないため、天然下種更新促進を図る際の本病の防除法としては、Ao層の除去が最も有効とされている(林・遠藤, 1975; Cheng and Igarashi, 1987; Sakamoto and Miyamoto, 2005)。エゾマツの天然更新の促進を目的とした地表処理および林床と発芽状況の検討については、宮森ほか(1984)、高橋郁雄ほか(1984)、高橋康夫ほか(1984)、程・五十嵐(1985)、高橋ほか(2002)などの報告がある。一方、過去にはチウラム剤など数種の殺菌剤を用いた防除試験が行われ、苗畑などにおける散布の効果も確認された(小口, 1962)。現在、これらの薬剤はエゾマツの暗色雪腐病用として農薬登録されておらず、薬剤散布による防除は行うことができない。このほか、エゾマツが直接地表に接しなければ病原菌に感染しないはずという観点から、天然更新したエゾマツ稚樹の根元にダンボールを設置して被害軽減を試みた事例(島ほか, 2005)や、木酢液による病原菌の成長抑制効果を検討した事例(黒沢ほか, 1996)がある。しかし、造林苗木に対する本病の効果的な防除法は今のところ見いだされていないといってよい。薬剤防除が行えない現在、植栽場所・地拵えの方法・植栽方法・苗木の大きさといった諸条件の検討や新たな資材の利用により積雪によるエゾマツ稚苗の倒伏を避ける工夫・病原菌の生息密度を低下させる手法を開発することが、エゾマツ造林を成功させるための課題であろう。

2 ファシディウム雪腐病

エゾマツ、トドマツの幼齢木に発生することが多い。北海道では標高600m以上の亜高山帯の造林木および天然木に多発し、両樹種の人工造林および天然更新の障害となる(高橋, 1979)。また、苗畑においてもトドマツの発病が確認されている(高橋・佐藤, 1984)。病徴および標徴からの診断については、岸(1998)、高橋(2003)、秋本(2006)らの記載・写真が参考になる。おおまかには、積雪下にある針葉が罹病・枯死するために罹病木の樹冠上側が健全葉による緑色、下側が枯死葉による茶褐色のツートンカラーを呈するのが特徴である。

亜成木・成木段階

1 ならたけ病(注. ならたけ病は全生育期間を通して発病しうる)

ナラタケ属(*Armillaria* (Fr.) Staude)は世界に広く分布し、欧米ではマツノネクチタケと並んで林業上、最も重要な根株病原菌の一つとして警戒されている。ナラタケ属には複数の生物学的種が含まれているが、これまでに北海道の針葉樹林で報告された被害のほとんどはオニナラタケ(別名ツバナラタケ)*A. ostoyae* (Romagn.) Herinkによるものと推察される(太田, 1999; 太田, 2002)。ストレス状態にある針葉樹造林木に被害が発生しやすく、土壌の滞水・極度の乾燥といった他の要因が重なると被害木を枯死させる場合がある。一方、北海道では通称“ボリボリ”と呼ばれてキノコ狩りの対象となっているナラタケ属は、天然林には広く分布しており、人工林においても潜在的な危険性が高いことが予想されるが、被害を発見しにくいこともあって報告例は少ない。林地における防除法としては、地下水位が高い所など樹木へストレスがかかる場所への植栽を避けるといったことのほかに、感染源あるいは感染源となりうるもの(前生樹の伐根や根・感染木)を林内から除去することが有効である(太田, 2006)。日本のナラタケ属菌の概要については、太田(2006)、北海道のナラタケについてはCha *et al.* (1994)、子実体の形態など被害診断については五十嵐(1993, 2006)、岸(1998)、本郷ほか(2006)、徳田(2006)などの文献がある。

2 材質腐朽病

今関・青島(1955b)は、天然林では根株腐朽に限っても平均してエゾマツの30~35%が材質腐朽病の被

害を受けていたことを報告している。腐朽が起こる樹木の部位によって、根株腐朽病・幹心材腐朽病・幹辺材腐朽病に大別されるが、いずれも主に木材腐朽菌と呼ばれる一群の菌類によって引き起こされる。エゾマツ生立木を侵す木材腐朽菌は、根株腐朽菌としてはカイメンタケ、トドマツオオウズラタケ、マツノネクチタケ、エゾノサビイロアナタケ、キンイロアナタケ、エゾタケ、トウヒノカワラタケ、ナラタケ、ハナビラタケ、マスタケ、ニセカイメンタケ、樹幹の腐朽菌としてはエゾナミハタケ、エゾノハスグサレタケ、マツノカタワタケ（エゾサルノコシカケ）などがある（亀井，1951；亀井，1953；亀井・網倉，1953；今関・青島，1955b；亀井，1959a；亀井，1959b；亀井・五十嵐，1959；五十嵐，1968；青島ほか，1977；倉橋ほか，1992）。病原菌子実体および腐朽材の特徴については、今関・青島（1955b），五十嵐（1993），五十嵐（1994），今関ほか（1997），岸（1998），高橋（2003）の記載・記述および図鑑が参考になる。また，五十嵐（1962）は，代表的な28種の木材腐朽菌に対するエゾマツおよびトドマツ心材の腐朽抵抗性を屋内試験により明らかにした。

腐朽病害による被害は大きな経済的損失を招くが，これまでエゾマツ人工林における腐朽被害の実態調査が行われていないので，人工林育成の参考となるのは天然林での調査事例もしくはトドマツなど道産針葉樹の人工林で報告された事例しかない。健全木に対する腐朽被害木の割合は林分によって大きく異なることが知られているが，大久保ら（1972）は浦幌町の天然林で調査を行って，エゾマツのほぼ40%が腐朽被害木であったこと，また，それら被害木111本の平均造材歩止まりは43%にしかならず健全木より約30%下回っていたことを報告している。また，五十嵐（1968）が道内の異なる地域の天然林5林分で調査したところ，エゾマツの41%が腐朽被害を受けていた。一方，層雲峡奥の天然林では平均してエゾマツの30%強が腐朽被害木であった（今関，1958）。腐朽の種類別には，一般に根株腐朽の方が樹幹腐朽に比べ発生率が高くなるに高く，また腐朽菌の種類も多いことが報告されている（今関・青島，1955b）。ただし，樹幹腐朽は一般に，腐朽の中心部が幹の中程にあるため造材歩止まりが極めて悪くなり，材の実質的被害率が著しく高くなると考えられる（今関・青島，1955b）。浦幌の事例では，エゾマツ腐朽被害木111本のうち根株腐朽被害木と樹幹腐朽被害木は各々103本および8本であり，根株腐朽被害木の方が樹幹腐朽被害木よりも圧倒的に多かった（大久保ほか，1972）。エゾマツの約30%が腐朽被害を受けていた層雲峡の天然林でも，エゾマツの樹幹心材腐朽菌のうち特に主要とされるエゾサルノコシカケによる被害であっても調査木495本のうち8本にしか過ぎず，本数被害率としては低かった（今関・青島，1955b）。しかし，林分によっては激しい樹幹腐朽被害を受けていることもあり，樽前山麓におけるエゾマツのエゾサルノコシカケによる被害の場合のように，本数にして最高34%，材積にして50%にも上っていたという報告もある（山野，1931）。エゾマツの径級と腐朽被害の関係をみると，小径木（被圧木）であっても根株腐朽被害が発生するトドマツとは異なり，エゾマツでは根株腐朽菌の侵入が比較的遅れるため，径級40cmくらいまでは被害が少ない傾向があるという天然林の伐根調査の結果が報告されている（今関・青島，1955b）。一方，千葉・寺本（1952）が東京大学北海道演習林で行った調査では，根株腐朽・樹幹腐朽をあわせたエゾマツ腐朽被害木は胸高直径10~29cmで19本中3本（15.8%），30~49cmで9本中2本（22.3%）あり，小・中径木であっても腐朽被害が発生していた。また，天然林では，直径が大きくなるのに従って増加した本数被害率が径級70cmを超えるような大径木になると再び減少する場合があることが報告されている（今関・青島，1955b；五十嵐，1968）。この理由としては，腐朽被害木は風害を受けやすいため大径木になる前に淘汰され，腐朽被害を受けていない，もしくは軽微な被害を受けた個体が生き残って大径木に育っていることが考えられる（今関・青島，1955b）。

根株腐朽の本数被害率を高める立地的要因の一つとして地下水の高低があり，一般に地下水位が高く過湿な場所では腐朽被害が多いとされる。エゾマツはトドマツよりも水湿に強く，トドマツよりは湿地性の腐朽被害を受けにくい（今関・青島，1955b）とされるが，低い河岸段丘・沢筋・雪だまりができるくぼ地

・湿地への造林は根株腐朽被害を誘発する危険性がある（今関・青島，1955b）ので避けるべきである。一方、エゾマツの樹幹腐朽被害率はエゾマツと他の樹種との混交度によって異なり、エゾマツが50%以上の林分では被害率が高くなるのが天然林で報告されている（今関・青島，1955b）。今後、エゾマツだけで構成された人工林や植え込み林分で高齢級化を図る場合、こうした天然林でみられる傾向があてはまるのかどうか確認しながら施業を行い、最適な施業法を確立していく必要があるだろう。

なお、過去に行われたエゾマツ天然木の腐朽被害調査は、大規模な風倒被害が発生した後に、風倒被害木を対象として行われることが多かった。それによると、風倒被害と腐朽被害の間には、1) 腐朽被害木は風倒被害を受けやすく、風倒被害を受けなかった木の大部分は腐朽被害を受けていない健全木である、2) 根元折れ型の風倒被害木のほとんどは腐朽被害木である、3) 幹折れ、梢折れには腐朽被害と風のあたり方の両方が影響する、4) 根返り型の風倒は腐朽被害よりも土壌因子によって起こる、という関係がある（今関・青島，1954；今関・青島，1955a；亀井，1959a）。

3 青変病

青変菌やその仲間の子のう菌はオフィオストマ様菌類（*ophiostomatoid fungi*）と呼ばれている。青変菌は樹皮下キクイムシによって樹木に運ばれるが、エゾマツを加害するヤツバキクイムシ（*Ips typographus japonicus* Nijima）も数種のオフィオストマ様菌類を体内にもっている（山岡，2001）。ヤツバキクイムシがエゾマツに穿孔するときこれら数種の青変菌が樹皮下に持ち込まれ、辺材に侵入して辺材部に灰青色～黒青色の変色を起こす。道内では、ヤツバキクイムシの生息密度が高くなるとエゾマツなどトウヒの仲間へのマスアタックが起こり、しばしば生立木が大量に枯損する現象が知られている（吉田，1994；後藤，2002）。これには青変菌が関係しており、害虫と青変菌の共同作業により樹木を衰弱させたり枯死させたりしているといえる。Yamaoka *et al.* (2000) は、青変菌8種をエゾマツ生立木へ接種し、病原性の強さの相対的な比較を行って、これらのなかにエゾマツ生立木を枯死させるものがあることを明らかにした。また、最近Kuroda (2005) は、エゾマツへの青変菌 *Ceratocystis polonica* (Siemaszko) C. Moreau の接種試験により、樹木が青変菌への防御反応として生産した物質が樹液流動を阻害することをつきとめ、青変菌による樹木枯損のメカニズムを明らかにした。なお、青変菌については、山岡（2002）が総論をまとめている。

4 アトロペリス胴枯病

アトロペリス胴枯病は、北米などではマツ類の病害として知られている。一方、国内でアトロペリス胴枯病とされているものは海外のものとは病原菌・宿主ともに異なっている。病原菌は *Discocainia treleasei* (Saccardo) J. Reid et A. Funk (Syn.: *Atropellis treleasei* (Saccardo) Zeller et Goodding) で、本菌はトウヒ属を宿主としている。1966年に“トウヒのがんしゅ病（仮称）”として紹介された北海道内の約40年生ヨーロッパトウヒ人工林での被害事例が我が国における本病の最初の被害報告であると考えられる（小野，1966）。その後、45年生ヨーロッパトウヒ人工林で行われた調査をもとに1975年に病原菌名および病名が確定した（高橋・佐保，1975a；高橋・佐保，1975b）。被害の発生は北海道内に限られており、これまでに48年生ヨーロッパトウヒ人工林、エゾマツ天然木、24、36および40～50年生のエゾマツ造林木、アカエゾマツ天然木などで被害の発生が報告されている（高橋，1975；高橋・佐保，1975a；高橋・佐保，1975b；板垣・栃谷，1979；佐々木ほか，1986；秋本，1993）。エゾマツでは主に、天然生幼樹の樹幹、成木の下枝、倒木更新稚樹（樹高1m以内）の樹幹を侵し、造林木における被害例は少ない（高橋，1979；徳田・秋本，1994）。本道に自生する針葉樹に対する被害がそれほど目立たない一方、道内のヨーロッパトウヒ造林地ではしばしば甚大な被害が発生することがある（高橋・佐保，1975a；高橋・佐保，1975b）。概要は高橋（1979）が報告しているほか、病徴・標徴などの記載としては、高橋（1979）、岸（1998）、高橋（2003）、秋本（2006）などがある。

引用文献

- 秋本正信 1993 アカエゾマツ天然林におけるアトロペリス胴枯病の発生実態 日林北支論 41:63-65.
- 秋本正信 2006 トウヒ類の病害 北海道立林業試験場監修 北海道一樹木の病気・虫害・獣害 pp. 23-28. 北海道森と緑の会, 札幌
- 青島清雄・林康夫・魚住正 1977 菌害 日本林業技術協会 編 石狩川源流森林総合調査報告一第2次一 pp. 141-147. 旭川営林局, 旭川
- Cha, J. Y., Sung, J. M. and Igarashi, T. 1994 Biological species and morphological characteristics of *Armillaria mellea* complex in Hokkaido: *A. sinapina* and two new species, *A. jezoensis* and *A. singula*. Mycoscience 35:39-47.
- 程東昇 1989 エゾマツの天然更新を阻害する暗色雪腐病菌による種子の地中腐敗病 北大農演研報 46:529-575.
- 程東昇・五十嵐恒夫 1985 エゾマツ天然更新の基礎的研究一天然林内の各種播種床における当年生稚苗の夏期間の消長一 日林論 96:377-378.
- Cheng, D. and Igarashi, T. 1987 Fungi associated with natural regeneration of *Picea jezoensis* CARR. in seed stage.- Their distribution on forest floors and pathogenicity to the seeds-. Hokkaido Univ. Res. Bull. Coll. Exp. For. 44:175-188.
- Cheng, D. and Igarashi, T. 1988 Histopathology of Yezo spruce and Glehn's spruce seeds infected by the dark snow-blight causal fungus *Racodium therryanum*. J. Jpn. For. Soc. 70:344-351.
- 程東昇・五十嵐恒夫 1990 エゾマツ, アカエゾマツ, トドマツおよびカラマツ種子・稚苗の暗色雪腐病菌に対する感受性 北大農演研報 47:125-136.
- 千葉修・寺本敏雄 1952 北海道演習林産材質腐朽菌類について 東大農演研報 43:19-37.
- 遠藤克昭 1975 天然更新と病害一トドマツの発消長を中心として一 北方林業 27:150-153.
- 遠藤克昭・林敬太 1973 トドマツ天然生稚苗の発消長を左右する要因(Ⅲ)一土壤の凍結と暗色雪腐病菌 *Rhacodium therryanum* THUEMによる種子の発芽阻害一 日林誌 55:277-280.
- 遠藤克昭・林敬太 1974 トドマツ天然生稚苗の発消長を左右する要因(Ⅴ)一 *Rhacodium therryanum* THUEMの病原性一 日林講 85:106-107.
- 遠藤克昭・岸田昭雄・真田勝 1985 天然更新に関する菌害(Ⅲ)一広葉樹種子に対する暗色雪腐病菌の病原性一 日林北支論 34:104-105.
- 遠藤克昭・菅原セツ子・林敬太 1973 トドマツ天然生稚苗の発消長を左右する要因(Ⅳ)一 *Rhacodium therryanum* THUEMの種子への侵入時期と発芽阻害一 日林講 84:294-295.
- 後藤秀章 2002 青変菌を媒介するキクイムシ類とその発消生態 全国森林病虫獣害防除協会 編 森をまもる一森林防疫研究50年の成果と今後の展望一 pp. 97-109. 全国森林病虫獣害防除協会, 東京
- 林敬太・遠藤克昭 1975 トドマツ天然生稚苗の発生を左右する菌害と乾燥害 林試研報 274:1-22.
- 本郷次雄・上田俊穂・伊沢正名 2006 新装版山溪フィールドブックス7きのこ 383pp. 山と溪谷社, 東京
- 五十嵐恒夫 1962 28種の木材腐朽菌に対するトドマツおよびエゾマツ心材の比較抵抗力について 北大農演研報21:203-218.
- 五十嵐恒夫 1968 北海道における森林病害の問題点 三島教授退職記念事業会 編 北海道林業の諸問題 190-198. 日本林業調査会, 東京
- 五十嵐恒夫 1988 北海道のキノコ 302pp. 北海道新聞社, 札幌

- 五十嵐恒夫 1993 続北海道のキノコ 302pp. 北海道新聞社, 札幌
- 五十嵐恒夫 2006 北海道のキノコ 375pp. 北海道新聞社, 札幌
- 飯島勇人・渋谷正人・斉藤秀之・高橋邦秀 2004 倒木上のコケの高さがエゾマツ実生の生残と成長に与える影響 日林誌 86:358-364.
- 飯島勇人・渋谷正人・斉藤秀之・高橋邦秀 2005a 倒木上に播種したエゾマツの更新初期動態(1)ー発芽および生残に適した播種時期ー 北方林業 57:201-203.
- 飯島勇人・渋谷正人・斉藤秀之・高橋邦秀 2005b 倒木上に播種したエゾマツの初期動態(2)ー発芽や生残および成長に適した倒木ー 北方林業 57:230-232.
- Iijima, H., Shibuya, M., Saito, H. and Takahashi, K. 2006 The water relation of seedlings of *Picea jezoensis* on fallen logs. Can. J. For. Res. 36:664-670.
- 今関六也 1958 北海道林業と菌害対策 北方林業 116:320-325.
- 今関六也 1965 林木の材質腐朽病 日植病報 31:248-253.
- 今関六也・青島清雄 1954 石狩川源流原生林総合調査・菌害 日林講 63:211-213.
- 今関六也・青島清雄 1955a 風害を誘発する立木の根株腐朽 日林誌 37:413-416.
- 今関六也・青島清雄 1955b 菌害 石狩川源流原生林総合調査団 編 石狩川源流原生林総合調査報告 pp. 239-271. 旭川営林局, 旭川
- 今関六也・大谷吉雄・本郷次雄 編・著 1997 日本のきのこ 623pp. 山と溪谷社, 東京
- 板垣康一・栃谷進 1979 アトロペリス胴枯病からみたヨーロッパトウヒの間伐時期について 旭川営林支局業務研究発表集録 25:90-95.
- 伊藤一雄・藍野祐久 1982 原色樹木病害虫図鑑 200pp. 創文, 東京
- 亀井専次 1951 針葉樹心材腐朽 北方林業 22:2-4, 11.
- 亀井専次 1953 道北原生林針葉樹樹幹腐朽に就いて 日林北支講 2:45-48.
- 亀井専次 1959a 病害および菌害 北海道風害森林総合調査団 編 北海道風害森林総合調査報告 231-290. 日本林業技術協会, 東京
- 亀井専次 1959b 樹病からみた北海道の造林樹種 日林北支講 7:84-87.
- 亀井専次 1959c 雪腐病(暗色雪腐病) 亀井専次・井上元則 北方林業叢書12ーとどまつ保護篇ー:90-91. 北方林業会, 札幌
- 亀井専次・網倉俊雄 1953 エゾマツ生立木の心材褐色孔状腐朽に就いて 北大農演研報 16:175-195.
- 亀井専次・五十嵐恒夫 1957 北海道森林の風害と菌害木の関係に対する一観察 日林講 67:272-274.
- 亀井専次・五十嵐恒夫 1959 カラマツ, トドマツその他針葉樹心材のハナビラタケによる腐朽について 北大農演研報 20:77-92.
- 岸國平 編 1998 日本植物病害大事典 1276pp. 全国農村教育協会, 東京
- 岸田昭雄・遠藤克昭・真田勝 1985 天然更新に関与する菌害(IV)ー各種樹冠下土壤における種子の発芽と菌害ー 日林北支論 34:106-108.
- 岸田昭雄・遠藤克昭・真田勝 1986 天然更新に関与する菌害(V)ー暗色雪腐病菌菌そう上での長期保存が林木種子の発芽に及ぼす影響ー 日林北支論 35:101-103.
- 小林享夫・佐藤邦彦・佐保春芳・陳野好之・寺下隆喜代・鈴木和夫・楠木学・大宜見朝榮 1999 新編樹病学概論 297pp. 養賢堂発行, 東京
- 倉橋昭夫・山本博一・高橋郁雄・大里正一・河原漠・井口和信・佐藤昭一 1992 天然林エゾマツの健全度に関する研究ー東京大学演習林の事例ー 東大農演報 88:95-126.
- Kuroda, K. 2005 Xylem dysfunction in Yezo spruce (*Picea jezoensis*) after inoculation with the blue-stain fungus

Ceratocystis polonica. For. Path. 35:346-358.

- 黒沢隆司・宮本敏澄・夏目俊二・杉山弘 1996 暗色雪腐病菌 (*Racodium therryanum*) に対するミズナラ木酢液の成長抑制効果 日林北支論 44:216-217.
- 宮森吉次・仁王以智夫・畑野健一 1984 エゾマツ・トドマツの天然更新に関する研究―地かき跡地における天然生稚苗の保育と生育― 日林北支論 33:65-67.
- 日本植物病理学会 編 2000 日本植物病名目録 857pp. 日本植物防疫協会, 東京
- 小笠原繁男 2001 東京大学北海道演習林におけるエゾマツ実生育苗の実際 東大農演報 106:49-68.
- 小口健夫 1962 トドマツ暗色雪腐病の薬剤防除試験 北海道光珠内林木育種場報告 1:75-79.
- 小口健夫 1970 トドマツ, エゾマツに激害を与える暗色雪腐病について 光珠内季報 6:2-7.
- 小野馨 1966 昭和40年度の樹木病害鑑定のとめ 北方林業 18:106-108.
- 大久保幸一・佐藤主計・打田勝春 1972 エゾマツ菌害木の造材歩止りについて 林業研究発表大会論 21:131-134.
- 太田祐子 1999 日本におけるナラタケ属菌について 森林防疫 564:47-55.
- 太田祐子 2002 ならたけ病 病虫獣害防除協会 編 森をまもる―森林防疫研究50年の成果と今後の展望― pp. 249-257. 全国森林病虫獣害防除協会, 東京
- 太田祐子 2006 ナラタケ属菌の分類・系統・生態およびならたけ病の防除 樹木医学研究10 (1) :3-10.
- Sakamoto, Y. and Miyamoto, T. 2005 *Racodium snow blight in Japan*. For. Path. 35:1-7.
- 真田勝・遠藤克昭・岸田昭雄 1984 天然更新に関与する菌害 (I) - *Racodium* 菌の生長と落葉の無機成分 - 日林北支論 33:166-168.
- 佐々木克彦・松崎清一・遠藤克昭 1986 エゾマツのアトロペリス胴枯病疑似症について 森林保護 194:28-30.
- 佐藤邦彦・庄司次男・太田昇 1960 針葉樹苗の雪腐病に関する研究 II - 暗色雪腐病 - 林試研報 124:21-100.
- 島強・清水目元一・大屋一美 2005 ダンボールを利用したエゾマツ暗色雪腐病の防止効果―エゾマツ天然下種更新稚樹の育成技術― 日林北支論 53:15-17.
- 高橋郁雄 1975 近年道央で発見された主要樹種の病害 北方林業 27:237-241.
- 高橋郁雄 1979 北海道中央部における針葉樹の菌類相と病害に関する研究―主として子のう菌類, 不完全菌類およびさび菌類について― 東大農演報 69:1-143.
- 高橋郁雄 1991 エゾマツの生育過程と菌類相の遷移―特に天然更新に対する菌類の役割― 東大農演報 86:201-273.
- 高橋郁雄 2003 新版北海道きのこ図鑑 363pp. 亜璃西社, 札幌
- 高橋郁雄・小笠原繁男 1990 土壌殺菌法による暗色雪腐病の防除効果 日林北支論 38:113-115.
- 高橋郁雄・佐保春芳 1973 *Tryblidiopsis pinastri* (PERS.) KARSTENによるトウヒ属とマツ属の枝枯病 日林誌 55:75-77.
- 高橋郁雄・佐保春芳 1975a トウヒ属樹木の新病害アトロペリス胴枯病 (新称) 日林北支論 23:7-10.
- 高橋郁雄・佐保春芳 1975b トウヒ属樹木の新病害「アトロペリス胴枯病」 日林誌 57:318-321.
- 高橋郁雄・佐藤昭一 1984 苗畑のトドマツ床替苗木で発生したファシディウム雪腐病 日林北支論 32:77-79.
- 高橋郁雄・宮森吉次・畑野健一 1984 エゾマツ・トドマツの天然更新に関する研究―林地における各種播種床稚苗の生育状況 (3~5年経過) - 日林北支論 33:62-64.
- 高橋康夫・後藤晋・笠原久臣・犬飼雅子 2002 人工微地形がエゾマツ実生の発生定着に及ぼす効果 日

林誌 84:184-187.

- 高橋康夫・柴田前・佐藤昭一・畑野健一 1984 エゾマツ・トドマツの天然更新に関する研究－林相のちがいによる地はぎ5年後の更新状況－ 日林北支論 33:68-70.
- 徳田佐和子 2006 材質腐朽病 北海道立林業試験場監修 北海道－樹木の病気・虫害・獣害 pp. 4-12. 北海道森と緑の会, 札幌
- 徳田佐和子・秋本正信 1994 エゾマツ造林地におけるアトロペリス胴枯病の発生状況 日林北支論 42:137-139.
- 山野義雄 1931 エゾマツ心材白斑腐食菌侵入の経路と其予防に就て 札幌農林学会報 23:135-171.
- 山岡裕一 2001 微生物による繁殖源の創出－樹皮下キクイムシと青変菌－ 二井一禎・肘井直樹 編 森林微生物生態学 pp. 148-162. 朝倉書店, 東京
- 山岡裕一 2002 青変菌類の種類と病原性および伝搬機構 全国森林病虫獣害防除協会 編 森をまもる－森林防疫研究50年の成果と今後の展望－ pp. 111-124. 全国森林病虫獣害防除協会, 東京
- Yamaoka, Y., Takahashi, I. and Iguchi, K. 2000 Virulence of ophiostomatoid fungi associated with the spruce bark beetle *Ips typographus* f. *japonicus* in Yezo spruce. J. For. Res. 5:87-94.
- 吉田成章 1994 エゾマツ・トドマツの穿孔虫 小林富士雄・竹谷昭彦 編著 森林昆虫－総論・各論－ 171-178. 養賢堂発行, 東京