

森林

FOREST PESTS

防疫



目次

論文

カミキリムシ相を指標とした森林生態系の健全性の評価と保全

[稲田哲治・前藤 薫] 3

スギこぶ病の発生生態

[矢口行雄・菅原 泉・湯澤恵子・大坂史紀・服部由美子・大瀧祐介] 8

ブナの葉の内生菌と枝葉被覆処理により示唆される感染ルート

[金子令子] 16

イヌツゲ枝枯病 (新称)

[升屋勇人・楠木 学・津田裕司] 25

都道府県だより：千葉県 30

森林病虫獣害発生情報：平成20年1月受理分 31

協会からのお知らせ：「平成20年度森林病害虫等防除活動優良事例コンクール」推薦について 33



A



B



C

[表紙写真] ハグマノキ (スモークツリー) の各種病害

写真A：うどんこ病(病原菌：*Uncinula verniciferae*)。5月より発生。愛媛県内のハグマノキの切り花(枝物材料)収穫を目的とした栽培圃場で発生(さび病、炭疽病も同じ栽培条件で発生)。9月下旬から病勢が急激に進展し、10月初旬から菌叢内に多数の閉子のう殻を形成した。

写真B：さび病(病原菌：*Pileolaria* sp.)。写真は5月に茎に形成されたさび胞子堆。その後、7月には夏胞子堆、10月に冬胞子堆が形成された。

写真C：炭疽病(病原菌：*Colletotrichum gloeosporioides*)。6月より発生。7月以降に病勢が急激に進展。茎で発病すると葉、葉柄が枯死する。

(愛媛県農業試験場 奈尾雅浩)

論文

カミキリムシ相を指標とした森林生態系の健全性の評価と保全

稲田哲治¹・前藤 薫²

1. はじめに

1992年の地球サミット以降、生物多様性の保全を基盤要素とした持続可能な森林管理の重要性は、国際的に広く認識されるようになってきた。森林の生物多様性は、陸上生態系のなかで最も豊かであり（中静，2004a），森林の健全性を支える基本的な条件である（四手井，1987；片桐，1993；藤森，2003；高橋，2004）。

日本の国土の67%は様々なタイプの森林に覆われており、なかでも良好な自然林（例えば，Makino *et al.*, 2007）は、生物多様性の保全のため特に重要とされている。しかし、保護林として守られている残存自然林は規模が小さく孤立化が進んでおり（安原ら，1994），低山地帯の里山林は戦後急速にスギやヒノキの人工林に置き換えられてきた。全国有数の林業地として知られる愛媛県久万高原町では、民有林の実に86%が人工林となっている。こうした大規模で急速な森林植生の改変は、地域固有の生物多様性に大きな影響を与えてきたと考えられる。



図-1 トゲヒゲトラカミキリ

高度に人工林化した地域において、その地域本来の生物多様性を保全するためには、生物の生息環境としての人工林の質を把握し、人工林をより良好な状態に誘導するための森林管理に取り組む必要がある。稲田ら（2006）は、カミキリムシ類を指標としながら、地域本来の植生に近づける施業を行うことにより、人工林の生物生息環境を良好な方向に誘導できる可能性を示した。本稿では、その概要を紹介するとともに、持続可能な森林生態系の保全に向けた森林施業について述べたい。

2. 森林生態系の健全性の指標としてのカミキリムシ類

森林の生物多様性は、植物だけでなく、植物と相互作用をもつ動物や菌類とともに評価される必要がある（中静，2004b）。なかでも昆虫を含む節足動物は、森林生態系のなかで様々な機能を担っており、その健全性を測る指標として重要である（例えば，Maleque *et al.*, 2006）。また森林昆虫のなかでも、大型木質遺骸に依存する腐朽材食昆虫類（Warren and Key, 1991；Lattin, 1993）は、原始的な森林の指標種群集のひとつとされ、森林管理の違いに敏感に反応する生物群であることが知られている（Martikainen *et al.*, 2000）。

例えばカミキリムシ類（図-1）は、食餌植物の種多様性だけでなく、長い年月を経て形成される様々な状態の倒木や立枯れ木といった森林の複雑な木質構造に依存しており、二次林の成熟にともなって種数や種組成が変化する種群である（楨原，1994；前藤・楨原，1999；Maeto *et al.*, 2002）。またカミキリムシ類は、枯死材の分解者や花粉の媒介者として、あるいは鳥類など小動物のエサ資源として、森



図-2 マレーズトラップを設置したスギ・ヒノキ人工複層林 (CPM130)

林生態系の健全性を支えている。こうしたことからカミキリムシ類は、森林の自然度や二次林の修復過程の指標とされている（榎原ら，2001；Ohsawa，2004；稲田ら，2006；Makino *et al.*，2007）。

3. 調査方法

調査地域は、高度に針葉樹人工林化した愛媛県久万高原町（人工林率86%）と、四国内陸部本来の自然植生（宮脇，1982）に近いモミ・ツガ天然生二次林（二宮ら，1985）が残存する松山市米野々町の愛媛大学農学部附属演習林（380ha，人工林率40%）に設定した。調査森林は、人工単層林，人工複層林，落葉広葉樹を主体とした二次林の3タイプとし，久万高原町では天然更新二次林2林分，スギ・ヒノキ人工単層林3林分，スギ・ヒノキ人工複層林3林分（図-2），愛媛大学演習林では老齢二次林1林分を調査した。

各調査地の林床にマレーズトラップ（Darling and Packer，1988）を2張ずつ設置してカミキリムシ類を捕獲し（図-2），対応分析（CA）により調査林分とカミキリムシ種の座標付けを行なった。また，林齢，植物種数，倒木量とカミキリムシ相の関係を分析した。

4. 結果と考察

(1) 高度に人工林化した地域の生物多様性

高度に人工林化した久万高原町におけるカミキリ

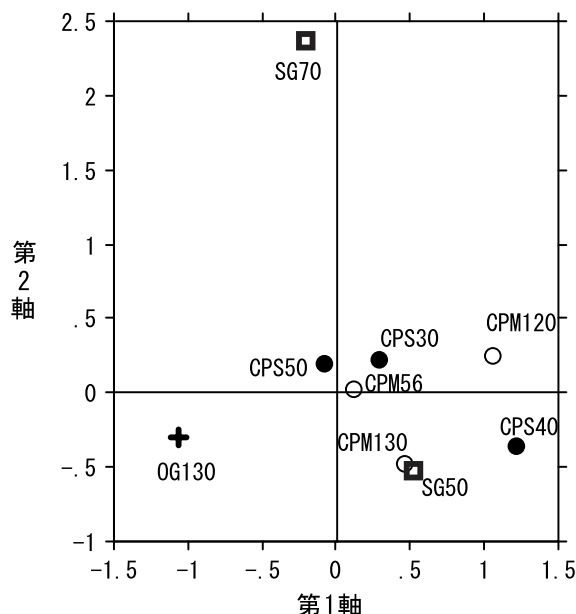


図-3 カミキリムシ類の対応分析(CA)による各調査地の座標付け(稲田ら，2006)

●，人工単層林；○，人工複層林；□，二次林；+，老齢二次林。数字は林齢。

ムシ相は，愛媛大学演習林の老齢二次林（OG130）とは大きく異なり（図-3），カミキリムシ類の種数（16～34種）と個体数（34～99頭）は，老齢二次林（45種，248頭）に比べて少なく，種組成の幅も狭かった。

久万高原町では，良好な森林環境を反映するカミキリムシ類（榎原ら，2001；Maeto *et al.*，2002）のうち，成虫が性成熟のために柔らかい葉を後食するトホシカミキリ族（榎原ら，2001）が多かった。トホシカミキリ族は，植生が豊かな里山林に多く生息するとされており（榎原ら，2001），持続的な人為攪乱によって維持されている久万高原町のカミキリムシ相を特徴づけるものと考えられる。

しかし逆に，トホシカミキリ族のなかでも比較的自然度の高い森林地域で稀に採集記録があるクロキモンカミキリ（Makihara，1992）は，久万高原町では捕獲されなかった。また，腐朽木に穿孔するコバネカミキリ（榎原ら，2001）や幼虫が湿った環境を好み大径木を必要とするPidonia属などのハイイロハナカミキリ族（榎原ら，2001；Maeto *et al.*，2002）は，減少あるいは欠落していた。ハイイロハ

ナカミキリ族は、成虫期の生活を花に依存しており(窪木, 1980), 花粉媒介者として森林植物の遺伝子交流の一端を担っている。

これらのことから、高度に人工林化した久万高原町のカミキリムシ相は、多様性は低くはないが、自然度の高い森林に生息するカミキリムシ類は減少あるいは欠落し、この地域本来の生物多様性が失われている可能性があり、森林生態系の持続性にも影響が生じているものと考えられる。

(2)森林タイプと生物多様性の関係

複層林や二次林といった森林タイプとカミキリムシ相の間に密接な関係はみられなかった(図-3)。また、カミキリムシ類の種数も、森林タイプの間で差がなかった。

老齢二次林などの成熟した森林にみられる階層構造は、無脊椎動物相の豊かさを維持する重要な要素であり(Southwood *et al.*, 1979; Toda, 1987; 頭山・中越, 1994; Ishii *et al.*, 2004), 人工林の複層林化は生物多様性の保全につながるものと期待されている(例えば, 環境省自然環境局, 2002)。しかし今回の調査では、人工林のカミキリムシ相が複層林化によって老齢二次林(OG130)に近づく傾向、すなわち複層林施業による直接的な自然度促進の効果は確認できなかった(図-3)。また、林

齢とカミキリムシの種数や種構成(対応分析の軸値)の間には、有意な相関関係は認められなかった(図-4)。

以上のことから、カミキリムシ類を指標とした森林の自然度は、複層林や長伐期林といった森林のタイプを取り入れるだけでは単純には保全されないと考えられる。

(3)森林施業による生物多様性の保全

良好な森林環境を反映するハイロハナカミキリ族(楨原ら, 2001; Maeto *et al.*, 2002)は、植物種数の多かった人工複層林(CPM130), アカマツ二次林(SG50), コナラ二次林(SG70)で捕獲された。また、カミキリムシ相の違いを示す図-3の第1座標軸と植物種数の間に有意な相関があった(図-5)。すなわち、カミキリムシ類の種組成は、植物種数が多い人工林ほど、愛媛大学演習林の老齢二次林(OG130)に近づく傾向が認められた。Maleque *et al.* (2007a, b)は、人工林におけるハチ目とコウチュウ目の多様性が、林床植物の種数やバイオマスと密接に関係していたと報告している。これらのことから、その地域本来の生物多様性を保全するためには、人工林にも自然植生を構成する植物の種数を増加させることが重要であると考えられる。

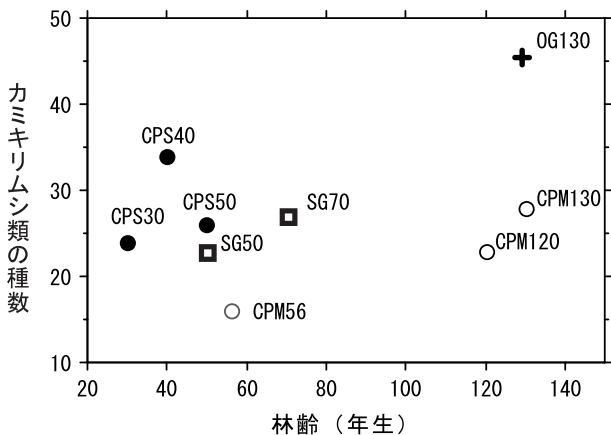


図-4 林齢とカミキリムシ類の種数の関係(稲田ら, 2006)

●, 人工単層林; ○, 人工複層林; □, 二次林; +, 老齢二次林。数字は林齢。久万高原町の調査地, $r=-0.002$, $n=8$, $p=0.997$; 全ての調査地, $r=0.413$, $n=9$, $p=0.282$ 。

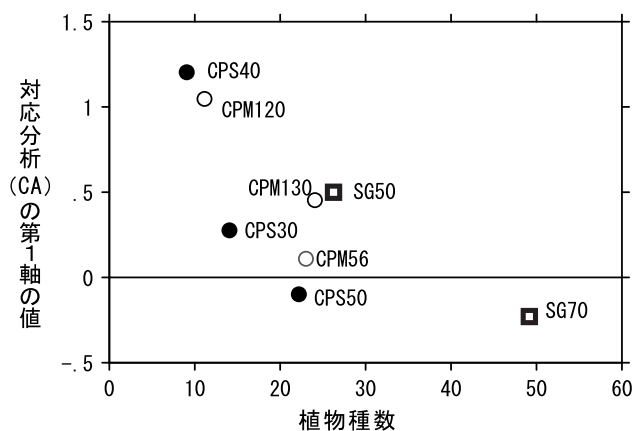


図-5 植物種数とカミキリムシ類の種組成(CAで得られた第1軸値)の関係(稲田ら, 2006)

●, 人工単層林; ○, 人工複層林; □, 二次林。数字は林齢。 $r=-0.729$, $n=8$, $p=0.038$

複層林の植物種数は、単層林と差がなく、複層林施業による植物種数の増加促進の効果は認められなかった。岡（1991）は、複層林の下層植生は上層木の管理を適切に行なわないと消失することを指摘している。下層植生の多様性によって森林生物の多様性を保全するためには、どのようなタイプの森林であっても、間伐等による上層木の適切な密度管理が必要であろう。

対応分析の第1軸に沿って老齢二次林（OG130）と対極に布置された40年生人工単層林（CPS40）（図-3）では、間伐が実施され林内の光環境は良好であったが、林床はスズタケで覆われ、植物の種数は最も少なかった。スズタケなどのササ類は、林床植物の更新や多様性に負の影響を与えることが知られている（Nagaike *et al.*, 1999）。ササ類の繁殖放置は、竹林の放置拡大と同様、植物種数の減少、ひいては生物多様性の衰退につながりかねない。今後は、こうした生物多様性の維持を阻害する生物の過度な繁殖を抑制する施業方法の検討が求められる。

湿った腐朽木に穿孔し良好な森林環境を反映するコバネカミキリ（榎原ら、2001）は、腐朽した倒木の多かった人工単層林（CPS30）とアカマツ二次林（SG50）でわずかに捕獲された。しかし、森林タイプと倒木量の間には明瞭な関係は認められなかった。枯死木が生物多様性に与える影響を把握するためには、倒木の樹種や部位および立枯れ木に関する詳細な調査が必要である。また枯死木や立枯れ木を人為的に供給することについても検討する必要があると思われる。

5. おわりに

人工林のカミキリムシ相を地域本来の状態に近づけるには、複層林や長伐期林に誘導するだけでは不十分であり、林内の植物相（種数）を回復することが重要と考えられる。高度に針葉樹人工林化した地域であっても、間伐等による植生管理によって、生物多様性と健全な森林生態系を保全することが出来るだろう。

引用文献

- Darling, D.C. and Packer, L. (1988) Effectiveness of Malaise traps in collecting Hymenoptera: the influence of trap design, mesh size, and location. *Can. Ent.* 120: 787~796.
- 藤森隆郎（2003）新たな森林管理 持続可能な社会に向けて。全国林業改良普及協会，東京。
- 稲田哲治・柚村誠二・前藤 薫（2006）森林施業がカミキリムシ相に与える影響。日林誌 88：446~455。
- Ishii, H. T., Tanabe, S., and Hiura, T. (2004) Exploring the relationships among canopy structure, stand productivity, and biodiversity of temperate forest ecosystems. *Forest. Sci.* 50: 342~355.
- 片桐一正（1993）これからの森林保護 考え方と技術開発の方向。山林 1309：2~9。
- 環境省自然環境局（2002）いのちは創れない 新・生物多様性国家戦略。環境省自然環境局，東京。
- 窪木幹夫（1980）カミキリムシ科ヒメハナカミキリ属の訪花性について。日生態誌 30: 133~143。
- Lattin, J.D. (1993) Arthropod diversity and conservation in old-growth Northwest forests. *Amer. Zool.* 33: 578~587.
- 前藤 薫・榎原 寛（1999）温帯落葉樹林の皆伐後の二次遷移にともなう昆虫相の変化。昆虫ニューシリーズ 2：11~26。
- Maeto, K., Sato, S. and Miyata, H. (2002) Species diversity of longicorn beetles in humid warm-temperate forests: the impact of forest management practices on old-growth forest species in southwestern Japan. *Biodiv. Conserv.* 11: 1919~1937.
- Makihara, H. (1992) Reclassification, synonymy and descriptions of some Japanese lamiine cerambycids (Coleoptera). *Acta Coleopterol. Japon.* (2): 73~79.
- 榎原 寛（1994）カミキリムシ類。森林昆虫（小林富士雄・竹谷昭彦編），pp.35~47，養賢堂，東京。

- 榎原 寛・後藤秀章・前藤 薫・北島 博 (2001) 里山における環境指標カミキリムシの探索研究(I) - 低山地天然林に生息するカミキリムシ類と調査に有効なトラップの種類 - . ホシザキグリーン財団研究報告 5 : 1~16.
- Makino, S., Goto, H., Hasegawa, M., Okabe, K., Tanaka, H., Inoue, T. and Okochi, I. (2007) Degradation of longicorn beetle (Coleoptera, Cerambycidae, Disteniidae) fauna caused by conversion from broad-leaved to man-made conifer stands of *Cryptomeria japonica* (Taxodiaceae) in central Japan. *Ecol. Res.* 22: 372~381.
- Maleque, M.A., Ishii, H. T. and Maeto, K. (2006) The use of arthropods as indicators of ecosystem integrity in forest management. *J. For.* 104: 113~117.
- Maleque, M.A., Ishii, H. T., Maeto, K. and Taniguchi, S. (2007a) Line thinning fosters the abundance and diversity of understory Hymenoptera (Insecta) in Japanese cedar (*Cryptomeria japonica* D. Don) plantation. *J. For. Res.* 12: 14~23.
- Maleque, M.A., Ishii, H.T., Maeto, K. and Taniguchi, S. (2007b) Line thinning enhances diversity of Coleoptera (beetles) in overstocked *Cryptomeria japonica* plantations in central Japan. *Arthropod-Plant Interactions* 1: 175~185.
- Martikainen, P., Siitonen, J., Punttila, P., Kaila, L. and Rauh, J. (2000) Species richness of Coleoptera in mature managed and old-growth boreal forests in southern Finland. *Biol. Conserv.* 94: 199~209.
- 宮脇 昭 (1982) 日本植生誌 四国. 至文堂, 東京.
- Nagaike, T., Kamitani, T. and Nakashizuka, T. (1999) The effect of shelterwood logging on the diversity of plant species in a beech (*Fagus crenata*) forest in Japan. *For. Ecol. Manage.* 118: 161~171.
- 中静 透 (2004a) 生物の多様性. 森林保護学 (鈴木和夫編), pp.7~8, 朝倉書店, 東京.
- 中静 透 (2004b) 日本の森林/多様性の生物学シリーズ①森のスケッチ. 東海大学出版会, 秦野.
- 二宮生夫・富田英司・辻田昭夫・荻野和彦 (1985) モミ・ツガ天然生二次林の種組成の多様性と林分構造. *愛媛大農演報* 23 : 59~76.
- Ohsawa, M. (2004) Species richness of Cerambycidae in larch plantations and natural broad-leaved forests of the central mountainous region of Japan. *For. Ecol. Manage.* 189: 375~385.
- 岡 信一 (1991) 現場からみた複層林の問題点について. *森林科学* 1 : 72.
- 四手井綱英 (1987) 総説. 森林保護学 (四手井綱英編), pp.1~11, 朝倉書店, 東京.
- Southwood, T.R.E., Brown, V.K. and Reader, P. M. (1979) The relationships of plant and insect diversities in succession. *Biol. J. Linn. Soc.* 12: 327~348.
- 高橋邦秀 (2004) 森林の健全性. 森林保護学 (鈴木和夫編), pp.109~112, 朝倉書店, 東京.
- Toda, M.J. (1987) Vertical microdistribution of Drosophilidae (Diptera) within various forests in Hokkaido III. The Tomakomai Experimental Forest, Hokkaido University. *Res. Bull. Coll. Experim. For., Hokkaido Univ.* 44: 611~632.
- 頭山昌郁・中越信和 (1994) 植林地と二次林における土壌動物相の比較. *日生態誌* 44 : 21~31.
- Warren, M.S. and Key, R.S. (1991) Woodlands: Past, present and potential for insects. In: *The conservation of insects and their habitats* (ed. By Collins, N.M. and Thomas, J.A.), pp. 155~211. Academic Press, London.
- 安原加津江・奥 敬一・田中伸彦 (1994) 保護林制度における生物群集の保全の現状. *造園雑誌* 57 : 193~198.

(2007. 9. 12 受理)

論文

スギこぶ病の発生生態

矢口行雄¹・菅原 泉²・湯澤恵子³・大坂史紀⁴・服部由美子⁵・大瀧祐介⁶

1. はじめに

スギこぶ病は草野（1903, 1904）により初めて報告され、その病原菌は *Nitschkia tuberculifera* Kusano と記載された。本病の病徴は、初め葉腋付近に肉芽状を呈して発生する。淡褐色でやや光沢をおびている微小なこぶ組織は、その後、経時的に発達し肥大するに伴いザクロ状の豆状突起を形成し、こぶ表面は仏頭状となり、枝では拳大に達する（写真-1）。まれに樹幹にも発生し、人頭大にまで達することがある（写真-2）。罹病枝はすぐには枯れず、一度発生したこぶは肥大して毎年伝染源となり蔓延するといわれている。このため、激害木になるとこぶが枝に数cm間隔で数多く発生し（写真-3）、枝葉の繁茂が劣り樹冠を疎開することから、植林地では材質や成長に影響を及ぼすことが懸念されている（伊藤, 1962; 高橋・堀田, 1978）。さらに、近年、わが国では木材価格の低迷と森林の多面的機能への期待から、長伐期施業を指向する傾向が強くなり、今後スギこぶ病の被害は拡大することが予想される。

本病に関する病理学的研究は少ないが、福田・鈴木（1986）はスギこぶ病の解剖学的研究として組織構造および菌学的検討を行った。その結果、病原菌を *Nitschkia* 属としてきた従来の説に疑義を生じ、*Botryosphaeria* 属に移されるべきだと報告した。また、こぶの内部は、形成層、木部、師部が突起に向かって分化し、てんぐ巣病的な構造を呈す一方、孤立して生じた維管束組織は、こぶの成長とともに押し出され、周囲の細胞が褐変・壊死するに伴って、順次脱落すると報告した。また著者ら（未発表）の実験結果により、本病原菌の子嚢胞子は容易に発芽するが、培養にはいたらず、現在までに分離菌株は得られていない。

スギこぶ病の被害と耐病性品種について長野ら



写真-1 枝に発生したこぶ



写真-2 樹幹に発生したこぶ



写真-3 スギこぶ病激害木

(1959)は、大分県津江地方での被害分布が極めて広がったこと、そして品種ウラセバルが本病の耐病性であることを報告している。その後、高橋ら(1978, 1983)は、大分県日田市で本病の被害分布調査と、被害形態および発生環境について調査を行い、本病の感染や発病は、降水量や湿度の影響が大きく、またスギの樹勢も考慮する必要があると報告している。さらに大野(1985)は箱根杉並木における本病の発病状況についての被害調査を行い、激害木は樹勢が小さい場合にこぶが多く発生し、微害木では樹勢が普通または大きいことから、本病の発生により樹勢が弱まる傾向があると報告している。

そこで本報告は、スギこぶ病の発生生態を明らかにするため、まず、わが国の都府県の林業担当者にアンケート調査を行い、本病の発生の実態調査を行った。さらにスギこぶの肥大速度、スギこぶ病の罹病木における樹冠内のこぶ発生分布を調査したのでここに報告する。

2. 日本各地におけるスギこぶ病の発生に関するアンケート調査

スギこぶ病はこれまで成長の衰えた壮齢木に発生することが多く、林業的被害は軽微であるとされてきたため、本病害に関する研究はきわめて少ない。そこで、スギこぶ病の日本全国における発生分布および、誘発因子について把握する目的で、スギこぶ病の発生に関するアンケート調査を実施した。

調査方法として、「発生状況に関する質問」および「発生生態に関する質問」により28項目を設定し、北海道と沖縄県以外の全国45都府県の林業試験場等に、2001年7月、アンケート用紙を郵送で依頼した。

(1)スギこぶ病アンケートの内容

質問1. 都府県内において、スギの「こぶ病」は発生していますか。

- a. 発生している b. 発生していない
c. わからない

質問2. スギこぶの発生は木材生産の価値を左右すると思いますか。

- a. はい b. いいえ c. わからない

質問3. スギこぶの発生は山林の価値を左右すると思いますか。

- a. はい b. いいえ c. わからない

質問1. でb. 発生していない c. わからないとお答えになった方はご協力有り難うございました。

以下の質問は、質問1. で発生していると答えられた方のみご回答下さい。身近でみられるものについてで結構ですので、可能な範囲でお答え下さい。

1. スギこぶがみられるのは林分のどの辺りですか。
 - a. 林分全体 b. 林分内 c. 林縁
2. いつ頃からスギこぶが確認されていましたか。
 - a. 昭和25年以前 b. 昭和25年頃
 - c. 昭和30年頃 d. 昭和35年以降
 - e. わからない
3. スギこぶを視認するのはいつの時期ですか。
 - a. 植栽時 b. 下刈り後 c. 除伐時
 - d. 枝打ち時 e. 間伐時 f. 主伐時
 - g. いつでもみられる h. わからない
4. スギこぶをみつけたときの処置はどのようにしていますか。
 - a. こぶのついた枝を落とす b. 伐倒する
 - c. 何もせずそのまま d. その他
5. スギこぶの発生が著しくみられるのは、主としてどのような状況下ですか。林分の立地状況、林分の管理状況、樹木の状態についての以下の質問にお答え下さい。
 - 5.1 林分の立地状況
 - 1) 地形
 - a. 尾根部 b. 谷部 c. 中腹部
 - d. 関係なく発生
 - 2) 傾斜度
 - a. 急傾斜地 b. 緩傾斜地 c. 平坦地
 - d. 関係なく発生
 - 3) 林分の傾斜方向
 - a. 東 b. 西 c. 南 d. 北
 - e. 南東 f. 南西 g. 北東 h. 北西
 - i. 方位に関係なく発生
 - 4) 林内の相対照度
 - a. 5%未満 b. 5~20% c. 30%以上

- d. 関係なく発生
- 5) 林内の通風
 - a. 風通しが良い b. 風通しが悪い
 - c. 関係なく発生
- 6) 水系
 - a. 小川等水源が近くにある
 - b. 水源は近くにない
 - c. 関係なく発生
- 7) 上記の1) から6) の中で、スギこぶの発生に関連性が高いと考えられる項目を上位3番目までの番号をご記入下さい。

5.2 林分の管理状況

- 1) 林分の施業
 - a. 単層林施業 b. 複層林施業
 - c. 混交林施業 d. 関係なく発生
- 2) 林齢
 - a. 10齢級以上 b. 6～8 齢級
 - c. 3 齢級以下 d. 関係なく発生
- 3) 林分密度
 - a. かなり高密度 b. 高密度
 - c. 適当な密度 d. かなり低密度
 - e. 低密度 f. 関係なく発生
- 4) 林床
 - a. 下草が繁茂している
 - b. 下草が繁茂していない
 - c. 関係なく発生
- 5) 枝打ち
 - a. 適期に実施した b. 遅めに実施した
 - c. 実施していない d. 関係なく発生
- 6) こぶが発生している林分の植栽時の苗木
 - a. 実生苗木 b. 挿し木苗木
 - c. わからない
- 7) 上記の1) から6) の中で、スギこぶの発生に関連性が高いと考えられる項目を上位3番目までの番号をご記入下さい。

5.3 樹木の状態

- 1) 直径成長
 - a. 良好 b. 普通
 - c. 不良 d. 関係なく発生

- 2) 樹勢
 - a. 旺盛 b. 普通
 - c. 衰弱 d. 関係なく発生
- 3) 気根
 - a. 発生しやすい b. 発生しにくい
 - c. わからない
- 4) 針葉の形態
 - a. 鋭角 b. 接線 c. 接触 d. 重複



- 5) 品種
 - a. 品種で発生頻度が違う
 - b. 品種による違いはない
- 6) 上記の1) から5) の中で、スギこぶの発生に関連性が高いと考えられる項目を上位3番目までの番号をご記入下さい。

(2)スギこぶ病アンケート結果

北海道と沖縄県以外の全国45都府県にスギこぶ病アンケートを依頼した結果、36都府県(80%)から回答があり、その中でも徳島県からは県内8ヶ所の林業事務所から回答を得られたため、合計43のアンケート結果が回収できた。回収したアンケート結果から、スギこぶ病の発生は、77%の都府県内において認められた。しかし木材の価値については50%が、山林の価値については41%が、本病害の発生により左右されないという回答であった。

次に本病が発生していると回答された方々に、本病の発生生態に関する質問を行った結果、発生場所については「林分全体」が42%、いつ頃から発生が確認されていたかについては、「わからない」という回答が89%と最も多かったが、昭和30年、35年ころから発生していたという回答も得られた。

本病を視認する時期については、「いつでもみられる」が39%で最も多く、視認後の処置としては96%というほとんどの県では「何もせずそのまま」という回答だった。

本病の発生場所の立地状況についての質問では、

地形は谷部（63%）が多く、傾斜度には関係なく発生（38%）し、傾斜方向にも関係なく発生（71%）し、また相対照度にも関係なく発生する（36%）という回答が最も多かった。さらに、通風については「風通しが悪い」が59%で、水系については「小川等水源が近くにある」が67%で最も多い回答だった。そして、本病発生と関連性が高いと考えられる立地状況は、地形（26%）、通風（26%）、水系（21%）であった。つまり、スギこぶ病の発生は谷部で、通風が悪く、水系が近くにある状況下で発生しやすいというアンケート結果であった。

本病害が発生している林分の管理状況について質問したところ、施業は単層林（80%）が最も多く、複層林（10%）という回答も得られた。林齢は10齢級以上（43%）が最も多く、林分密度では高密度な環境（35%）で、林床には関係なく（52%）、枝打ちを実施していない環境（58%）に発生が多く見られることがわかった。さらに植栽時の苗木は、実生苗木 38%、挿し木苗木 29%であった。そして、中でも林齢（33%）が本病発生と関連性が高いと考えられていた。

本病が発生している樹木の状態は、直径成長がごく普通（39%）で、樹勢も普通（58%）、気根発生との関係については不明（90%）で、スギの針葉の形態は湾曲し先端で接線をもって一致する形態（57%）が最も多く、さらにスギの品種で発生頻度が異なる（75%）という回答であった。これらの結果から特に品種（42%）の違いが本病発生に関わっていると考えられていた。

スギこぶ病発生の有無についての質問に対し、77%という大変多くの県で発生していると回答し、唯一発生していないと回答した県ではその理由として、「絶対発生していないという自信はないが、発生しているという情報がないため」と記された。さらに、わからないと回答した県では「被害報告の事例がないため」とその理由を記された。よって本病害の発生は全国的に広く見受けられていると考えられる。しかし一方で、木材生産の価値や山林の価値を左右する程の病害という認識はなく、本病害をいつでも

視認しているにもかかわらず、処置は何もせずそのままであるという回答がほとんどであり、現在、本病害は問題視されていないことがわかった。その理由としてある県では「スギこぶ病は単木にかつ、主として枝に発生するため、実害はないように思われるから」とし、さらに「木材としての価値が、スギこぶ病を理由に低くされた事例がないため」と記された県もあった。

本病害の発生が著しくみられる林分の立地状況については、谷部で湿度が高くなりやすい場所で本病害は多く発生していると推定できた。ある県からは「雨、霧の発生が多い地域において多く確認されている気がする。」という経験的な意見が得られ、また、「霧や雨により上層木から下層木へ伝染したものと考えられる」と雨滴伝播の可能性が示唆された。本病害は湿度が高く暗い林内で多発するといわれている（岸，1998）。しかし、本アンケートでは、傾斜方向や相対照度など光環境について、関連性は低いという結果であった。

本病害が発生している林分の管理状況については、単層林施業および複層林施業で、枝打ちの実施されていない状況下であった。施業について、単層林施行という回答が大多数を占めたのは、もともとスギは単層林施行が主で、他の複層林施行、混交林施行の例が非常に少ないため当然の結果といえる。また、枝打ちの不実施が多く回答されていたのは、被害の多くが枝上にできる本病にとって、防除にもつながる枝打ちの不実施により、本病被害の蓄積と、蔓延が引き起こされているためと考えられる。

スギの林齢については、従来本病は成長の衰えた壮齢木に発生することが多いとされてきた（福田・鈴木，1986；宮崎・灰塚，1995）。しかし、本アンケートの結果では、幼壮の別なく発生していることがわかった。近年、わが国では木材価格が低迷し、長伐期を志向する傾向が強くなっており（高橋ら，1999）、若齢木における本病害の発生が認められ、またその被害は林齢が高くなるほど蓄積されることから、将来的にスギこぶ病の被害は拡大するものと予想され、その存在も軽視できなくなると考えられ

る。

スギ植林地の林床の有無が病害発生に影響するという事は、その病害の伝播に植物あるいは、昆虫など動物が媒体として関わっている可能性が考えられるが、今回の結果からは本病害の伝搬においてその可能性は低いようであった。

本病の伝染経路を検討するため植栽時の苗木について質問し、種子伝染の可能性を検討した。その結果、実生苗木と回答したのは、9県で、挿し木苗木と回答したのは7県であった。挿し木苗木が普通である九州地方各県については挿し木苗木と回答している。スギ苗には、実生苗と挿し木苗の両者が用いられてきたが、萌芽性が強く、不定根が発生しやすいスギは、繁殖に挿し木が古くから用いられており、特に京都北山や、九州のスギ林はもっぱら挿し木で増殖されてきた（堤，1994）。これにより本病はスギの栄養生殖により伝搬される可能性が考えられたが、今回の結果からは、実生苗木による種子伝染、挿し木苗木つまり栄養繁殖による伝搬の両者ともに可能性があると思われた。今後、種子伝染の可能性についての調査が望まれる。

そして、本病害の発生しやすい樹木の状態について質問した結果から、本病害の発生は活力度に左右されず、針葉の形態あるいは品種の違いによる影響を受けていると考えられた。日本のスギは、太平洋側の地域に分布するオモテスギと日本海側の地域に分布するウラスギの二つの気候品種に大別される。オモテスギは針葉が直線的で大きく開いた形態、ウラスギは針葉が内側に湾曲した形態とされている。また、一般的にオモテスギは積雪の影響で折れ易く、ウラスギは雪が付きにくいいため、積雪により枝が折れることは少ない形態であるといわれている。本アンケートの結果より、スギこぶ病は針葉が接触しているアンケート中の「c」、すなわちウラスギからの発生が多いことがわかった。

スギこぶ病に対する耐病性の研究はすでに大分県から報告されており（長野・樋口，1959），その中でウラセバル一品種が耐病性であるとされた。このウラセバルの針葉の形態は「c」である。同じく大

分県から今回のアンケート調査においてリュウノヒゲとトモエスギに多く観察されるという意見もあった。その他、熊本県からは、スギこぶはヤブクグリという品種に特異的に発生がみられることから、他の品種と見わけの手だての一つとして用いることがあるという事例も寄せられた。

多雨で急峻な地形を持つわが国では、地力の維持、増進のため林地の大面積裸出を避けることがきわめて重要であり、その点から近年、複層林施行が注目されている（堤，1994）。それに伴い各地で壮・老齡林の樹下にスギを植栽するいわゆるスギスギ二段林が増えつつあるが、このような林分は上層木に本病害が発生した場合、上層木に発生したこぶが感染源となって下層木へ幼壯の別なく、樹木の活力度に左右されず被害が波及する可能性が危惧され、今後深刻な問題となることが懸念される（宮崎・灰塚，1995，宮崎・桑原，2001）。従って、スギ二段林を導入する際には、下木となるスギ品種の本病に対する感受性の程度を把握する必要がある。

森林病害の防除は生態的防除を基本とし、健全なる森林を育成するとともに生物社会の均衡の保持に努めるべきであるが、病原性が強いと思われる本病に対しては、特に耐病性品種の適用により被害を防ぐ方法が良いと考えられる。そこで今後は、本病原菌の分離菌株の作製を急ぎ、その培養性状、そして感染経路など生態的特徴をさらに解明することももちろん、耐病性品種の探索についても同時に急がれるべきである。

本アンケート調査にご協力をいただきました各都府県の林業試験場等の樹病担当者の方々にお礼申し上げます。

3. スギこぶの肥大速度

スギこぶ病は若齡木においても発生が認められ、病害の発生は樹勢に左右されないことがアンケート結果から考察された。しかし、全国的に本病害に対する関心は低く、発見後も処置はされていないこともわかった。従って林齡が高くなるほどその被害が蓄積される本病害は、将来的にその被害を拡大して

いくことが推測された。そこで、本病害の発生生態を解明することを目的にこぶの進行速度を詳細に把握すべきだと考え、スギこぶの計測を経時的に行った。さらに2001年3月1日より、各調査木の当年生葉の計測も同時に行った。

調査地は東京農業大学奥多摩演習林内の3地区に設置した。各調査木は2000年5月に挿し木を行った5年生東大23号で、樹高40cmから150cmの、スギこぶが自然発生していた苗木を供試した。

調査地のA, B区は東向き斜面に、C区は南東向き斜面に設定した。調査木はそれぞれ、A区2本, B区4本, C区2本を設定した。

こぶの測定は、ノギスを使用しそれぞれこぶの長径、短径、高さの3方向で行った。各月の値はその3方向の平均値を求め、こぶの肥大速度を調査した。こぶの肥大計測は2000年5月16日から2001年12月26日まで、1月を除き毎月1回合計19回行った。経時的に大きさを計測したこぶはそれぞれA区8個, B区14個, C区7個、合計29個であった。

19ヶ月間に29個のこぶの大きさを調査した結果、平均で3.9mm、最大で11.1mm肥大し、1ヶ月あたりの肥大は0.14mm~0.52mmで平均は0.3mmであったが、最も肥大が著しかった調査地A区のこぶでは、2000年7月から8月の間に3.7mmの肥大がみられた。また、2000年、2001年ともにスギこぶの肥大成長の季節的変動はほぼ同様な傾向を示した。

2001年3月1日の調査より、各調査木の当年生葉の長さの計測も同時に行ったところ、4月から6月の間に最も成長が著しく、1ヶ月間に平均で12.8cm、最大では29.3cmの伸長がみられた(図-1)。

スギこぶ全個体の肥大の平均を月毎に求め比較すると、3月から4月の間と6月から7月までの2回に大きな成長ピークがみられ、さらに9月以降にも成長がみられることがわかった。

こぶの肥大成長と当年生葉の伸長成長を比較すると、こぶの成長は当年生葉の伸長よりも早い3月から成長していたことがわかった。また7月以降はこぶおよび当年生葉の伸長も減少していた。

こぶの肥大が増加した6月から7月の間には、本

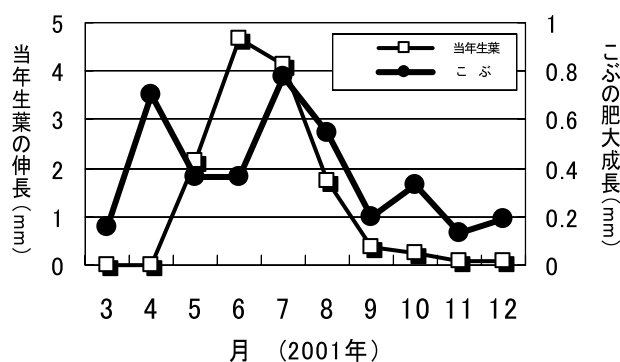


図-1 スギこぶの肥大成長と当年生葉の伸長

病の子嚢胞子が成熟、飛散する時期であり、スギこぶ病菌はこぶの肥大に影響を与えているものと推測された。

また本調査の結果から1年間にこぶは1.9~4.7mmの成長がみられ、1962年に伊藤が報告した約20cmの人頭大のこぶに肥大するのに、40年以上かかることがわかった。

4. スギこぶの樹冠内における発生分布

先のアンケート調査により、本病は幼壮の別なく広く発生していたという結果であった。近年、導入されつつある複層林施行では、壮、老齡林の樹下に若齢木を植栽するため、本病の蔓延が懸念される。そこで、1本のスギ樹冠におけるこぶの発生分布の調査を行い、樹冠における発生部位の特定を調査した。

調査地は、東京農業大学奥多摩演習林で本病が発生していた50年生の実スギ林を供試した。調査木は、目視で被害の大きい罹病木6本を選定し、2002年9月に4本、2003年9月に2本伐倒し調査した。

各調査木は伐倒後、樹高、枝下高、樹冠長を計測し、枝下高より頂端まで1m間隔に切断後、各層におけるこぶの発生数を葉と枝に分けて調査した。その際、葉付き枝は針葉と緑枝に分離することが困難なため、緑部を葉、褐色部を枝として調査した。各こぶの測定はノギスを使用し、こぶの最長部を長径、最短部を短径とし、長径、短径の2方向を測定し、各径の平均をこぶの大きさとした。

各調査木を計測した結果、最も樹冠長が短かったのは調査木2の6mで、最も長かったのは調査木6の16mであった。さらに最も樹高の低かったのは調査木1および2の15mで、最も高かったのは調査木6の25mであった。

各調査木の樹冠に発生していたこぶの発生数を調査した結果、調査木1では332個、調査木2では108個、調査木3では546個、調査木4では793個、調査木5では289個、調査木6では460個あり6本のスギに発生していたこぶの総合計は2,528個であった。さらに樹冠内の1m間隔の層内に最も多く発生していた層は、調査木4の5層目で、230個のこぶの発生が認められた(図-2)。

次に樹冠内におけるこぶ発生の垂直分布をみるため、切断した1m間隔の各層ごとに葉と枝の発生量をグラフ化した。この図から、こぶは各調査木とも樹冠内に偏りなく発生しており、垂直方向に顕著な規則性はみられなかった。またこぶが枝に多く発生

がみられた場合には、その先の葉にも多く発生している傾向がみられた(図-3)。

調査木6本から得られた2,528個のこぶを大きさ別に調査した。調査方法として、こぶの長径および

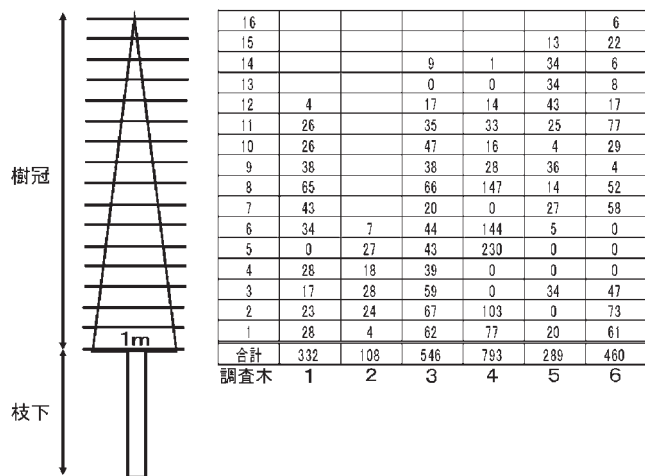


図-2 スギ樹冠におけるこぶの層別発生数(枝および葉からの発生を含む)

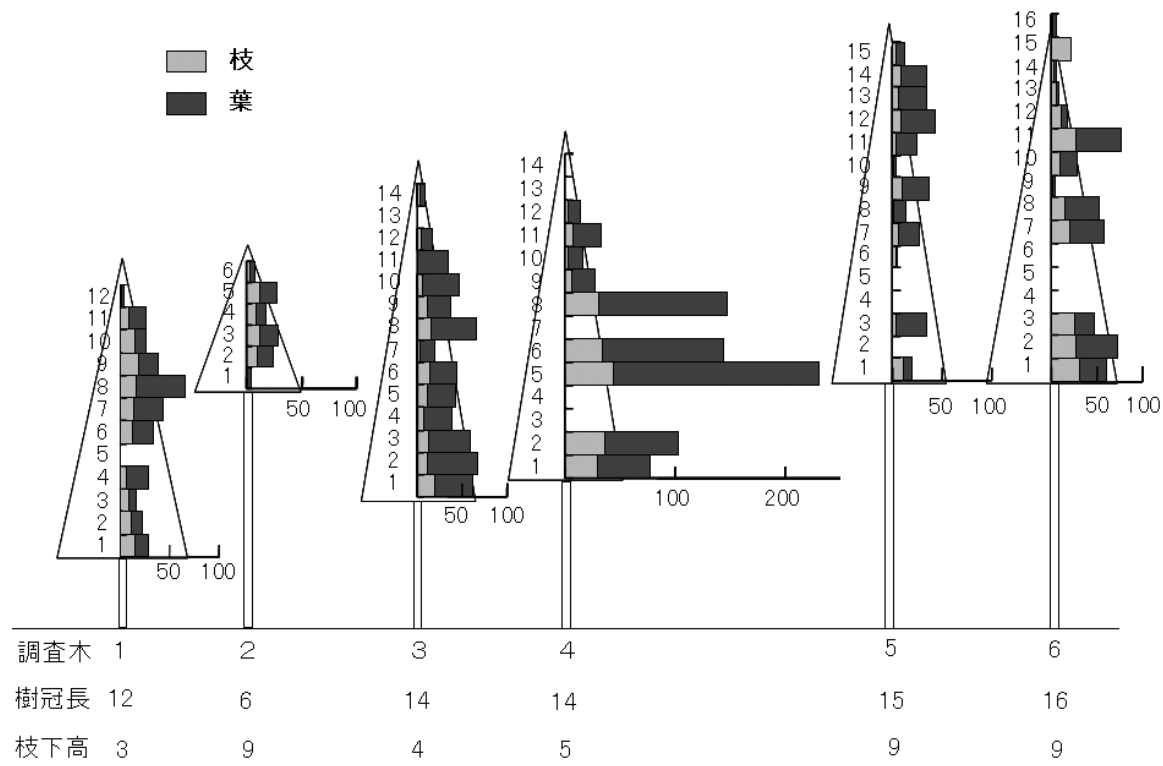


図-3 スギこぶ罹病木における層別のこぶ発生分布

短径を計測し、平均化したものをこぶの大きさとし、5 mm間隔で分類した。その結果、全ての調査木では5～10mmで最も多くみられ、こぶは大きくなるにつれて数は減少した(図-4)。

次に葉と枝から発生していたこぶ数を大きさ別にまとめてみると、葉では10mm以下のこぶが多く発生していたのに対して、枝では5 mm以下のものは少なく5 mmから20mmの範囲が多く、最高69.2mmのこぶが認められた(図-5)。

以上の結果から、こぶが枝に多く発生していた層

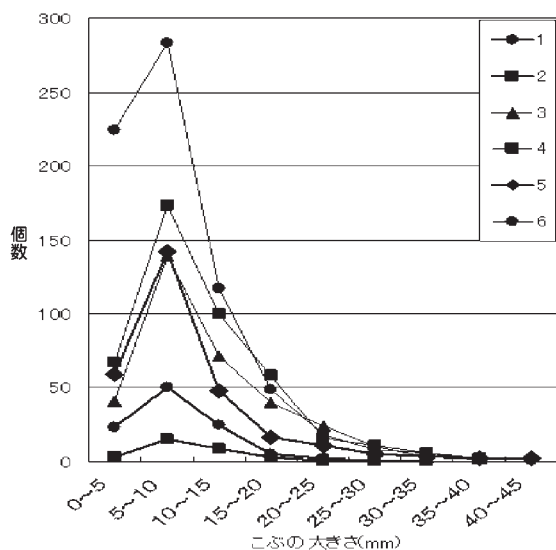


図-4 各調査木に発生したこぶの大きさ別分布

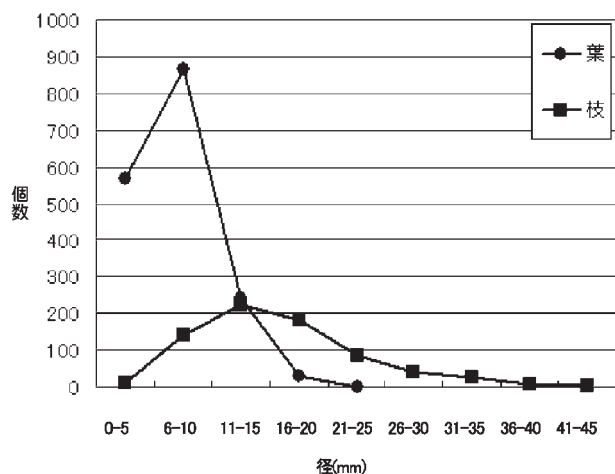


図-5 全調査木の枝、葉別におけるこぶの大きさの分布

では、葉にも多く発生していたことから、スギこぶ病の被害を蓄積、拡大させないために、発生している枝は早期に枝打ちすることが望まれる。

引用文献

福田健二・鈴木和夫(1986)スギこぶ病の解剖学的観察. 日林誌 68:462~466.

伊藤一雄(1962)図説樹病新講. pp.171~172, 地球出版.

岸 國平(1998)(編)日本植物病害大辞典. pp.1110~1111, 全国農村教育協会.

草野俊介(1903)杉ノ瘰癧ノ原因ニ就テ. 植物学雑誌 197:147~148.

草野俊介(1904)杉ノ瘤状天狗巢. 植物学雑誌 213:212~213.

宮崎潤二・灰塚敏郎(1995)スギ二段林におけるこぶ病に関する研究(I)-下木におけるこぶ病感受性の品種間差異-. 日林九支研論集 48:61~62.

宮崎潤二・桑原康成(2001)スギ二段林におけるこぶ病に関する研究(II)-13年生時の被害状況と材質への影響-. 日林九支研論集 54:95~96.

長野愛人・樋口勝人(1959)大分県津江地方におけるスギこぶ病の被害と耐病性品種. 日林九支研論 15:61~62.

大野啓一郎(1985)箱根町スギ並木のスギこぶ病. 神奈川林試報 11:29~34.

高橋史彦・金澤好一・伊藤英敏(1999)21世紀の人工林更新に関する研究. 平成11年度群馬林試業報:20~21.

高橋和博・安藤茂信・麻生賢一(1983)スギのこぶ病に関する研究(II)-被害形態および発生環境-. 日林九支研論 36:233~234.

高橋和博・堀田 隆(1978)スギこぶ病に関する研究(I)-分布調査-. 日林九支研論 31:221~222.

堤 利夫(1994)現代の林学 10 造林学, pp.13, 47, 文永堂出版, 東京.

(2008. 1. 29 受理)

論文

ブナの葉の内生菌と枝葉被覆処理により示唆される感染ルート

金子 令子¹

1. はじめに

日本の冷温帯森林を代表するブナ (*Fagus crenata*) の無病徴葉に内生的に生息する菌類として、数種の菌類が報告されてきた (Sahashi et al., 1999, 2000; Kaneko and Kakishima, 2001; Kaneko et al., 2003)。これらの結果は地域によって主要な内生菌類の種構成に違いがあることを示唆した。しかし、著者が試験を実施した茨城県北部の小川学術参考保護林での結果は、*Mycosphaerella buna* R. Kaneko & Kakish. にのみ焦点を当てたこと、また内生菌類の葉への感染ルートについては未解明の部分が残されていた。

落葉樹葉内の内生菌類の感染型としては、空中を飛散する孢子による感染、種子感染、枝に生息する菌による葉柄を通しての感染、および昆虫による感染などが考えられる。本報告では、小川学術参考保護林のブナ葉の主要な内生菌類の種構成、およびそれらの感染ルートを明らかにすることを目的とし、合わせて主要な内生菌の生態学的特徴について若干の考察を行った。なお、結果の一部については既報 (Kaneko and Kaneko, 2004) に公表した。

なお、ここで言う内生菌とは、所定の表面殺菌法で無病徴組織から分離される菌であり、宿主の抵抗力が弱まった段階で病原性を示す潜在感染している病原菌も含まれる可能性があるが、個々の菌のそれらの性質については考察で論議した。

2. 材料と方法

1) 調査地および供試木

茨城県北茨城市にある小川学術参考保護林 (以下小川) において定期的な調査、試料の採取を行った。供試木として直線距離で約800mの範囲にある9本

のブナ成木 (約40年生、高さ約7m、胸高直径37~59cm) を選定した。

2) 枝葉の被覆試験

冬芽の展開前の1999年3月30日、各供試木の高さ約2mにある2本の枝に透明なポリエチレン製袋 (袋サイズ、500×600mm、厚さ0.025mm) をかぶせた。開口部に遠い部分に8cm間隔にコルクボーラーを用いて直径12mmの通気用の穴を10カ所あけ、その穴に直径18mm、孔サイズ0.45mmのミリシール (N9PMA 032A, Nihon Millipore Ltd) を貼り、外からの孢子等の侵入を防いだ。袋は、雨水が入らないように袋の口が下向きになるよう枝に結びつけた (写真-1)。試料は、5月18日、6月13日、7月18日、8月29日、10月11日に、1供試木につき、生葉、葉柄、当年生枝のそれぞれから5試料、供試木計で、それぞれの部位から計45試料を採取した。被覆する袋は試料採取後新しいものに換えた。また、同時期、同じ高さの無被覆の生葉、葉柄、当年生枝からそれぞれ45試料を採取した。葉の被覆による影響を調査する



写真-1 ミリシールを貼った通気穴のあるポリエチレン袋による枝葉の被覆

ため、被覆した内部温度と外気温を、1 供試木についてBoxCar Pro. 4.0気温測定装置（米国オンセツトコンピュータ社）を用いて、最も暑い時期の1999年8月13日から9月3日まで30分間隔で3週間測定した。

3) 冬芽からの分離試験

1999年3月30日および4月25日、同供試木から冬芽のある小枝を合計45本（1 供試木あたり5本）を採取した。

4) 鉢植え苗を用いた林内での感染試験

グロースチャンパー内で生育させた2年生のブナ実生苗1本ずつを植えた12個の鉢を準備した。このうちの4鉢は、1998年6月13日に小川に移し、1 供試木近くの地面に軽く鉢を埋め、7月18日まで静置した。また、4鉢は、同年9月6日に同林に移し、上記の4鉢に隣接して同様の方法で10月25日まで静置した。残りの4鉢は、対照としてグロースチャンパー内でそのまま育てた。それぞれ7月18日および10月25日に生葉を各実生苗につき10葉、計40葉ずつ採取した。コントロールの実生苗も野外からものと同時期に計40葉ずつ採取し、菌の存在の有無を確認するため分離試験に供試した。

5) 分離培養法

生葉からの分離には中心部分を直径7mmのコルクボーラーで切除した葉片を用いた。また、葉柄および隣接する当年生枝については、7mmの長さに切断し、供試した。冬芽は、外側の鱗片（芽鱗）、内部の若い葉およびその直下の若い枝の3部位に分けて分離試験に供した。

試料の殺菌は、初めにエタノールで、次ぎに次亜塩素酸ナトリウムで表面殺菌し、その後再度エタノールに浸漬するFisher et al. (1986)の方法を改変して行った。試料は、表-1に示した方法で表面殺菌後、滅菌水で2回洗浄し、滅菌濾紙上に3時間以上放置して乾燥させた。その後、1%麦芽エキス寒天培地を20mlずつ分注した直径90mmのシャーレに試料を静置し、暗黒下、20°Cで1ヶ月間培養した。培養期間中は、毎日シャーレを観察し、出現した菌の菌糸あるいは胞子を三浦培地（LCA：グルコース1.0

表-1 ブナの内生菌分離試料の表面殺菌法

部位	表面殺菌殺菌剤及び浸漬時間(秒)		
	エタノール溶液(70%)	次亜塩素酸ナトリウム水溶液(有効塩素1%)	エタノール溶液(70%)
冬芽(内部の若い葉と若い枝)	30	60	30
冬芽(外側鱗片)	60	120	30
新葉	30	60	30
生葉(6月以降)	60	120	30
葉柄	60	180	60
当年生枝	60	180	60

g, KH₂PO₄ 1.0 g, MgSO₄・7H₂O 0.2 g, KCl 0.2 g, NaNO₃ 2.0 g, 酵母エキス 0.2 g, 寒天 13.0 g, 蒸留水 1000ml) およびPDA（ニッスイ）に移植した。それぞれの分離菌の分離頻度（IF）は、以下に示す計算式で求めた。

$$IF(\%) = Ni/Nt \times 100 \quad (Ni: \text{内生菌が出現した試料の数}, Nt: \text{分離に用いた試料総数})$$

なお、分離した主要な菌類の菌株は農業生物資源ジーンバンク（MAFF）に保存してある。

3. 結果

1) 枝葉からの内生菌の分離頻度

ブナの葉、葉柄、当年生枝からの分離試験で、子の菌類の*M. buna*、不完全菌類の*Ascochyta fagi* Woron., *Periconiella* sp., および*Tritirachium* sp., 計4種が、主要な内生菌として分離され、特にこれらは葉で分離頻度が高かった。さらに、他の3種、*Xylaria* sp., *Phomopsis* sp.および*Tubakia dryina* (Sacc.) Suttonも部位によっては分離頻度が高かった。菌の分離頻度は9本の供試木間で有意な差はなかったので、結果は9本の平均値として示した。そのほかに、*Colletotrichum*, *Cladosporium*, *Cryptosporiopsis*, *Alternaria*, *Coniochaeta*, その他の不完全菌類が低頻度で分離されたが、図からは除いた。

ポリエチレン袋で被覆しない葉については（図-1）、*M. buna*と*A. fagi*が7月以降分離された。*Periconiella* sp.と*Tritirachium* sp.は5月以降分離された。*M. buna*, *Periconiella* sp.および*Tritirachium*

sp.の分離頻度は調査月が最も遅い10月に最も高かったが、*A. fagi*は初めて本種が分離された7月に最も高かった。*Phomopsis* sp.は5月にのみ、低い頻度で分離された。*Tubakia dryina*は全ての調査月に分離されたが、分離頻度は低かった。

袋で被覆した葉からは(図-1)、*M. buna*と*A. fagi*はどの時期でも全く分離されなかった。それに対して、*Periconiella* sp.は全ての調査時期に分離された。しかし、その分離頻度は最も高かった7月でも19%であり、それほど高くはなかった。*Tritirachium* sp.と*Xylaria* sp.が分離されたのは稀で、頻

度も極めて低かった。主要な内生菌4種(*M. buna*, *A. fagi*, *Periconiella* sp., *Tritirachium* sp.)の被覆葉での分離頻度は、被覆なしの葉からの分離頻度より、有意に低かった(Wilcoxon's two-sample test)。

葉柄からは(図-2)、被覆、被覆なしとも、*M. buna*は調査期間を通して検出されなかった。葉での他の3種の主要な内生菌、*A. fagi*, *Periconiella* sp., および*Tritirachium* sp.は、両区で分離されたが、分離頻度は比較的lowかった。*Xylaria* sp.と*T. dryina*も両区の試験区から10%以下の頻度で分離された。*Phomopsis* sp.は被覆なしの葉柄から、非

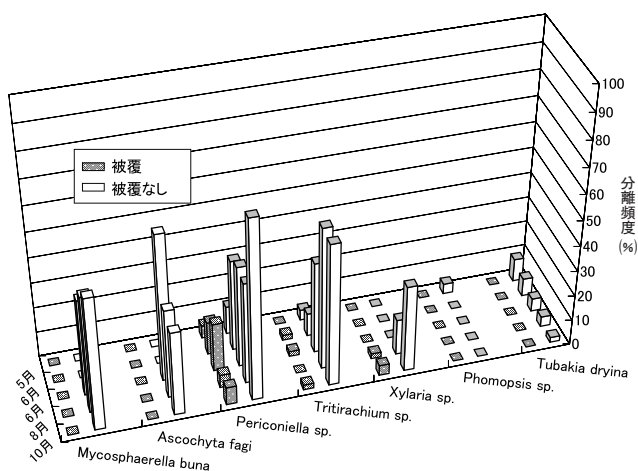


図-1 被覆および被覆なしのブナ葉からの内生菌時期別分離頻度(%)

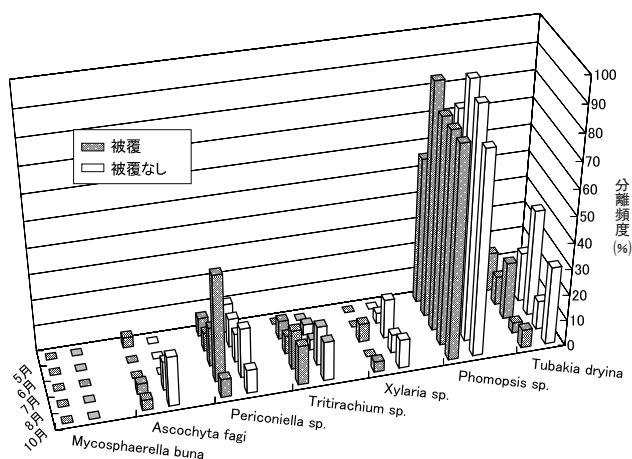


図-3 被覆および被覆なしのブナ当年性枝からの内生菌時期別分離頻度(%)

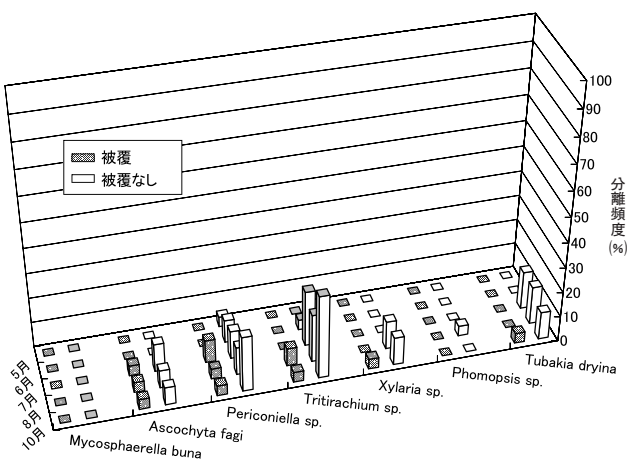


図-2 被覆および被覆なしのブナ葉柄からの内生菌時期別分離頻度(%)

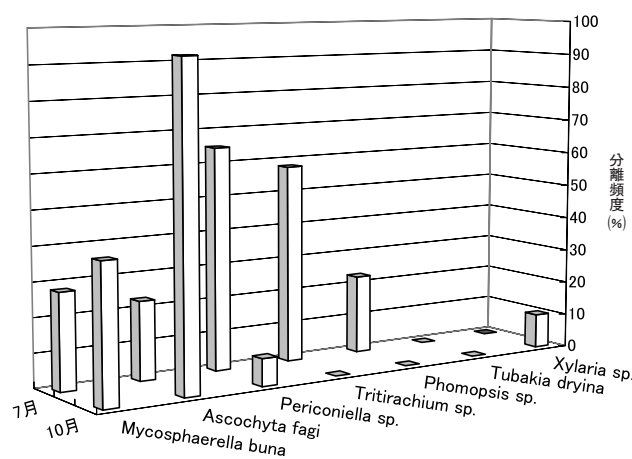


図-4 林内に異なる時期に置いた鉢植えブナ実生苗の葉からの内生菌分離頻度(%)

常に低い頻度で8月にだけ分離された。*A. fagi*と*Tritirachium* sp.は被覆しない葉柄から、より高い頻度で分離された。*Periconiella* sp.は両区の間で有意な差はなかった。

当年生枝からは(図-3), 被覆の有無に関わらず葉柄の場合と同様に*M. buna*は出現しなかった。*A. fagi*は被覆した当年生枝から5月に低頻度で分離され、8月と10月にも両区から分離されたが、被覆しない当年生枝で分離頻度は高かった。*Periconiella* sp.は、両区の当年生枝から8月の41%を除いて20%以下の頻度で分離された。*Tritirachium* sp.は両区の当年生枝から6月~10月に低頻度で分離された。葉において比較的低い出現率を示した他の3種、*Xylaria* sp., *Phomopsis* sp.および*T. dryina*も両区の当年生枝からほとんどの調査月に分離された。*Xylaria* sp.は両区の枝から比較的低い頻度で分離されたが、*Phomopsis* sp.は両区の枝から非常に高い頻度で分離された。*T. dryina*はほとんどの時期に出現したが、分離頻度は時期によって差が見られた。これらの7種の菌において、被覆枝と被覆なしの枝の間で、分離頻度に有意な差はなかった。

被覆した袋内と外温の温度変化パターンは非常に似ていたが、袋内の温度は約1℃外温より高かった。最高気温は9月2日に記録され、袋内で29.7℃、外温で29.2℃であった。

2) 冬芽からの内生菌の分離頻度

*Mycosphaerella buna*と*Tritirachium* sp.は冬芽のどの部位からも分離されなかった。一方、*A. fagi* (3月:36%, 4月:9%), *Phomopsis* sp. (3月:62%, 4月:42%) および*T. dryina* (3月:42%, 4月:11%) は外側の鱗片から3月、4月の調査月に高い頻度で分離された。内側の若い葉からは菌は何も分離されなかった。若い枝の部分からは*Periconiella* sp. (4月:20%), *Phomopsis* sp. (3月:11%, 4月:22%) および*T. dryina* (3月:2%, 4月:7%) が分離された。

3) 鉢植え苗からの内生菌の分離頻度

ブナ成木葉から分離された主要な内生菌類は、一定期間小川に置いたブナ実生苗の葉から*Tubakia*

*dryina*を除いて分離された(図-4)。*M. buna*, *A. fagi*, および*Periconiella* sp.は6~7月に置いた苗、および9~10月に置いた両方の苗から分離された。しかし、*Tritirachium* sp.と*Phomopsis* sp.は6~7月期の苗からのみ分離され、*Xylaria* sp.は9~10月期にのみ分離された。グロースチャンパー内に保った対照実生苗の葉からは菌は何も分離されなかった。

4. 考察

今回の試験で、*M. buna*, *Ascochyta fagi*, *Periconiella* sp., および*Tritirachium* sp.の4種が、この試験地のブナ葉の主要な内生菌であることが明らかになった。この試験の前に1997年と1998年の2年間実施した予備的試験でも、春期に最初にこれらの菌が出現する時期は年によって少しずつ異なるが、菌の種構成に違いはなかった。高頻度に出現する主要な内生菌類の種数は少ないという結果は、他の多くの研究者の報告と一致している(例えば、Sieber and Hugentobler, 1987; Petrini and Fisher, 1988)。

Sahashi et al. (2000) は、東北地方の数カ所のブナ林において調査し、調査地に共通してブナ生葉から2種、*Discula* sp.および*Ascochyta* sp.が、枝から*Phomopsis*属1種が出現したと報告している。今回の小川の生葉から出現した主要な内生菌類と比較すると、明らかに種構成に違いが見られた。また、枝においても*Phomopsis*属が出現しているが、小川の菌と同種であるかどうかは不明であり、種構成に違いがあると推察できる。表面殺菌方法の違いに起因することも考えられたため、本研究で用いた殺菌法により、佐橋らの協力を得て東北地方のブナ葉から分離試験を行った結果、小川では出現しなかった*Discula* sp.が高率に分離された。このことから、殺菌法の違いによる可能性は極めて少ないと考えられた。したがって、種構成に違いが生じた要因の一つには、東北地方のブナ林は冬季多雪湿潤の日本海型気候地域に属し、本研究の小川学術参考保護林は、冬季小雪で比較的乾燥した太平洋型気候地域に属することが考えられる。また、ブナの遺伝的違い(Tomaru

et al., 1998)などに起因する可能性もある。しかし、太平洋側のブナ林の調査は現在のところ本研究のみであり、冬季の気候がブナ内生菌と関係があることを一般化するためには、今後、本州太平洋側や四国地方など類似の気候地域に生育するブナ林における調査が必要である。一方、気候風土が類似している場合、地理的に離れていても内生菌類の種構成が類似していること (Rollinger and Langenheim, 1993), また、ヨーロッパブナにおいては、生育地域の気候の違いなどにより内生菌類の種構成が異なることが報告されており (Kowalski and Kehr, 1992), それらは本研究の結果からの推測の妥当性を示唆している。ブナの部位や生育地域によって、内生菌の種構成に違いのあることが明らかになったことは、今後、菌類多様性研究の一環として、樹木内生菌の調査を進める場合に重要な示唆を与えるものと考えられる。

ブナ葉の内生菌類は、分離頻度に関してそれぞれ異なる季節変動パターンを持つことが明らかになった。主要な内生菌類に関しては、開葉時期から出現する種、6月頃から出現する種、8月頃から出現する種と、出現時期の異なる3群が存在することが明らかになった。このような出現時期の違いは、ヨーロッパブナや東北地方のブナ生葉から出現した内生菌類でも観察されている (Hogg and Hudson, 1966; Sieber and Hugentobler, 1987; Sahashi et al., 1999)。その一因として、一斉展葉型落葉樹のブナの場合、葉の寿命が約6ヶ月と短く、また、葉の光合成速度は開葉直後に最大で、葉寿命とともに直線的に減少すると考えられていること (Kikuzawa, 1991) から、葉内に生息する菌類は、葉フェノロジー、特に活力の変化に大きく左右されていることが考えられる。また、落葉などに形成された散布体の飛散時期および生葉への感染時期、さらに侵入後の菌の葉内における伸展などに基づくことが推定される。また、主要な内生菌類は、季節が進むにつれて分離頻度が増加する傾向が見られたことから、菌の出現が確認された時期から葉の老化が始まる落葉時期まで生葉に潜在しているものと考えられる。葉内での生息部位

も重要な点であるが、これらのことについては別に報告したい。

また、部位、特に葉と枝では、明らかに出現した種に違いが認められた。宿主植物の特定の部位から生じる内生菌の存在については、他の研究者によっても既に報告されており (Petrini, 1986, 1991; Sieber et al., 1991; Shamoun and Sieber, 2000), ブナの内生菌においても部位による菌の種構成の違いが明らかになった。

被覆なしのブナ成木の葉、および一定期間林内に置いた鉢植え実生苗の葉から、主要な内生菌4種が高頻度で出現したことは、試験地域にこれらの菌類の感染源が高レベルで存在したことを示している。それぞれの菌の感染ルートについて以下に考察する。

*Mycosphaerella buna*は葉だけから出現したただ1種の内生菌であった。本種は被覆葉からはシーズンを通して出現しなかった。被覆葉内の温度は最高で29.7°Cであったが、主要な内生菌の各種培養基上での成長はこの温度でも大きな抑制は見られなかったことから、菌の葉への感染・成長に被覆による温度変化は影響を及ぼさなかったと推察された。さらに、*M. buna*は冬芽からは分離されなかった。これらの結果は、*M. buna*の葉への感染は空气中を飛散する胞子などによって起こることを強く示唆している。

小川でのブナ開葉時期は、4月下旬から5月中旬である。*M. buna*の精子器は落葉直後から形成され、越冬後の4月まで観察される。落葉上の本菌の偽子の殻内に成熟した子の胞子は、5月～7月の期間、特に5月に最も高頻度に見られ、*M. buna*の子の胞子の成熟時期とブナの開葉時期は、ほぼ一致することも明らかになった。このことから、落葉上の子の胞子が主な感染源になっていると推定される。しかし、鉢植えの実生を用いた野外での試験では、9～10月に林内に置いた実生でも*M. buna*による感染が起きていることが確認された。9～10月は、落葉上に子の胞子の形成が観察されなかった時期であるが、この時期だけ林内に置いたブナ実生葉から本菌が出現したことは、成熟期のブナ葉への子のう

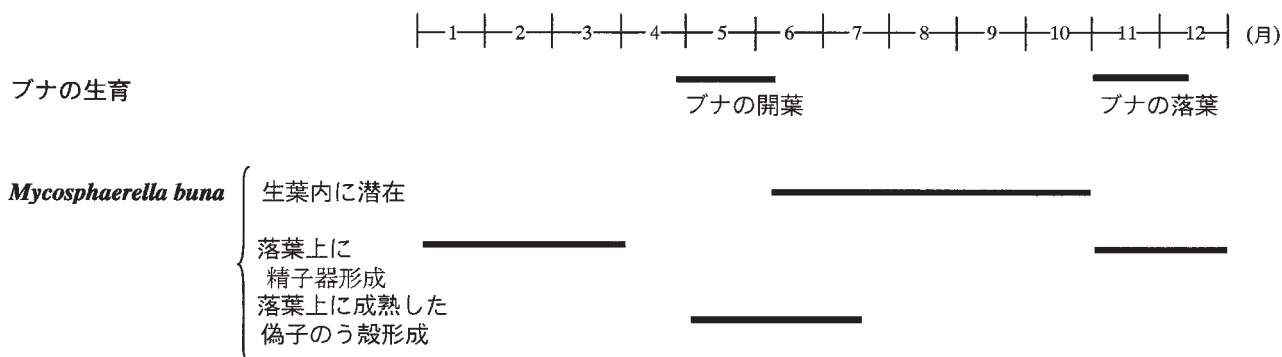


図-5 ブナ葉内生菌 *Mycosphaerella buna* の生活史

胞子以外の分散体による感染が示唆された。Kane-ko and Kakishima (2001) は本種の *Pseudocercospora* 分生子世代が培養で形成されることを報告した。さらに著者は、越冬したブナ落葉を湿度の高い条件に保つと、本菌の分生子座上に同タイプの分生子が形成されることを観察したことから、分生子による感染も考えられるがまだ実証されていない。

前述のように、落葉上の *M. buna* の偽子のう殻の成熟時期とブナの開葉時期は、ほぼ一致している。このことは、葉組織のみに生息する *M. buna* にとって生き残るための戦略として最も葉への感染の確率の高い時期、つまり新葉の展開時期に子のう胞子を成熟させていると推測され、ブナとブナ葉に生息する内生菌との密接な関係を示唆している。*M. buna* の生活史とブナとの関係についてまとめると図-5 のようになる。

Wilson and Carroll (1994) は、葉の内生菌は潜在感染している植物病原菌でもあり得るが、その2者間の違いは不明瞭と述べている。しかし、*M. buna* は、常に病徴を示さず、胞子、子座などの子実体は常に落葉後に形成されることから、潜在感染している病原菌ではなく、葉にのみ生息する真の内生菌の範疇に入ると判断される。本菌と同属の *Mycosphaerella punctiformis* も *Alnus rubra* の健全な緑葉から分離されるが (Sieber et al., 1991), この菌の場合は真の内生菌ではなく、色々な広葉樹の斑点性病害の病原菌として知られている。

Ascochyta fagi が被覆しない成木の葉と鉢植え

の実生から検出され、被覆葉からは検出されないことは、この菌の空気伝染する感染源の存在を示唆する。この菌の子のう世代はブナ、ミズナラの黄斑病菌 *Didymella fagi* であり (Wei and Harada, 1998), この菌のタイプ標本由来の菌株との比較で、今回の分離菌が同種であることも確認した。このため、小川でも *A. fagi* が病原菌として働いている可能性が考えられたが、試験地内での本病の発生、胞子形成は観察されていない。また、本菌が被覆した葉柄と当年生枝でも検出されたことは、菌糸が冬芽から葉柄、枝へ伸展することも示唆されたが、冬芽では外側の鱗片からのみ本種が検出され、菌糸が樹体内を動いて感染が起こるとは考えにくい。

Periconiella 属はやや稀な糸状不完全菌類である。ヨーロッパブナにおいて、同属菌が辺材と樹皮の内生菌として報告されている (Petrini and Fisher, 1988)。本研究で分離された *Periconiella* sp. が被覆の有無に関わらず葉から分離されたことは、他の3種の主要な内生菌とは異なる特異性を示している。本菌は両区の葉柄、当年生枝からも分離頻度に大きな差異はなくほとんどの時期に分離され、さらに冬芽内の未熟な枝からも4月に分離された。これらの結果は、*Periconiella* sp. の菌糸が冬芽から当年生枝と葉柄を通して葉へ伸展することを示唆している。似た現象は、ヨーロッパブナの内生菌 *Discula umbrinella* においても推定されている (Toti et al., 1993)。

Tritirachium sp. は被覆なしの葉と葉柄、および両区の当年生枝から6月~10月にかなり高頻度で、

また、被覆した葉と葉柄から稀に分離された。しかし、冬芽からは検出されなかった。この結果は、冬芽の展開後に前年枝から当年生枝へ菌が動くことを示唆している。被覆した葉と葉柄から菌が稀に検出されたことは、この菌の空気伝染する感染源の存在が鉢植え試験結果から示唆されるので、試料採取時における予期しない感染の可能性も考えられる。*Tritirachium* 属は分生子形成様式が *Beauveria* 属に似ている。今回の分離菌は MacLeod (1954) と Matsushima (1975) に従って本属と同定した。

Xylaria sp., *Phomopsis* sp. および *T. dryina* は、小川では主要なブナ葉の内生菌とは考えられない。1997年と1998年に実施した予備的試験でもほぼ同様の結果であった。*Xylaria* sp. (属レベルの同定は Hanlin, 1990; Callan and Rogers, 1993; Rogers et al., 1997らに従った) は葉以外に葉柄と当年生枝からも検出された。葉での分離頻度は10月に最も高かった。さらに鉢植え実生による感染試験では、9～10月に置いた苗でだけ感染が見られ、この時期に本菌の感染源が飛散していることが示唆された。*Xylaria* 属菌が様々な健全な樹種の葉、当年生枝などから検出されることはいくつかの報告がある (Petrini and Petrini, 1985; Rodrigues et al., 1992; Halmschlagel et al., 1993; Okane et al., 1997)。さらに、Osono and Takeda (2002) はブナの緑葉と新しい落葉から *Xylaria* 属菌の1種を分離している。彼らは、その菌は落葉のリグノセルロース分解に関与するだろうと示唆している (Osono and Takeda, 2001)。もし生葉のうちから菌が内生的に感染しているなら、葉の枯死後すぐに分解を進めることが可能と推定され、落葉後侵入してくる他の分解に関与する菌よりも有利な面があるかもしれない。

Phomopsis sp. は被覆の有無に関係なく当年生枝から頻繁に分離され、また、被覆しない葉から稀に検出された。しかし、鉢植え実生での感染試験の結果 (6～7月に置いた苗からの分離頻度23%) から、本菌は葉に感染能力をもつことは明らかである。*Phomopsis* 属菌の1種の分離頻度が枝で高く、葉では低いことが東北のブナで報告されている (Sahashi

et al., 1999)。本菌が冬芽内の若い枝からも分離された (11～22%) ことは、本菌の菌糸が冬芽から当年生枝へ伸展することを示唆している。

Tubakia dryina については、分離結果から冬芽から当年生枝へ菌糸が伸展することが考えられた。しかし、被覆した葉からは本菌は検出されず、菌糸が葉へ伸展することはないと推察される。日本では、本菌はクリやナラ類の葉上で報告されているが (Yokoyama and Tubaki, 1971; Kaneko, 1980)、病原性は確認されていない。Holdenrieder and Kowalski (1989) は、*Quercus robur* の枯死枝上に *T. dryina* の通常とは異なる分生子果を観察しており、本菌が葉だけではなく枝にも生息することが示唆される。

冬芽内の未熟な葉からはどんな菌も検出されなかった。この結果はヨーロッパブナでの結果と同様であり (Toti et al., 1993)、他の樹種でも冬芽内の葉からの菌類の出現は報告がなく、冬芽からの菌の伸展は、外皮や若い枝を通しての例に限られると推定される。

内生菌類の生態的役割を明らかにする目的で、Wilson (1996) は、袋の底をネット状にして通気性を保った透明なポリエチレン製の袋で枝を覆い、生葉への感染について調査した。この場合、飛散する孢子による影響も若干見られたが、空気伝染を防ぐのに有効な方法であると述べている。今回の著者の方法では、孢子を通さないフィルターを用いて通気可能な孔をポリエチレン袋に設け、葉の展開前に冬芽を含む枝を被覆する方法をとった。林内では袋内も高温にならず、外からの感染もほとんどなかったことから、内生菌の生態を明らかにする方法として有効な方法であると考えられる。

引用文献

- Callan, B. E. and Rogers, J. D. (1993) A synoptic key to *Xylaria* species from continental United States and Canada based on cultural and anamorphic features. *Mycotaxon* 46: 141～154.
- Fisher, P. J., Anson, A. E. and Petrini, O. (1986)

- Antibiotic activity of some endophytic fungi from *Ulex europaeus* and *Ulex gallii*. Bot. Helv. 96: 37~41.
- Halmschlager, E., Butin, H. and Donaubaue, E. (1993) Endophytische Pilze in Blättern und Zweigen von *Quercus petraea*. Eur. J. For. Path. 23: 51~63.
- Hanlin, R. T. (1990) Illustrated genera of Ascomycetes. APS Press, St. Paul, Minnesota.
- Hogg, B. M. and Hudson, H. J. (1966) Microfungi on leaves of *Fagus sylvatica*. I. The microfungi succession. Trans. Br. Mycol. Soc. 49: 185~192.
- Holdenrieder, O. and Kowalski, T. (1989) Pycnidial formation and pathogenicity in *Tubakia dryina*. Mycol. Res. 92: 166~169.
- Kaneko, R. and Kakishima M. (2001) *Mycosphaerella buna* sp. nov. with a *Pseudocercospora* anamorph isolated from the leaves of Japanese beech. Mycoscience 42: 59~66.
- Kaneko, R., Kakishima M. and Tokumasu, S. (2003) The seasonal occurrence of endophytic fungus, *Mycosphaerella buna*, in Japanese beech, *Fagus crenata*. Mycoscience 44: 277~281.
- Kaneko, R. and Kaneko, S. (2004) The effect of bagging branches on levels of endophytic fungal infection in Japanese beech leaves. For. Path. 34: 65~78.
- Kaneko, S. (1980) Fungi inhabiting fagaceous trees I. Notes on some species of Coelomycetes in Japan. Rep. Tottori Mycol. Inst. 18: 115~128.
- Kikuzawa, K. (1991) A cost-benefit analysis of leaf habit and leaf longevity of trees and their geographical pattern. Am. Nat. 138: 1250~1263.
- Kowalski, T. and Kehr, R. D. (1992) Endophytic fungal colonization of branch bases in several forest tree species. Sydowia 43: 137~168.
- MacLeod, D.M. (1954) Investigations on the genera *Beauveria* Vuill. and *Tritirachium* Limber. Can. J. Bot. 32: 818~890.
- Matsushima, T. (1975) Icones Microfungorum A Matsushima Lectorum. Matsushima, Kobe.
- Okane, I., Nakagiri, A. and Ito, T. (1997) Preliminary study of endophytic fungi in evergreen plants from Ishigaki and Iriomote islands. IFO Res. Commun. 18: 45~51.
- Osono, T. and Takeda, H. (2001) Effects of organic chemical quality and mineral nitrogen addition on lignin and holocellulose decomposition of beech leaf litter by *Xylaria* sp. Eur. J. Soil Biol. 37: 17~23.
- Osono, T. and Takeda, H. (2002) Composition of litter decomposing ability among diverse fungi in a cool temperate deciduous forest in Japan. Mycologia 94: 421~427.
- Petrini, L. and Petrini, O. (1985) Xylariaceous fungi as endophytes. Sydowia 38: 216~234.
- Petrini, O. (1986) Taxonomy of endophytic fungi of aerial plant tissues. In: Microbiology of the phyllosphere. (ed. by Fokkema, N. J. and van den Heuvel., J.), pp.175~187. Cambridge University Press, Cambridge.
- Petrini, O. (1991) Fungal endophytes of tree leaves. In: Microbial ecology of leaves. (ed. by Andrews, J. H. and Hirano, S. S.), pp.179~197. Springer-Verlag, New York.
- Petrini, O. and Fisher, P. J. (1988) A comparative study of fungal endophytes in xylem and whole stem of *Pinus sylvestris* and *Fagus sylvatica*. Trans. Br. Mycol. Soc. 91: 233~238.
- Rodrigues, K.F., Leuchtman, A. and Petrini, O. (1992) Endophytic species of *Xylaria*: cultural and isozymic studies. Sydowia 45: 116~138.
- Rogers, J. D., JU, Y-M. and Hemmes, D. E. (1997) *Xylaria moelleroclavus* sp. nov. and its *Moelleroclavus* anamorphic state. Mycol. Res.

- 101: 345~348.
- Rollinger, J. and Langenheim, J. H. (1993) Geographic survey in fungal endophyte community composition in leaves of redwood. *Mycologia* 85: 149~156.
- Sahashi, N., Kubono, T., Miyasawa, Y. and Ito, S. (1999) Temporal variations in isolation frequency of endophytic fungi of Japanese beech. *Can. J. Bot.* 77: 197~202.
- Sahashi, N., Miyasawa, Y., Kubono, T. and Ito, S. (2000) Colonization of beech leaves by two endophytic fungi in northern Japan. *For. Path.* 30: 77~86.
- Shamoun, S. F. and Sieber, T. N. (2000) Colonization of leaves and twigs of *Rubus parviflorus* and *R. spectabilis* by endophytic fungi in a reforestation site in British Columbia. *Mycol. Res.* 104: 841~845.
- Sieber, T. N. and Hugentobler, C. (1987) Endophytische Pilze in Blättern und Ästen gesunder und geschädigter Buchen (*Fagus sylvatica* L.). *Eur. J. For. Path.* 17: 411~425.
- Sieber, T. N., Sieber-Canavesi, F. and Dorworth, C. E. (1991) Endophytic fungi of red alder (*Alnus rubra* Bong.) leaves and twigs in British Columbia. *Can. J. Bot.* 69: 407~411.
- Tomaru, N., Takahashi, M., Tsumura, Y., Takahashi, M. and Ohba, K. (1998) Intraspecific variation and phylogeographic patterns of *Fagus crenata* (Fagaceae) mitochondrial DNA. *Am. J. Bot.* 85: 629~636.
- Toti, L., Viret, O., Horat, G. and Petrini, O. (1993) Detection of the endophyte *Discula umbrinella* in buds and twigs of *Fagus sylvatica*. *Eur. J. For. Pathol.* 23: 147~152.
- Wei, C. Z. and Harada, Y. (1998) *Didymella fagi* sp. nov. and its anamorph *Ascochyta fagi*, causing the yellow leaf spot disease of *Fagus crenata* and *Quercus mongolica* var. *grosseserrata* in Japan. *Mycoscience* 39: 63~69.
- Wilson, D. (1996) Manipulation of infection levels of horizontally transmitted fungal endophytes in the field. *Mycol. Res.* 100: 827~830.
- Wilson, D. and Carroll, G. C. (1994) Infection studies of *Discula quercina*, an endophyte of *Quercus garryana*. *Mycologia* 86: 635~647.
- Yokoyama, T. and Tubaki, K. (1971) Cultural and taxonomical studies on the genus *Actinopelte*. *Res. Commun. Inst. Ferm. Osaka* 5: 43~77.
- (2008. 2. 12 受理)

論文

イヌツゲ枝枯病 (新称)

升屋勇人¹・楠木 学²・津田裕司³

1. はじめに

イヌツゲ (*Ilex crenata* Thunb.; モチノキ科) は本州以南に自生する常緑小高木であるが、緑化樹としても知られ、成長は遅いが、強度の剪定、煙害に対する耐性が高く、植え替えも容易であり、挿し木で簡単に増やすことができる。こうした理由から、庭木、道路脇の植え込み、生垣によく用いられており、経済的価値とともに景観保全的な価値は高い。一般的にイヌツゲは病気に強いと考えられている



図-1 イヌツゲの枝枯れ

が、近年、茨城県下でイヌツゲの枝枯れが確認されるようになってきた(図-1)。その後の調査で千葉、東京、愛知、島根、高知、熊本でも同様の被害が確認され(著者ら、未発表)、被害自体は広く分布していると考えられた。本病は春先から夏まで特に目立ち、なかには株全体が枯死している例も見られた。本論文ではイヌツゲの枝枯れの原因を明らかにするために、病徴、原因菌の形態観察、DNA解析、接種試験による病徴の再現を行った結果を報告する。なお本報告は第118回日本森林学会年次大会(2007年、博多)で発表した内容を改変したものである。また、本研究の一部は農林水産技術会議高度化事業1549の予算(2003~2006年)により実施した。

2. 材料と方法

菌の分離および観察に供試したイヌツゲは2005年5月に茨城県つくば市の森林総合研究所構内、および水戸市周辺で採集した。枯死枝の病徴を肉眼、実体顕微鏡で観察した。また、健全部と罹病部の境界から2mm³の木片を切り取り、1%MA上に移植し、生育してきた菌類の単菌糸を2%MAに移植、15℃



図-2 病徴1



図-3 病徴2

Dieback newly occurred on *Ilex crenata* Thunb.

¹MASUYA, Hayato, 樹森林総合研究所森林微生物研究領域; ²KUSUNOKI, Manabu, 樹森林総合研究所四国支所;

³TSUDA, Yuji, 茨城県林業技術センター

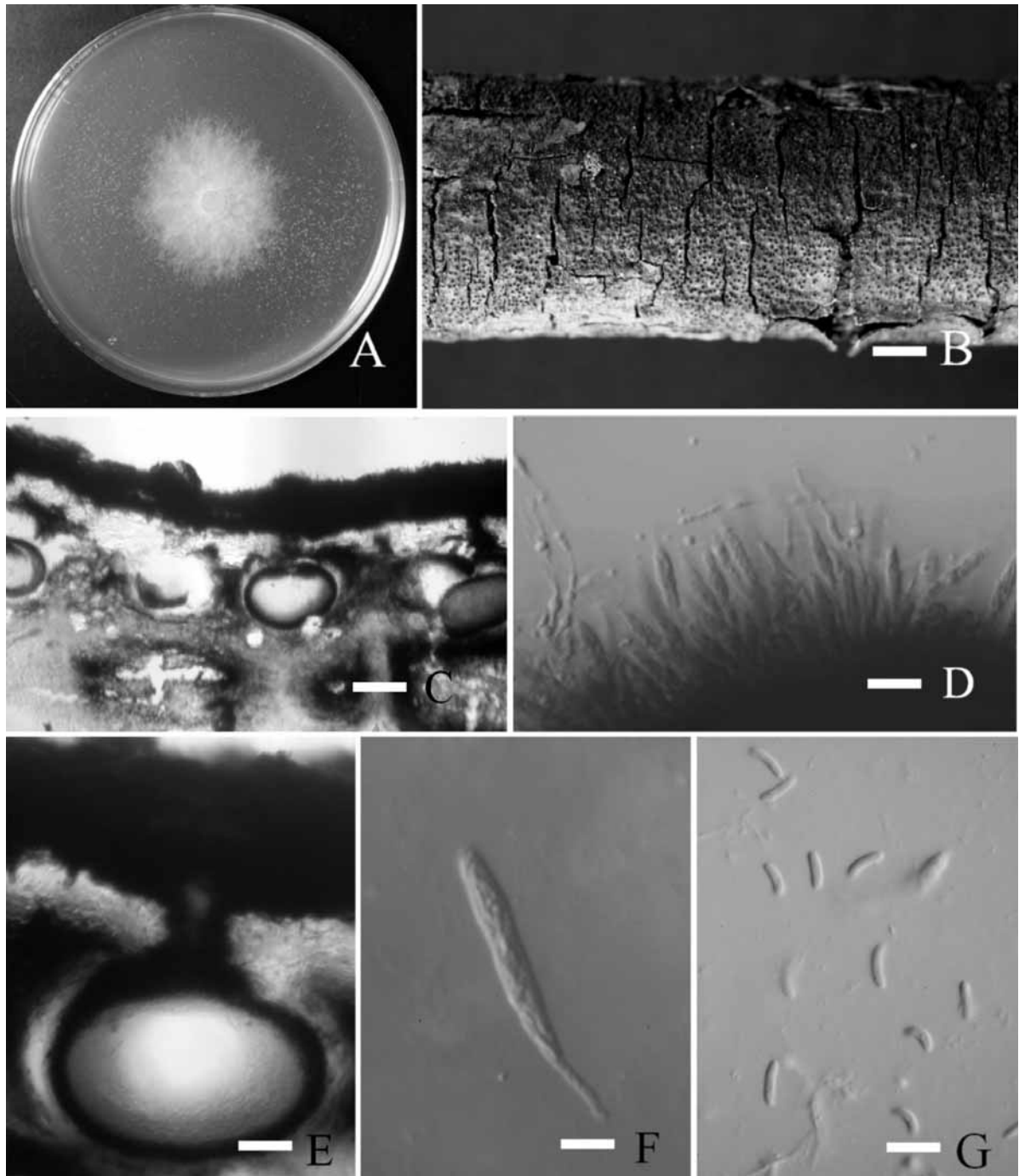


図-4 *Diatrype* sp.
A. コロニー (20°C暗黒条件下で1週間後) ; B. 子座表面 ; C. 子座断面 ; D. 子嚢 ; E. 子嚢殻 ; F. 子嚢 ;
G. 子嚢胞子 ; スケールバー : B= 2 mm, C=50 μ m, D=10 μ m, E=25 μ m, F&G= 5 μ m

暗黒条件下で培養した。

DNA解析は常法により行った。分離された菌は直接PCR法により、rDNA-ITS領域を増幅し、BigDye Terminatorでシーケンス反応を行い、ABI3100で塩基配列を決定した。得られた塩基配列は既知種と配列の比較を行い、関連菌種とあわせてMEGA4を用いてNJ, MP法により系統樹を作成した。罹病枝上に形成されていた子実体について、実体顕微鏡下でメスにより子嚢果の切片を切り取り、ラクトフェノールコットンブルーで固定、染色したプレパラートを作成し、ノマルスキー型光学顕微鏡で観察した。

接種試験は以下の方法で行った。鉢植したイヌツゲの枝（直径約3mm）に滅菌メスで切り込みをいれ、そこに米ヌカフスマ培地で菌を1ヶ月間培養した接種源を接着させ、その上をパラフィルムで覆った。対照区には滅菌した米ヌカフスマ培地のみを接種に用いた。接種から1ヶ月後に、枝の枯死の有無を判定した。

3. 結果

(1)病徴

枝の枯死は基本的に年中見られるが、最も顕著なのは5月～6月であった。ただし、葉の萎凋は4月前にすでに始まっていることが多かった。最初、細い枝の枯死が見られ、その規模は年とともに徐々に拡大した。枝の枯死後、葉は褐変して、枝の健全部と罹病部の間が若干肥大する。完全に枯死した後、樹皮がところどころ剥がれ、黒色の子座が見えるようになってくる（図-2, 3）。完全に枯死した枝上でも子座は長期間残存するが、胞子は1年間のうちになくなるようである。

(2)原因菌の形態的特徴

子座には埋没性の子嚢殻が形成されており、8胞子性子嚢が含まれていた（図-4F）。子嚢胞子はソーセージ型で、淡褐色（図-4G）、子座は樹皮組織と明瞭に区別できたことから、形態的には*Diatrype*属菌と考えられた。以下のその形態的特徴を記す。

Diatrype sp.

子座は盾状～不定形（図-4B）。大きさは長径

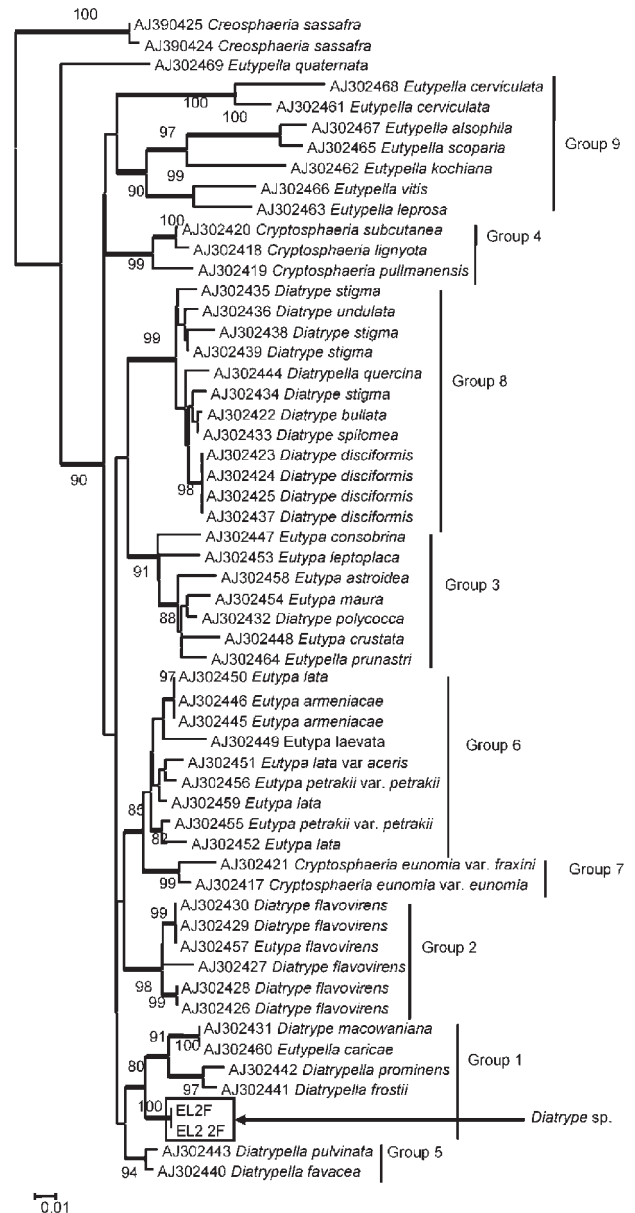


図-5 イヌツゲ枝枯病菌の系統的位置（最大節約法）

2 cm以上、厚さ300～500μm。子嚢殻は子座に埋没して形成される（図-4C）。孔口はわずかに突出し（図-4B, C, E）、直径150～250×100～180μm。子嚢はこん棒状で8胞子性（図-4D, F）。大きさは30～40×3～5μm。子嚢胞子は1細胞、明褐色、ソーセージ形で、5.5～10×1.5～2μm（図-4G）。典型的なシトネタケ科の特徴を有する。コロニーは白色（図-4A）、25℃暗黒条件下では生育速度は3～5mm/day。分生子は確認できなかった。

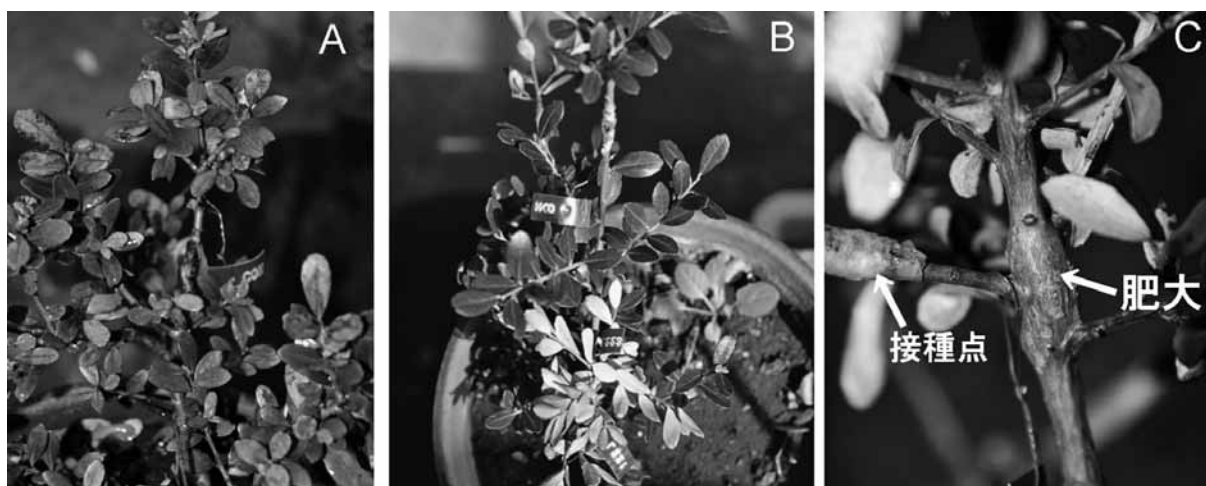


図-6 接種試験. A. 対照区; B. 接種区; C. 接種部位周辺

(3)DNA解析

DNA解析の結果、罹病部から分離された菌と子座を形成する菌の菌株間で塩基配列が完全に一致したことから、両者は同一種であると結論付けられた。また、系統解析の結果、本菌は他のシトネタケ科 (Diatrypaceae) 菌類とともに同一のクレードに含まれたことから (図-5)、シトネタケ科菌類の1種であると考えられた。ただし、このグループ内の属自体が現在混乱していることから、DNAレベルでは正確な属を明らかにすることはできなかった。

(4)接種試験

接種試験の結果、培地のみを接種した枝はいずれも枯死しなかった。一方、菌を接種した枝は全て枯死し、さらに再分離菌の再接種でも枯死を起こした (図-6B)。また、枯死部と健全部の境目が肥大し、特徴的な病徴が再現された (図-6C)。さらに、1年後枯死枝上には子嚢殻は形成されなかったものの、子座のみは形成されたことから、本菌がイヌツゲ枝枯れの病原菌であると考えられた。

4. 考察

今回イヌツゲ上で見つかった菌は、典型的なシトネタケ科の特徴を有する種類であったが、特に小型の子嚢殻と茶褐色の子嚢胞子で特徴付けられた。イヌツゲが含まれる *Ilex* 属植物上で報告のあるシトネタケ科菌類は世界で8種、*Diatrype friabilis* (Pers.)

Cooke, *D. stigma* Sacc., *Diatrypella favacea* (Fr.) Ces. & De Not., *D. missionum* Speng., *D. nigroangulata* (Grev.) Nitschke, *D. opaca* (Cooke) Sacc., *D. quercina* (Pers.) Cooke, *Eutypella fraxinicola* (Cooke & Peck) Sacc.が知られているが (Anonymous, 1960; Cooke, 1878; Dennis, 1986; Farr, 1973; Guba and Stevenson, 1963; Hanlin, 1963), その中で形態的に一致するものはみあたらなかった。さらに、既知のシトネタケ科菌類各種の記載と比較したところ、現時点では一致するものは報告されていなかった。ただし、シトネタケ科は同定の難しいグループで、分類学的にも混乱しているグループであり、この科内の属は今後大きく再編される可能性が高い (Acero et al, 2004)。既存の属概念に照らし合わせれば、本種は形態的には *Diatrype* 属であるため、現時点では本種を *Diatrype* 属の未記載種として取り扱う。

日本で今までに報告されている *Diatrype* 属菌は、未同定種を含めて7種ほどが知られているが、そのほとんどは大正時代に報告されたものであり、詳細な形態の記述は十分にはなされていない。また、現在の分類基準に当てはめた場合の種名については不明な状態である。特に *D. stigma* は現在その名前の下に複数種が含まれていると考えられており、日本産種についても更なる検討が必要である。イヌツゲ上の *Diatrype* が過去 *D. stigma* と混同されていた可

能性もあり、この点については更なる調査が必要である。

シトネタケ科菌類の多くは腐生的であると考えられるが、一部の菌について、その病原性が確認されている。例えば海外でブドウに枝枯れを引き起こす *Eutypa lata* (Pers.) Tul. & C. Tul., 及び *Cryptovalsa ampelina* (Nit.) Fuckel, ヨーロッパブナに癌腫を引き起こす *E. spinosa* (Pers.) Tul. & C. Tul. などは、経済的にも生態的にも重要な樹木病害として知られている (Carter, 1991; Hendry et al., 1998; Mostert et al., 2004)。一方で、少なくとも日本においては、シトネタケ科菌類の病原性が接種試験により確認されたのは今回が初めてである。潜在的により多くの本科菌類が病原菌である可能性もあり、その点についても今後詳細な調査が必要である。

本病の枝枯れの症状、原因菌の分類学的位置づけは、*Eutypa lata*によるブドウの枝枯れとよく似ている。それに基づき、ある程度本病原菌の生活史を予測することができる。*Eutypa lata*の場合、子実体で形成された子嚢胞子が水で分散し、剪定後の傷口から侵入する。侵入後は組織中を菌糸が伸長し、枝を枯死させる。枯死から数ヶ月後、枝上に子実体を形成する (Agrios, 2005)。イヌツゲの枝枯れも同様の様式で発病するものと考えられる。このことから現段階で提案できる本病害の防除手法は、1) 枯れ枝を完全に除去する、2) 剪定器具は子嚢胞子の汚染に気をつけ、必要に応じて器具の火炎滅菌を行う、などの措置を行うことであろう。より効率的な防除指針を策定するためには、今後本菌の詳細な発生活消長を明らかにする必要がある。

従来イヌツゲには、ハマキガなどの激しい虫害の発生は知られていたものの、病害の報告は少なく、白紋羽病を除けばあまり目立った被害を起す種類の報告もなかった。しかし、本病はすでに国内でかなり広く分布していることが分かっており、放置すると激しい衰退に至ることから、警戒が必要である。イヌツゲは強度の剪定で時に枝が枯死するとされているが、それは一部では本菌が原因である可能性がある。本病は未記録の病害のため、病名として「イ

ヌツゲ枝枯病」を提案した。

引用文献

- Acero F. J., Gonzalez V., Sanchez-Ballesteros J., Rubio V., Checa J., Bills G. F., Salazar O., Platas G. and Pelaez F. (2004) Molecular phylogenetic studies on the Diatrypaceae based on rDNA-ITS sequences. *Mycologia* 96: 249~259.
- Agrios G. N. (2005) *Plant Pathology* 5th ed. Academic Press, New York. 952p.
- Anonymous (1960) *Index of Plant Diseases in the United States*. U.S.D.A. Agric. Handb. 165: 1~531.
- Carter, M. V. (1991) The status of *Eutypa lata* as a pathogen. *Phytopathological Papers* 32: 1~59.
- Cooke, M. C. (1878) *Ravenel's American fungi*. *Grevillea* 6: 129~146.
- Dennis, R. W. G. (1986) *Fungi of the Hebrides*. Royal Botanic Gardens, Kew, 383p.
- Farr, M. L. (1973) An annotated list of Spegazzini's fungus taxa, Vol. 1. *Biblioth. Mycol.* 35: 1~823.
- Guba, E. F., and Stevenson, J. A. (1963) Fungus and nematode inhabitants and diseases of holly (*Ilex*). *Mass. Agric. Exp. Sta. Bull.* 530: 1~43.
- Hanlin, R. T. (1963) A revision of the Ascomycetes of Georgia. *Georgia Agric. Exp. Sta. Mimeo Ser. n.s.* 175: 1~65.
- Hendry, S. J., Lonsdale, D. and Boddy, L. (1998) Strip-cankering of beech (*Fagus sylvatica*): Pathology and distribution of symptomatic trees. *New Phytologist* 140: 549~565.
- Mostert, L., Halleen, F., Creaser, M. L. and Crocus, P. W. (2004) *Cryptovalsa ampelina*, a forgotten shoot and cane pathogen of grapevines. *Australasian Plant Pathology* 33: 295~299.

(2008. 2. 18 受理)

都道府県だより

千葉県におけるネオニコチノイド系
後食防止剤の開発と事業への展開

○アセタミプリド液剤の開発

千葉県における松くい虫被害は昭和56年度の67千 m^2 をピークに年々減少し、近年では毎年5千 m^2 前後になっています。このため、保安林等公益的機能の高い松林を対象に（写真-1）、薬剤散布による予防と被害木駆除を実施しています。本県では、生産性の維持向上を図りながら農薬及び化学肥料の使用を減らす環境負荷の軽減に配慮した農林業技術の開発に取り組んできました。



写真-1 九十九里海岸の松林

松くい虫防除に使用する薬剤としてはこれまで有機リン系薬剤が広く使われてきていましたが、県では有機リン系薬剤に代わる薬剤として減農薬効果があり環境負荷が低いネオニコチノイド系のアセタミプリド液剤の開発に携わり、アセタミプリド液剤が低濃度でも後食防止剤として有効であることが確認され、平成16年に松くい虫後食防止剤として農薬登録がされました。

○現地松林での防除効果実証試験

アセタミプリド液剤を実際に現地の松林で散布して、その防除効果を実証する試験を平成14年度から19年度にかけて実施しました。次にその概要を紹介

いたします。

＝平成14年度から16年度＝

アセタミプリド液剤の希釈倍数を変えてスパウダーによる2回散布を行い、防除効果を検討しました。その結果、アセタミプリド2%液剤の100倍液を1ha当たり1,200 ℓ 散布した試験では枯死率は0.2%と高い効果が認められました（表-1）。

＝平成17年度から19年度＝

平成16年にアセタミプリド2%液剤であるマツグリーン液剤2が農薬登録され、県では地上散布薬剤として採用しました。そこで、事業で一般的に採用されているマツグリーン液剤2の鉄砲ノズルによる1回散布での防除効果を検討しました。

マツグリーン液剤2の100倍液を、1ha当たり1,200 ℓ を鉄砲ノズルにより散布した区域と、スミパインMCの2.5倍液を1ha当たり30 ℓ ヘリコプターにより散布した区域との防除効果を調査したところ、周辺が激害型の被害を受けている中で、平成18年の枯死率はマツグリーン液剤2区で2.3%、スミパインMC区は0.6%となり、空中散布には劣るものの効果が認められました（表-2）。

表-1 アセタミプリド液剤の後食防止効果

薬剤及び散布方法	区分	H14	H15	H16
アセタミプリド液剤 ○スパウダー ○2回散布	有効成分	20	2	2
	希釈倍率	1000	60	100
	ha当散布量	1200	1200	1200
	枯死率	8	2	0.3

表-2 マツグリーン液剤2とスミパインMCの比較

薬剤及び散布方法	区分	H17	H18	H19
マツグリーン液剤2 ○鉄砲ノズル ○1回散布	希釈倍率	100	100	100
	ha当散布量	1200	1200	1200
	枯死率	1.0	2.3	3.1
	スミパインMC ○ヘリコプター ○1回散布	希釈倍率	2.5	2.5
ha当散布量		30	30	30
枯死率		1.1	0.6	1.4

この結果から、被害が多く発生している場合には2回散布を行うことが被害を抑制するためにはより効果的です。

○松くい虫防除事業の今後の課題

現在、薬剤防除を実施しているのは主に海岸の保安林です。機能の高い海岸の松林を保全していくた

めには、薬剤による予防、被害木の駆除、抵抗性マツの植栽等を現地の実情に合わせて実施し、松くい虫被害を抑制して行かなければなりません。そのためにはマツグリーン液剤2による適期、適切な散布を行うとともに、併せて被害木駆除を徹底していく必要があります。

(千葉県みどり推進課)

森林病虫獣害発生情報：平成20年1月受理分

病害

〔マツ材線虫病…新潟県 岩船郡〕

38～46年生アカマツ人工林，2007年11月16日発見，被害本数17本，被害面積0.0068ha（下越森林管理署・石栗克也）

〔マツ材線虫病…新潟県 村上市〕

16～121年生アカマツ天然林および人工林，2007年10月15日発見，被害本数1,021本，被害面積0.40ha（下越森林管理署・石栗克也）

〔マツ材線虫病…福島県 白河市〕

48～78年生アカマツ天然林，2008年1月発見，被害本数81本，被害面積0.06ha（福島森林管理署・進藤正弘）

〔マツ材線虫病…福島県 白河市〕

95～99年生アカマツ天然林および人工林，2008年1月発見，被害本数44本，被害面積0.03ha（福島森林管理署・進藤正弘）

虫害

〔カシノナガキクイムシ…新潟県 東蒲原郡〕

57～87年生ミズナラ天然林，2007年8月発見，被害本数19本，被害面積0.12ha（下越森林管理署・大杉浩行）

〔カシノナガキクイムシ…新潟県 東蒲原郡〕

41～121年生ミズナラ天然林，2007年8月発見，被害本数178本，被害面積4.48ha（下越森林管理署・高橋守）

〔カシノナガキクイムシ…新潟県 東蒲原郡〕

34～121年生ミズナラ天然林，2007年8月発見，被害

本数150本，被害面積3.62ha（下越森林管理署・高橋守）

〔カシノナガキクイムシ…新潟県 佐渡市〕

88年生ミズナラ天然林，2007年8月発見，被害本数30本，被害面積0.08ha（下越森林管理署・田中英司）

〔カシノナガキクイムシ…新潟県 佐渡市〕

102年生ミズナラ天然林，2007年8月発見，被害本数30本，被害面積0.08ha（下越森林管理署・田中英司）

〔カシノナガキクイムシ…新潟県 新発田市〕

43～91年生ミズナラ天然林，2007年8月発見，被害本数1,285本，被害面積6.47ha（下越森林管理署・佐藤義雄）

〔カシノナガキクイムシ…新潟県 新発田市〕

102年生ミズナラ天然林，2007年8月発見，被害本数117本，被害面積0.69ha（下越森林管理署・佐藤義雄）

〔カシノナガキクイムシ…新潟県 新発田市〕

39～79年生ミズナラ天然林，2007年8月発見，被害本数30本，被害面積0.25ha（下越森林管理署・佐藤義雄）

〔カシノナガキクイムシ…新潟県 新発田市〕

30～125年生ミズナラ天然林，2007年8月発見，被害本数250本，被害面積1.63ha（下越森林管理署・佐藤義雄）

〔カシノナガキクイムシ…新潟県 新発田市〕

35～40年生ミズナラ天然林，2007年8月発見，被害本数125本，被害面積0.95ha（下越森林管理署・佐

藤義雄)

〔カシノナガキクイムシ…新潟県 胎内市〕

40～96年生ミズナラ天然林，2007年8月発見，被害本数747本，被害面積7.47ha（下越森林管理署・石田伸次）

〔カシノナガキクイムシ…新潟県 胎内市〕

55～87年生ミズナラ天然林，2007年8月発見，被害本数205本，被害面積2.05ha（下越森林管理署・石田伸次）

〔カシノナガキクイムシ…新潟県 胎内市〕

52～82年生ミズナラ天然林，2007年8月発見，被害本数155本，被害面積1.55ha（下越森林管理署・石田伸次）

〔カシノナガキクイムシ…新潟県 胎内市〕

87年生ミズナラ天然林，2007年8月発見，被害本数203本，被害面積2.03ha（下越森林管理署・石田伸次）

〔カシノナガキクイムシ…新潟県 胎内市〕

44～122年生ミズナラ天然林，2007年8月発見，被害本数280本，被害面積2.80ha（下越森林管理署・石田伸次）

〔カシノナガキクイムシ…新潟県 胎内市〕

41～81年生ミズナラ天然林，2007年8月発見，被害本数93本，被害面積0.93ha（下越森林管理署・石田伸次）

〔カシノナガキクイムシ…新潟県 胎内市〕

60～69年生ミズナラ天然林，2007年8月発見，被害本数204本，被害面積2.04ha（下越森林管理署・石田伸次）

〔カシノナガキクイムシ…新潟県 胎内市〕

60～87年生ミズナラ天然林，2007年8月発見，被害本数75本，被害面積0.75ha（下越森林管理署・石田伸次）

〔カシノナガキクイムシ…新潟県 胎内市〕

53～82年生ミズナラ天然林，2007年8月発見，被害

本数505本，被害面積5.05ha（下越森林管理署・石田伸次）

〔カシノナガキクイムシ…新潟県 胎内市〕

87～125年生ミズナラ天然林，2007年8月発見，被害本数124本，被害面積1.24ha（下越森林管理署・石田伸次）

〔カシノナガキクイムシ…新潟県 胎内市〕

55～87年生ミズナラ天然林，2007年8月発見，被害本数304本，被害面積3.04ha（下越森林管理署・石田伸次）

〔カシノナガキクイムシ…新潟県 胎内市〕

52～87年生ミズナラ天然林，2007年8月発見，被害本数280本，被害面積2.80ha（下越森林管理署・石田伸次）

〔カシノナガキクイムシ…新潟県 胎内市〕

60年生ミズナラ天然林，2007年8月発見，被害本数120本，被害面積1.20ha（下越森林管理署・石田伸次）

〔カシノナガキクイムシ…新潟県 岩船郡〕

46年生コナラ人工林，2007年11月6日発見，被害本数14本，被害面積0.0056ha（下越森林管理署・石栗克也）

獣害

〔ツキノワグマ…新潟県 新発田市〕

25年生スギ人工林，2007年10月発見，被害本数275本，被害面積1.00ha（下越森林管理署・佐藤義雄）

〔ツキノワグマ…新潟県 新発田市〕

26～28年生スギ人工林，2007年10月発見，被害本数2,910本，被害面積5.60ha（下越森林管理署・佐藤義雄）

〔ツキノワグマ…新潟県 東蒲原郡〕

50年生スギ人工林，2007年11月発見，被害本数1,534本，被害面積5.58ha（下越森林管理署・高橋桂一）

（森林総合研究所 阿部恭久／牧野俊一／小泉 透）

協会からのお知らせ

「平成20年度森林病虫害等防除活動優良事例コンクール」推薦について

全国森林病虫害獣害防除協会では、永年に亘って森林病虫害等防除事業に貢献した団体及び個人に対する標記表彰を下記の要領で行うことといたします。追って協会から各県に推薦依頼をお送りいたしますが、関係各位におかれましてはご準備下さいますようお願い申し上げます。

1. 表彰対象

森林病虫害等防除活動に積極的に努力し、森林資源の保全に顕著な功績のあった団体及び個人（森林病虫害等防除事業の普及、啓発に積極的に努力してきた行政機関庁ならびに職員も含める）

2. 表彰基準

- (1) 被害量の減少等防除活動の効果が顕著に認められるもの
- (2) 防除事業の必要性を啓発し、地域住民と一体となって組織的取組体制をつくり活発に活動しているもの

3. 被表彰者の推薦、選考及び表彰の方法

- (1) 全国森林病虫害獣害防除協会会長（以下会長という）は、都道府県知事に対し、被表彰者の推薦につき依頼するものとする。
- (2) 都道府県知事は、別に定める「推薦調書」を作成し、会長に推薦するものとする。また、会長も、これに準じて推薦することができるものとする。
- (3) 選考は、会長の委託した委員により構成される「選考委員会」によって行うものとする。
- (4) 「選考委員会」は全国森林病虫害獣害防除協会（以下協会という）内に設けるものとする。
- (5) 「選考委員会」は推薦調書を参考に会長表彰の被表彰者を選考するとともに、会長が林野庁長官に推薦する長官表彰の被表彰候補者を選考する。
- (6) 表彰は、協会の通常総会の席上において行う。
- (7) 会長表彰は団体、個人をあわせ原則として5件以内とする。

ミスプリントの訂正

下記のように57巻1号の通巻ページ数、および同号と56巻5号の森林病虫害発生情報データ記載に誤りがありました。お詫びして訂正いたします。

○57巻1号の通巻ページは印刷に誤りがあります。ページ上部の通巻ページは下部の号ページと同じになります。

○森林病虫害発生情報データの訂正

56巻5号44ページ、ニホンジカの項

利根沼田群馬森林管理署→利根沼田森林管理署 田中 直巳→田中 直己

57巻1号36ページ、ツキノワグマの項

利根森林事務所→根利森林事務所 生天目幸喜→生田目幸喜

森林防疫 第57巻第2号(通巻第665号)
平成20年3月25日 発行(隔月刊25日発行)

編集・発行人 國井常夫
印刷所 松尾印刷株式会社
東京都港区虎ノ門 5-8-12
☎ (03) 3432-1321

定価 1,302円(送料共)
年間購読料 6,510円(送料共)

発行所 全国森林病虫害獣害防除協会
National Federation of Forest Pests Management
Association, Japan
〒101-0047 東京都千代田区
内神田 1-1-12(コープビル)
☎ (03) 3294-9719 FAX (03) 3293-4726
振替 00180-9-89156
E-mail shinrinboeki@zenmori.org
http://bojyokyokai.hp.infoseek.co.jp/