

森林防疫

FOREST PESTS

— 森の生物と被害 —



目次

論文

チャアナタケモドキの緑化木・花木における発生樹種および発生頻度

[中村 仁・服部 力] 3

総説

毛虫に流行病を引き起こすウイルスの正体—バキュロウイルス

[高務 淳] 10

論文

温湯処理によるブナ、コナラおよびイヌブナ堅果の腐敗抑制効果

[市原 優・升屋勇人] 19

都道府県だより：愛知県・和歌山県 26

林野庁だより：人事異動（令和2年4月1日） 32

森林防疫ジャーナル 32

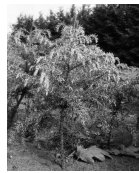
協会だより

どなたでも投稿できます！ 33

森林病虫獣害発生情報：令和2年3月・4月受理分 36



A



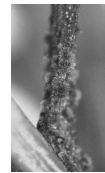
B



C



D



E

[表紙写真] スギ赤枯病による被害とその病原菌

写真A：本病の被害が発生したスギ苗木。

写真B：本病に罹病したスギ苗木。地際部の枝・葉から被害が進行する。

写真C：本病に罹病した針葉。発病初期は、地際部に近い針葉が1本単位で罹病する。

写真D：緑色主軸に発生した胴枯型病徴。

写真E：本病の標徴。暗緑色の分生子柄と分生子を多数形成する（スケールバー：5 mm）。

スギ赤枯病は、子囊菌類の*Passalora sequoiae*によって引き起こされるスギ苗木の最重要病害である。本病は、特に1年～2年生の苗木で被害が目立ち（写真A）、苗木の地際部付近の枝葉が褐色～濃褐色に変色して枯れ始める（写真B）。発病初期は、地際部付近の枝葉の針葉1本単位から被害が開始（写真C）、次第に苗木の上部の針葉にも症状が現れていく。感染の程度が激しい場合には、苗木全体に及んで枯死する。病斑は、針葉だけでなく緑色の主軸や枝にも形成され、これは胴枯型病斑と呼ばれる（写真D）。胴枯型病斑が形成された苗木は、後に溝腐病に進展して著しい材質劣化を引き起こす。罹病葉は、暗褐色から焦茶色を呈し、標徴部をルーペで観察すると、暗緑色の分生子柄が叢生し、毛羽立って見えるのが特徴である（写真E）。本病原菌は、北アメリカ原産と考えられているが、これまでに南アメリカ、ヨーロッパ、アジアの広範囲に渡って分布することが知られ、ヒノキ科樹木の11属21種が宿主植物として報告されている。日本には1900年代初頭に北アメリカから感受性の針葉樹苗木とともに侵入したと考えられている。本病を防除するためには、薬剤散布を行うことが必須である。特に、感染源である分生子の飛散量が増加する梅雨時期と台風時期には、入念な薬剤散布が必要である。本病は、1900年代初頭と1950年前後の過去2度に渡って国内で流行し、スギの苗木生産に壊滅的な被害をもたらした経緯がある。近年、造林施業に向けてスギ苗木の需要が高まっているため、今後、本病の被害発生と拡大には十分注意する必要がある。（森林総合研究所 安藤裕萌）

論文

チャアナタケモドキの緑化木・花木における発生樹種および発生頻度

中村 仁¹・服部 力²

1. はじめに

チャアナタケモドキ (*Fomitiporia torreyae* Y.C. Dai & B.K. Cui) は担子菌門タバコウロコタケ科に属する菌である。本菌は広葉樹および針葉樹の双方に発生する材質腐朽菌で、スギ、特にサンプスギの非赤枯性溝腐病や果樹類のナシの萎縮病の病原菌として知られる (幸ら 2015; 日本植物病理学会 2019)。本菌は中国においてカヤ属の1種の上で初めて見出され、その後、日本においてスギやナシの他にコウヤマキやヤマツツジなど12樹種上に発生することが報告された (Ota *et al.* 2014; 太田 2015)。これまでに本菌の発生が報告された樹種は上記の13樹種である (Farr and Rossman 2019)。

チャアナタケモドキが病原となっているスギ非赤枯性溝腐病やナシ萎縮病においては有効な防除対策はなく、スギ非赤枯性溝腐病に対しては枝打ち、ナシ萎縮病に対しては感染源となる子実体の除去など耕種的な予防対策に努めることが重要である (幸ら 2014; 金子 2015)。特に、スギ非赤枯性溝腐病の感染源はスギ上に発生した子実体が主とされるが (幸ら 2014)、ナシ萎縮病の場合にはナシ園の周囲に防風目的で植栽されている植え込みやナシ園と隣接する住宅敷地に植栽されている庭木などで発生する子実体も感染源として機能すると考えられ、防風樹上の子実体が本病の感染源となったと示唆されるケースもある (中村 2016)。したがって、本菌が発生する樹木類をあらかじめ把握しておくことでナシ萎縮病の効率的な防除対策に繋げることができる。

本菌の和名である“チャアナタケモドキ”の基礎となった標本は、スギ非赤枯性溝腐病被害木上に形成されたものであり、発見当時、その学名として *Fuscoporia punctata* (P. Karst.) G. Cunn. [= *Fomitiporia*

punctata (P. Karst.) Murrill]が適用された (青島ら 1964)。近年になって分類学的再検討が行われた結果、同病の病原菌は *Fom. punctata* ではなく *Fom. torreyae* であることが明らかにされたことから (Ota *et al.* 2014)、“チャアナタケモドキ”という和名は *Fom. torreyae* に対して用いられることとなった (太田 2015)。*F. punctata* も国内に分布するが、本菌には和名が付されていないこともあり、“チャアナタケモドキ”という和名を取り扱う際に現場的な混乱がみられる場合がある。チャアナタケモドキは暖温帯～亜熱帯域の針葉樹と広葉樹に発生するのに対し、*F. punctata* は冷温帯～寒帯域の広葉樹に発生するとされ (Ota *et al.* 2014)、分布域の違いによって区別できると考えられるものの、*F. torreyae* の広葉樹における発生樹種を明確にしておく必要があると考えられる。

そこで本研究では、ナシ園や住宅などが存在する生活圏において人為的に植えられる樹種、すなわち緑化木や花木を対象とし、日本各地の都市公園や施設内緑地においてチャアナタケモドキの子実体の探索を行うことにより、本菌が発生する樹種およびその発生頻度を明らかにすることとした。

2. 材料と方法

(1) チャアナタケモドキの子実体の探索

1) 日本各地における探索

2002年9月から2019年11月にかけて、32都道府県延べ241地点の都市公園および施設内の緑地において、緑化木および花木の樹木類を対象として、樹上に発生しているチャアナタケモドキの子実体の探索を行った。

探索場所については、都市公園に該当する各種公

園（都市公園法の定義に基く公園緑地；西田ら2017）および各種施設敷地内において樹木が生育している土地の総面積が5アール以上ある緑地を1地点として示し、例外的に街路樹や一般住宅敷地を各々1地点として含めた。また、同一地点であっても前回探索から5年を経た場合には新たな探索地点としてカウントした。

対象とした緑化木および花木については、基本的には「改訂版 緑化樹木ガイドブック」（日本緑化センター・日本植木協会 2009）に掲載されている樹種とした（ヤシ・タケ類、グラウンドカバー植物は除く）。ただし、Ota *et al.* (2014) に記載されている既知の発生樹種12種については一部を除いて対象とはしなかった。

探索は、各対象樹において地際部から高さ約2mの間に発生している子実体を対象とした。また、隣接しない2都道府県で発生が確認された樹種については、偶発的に発生したものではないとみなし、それを確認した後の探索では対象とはしなかった。

2) 農研機構敷地における探索

2002年10月から2019年8月にかけて、茨城県つくば市の農業・食品産業技術総合研究機構果樹茶業研究部門（農研機構）の敷地内において、緑化木や花木に限らず植栽あるいは自生している樹木類を対象として、樹上に発生しているチャアナタケモドキの子実体の探索を行った。

対象とした樹木類については、2019年時点で樹齢15年生以上と推測された樹木（探索期間中、伐採された樹木を含む）とし、探索対象とした樹木類については子実体の発生の有無にかかわらず樹種ごとに樹数をカウントした。圃場および敷地の外周に防風目的で植栽されているサワラおよびスギ、低く刈り込まれている植え込みのツツジ属およびドウダンツツジ属は対象から除外した。

探索は、各対象樹において地際部から高さ約2mの間に発生している子実体を対象とした。探索は不定期に行い、対象とした各樹木に対する探索は少なくとも2回実施した。

(2) チャアナタケモドキの子実体の採集および同定

探索の過程においてチャアナタケモドキの子実体と推測されたものを採集した。採集対象とした子実体は、肉眼観察により黄褐色～薄茶色の完全背着生で管孔を有し、かつ、拡大鏡観察により表面に5～8個/mm程度の孔口が認められたものである。また、拡大鏡観察により孔口周辺に橙～薄赤茶色の粉状のものが付着している場合は、橙～薄赤茶色の担子胞子を有する別種の子実体とみなして除外した。見出された子実体の一部を採取し、乾燥標本とした。

同定は乾燥標本より切り出した切片を用いた顕微鏡観察により行い、剛毛体および担子胞子の形態等に基いたOta *et al.* (2014) の記載に従ってチャアナタケモドキと同定した。なお、チャアナタケモドキと同定されなかった標本のうち、Ota *et al.* (2014) の記載に従って*F. punctata*と同定されたものについては別途記録した。

日本各地での探索によって得られた標本は、(国研) 森林研究・整備機構森林総合研究所菌類標本庫に寄託した。

3. 結果と考察

(1) チャアナタケモドキの子実体の発生樹種

32都道府県241地点（農研機構敷地を含む）で探索を行った結果、得られた子実体標本は97点で、そのうち72点がチャアナタケモドキと同定された（写真-1）。その他の標本については、10点は*F. punctata*と同定、15点はいずれの菌種とも同定されなかった。表-1に、本研究で認められたチャアナタケモドキの発生樹種とその発生都道府県について、Ota *et al.* (2014) の報告等と併せて記載した。

本研究において、チャアナタケモドキは17都県60地点で認められ、東北地方の宮城県から九州地方の鹿児島県まで広く緑化木や花木に発生することが明らかになった。また、*F. punctata*は北海道、岩手県および長野県の3道県で認められ、本菌種が冷温帯域に分布するとされる既報（Ota *et al.* 2014）と合致した。チャアナタケモドキと同様に*F. punctata*もナシ萎縮病の病原菌であり（日本植物病理学会

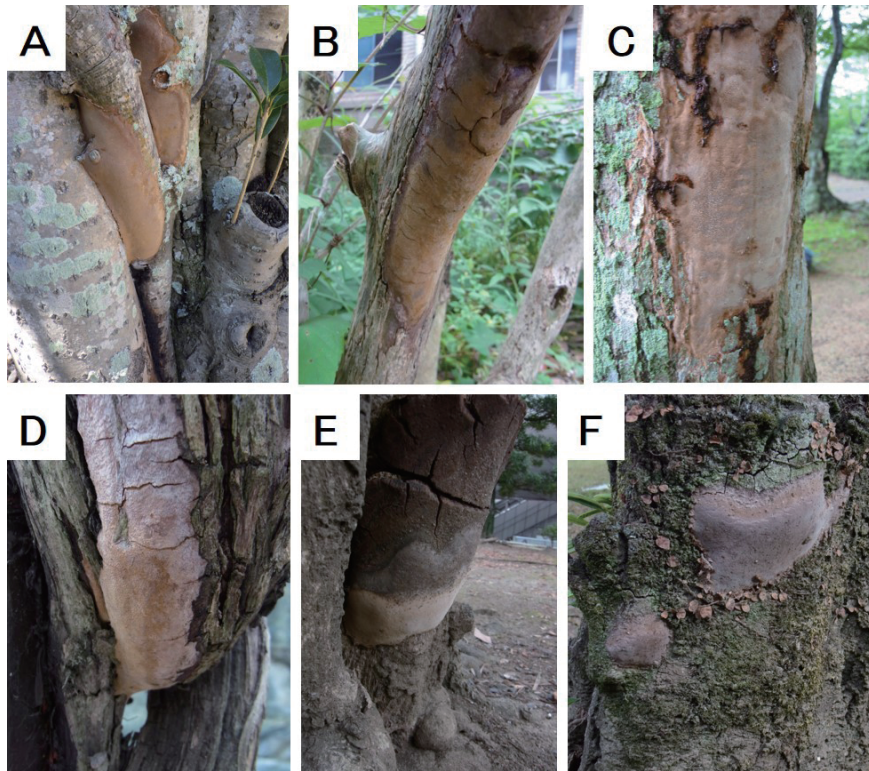


写真-1 本研究で観察されたチャアナタケモドキ, *Fomitiporia torreyae*の子実体

A, キンモクセイ上 (2019年8月, 静岡県掛川市); B, ツゲ上 (2018年7月, 千葉県千葉市); C, イロハモミジ上 (2006年10月, 三重県松阪市); D, ノウゼンカズラ上 (2014年6, 徳島県徳島市); E, タブノキ上 (2018年7月, 千葉県千葉市); F, トウネズミモチ上 (2018年11月, 宮崎県宮崎市)

2019), 本研究による両菌種の発生地域はナシ萎縮病の発生地域ともおおむね一致した (農林水産省 2017)。

本研究で認められたチャアナタケモドキの発生樹種は21科42種 [既報 (Ota *et al.* 2014) によるアセビ, ウメ, イヌマキを含む] であった。ツツジ科, ツバキ科, ニシキギ科およびモクセイ科では複数の樹種で発生が認められた。また, 果樹類では, 既報のナシおよびウメの他に, 本研究と並行して実施した果樹園における探索によりリンゴおよびブドウで発生することがわかっている (データ未公表)。以上から, 日本国内におけるチャアナタケモドキの発生樹種は, 本研究結果で新たに明らかにされた39樹種, 既報 (Ota *et al.* 2014) による12樹種および果樹類 (ナシおよびウメを除く) の2樹種を合わせた計53樹種となった。

*Fomitiporia punctata*の発生樹種はイボタノキ,

ウメ, エドヒガン, オオヤマザクラ, ナナカマド, ネジキ, ハクウンボクの7樹種で, その他に種名不明のサクラ属での発生が認められた。

(2) チャアナタケモドキの子実体の樹種による発生頻度の違い

農研機構敷地での探索において, 対象となった樹木類は55樹種で総樹数は1,543本であった。そのうち, チャアナタケモドキの子実体が確認されたのは11樹種30本であった。探索対象となった樹種のうち10本以上が対象となった樹種と本菌子実体が発生した樹種における結果を表-2に示した。10本以上を対象とした樹種における子実体発生樹率について, 既知の発生樹種であるサワラおよびスギでは約3%であり, ツバキ科のサザンカおよびヤブツバキではそれと同程度, ブナ科のマテバシイ, モクセイ科のキンモクセイおよびヒイラギモクセイ, モッコク科

表-1 チャアナタケモドキ (*Fomitiporia torreyae*) 子実体の緑化木・花木 (果樹含む) における発生樹種

科名 ¹⁾	種名 ¹⁾		発生都道府県	
			本研究	Ota <i>et al.</i> (2014)
アオイ	ボダイジュ*	<i>Tilia miqueliana</i>	- ²⁾	茨城県
	ムクゲ	<i>Hibiscus syriacus</i>	静岡県	
イチイ	チョウセンマキ*	<i>Cephalotaxus harringtonia</i>	-	奈良県
カバノキ	ヤシヤブシ	<i>Alnus firma</i>	東京都	
キョウチクトウ	キョウチクトウ	<i>Nerium oleander</i> var. <i>indicum</i>	和歌山県	
コウヤマキ	コウヤマキ*	<i>Sciadopitys verticillata</i>	-	奈良県, 和歌山県
シソ	ニンジンボク	<i>Vitex negundo</i> var. <i>cannabifolia</i>	熊本県	
	ムラサキシキブ	<i>Callicarpa japonica</i>	茨城県	
クスノキ	タブノキ	<i>Machilus thunbergii</i>	栃木県, 千葉県	
スイカズラ	ウグイスカグラ	<i>Lonicera gracilipes</i> var. <i>glabra</i>	茨城県	
	ハナゾノツクバネウツギ	<i>Abelia x grandiflora</i>	静岡県	
ツゲ	ツゲ	<i>Buxus microphylla</i> var. <i>japonica</i>	千葉県	
ツツジ	アセビ*	<i>Pieris japonica</i> subsp. <i>japonica</i>	静岡県	千葉県
	ジングウツツジ	<i>Rhododendron sanctum</i>	三重県	
	ドウダンツツジ	<i>Enkianthus perulatus</i>	埼玉県	
	ヤマツツジ*	<i>Rhododendron kaempferi</i> var. <i>kaempferi</i>	-	群馬県
ツバキ	サザンカ	<i>Camellia sasanqua</i>	茨城県, 高知県	
	ヤブツバキ	<i>Camellia japonica</i>	茨城県, 静岡県, 宮崎県	
	ドウダンツツジ	<i>Enkianthus perulatus</i>	埼玉県	
	ヤマツツジ*	<i>Rhododendron kaempferi</i> var. <i>kaempferi</i>	-	群馬県
ツバキ	サザンカ	<i>Camellia sasanqua</i>	茨城県, 高知県	
	ヤブツバキ	<i>Camellia japonica</i>	茨城県, 静岡県, 宮崎県	
ニシキギ	ニシキギ	<i>Euonymus alatus</i> f. <i>alatus</i>	宮城県, 茨城県, 埼玉県, 熊本県	
	マサキ	<i>Euonymus japonicus</i>	宮城県, 栃木県, 静岡県	
ニレ	ケヤキ	<i>Zelkova serrata</i>	岐阜県	
ノウゼンカズラ	ノウゼンカズラ	<i>Campsis grandiflora</i>	徳島県	
バラ	ウメ*	<i>Prunus mume</i>	千葉県	京都府
	ソメイヨシノ	<i>Cerasus x yedoensis</i> 'Somei-yoshino'	宮城県, 茨城県	
	トキワサンザシ	<i>Pyracantha coccinea</i>	栃木県	
	ナシ*	<i>Pyrus pyrifolia</i> var. <i>culta</i>	-	茨城県, 千葉県
	ユキヤナギ*	<i>Spiraea thunbergii</i>	-	千葉県
	リンゴ**	<i>Malus domestica</i>	福島県	
ヒノキ	サワラ*	<i>Chamaecyparis pisifera</i>	-	茨城県, 千葉県
	スギ*	<i>Cryptomeria japonica</i>	-	茨城県, 千葉県, 京都府
ブドウ	ブドウ**	<i>Vitis</i> spp.	茨城県	
ブナ	アラカシ	<i>Quercus glauca</i>	静岡県	
	ウバメガシ	<i>Quercus phillyreoides</i>	和歌山県	
	スタジイ	<i>Castanopsis sieboldii</i>	茨城県	
	マテバシイ	<i>Lithocarpus edulis</i>	茨城県, 千葉県, 静岡県	
マメ	エンジュ	<i>Styphonolobium japonicum</i>	茨城県	
	フジ	<i>Wisteria floribunda</i>	東京都	
マキ	イヌマキ*	<i>Podocarpus macrophyllus</i> f. <i>spontaneus</i>	宮崎県, 鹿児島県	和歌山県
マンサク	マンサク	<i>Hamamelis japonica</i>	岐阜県	
ミズキ	アメリカヤマボウシ	<i>Cornus florida</i>	埼玉県	
ムクロジ	イロハモミジ	<i>Acer palmatum</i>	静岡県, 三重県	
モクセイ	イボタノキ	<i>Ligustrum obtusifolium</i>	栃木県	
	キンモクセイ	<i>Osmanthus fragrans</i> var. <i>aurantiacus</i>	宮城県, 茨城県, 静岡県	
	トウネズミモチ	<i>Ligustrum lucidum</i>	東京都, 宮崎県	
	ネズミモチ	<i>Ligustrum japonicum</i>	茨城県, 東京都, 高知県	
	ヒイラギ	<i>Osmanthus heterophyllus</i>	茨城県, 鳥取県	
	ヒイラギモクセイ	<i>Osmanthus x fortunei</i>	茨城県, 宮崎県	
	ヒトツバタゴ*	<i>Chionanthus retusus</i>	-	茨城県
	レンギョウ	<i>Forsythia suspensa</i>	宮城県	
モチノキ	クロガネモチ	<i>Ilex rotunda</i>	和歌山県	
モッコク	ヒサカキ	<i>Eurya japonica</i> var. <i>japonica</i>	茨城県	
レンブクソウ	ガマズミ	<i>Viburnum dilatatum</i>	茨城県	
	サンゴジュ	<i>Viburnum odoratissimum</i> var. <i>awabuki</i>	東京都, 岡山県, 徳島県	

1) 科名および種名は米倉・梶田 (2003-) に従った (被子植物はAPG分類体系に基づく)。

*, 既報 (Ota *et al.* 2014) による発生樹種。

***, 本研究以外の果樹園での探索結果として発生が認められた樹種。

2) 本研究では対象としなかった, あるいは, 発生を認めなかったことを示す。

表-2 チャアナタケモドキ (*Fomitiporia torreyae*) 子実体の緑化木・花木 (果樹含む) における発生樹種

科名 ²⁾	種名 ²⁾		対象樹数 (本)	子実体発生樹数 (本)	子実体発生樹率 (%)
キリ	キリ	<i>Paulownia tomentosa</i>	12	0	0
ツバキ	サザンカ	<i>Camellia sasanqua</i>	36	1	2.8
	ヤブツバキ	<i>Camellia japonica</i>	50	1	2
ニレ	ケヤキ	<i>Zelkova serrata</i>	42	0	0
バラ	ビワ	<i>Eriobotrya japonica</i>	29	0	0
	サクラ属	<i>Cerasus</i> spp.	99	0	0
ヒノキ	サワラ	<i>Chamaecyparis pisifera</i>	468	14	3
	スギ	<i>Cryptomeria japonica</i>	32	1	3.1
フウ	モミジバフウ	<i>Liquidambar styraciflua</i>	20	0	0
ブナ	クヌギ	<i>Quercus acutissima</i>	40	0	0
	クリ	<i>Castanea crenata</i>	61	0	0
	コナラ	<i>Quercus serrata</i>	43	0	0
	シラカシ	<i>Quercus myrsinifolia</i>	288	0	0
	マテバシイ	<i>Lithocarpus edulis</i>	121	7	5.8
ミズキ	アメリカヤマボウシ	<i>Cornus florida</i>	23	0	0
モクセイ	キンモクセイ ³⁾	<i>Osmanthus fragrans</i> var. <i>aurantiacus</i>	65	3	4.6
	ヒイラギモクセイ	<i>Osmanthus x fortunei</i>	16	1	6.3
モッコク	ヒサカキ	<i>Eurya japonica</i> var. <i>japonica</i>	20	1	5
レンブクソウ	ガマズミ	<i>Viburnum dilatatum</i>	2	1	50

1) 農業・食品産業技術総合研究機構果樹茶業研究部門 (茨城県つくば市) 敷地内に植栽あるいは自生している緑化木・花木において、対象とした樹種のうち樹数10本以上の樹種およびチャアナタケモドキ子実体の発生が認められた樹種について示した。

2) 科名および種名は米倉・梶田 (2003-) に従った (被子植物はAPG分類体系に基づく)。

3) 対象樹には若干数のギンモクセイ (*Osmanthus fragrans* var. *fragrans*) を含む。

のヒサカキでは5%程度の高い値を示した。特に、マテバシイやキンモクセイでは対象樹数が多く、かつ、複数樹で発生しており、得られた値には一定の信頼性があると考えられる。一方、マテバシイ以外のブナ科樹種では探索樹数は多いものの子実体の発生は認められなかった。

日本各地での探索において、チャアナタケモドキ子実体の発生樹種のうち、14樹種が隣接しない2都県で確認されるなど、樹種によって子実体の発生程度が異なることが示唆された (表-2)。同定作業の進行状況との兼ね合いにより、結果的に3, 4都県での発生が確認された樹種もあった。併せて、ツバキ科、ニシキギ科やモクセイ科では複数の樹種が

複数都県で発生が認められ、これらの科に属する樹種では発生しやすい傾向があるものと考えられた。その一方、ブナ科の樹種ではマテバシイのみが複数の都県で発生が認められた。

以上から、農研機構敷地での探索による発生樹率と日本各地での探索による発生都県数との間には同様の傾向がみられる。すなわち、ツバキ科およびモクセイ科樹種では発生数が多く、ブナ科の樹種においてはマテバシイのみで発生数が多い、とみなすことが可能と考えられる。このことから、日本各地での探索で発生数が多かったニシキギ科の樹種やサンゴジュを始めとして複数都県で発生が認められた樹種についても発生数が多い樹種とみなすことが可能

と思われる。

日本各地での探索において隣接しない2県でチャアナタケモドキ子実体が発生した樹種の1つとしてソメイヨシノが挙げられるが(表-1), ソメイヨシノを始めとするサクラ属樹種は都市公園では極めて植栽数が多いにもかかわらず, 当該2県(各標本1点)以外での発生は認められなかった。農研機構敷地での探索においてもソメイヨシノを含むサクラ属の樹数は多かったものの子実体の発生は認められなかった。したがって, ソメイヨシノを含むサクラ属におけるチャアナタケモドキの発生は決して多くないと判断するのが妥当と考えられた。一方, *F. punctata*と同定された標本10点のうち5点(北海道1点, 岩手県3点, 長野県1点)はサクラ属上で得られたものであった(データ省略)。*F. punctata*についてはサクラ属で発生しやすい可能性があると思われる。

なお, 本研究およびOta *et al.* (2014) で示されたチャアナタケモドキの発生樹種のうち, 1都県でのみで確認されたものは30樹種以上に及ぶ。これら樹種での発生が偶発的なものに相当するのか, 単に探索が及ばなかったからなのかは不明である。今後の調査研究に判断を委ねたい。

(3) まとめ

本研究により日本国内におけるチャアナタケモドキの発生樹種は緑化木・花木および果樹類の53種に及ぶことが明らかにされた。また, 樹種によって発生頻度が異なり, ツバキ科, モクセイ科およびニシキギ科の樹種, およびマテバシイやサンゴジュなどで本菌の発生が多いと考えられた。このことから, ナシ萎縮病の予防対策として感染源の除去を行う際には, ここで示された発生樹種, 特に発生の多い樹種を対象とすることで徹底することができよう。

本研究では緑化木や花木など生活圏で植栽される多くの樹種上にチャアナタケモドキの発生を認めたが, 生活圏から離れた自然林でのチャアナタケモドキの発生は少ないとされる(Ota *et al.* 2014)。このことから, 緑化木や花木がナシ園における本菌の重

要な感染源となっている可能性がある。その場合には, ナシ園周辺に防風・景観目的で樹木を植栽する際に本研究の結果を基に樹種を選択することで十分な効果が得られることが期待できる。

本研究で示された発生樹種に対するチャアナタケモドキの病原性については調べていないが, 子実体の多くは生立木の枝幹上で発生し, 子実体が発生した辺材部位には腐朽が認められたことから, 各樹種に対して病原性を有するものと推測された。したがって, 都市景観の向上や環境緑化の促進を目的とした緑化木・花木の植栽計画および植栽後の保護管理に際しても本研究の結果は有用と思われる。今後, チャアナタケモドキの病原性の解明および発生樹種の網羅的探索, 加えて*F. punctata*の発生樹種の調査が必要である。

謝辞

本研究においてチャアナタケモドキの子実体の探索にご協力頂いた, 金子洋平, 澤島拓夫, 竹本周平各氏に深謝申し上げます。

引用文献

- 青島清雄・林 康夫・米林俵三・近藤秀明 (1964) サンプスギの非赤枯性溝腐病. 第75回日本林学会講演要旨集: 396 ~ 397
- Farr DF, Rossman AY (2019) Fungal databases, U.S. National Fungus Collections, ARS, USDA. <https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/>, 2019.11.29参照
- 金子洋平 (2015) 千葉県におけるナシ萎縮病の発生状況と病原菌の特徴. 植物防疫 69: 311 ~ 313
- 幸由利香・寺嶋芳江・岩澤勝巳・福島成樹・遠藤良太 (2014) 非赤枯性溝腐病と病原菌チャアナタケモドキに関する最近の知見. 千葉農林総研研報 6: 125-131
- 中村 仁 (2016) 木材腐朽菌チャアナタケモドキによるスギとナシの病害. 森林科学76: 13 ~ 16
- 日本緑化センター・日本植木協会 (2009) 改訂版 緑化樹木ガイドブック. 建設物価調査会, 東京

日本植物病理学会 (2019) 日本植物病名目録. 日本植物防疫協会, 東京

西田正憲・飛田範夫・黒田乃生・井原縁 (2017) 47 都道府県・公園／庭園百科. 丸善出版, 東京

農林水産省 (2017) ナシ萎縮病の発生状況調査結果について. <http://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/gaicyu/siryoku2/attach/pdf/index-4.pdf>, 2019.11.29参照

Ota Y, Hattori T, Nakamura H, Terashima Y, Lee SS, Miyuki Y, Sotome K (2014) Taxonomy and phylogenetic position of *Fomitiporia torreyae*, a

causal agent of trunk rot on Sanbu-sugi, a cultivar of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) in Japan. *Mycologia* 106: 66 ~ 76

太田祐子 (2015) チャアナタケモドキによる樹木病害－サンプスギの非赤枯性溝腐病とその他の樹種の病害について－. 森林防疫 64: 111 ~ 119

米倉浩司・梶田 忠 (2003-) BG Plants 和名－学名インデックス (YList). http://bean.bio.chiba-u.jp/bgplants/ylist_main.html, 2019.11.11参照

(2020.2.24受理)

総説

毛虫に流行病を引き起こすウイルスの正体 —バキュロウイルス

高務 淳¹

1. はじめに

ウイルスは、核酸とタンパク質および脂質や糖等からなる単純な粒子です。ウイルスは、私たちとは異なり、核酸としてDNAの他、RNAをゲノムに持つものがあります。DNAをゲノムに持つものをDNAウイルス、ゲノムがRNAのものをRNAウイルスと言います。世界を騒がせているコロナウイルスは、RNAウイルスです。生物は真正細菌（大腸菌など）、古細菌（メタン生成菌など）、真核生物（人間など）の3つの大きな分類群（ドメイン）からなるという3ドメイン説がありますが、すべてのドメインには、それぞれのドメインに属する生物を宿主とするウイルスが存在します。最近では、一部のDNAウイルスを宿主とするウイルスさえも発見されています（La Scola *et al.* 2008）。私たちは、インフルエンザウイルスやコロナウイルスによる病気などが問題になるとき、はじめてウイルスの存在を意識するかもしれませんが、しかし、ウイルスとは、私たちの足元や普段目にする風景のいたるところに存在する身近な存在です。これらウイルスはすべて、その宿主に対して病原性を持つのでしょうか。実は、病原性が認められているものは、ごくごく一部にすぎません。逆に、宿主に対してよい影響を示すウイルスも数多く知られています（Roossinck 2015）。大半のウイルスは宿主に対してどのような作用があるのかわかっていません。

昆虫は、地球の中で最も多様性に富む生物ですが、DNAウイルスやRNAウイルス、ゲノムが環状のものや、断片化したゲノムを持つもの、昆虫を利用して動植物に伝播するものや、昆虫のみを利用するものなど、やはり、多様なウイルスが昆虫を利用してきます。このうち、昆虫のみを利用していると考え

られるウイルスを昆虫ウイルスと呼ぶことにします。昆虫ウイルスは、ウイルス全体で150科あるうち（Walker *et al.* 2019）、20科のウイルスの科に見出すことができるとされていますが（高務淳 2016）、近年、新規のウイルスが多数発見されており、20科というのはごく一部に過ぎないかもしれません。また、既知の科においても、新規のウイルスが次々に記載されています。筆者も数種の新規ウイルスを記載してきました。

今から10年以上も前（2007～2008年ごろ）、岩手県を中心にマイマイガが大発生しました。筆者はマイマイガに発生する病気を調査するために現地に行きましたが、マイマイガ幼虫とともに、カシワマイマイ幼虫が林分でひしめいている光景を目にしました。そこでは、同所的に発生していた両種が、核多角体病という病気を引き起こすバキュロウイルス科のウイルス（以下、バキュロウイルス）に感染して死んでいました（図-1）。本稿では、カシワマイマイのウイルスを解析した結果（Takatsuka 2016）をお話しします。森林で大発生するチョウ目昆虫の大発生終息とバキュロウイルスによる病気である核多角体病に関連している場合があります、これら昆虫の個体群動態に重要な役割があることも指摘されてきましたので（Myers 2018）、バキュロウイルスや、核多角体病という単語を目にされた方もいらっしゃるかと思います。しかし、多くの読者の方々には、なじみがないと思います。筆者自身の研究も交えて、先ず、バキュロウイルスについて概説します。

2. バキュロウイルスの分類

バキュロウイルスは、これまでに害虫防除に利用され、多くの成功を収めてきました（高務淳 2008；

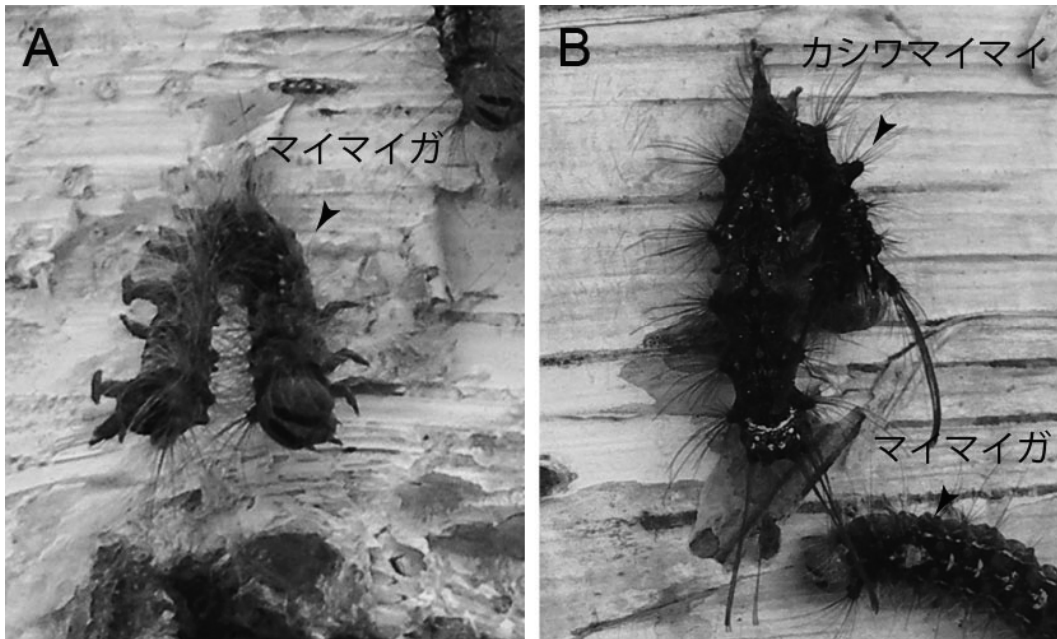


図-1 バキュロウイルスに感染して死亡したマイマイガ幼虫(A) とカシワマイマイ幼虫(B).

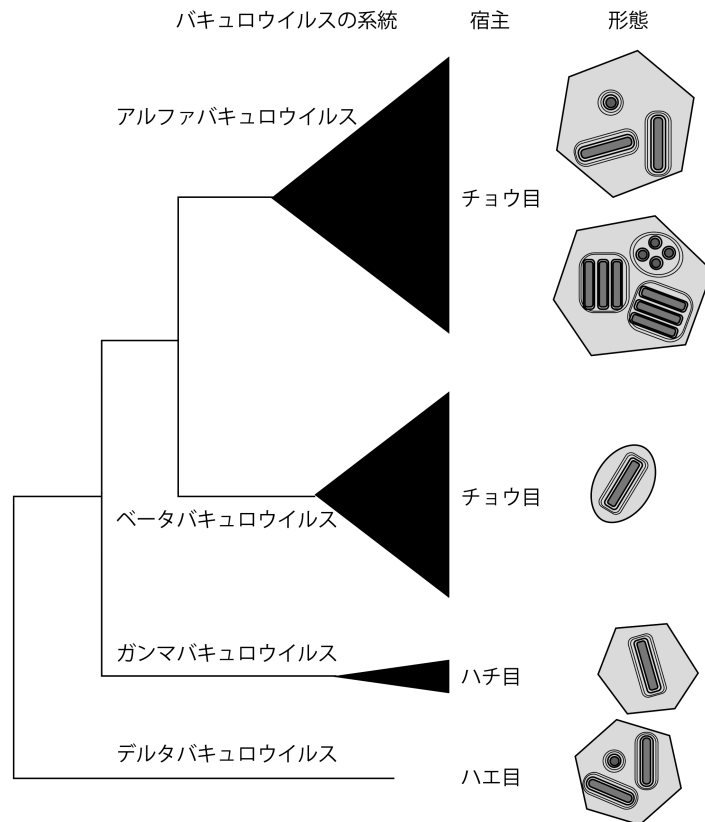


図-2 バキュロウイルスの系統, 宿主昆虫および形態.

系統と宿主昆虫に関しては, 本文2. バキュロウイルスの分類を, 形態に関しては, 本文3. バキュロウイルスの形態を参照してください.

高務淳・国見裕久 2003)。また、タンパク質発現系等 (Chambers *et al.* 2018), バイオテクノロジーの世界で利用されてきました。そのため、バキュロウイルスは、昆虫ウイルスの中で最も有名なものと言えるでしょう。バキュロウイルスは、DNAをゲノムとして持っています。チョウ目、ハチ目、ハエ目の昆虫から見出されており、分離される目によって系統的に明確に分かれます (図-2)。昆虫種レベルでは、このような本ウイルスとの系統的な関連は見られません。チョウ目とかかわるウイルスは、アルファバキュロウイルス属とベータバキュロウイルス属、ハチ目のウイルスは、ガンマバキュロウイルス属、ハエ目のウイルスは、デルタバキュロウイルス属に分類されています (Harrison *et al.* 2019)。チョウ目のバキュロウイルスは数多く分離されていますが、ハチ目ではハバチから、ハエ目では、蚊から分離されているのみです。バキュロウイルスの種は、宿主範囲などの生物学的情報や、ゲノム情報によって決定されます。生物学的情報については、十分な情報をウイルス株間で比較することが難しい場

合もありますが、ゲノム情報は容易に比較できます。筆者が報告したチョウ目のコスジオビハマキから分離したバキュロウイルスは、全ゲノムの比較解析から、カナダにおいてハマキガの仲間、*Choristoneura muriana*から分離されたアルファバキュロウイルス属のウイルスときわめて近縁で、おそらく同種と考えられます (Takatsuka 2020)。

3. バキュロウイルスの形態

バキュロウイルスは、長さ250～300ナノメートル、幅30～60ナノメートルほどの棒状のウイルスで、100個以上の遺伝子を持っており、ウイルスとしては大型です (Harrison *et al.* 2019)。図-3に示されているように、バキュロウイルスは、ウイルスの核酸とタンパク質からなるコアを包むカプシドと呼ばれる殻が、エンベロープと呼ばれる膜に包まれています。それらが、さらに包埋体と呼ばれるたんぱく質性の結晶に封入されています。ベータバキュロウイルス属のウイルスの包埋体は、図-3Aのように楕円体で (図-2では、分類と照合しながら

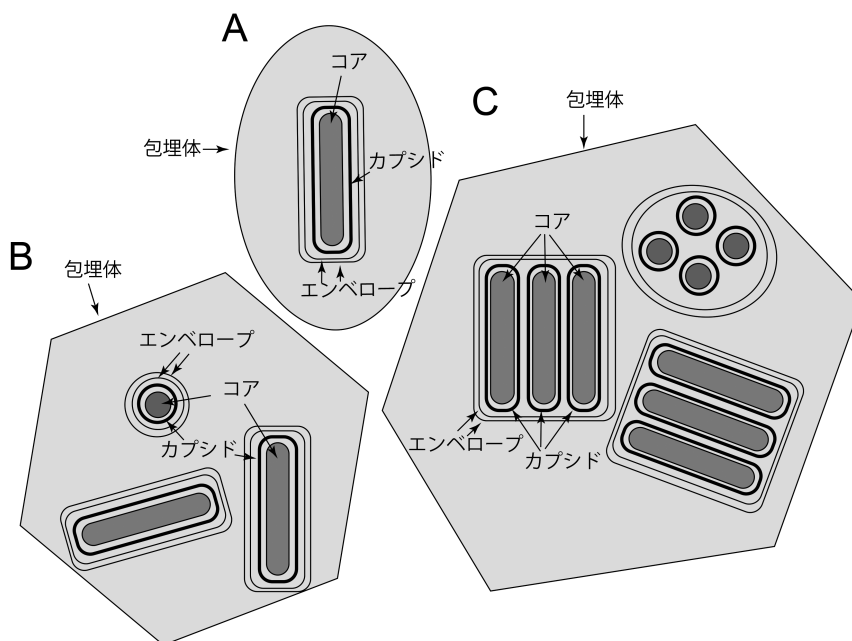


図-3 バキュロウイルスの形態の模式図。

(A) 包埋体が楕円体のバキュロウイルス。(B) 包埋体が多角体のバキュロウイルス (シングルカプシド型)。(C) 包埋体が多角体のバキュロウイルス (マルチカプシド型)。棒状に描かれているものは、縦断面を、円形に描かれているものは、横断面を表しています。

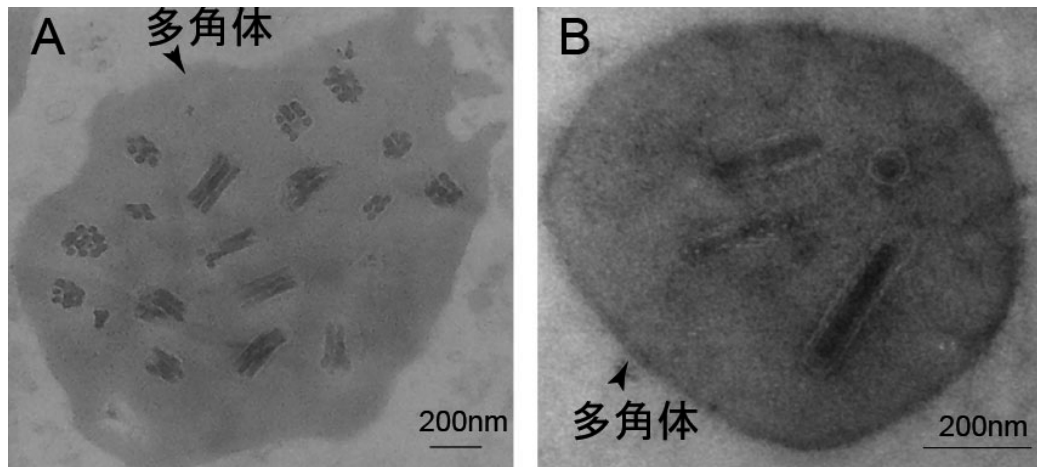


図-4 (A)マルチカプシド型(A) およびシングルカプシド型(B)のアルファバキュロウイルスの透過型電子顕微鏡像。ウイルス分離源は、(A):コスジオビハマキ、(B):ヒノキカワモグリガ。スケールが異なりますので注意してください。

形態をることができます。), 大きくても長径500ナノメートルほどです。この特徴から, この属のウイルスを日本語では, 顆粒病ウイルスと呼んでおり, このウイルスによる病気を顆粒病と呼びます。包埋体には, 一つのウイルスが封入されています。これに対して, 他の属のバキュロウイルスの包埋体は多角体で, 大きいものでは15マイクロメートル程度あり, 光学顕微鏡で容易に観察することができます。これらのウイルスは, 日本語では, 核多角体病ウイルスと呼ばれ, その病気を核多角体病と呼んでいます。アルファバキュロウイルス属には, エンベロープ中にカプシドが一つしかない種(シングルカプシド型)(図-3B)と, 複数のカプシドがエンベロープに包まれている種(マルチプルカプシド型)とがあります(図-3C)。例えば, コスジオビハマキから分離したアルファバキュロウイルス属のウイルスは(Takatsuka 2020), カプシドがエンベロープに複数包まれています, ヒノキカワモグリガから分離したものは, カプシドがエンベロープに一つです(Takatsuka 2007)(図-4)。ガンマバキュロウイルス属では, シングルカプシド型のウイルスが包埋体の一つ封入されています。デルタバキュロウイルス属では, 数個から多数のシングルカプシド型のウイルスが, 包埋体に封入されています。これら分類と形態については, 図-2も参考にしてくだ

さい。

4. バキュロウイルスの感染と病徴

バキュロウイルスは, 昆虫の幼虫に感染します。宿主幼虫が包埋体を経口的に食べると, 腸の中で包埋体が溶けることによってウイルスが放出されます。放出されたウイルスは, 腸の細胞に侵入して感染します。ガンマバキュロウイルス属とデルタバキュロウイルス属のウイルスでは, 感染は腸に限定され, 感染虫は下痢のような症状を示します。その他の属, すなわち, チョウ目を宿主とするバキュロウイルスでは, 他の組織に感染が広がります。細胞で増えたウイルスは, 細胞外に放出され, 次の細胞へと感染してゆきますが, 一部のウイルスは, 包埋体に包まれ, これらが次の昆虫個体への感染源になります。この包埋体中のウイルスの感染性は長期間維持されます。例えば森林の土壤中に存在する場合, 数十年も感染性を保持していた例も知られています。このような性質は, 休眠や離散的な発生などの特徴を持つ, いつ出会うのかわからない, 不確定要素の強い昆虫という宿主を利用する上で有用なのかもしれません(高務淳・国見裕久 2014)。包埋体の形成は, バキュロウイルスとは全く系統関係のない別の科に属する昆虫ウイルスにも見られ(高務淳 2016), 昆虫を専門に利用するウイルスに収斂進化(系統的に

異なる生物やウイルスが、同様の環境下に生息するとき、類似した形質を獲得すること)したものなのかもしれません。

バキュロウイルスの病原力は強く、宿主幼虫の感染は、ほぼ死を意味します。アルファバキュロウイルス属やベータバキュロウイルス属のウイルスでは、幼虫に感染すると、幼虫にホルモン異常を起こさせ幼虫の齢期間を延長させます。これにより、幼虫はより大きくなりますので、ウイルスにとっては資源が増えることになり、より多くの娘ウイルスを生産できます。このような宿主のホルモン操作は、他の科の昆虫ウイルスにおいても知られています (Takatsuka *et al.* 2017)。

感染虫が死亡するまでの期間は、ウイルスの種や、幼虫が感染する齢等によって異なりますが、宿主幼虫が感染すると、数日から3、4週間で死亡します。アルファバキュロウイルス属のウイルスに感染した幼虫は、感染が進むと活発に行動し、植物体の上部に登って、足を植物体に付着させて、垂れ下がって死亡します (例えば、図-1)。死亡した幼虫は、溶けるように朽ち果て、死体の周囲や下部は体内で生産された包埋体で汚染されます。この感染虫の活発な行動や死体が溶けるという現象も、ウイルスが積極的に引き起こしています。

5. バキュロウイルスの宿主範囲

バキュロウイルスの宿主範囲は、ウイルスの種によって様々です。チョウ目のハスモンヨトウを宿主とするウイルスは、ハスモンヨトウとその近縁種にしか感染しません (Takatsuka *et al.* 2007)。ところが、チョウ目のウワバの一種から分離されたウイルスは、100種以上のチョウ目昆虫に感染すると言われています。しかし、バキュロウイルスでは、昆虫の目を超える感染はありません。また、本ウイルスは、昆虫以外には見出せません。系統的に近縁なウイルスとして、ヌディウイルスとハイトロサウイルスというDNAウイルスが知られていますが、これらもそれぞれ、無脊椎動物と昆虫にのみ見出されるウイルスです。バキュロウイルスは、脊椎動物の

ウイルスとは全く関係のない進化上のルーツを持っています (Thézé *et al.* 2011)。

6. カシワマイマイのバキュロウイルス

バキュロウイルスについて少しイメージがわいてこられたでしょうか。主にTakatsuka (2016)に基づいて、カシワマイマイの核多角体病の話をしていきましょう。岩手県の複数個所から、カシワマイマイとマイマイガの幼虫を採集し、核多角体病の罹病率を調べました。マイマイガ幼虫においては、20～30%でしたが、カシワマイマイ幼虫においては、80～100%が核多角体病で死亡しました。実際、採集地でも、死んで溶けるように朽ち、ドロドロとした体液を滴らせている幼虫の死体を多数目にしました。とくに、二戸の採集地では、幼虫の罹病率は90～100%で、次年に調査したときには、全く幼虫を見つけることができませんでした。核多角体病は、局所的にはカシワマイマイの個体群を駆逐する力があるのかもしれませんが。カシワマイマイ、マイマイガの両種が同所的に発生していたところでも核多角体病が見つかりました。当時、マイマイガのバキュロウイルスはよく研究されており、形態や遺伝的な特徴などの性質が解析されていましたが、カシワマイマイからのバキュロウイルスは全く解析されていませんでした。ここで、疑問が生じます。1) はたして、両種の毛虫の病気を引き起こしているウイルスは同種なのか別種なのか? また、ウイルス-宿主の一对一の関係か、ウイルス-複数種の宿主の関係なのか。どのような関係にあるのかは、病気の動態に大きく影響します (高務淳・国見裕久 2014)。また、筆者は、複数種のバキュロウイルスが、同一種の昆虫個体にそれぞれ感染している場合や、同一個体に複数種のバキュロウイルスが感染している場合もあることを経験していました (Takatsuka *et al.* 2016)。ここで、次のような疑問が生じます。2) カシワマイマイに感染しているウイルスはマイマイガにも感染するのか? その逆も成り立つのか?

まず、カシワマイマイとマイマイガからバキュロウイルスを分離し、電子顕微鏡で見ってみました。両

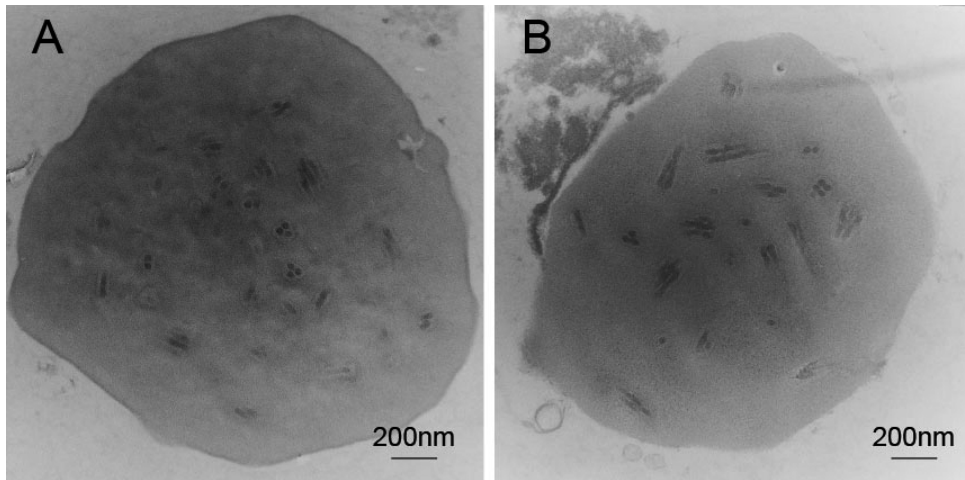


図-5 カシワマイマイから分離したバキュロウイルス(A) およびマイマイガから分離したバキュロウイルス(B) の透過型電子顕微鏡像。

昆虫種から分離したバキュロウイルスは、典型的なバキュロウイルスの形態をしており、複数のカプシドがエンベロープにつつまれている、マルチプルカプシド型でした(図-5)。エンベロープ中のカプシドの数や大きさ等を調べましたが、両ウイルスは形態的に全く区別が付きませんでした。そこで、分離株の一部を用いて、それぞれのバキュロウイルスゲノムの複数個所の塩基配列を解析しました。系統解析の結果、カシワマイマイからのバキュロウイルスは、マイマイガやカシワマイマイを含む昆虫の属、*Lymantria*に属する昆虫から分離されているアルファバキュロウイルスと近縁でした。マイマイガからのバキュロウイルスは、マイマイガのアルファバキュロウイルスのクレードに入りました。また、遺伝距離に基づいて、マイマイガから分離したものは、それまで報告されているマイマイガのアルファバキュロウイルス(マイマイガ核多角体病ウイルスと命名されている。)と同種、カシワマイマイから分離したものは、それまでに報告されている種とは別種と推定されました。次に、カシワマイマイのアルファバキュロウイルスの2株を用いて、生物検定を行いました。その結果、カシワマイマイのアルファバキュロウイルスは、マイマイガにも感染できることが分かりました。しかし、カシワマイマイ幼虫に対して数百個の包埋体で半数の幼虫に感染できるのに

比較して、マイマイガ幼虫に対する感染力は大変低いもので、数百万個を投与しても高々20%の幼虫が感染するのみでした。虫体で作られる娘ウイルスもわずかでした。これらの結果から、カシワマイマイから分離したウイルスをカシワマイマイ核多角体病ウイルスと名付けました。では、実際に採集したカシワマイマイやマイマイガは、どちらのバキュロウイルスに感染していたのでしょうか。林分で採集し、核多角体病で死んだ全ての幼虫を、分子生物学的な手法で調べました。カシワマイマイは、全てカシワマイマイ核多角体病ウイルスによって死んでいました。マイマイガでは、2%の幼虫にカシワマイマイ核多角体病ウイルスが検出されましたが、残りはマイマイガ核多角体病ウイルスによって死んでいました。これらのことは、カシワマイマイとマイマイガには、それぞれの核多角体病ウイルスがほぼ独立に感染していることを示唆しています。その病気の動態は、同所的に発生している相手によって、大きな影響を受けないと結論づけました。

7. おわりに

マイマイガの病気の調査に行って、つい、別の虫の病気を調べてしまいました。ここで、本来の目的であるマイマイガの病気について少しお話しします。マイマイガには、上に述べたように、マイマイガ核

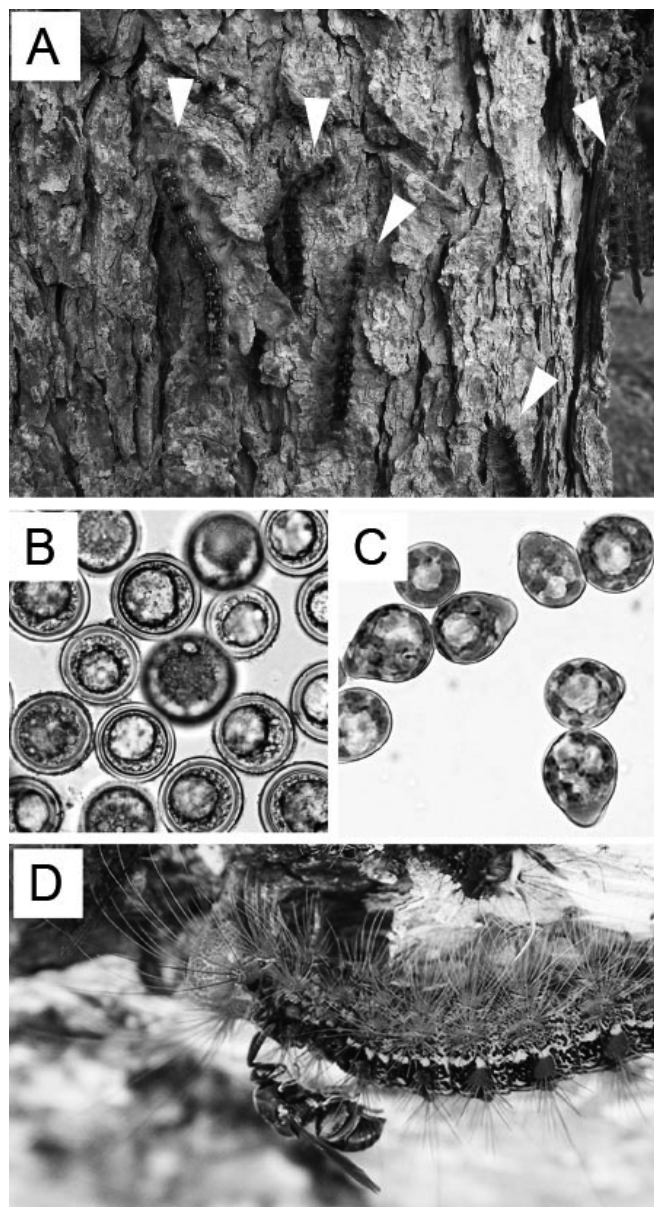


図-6 昆虫疫病菌と寄生蜂.

(A)昆虫疫病菌による病気の流行により死亡したマイマイガ幼虫(白矢印)。(B)昆虫疫病菌の休眠胞子。(C)分生子。耐久ステージの休眠胞子がマイマイガの若齢幼虫に感染し、感染虫は2~3齢で死亡します。死亡した幼虫の体表に分生子が作られ、空気中に分散し、広範囲の他個体に病気が広がります。感染虫は終齢で死亡しますが、この虫体内で休眠胞子が作られます。(D)寄生蜂アシプトコバチの一種。

多角体病ウイルスによる病気が発生していました。しかし、それよりも、糸状菌である昆虫疫病菌のエントモファーガマイマイガによる病気が猛威を振るっており(図-6A~C)、大発生していたマイマイガの数が劇的に減少しました。同時期に、北海道

でもマイマイガが大発生しましたが、そこでは、昆虫疫病菌よりもマイマイガ核多角体病ウイルスによる病気の流行が猛威を振るいました。なぜ、地域で猛威を振るう病気が異なるのか興味を持たれます。また、岩手県での調査で、マイマイガに*Isaria*

*javanica*というカビによる病気が発生していることを発見しました (Shimazu and Takatsuka 2010)。このカビは、低頻度で見つかるものですが、病原力は強いことが分かっています。その他、世界的に見ると、本稿では紹介しきれない多様な病原体 (DNAウイルスやRNAウイルス, 糸状菌, 微孢子虫など) がマイマイガから報告されています。また、数多くの寄生蜂や寄生蠅が報告されており、マイマイガをめぐって多様な寄生者群集を形成しているようです。岩手県での調査でも、寄生蜂や寄生蠅が多数活動しており、寄主を探索する姿を頻繁に目にしました。実際、マイマイガが、それら天敵に寄生されている光景をよく見かけました (例えば、図-6D)。病気と天敵の効果によって、大発生を繰り返すチョウ目昆虫の個体群動態がうまく表されうるという数理モデルによる解析もありますが (Dwyer *et al.* 2004), 真相はどうなのでしょう。

謝辞

マイマイガの調査は、故島津光明博士と共に行いました。昆虫病原糸状菌研究への情熱と糸状菌に関する深い知識、そして柔軟な発想をもって、ご指導いただいたことに感謝申し上げます。島津光明博士のご冥福を心よりお祈り申し上げます。

引用文献

- Chambers AC, Aksular M, Graves LP, Irons SL, Possee RD, King LA (2018) Overview of the baculovirus expression system. *Curr Protoc Protein Sci* 91: 5.4.1 ~ 5.4.6
- Dwyer G, Dushoff J, Yee SH (2004) The combined effects of pathogens and predators on insect outbreaks. *Nature* 430: 341 ~ 345
- Harrison RL, Herniou EA, Jehle JA, Theilmann DA, Burand JP, Becnel JJ, Krell PJ, M van Oers M, Mowery JD, Bauchan GR, ICTV Report Consortium (2019) ICTV Virus Taxonomy Profile: *Baculoviridae*. *J Gen Virol* 99: 1185 ~ 1186
- La Scola B, Desnues C, Pagnier I, Robert C, Barrassi L, Fournous G, Merchat M, Suzan-Monti M, Forterre P, Koonin E, Raoult D (2008) The virophage as a unique parasite of the giant mimivirus. *Nature* 455: 100 ~ 104
- Myers JH (2018) Population cycles: generalities, exceptions and remaining mysteries. *Proc Royal Soc B: Biol Sci* 285: 20172841
- Roossinck MJ (2015) Move over, bacterial! viruses make their mark as mutualistic microbial symbionts. *J Virol* 89: 6532 ~ 6535
- Shimazu M, Takatsuka J (2010) *Isaria javanica* (anamorphic Cordycipitaceae) isolated from gypsy moth larvae, *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae), in Japan. *Appl Entomol Zool* 45: 497 ~ 504
- Takatsuka J (2007) Characterization of a nucleopolyhedrovirus of *Epinotia granitalis* (Lepidoptera: Tortricidae). *J Invertebr Pathol* 96: 265 ~ 269
- 高務 淳 (2008) 昆虫ウイルスとその害虫管理への利用について. *森林防疫* 57: 249 ~ 256
- Takatsuka J (2016) *Lymantria mathura* nucleopolyhedrovirus: Identification, occurrence and genetic diversity in Iwate Prefecture, Japan. *J Invertebr Pathol* 138: 1 ~ 9
- 高務 淳 (2016) 昆虫のウイルス. *昆虫と自然* 51: 16 ~ 19
- Takatsuka J (2020) Complete genome sequence of an alphabaculovirus from *Choristoneura diversana*. *Microbiol Resour Announc* 9: e00051-20
- 高務 淳・国見裕久 (2003) ウイルス剤. (次世代の農薬開発—ニューナノテクノロジーによる探索と創薬. 日本農薬学会/阿部 宏・桑野栄一・児玉治・鈴木義勝・藤村真編, ソフトサイエンス社) 145 ~ 160
- 高務 淳・国見裕久 (2014) 感染症の疫学. (最新昆虫病理学. 国見裕久・小林勉弘編, 講談社) 164 ~ 181

Takatsuka J, Nakai M, Shinoda T (2017) A virus carries a gene encoding juvenile hormone acid methyltransferase, a key regulatory enzyme in insect metamorphosis. *Sci Rep* 7: 13522

Takatsuka J, Okuno S, Ishii T, Nakai M, Kunimi Y (2007) Host range of two multiple nucleopolyhedroviruses isolated from *Spodoptera litura*. *Biol Control* 41: 264 ~ 271

Takatsuka J, Okuno S, Nakai M, Kunimi Y (2016) Genetic and phenotypic comparisons of viral genotypes from two nucleopolyhedroviruses interacting with a common host species, *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). *J Invertebr Pathol* 139: 42 ~ 49

Thézé J, Bézier A, Periquet G, Drezen JM, Hernio,

EA (2011) Paleozoic origin of insect large dsDNA viruses. *Proc Natl Acad Sci USA* 108: 15931 ~ 15935

Walker PJ, Siddell SG, Lefkowitz EJ, Mushegian AR, Dempsey DM, Dutilh BE, Harrach B, Harrison RL, Hendrickson RC, Junglen S, Knowles NJ, Kropinski AM, Krupovic M, Kuhn JH, Nibert M, Rubino L, Sabanadzovic S, Simmonds P, Varsani A, Zerbini FM, Davison AJ (2019) Changes to virus taxonomy and the International Code of Virus Classification and Nomenclature ratified by the International Committee on Taxonomy of Viruses. *Arch Virol* 164: 2417 ~ 2429.

(2020.4.3受理)

論文

温湯処理によるブナ, コナラおよびイヌブナ堅果の腐敗抑制効果

市原 優¹・升屋 勇人²

1. はじめに

近年、生物多様性保全機能等の森林生態系の有する多面的機能が注目され、その持続的発揮に向けた森林施業のひとつとして広葉樹林化が必要とされており、針葉樹人工林から針広混交林へ誘導する研究や広葉樹の植林が行われている（林野庁 2019；田内 2010）。近年増加しているコンテナ苗生産現場では、針葉樹の種子腐敗など（市原ら 2019；升屋ら 2019）、これまで注目されなかった病害が発生しており、今後本格化が予想される造林用の広葉樹苗木生産過程でも顕在化する可能性がある。針葉樹病害では古くから蓄積のあった樹病学的知見（伊藤 1968）が役立っているが、広葉樹における病害については知見が少なく、樹種毎の病原菌や防除法の研究を進めておく必要がある。

広葉樹の苗木生産においては、野外の落下種子を採取して用いる場合があるが（勝田ら 1998）、種子の貯蔵中に菌害によって腐敗することがある。ヨーロッパの広葉樹種子の場合、*Fagus sylvatica* L.では*Rhizoctonia solani* Kühnにより、*Quercus robur* L.では*Ciboria batschiana* (Zopf) Buchwaldにより、貯蔵中の堅果腐敗が生じるため、これを抑制するために殺菌剤だけでなく温湯処理による腐敗防止処理が行われている（Delatour 1978; Delatour and Morelet 1979; Knudsen *et al.* 2004; Perrin 1979; Pinneberg 1993）。温湯処理は日本でも様々な作物で応用されており、収穫後の果実の腐敗抑制のためのものや（照屋ら 2012；矢口・中村 1993）、穀物の種子伝染性病害などの発病抑制を目的としたもの（早坂ら 2001；林ら 1999）、また桑苗木の白紋羽病抑制のためのものが試験されている（松尾・桜井 1954）。一方、樹木種子においては、果樹園での収

穫後の食用クリ堅果の炭疽病抑制や虫害抑制を目的とした温湯処理が行われている（二井ら 2006；西口ら 2006）。しかし、温湯処理の造林用森林樹木種子への腐敗抑制効果については検討されておらず、その有効性は不明である。特に、温湯処理では付着した病原菌を殺菌すると同時に、種子の発芽能力を失わないようにする必要があり、温度と処理時間の検討が不可欠である。

日本の冷温帯広葉樹林の代表的な樹種であるブナ (*Fagus crenata* Blume) とコナラ (*Quercus serrata* Thunb. ex Murray) は、堅果で更新する樹種であるが、ブナ堅果は *Neonectria ramulariae* Wollenw.による腐敗 (Hirooka *et al.* 2012) のほか *Rhizoctonia* sp. 1によって (市原ら 2005)、またコナラ堅果は *C. batschiana*による堅果菌核病によって、林床において腐敗する (市原ら 2010)。また、イヌブナ (*Fagus japonica* Maxim.) の自然落下堅果においても稀に種子腐敗が認められ、*Rhizoctonia*属菌が分離されている (市原 未発表)。これらの病原菌は林床においてのみならず、採集後の低温貯蔵中に堅果を腐敗させることがあるが、その実態や防除法については未解明である。そこで、日本のブナ、コナラ、およびイヌブナの堅果を用いて、温湯処理による貯蔵堅果の腐敗抑制を試み、発芽率への影響を調査した。

2. 材料と方法

1) 落下種子の採取

岩手県八幡平市の安比高原ブナ二次林において、林床のリターに落下しているブナ堅果を2005年11月15日に採取した。茨城県北茨城市の小川学術参考林において、林床に落下しているコナラとイヌブナの堅果を2005年11月24日に採取した。小川学術参考林

Hot water treatment for control of acorn decay in *Fagus crenata*, *Quercus serrata* and *F. japonica*

¹Yu ICHIHARA, 国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所関西支所；

²Hayato MASUYA, 国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所

の採取地点にはリターがほとんどなかった。堅果の落下から採取までの期間は、ブナはおよそ1ヶ月、コナラとイヌブナはおよそ1.5か月である。

2) 温湯処理とその後の保存

ブナ、コナラおよびイヌブナの堅果は採取後数日中に温湯処理を行った。堅果はプラスチック製ネットに入れ、水道水を入れた恒温水槽 (UNI Thermo Shaker NTS-3000, EYELA) に浸し、温湯処理を行った。温湯処理は既報の処理条件を参考に (Knudsen *et al.* 2004; Pinneberg 1993), ブナでは45℃の温水に2時間浸し、コナラとイヌブナは45℃の温水に2時間浸した処理と、41℃の温水に2時間浸した処理の2つの温湯処理を行った。また3樹種共に対照として水洗のみの処理 (無処理) を施した。その後、紙ウエス (JKワイパー, 日本製紙クレシア) を敷いたステンレス製バット (21cm×17cm, 深さ3cm) に堅果を処理区毎におき、これをチャック付きビニール袋に入れて湿潤状態にし、1ヶ月間4℃で保存した。

温湯処理が発芽率に与える影響を調査するために、1ヶ月間4℃で保存した堅果を播種し、発芽試験を行った。オートクレーブ滅菌 (121℃, 1時間) した鹿沼土を入れたホーローバット (30cm×24cm, 深さ4cm) に、ブナは各処理80個ずつ、コナラは各処理60個ずつ、イヌブナは80個ずつ播種し、10℃の恒温器に置いた。その後、ブナとイヌブナは約1ヶ月後に全ての堅果の果皮と種皮を剥いで堅果内の子葉の状態を観察し、健全発芽、健全未発芽または腐敗 (未発芽) を記録した。コナラは約1ヶ月後に20℃に温度を上げ、約3ヶ月後に、同様の方法で観察した。腐敗に関与する病原菌を確認するため、腐敗とした子葉の壊死部分を採取して70%エタノールと次亜塩素酸ナトリウム水溶液 (有効塩素濃度1%) により表面殺菌後、1%麦芽エキス寒天培地上に静置し20℃で培養した後、分離菌を調査した。また、発芽試験に用いずに余った種子を用いて、上記発芽処理後の観察と同様の方法により、低温保存終了後当日の腐敗率と腐敗種子からの菌の分離を行った。

統計解析はEZR (Kanda 2013) を用い、播種後の腐敗率をFisherの正確検定で比較した。

3. 結果と考察

1) 温湯処理堅果の冷蔵保存後の状態

温湯処理後1ヶ月冷蔵保存したバットのブナ種子表面には、いずれの処理でも気中菌糸が認められた (写真-1 A, B)。無処理では堅果内の子葉部が白色に膨れて腐敗した堅果が見られ、*Rhizoctonia*属菌に特徴的な菌核を形成する菌糸が堅果上に認められた。これに対して、温湯処理に認められた菌糸は*Rhizoctonia*属菌のものではなく、胞子形態から*Mucor*属菌のものだった。温湯処理では発根が多く認められたが、無処理では発根は認められなかった。播種しなかった堅果を用いて腐敗率を調査した結果、ブナでは温湯処理と無処理でそれぞれ20.0%, 26.7%で、両処理共に腐敗堅果が認められた (図-1)。腐敗堅果からの菌の分離の結果、無処理では病原菌の*Rhizoctonia* sp. 1と*N. ramulariae*が分離されたのに対し、温湯処理では病原菌は分離されず、*Mucor* sp.が分離された (表-1)。*Rhizoctonia* sp. 1と*N. ramulariae*は35℃で成長できずに死ぬことから (市原ら 2005), 温湯処理によってブナ堅果の腐敗病菌2種は殺菌されたと考えられる。温湯処理区の腐敗種子は、採取時が遅かったために採取時点ですでに腐敗していたと推測され、これが温湯処理で十分に殺菌されたのち腐生的に*Mucor* sp.が生育してきたと考えられる。

コナラでは、無処理で*C. batschiana*によって子葉部が黒色に膨らんで腐敗した堅果が認められ、その周囲に*C. batschiana*の気中菌糸が出ていたのに対し、温湯処理ではこのような気中菌糸はほとんど観察されなかった (写真-1 C, D)。無処理では腐敗率が6.7%だったのに対し、温湯処理では、45℃2時間と41℃2時間でそれぞれ27.3%と11.1%で、いずれの処理でも腐敗堅果が認められた (図-1)。腐敗堅果からの菌分離の結果、無処理では*C. batschiana*が100%分離されたのに対し、温湯処理では*C. batschiana*は分離されず、*Mucor* sp.や*Penicillium*

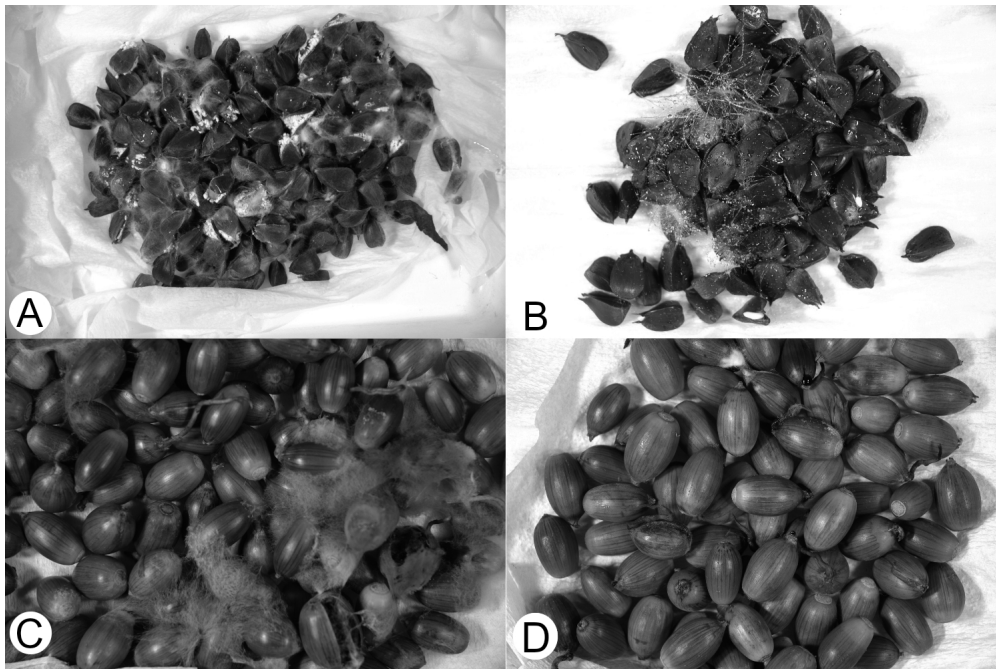


写真-1 ブナとコナラ堅果の冷蔵保存後の堅果

A, ブナ無処理, B, ブナ温湯処理45°C 2時間, C, コナラ無処理, D, コナラ温湯処理45°C 2時間

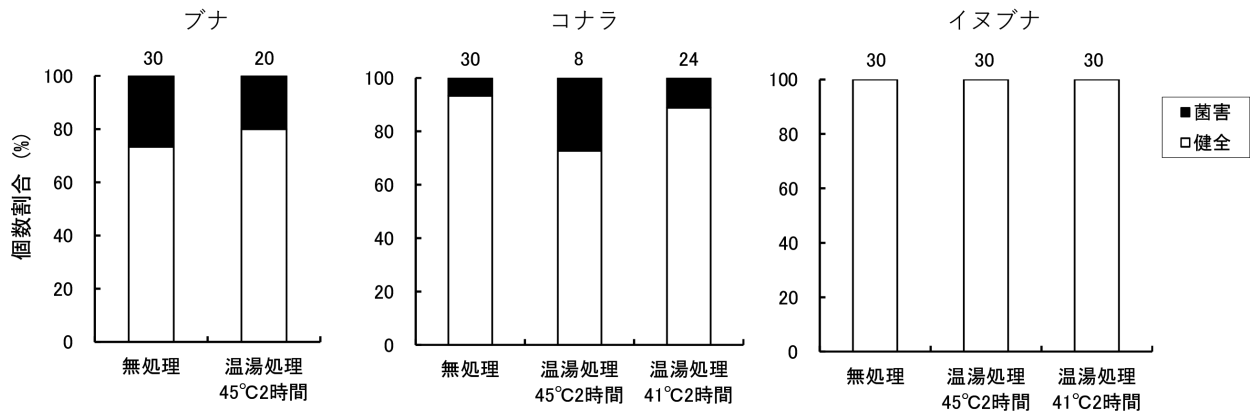


図-1 冷蔵保存後の堅果の状態別の個数割合

各バー上の数字は各処理区の堅果数を示す。

表-1 ブナ堅果の冷蔵保存後の腐敗堅果からの分離菌の出現頻度

処理区	n	<i>Rhizoctonia</i> sp.1	<i>Neonectria ramulariae</i>	<i>Mucor</i> sp.
無処理	8	62.5	40.0	0.0
温湯処理 (45°C 2時間)	4	0.0	0.0	100.0

出現頻度(%) = 各々の菌が分離された堅果数 / 供試種子数 × 100, nは供試堅果数を示す。

表-2 コナラ堅果の冷蔵保存後の腐敗堅果からの分離菌の出現頻度

処理区	n	<i>Ciboria batschiana</i>	<i>Penicillium</i> sp.	<i>Mucor</i> sp.	未同定菌
無処理	2	100.0	0.0	0.0	0.0
温湯処理 (45℃ 2時間)	2	0.0	50.0	50.0	0.0
温湯処理 (41℃ 2時間)	2	0.0	0.0	0.0	100.0

出現頻度(%) = 各々の菌が分離された堅果数 / 供試種子数 × 100, nは供試堅果数を示す.

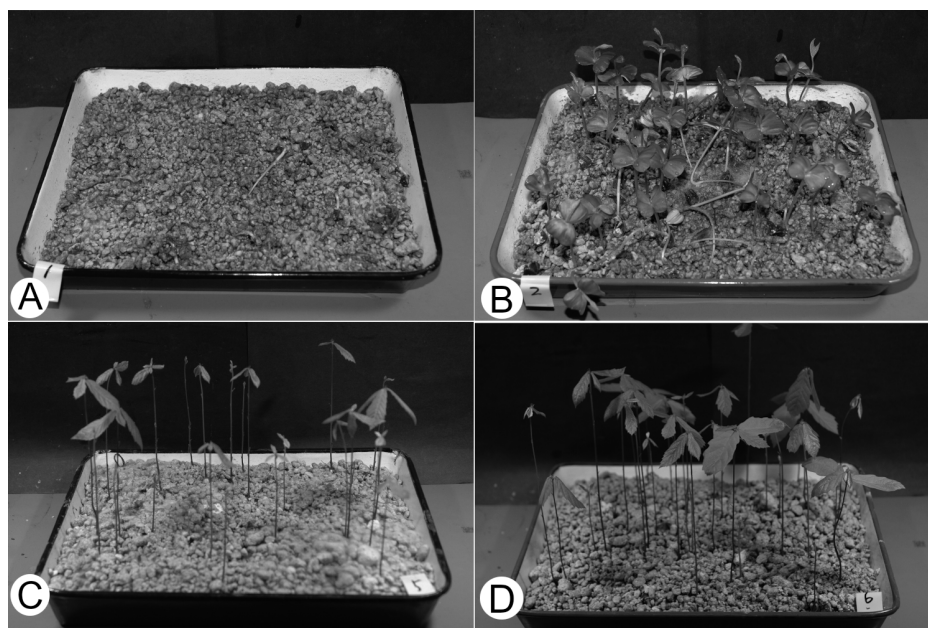


写真-2 ブナとコナラ堅果の播種後の発芽

A, ブナ無処理, B, ブナ温湯処理45℃ 2時間, C, コナラ無処理, D, コナラ温湯処理45℃ 2時間

sp.など, 他の菌が分離された(表-2)。C. *batschiana*は30℃以上では成長せず35℃では死ぬという温度特性から(市原ら 2010), 温湯処理によって殺菌できたと考えられる。

イヌブナでは, 無処理と温湯処理ともに菌糸が蔓延することはなく, 温湯処理2処理で発根が認められた。堅果内部を観察した結果すべて健全であり, 腐敗は認められなかった(図-1)。

2) 温湯処理堅果播種後の発芽率と腐敗率

ブナ堅果を播種した結果, 温湯処理では健全発芽55.7%, 健全未発芽38.0%および腐敗6.3%だったのに対し, 無処理では健全発芽13.8%, 健全未発芽7.5

%および腐敗78.8%であり, 温湯処理区の方で発芽率が高かった(写真-2 A, B, 図-2)。未発芽の健全堅果(健全未発芽)は発芽が遅れていると考えられた。腐敗率は, 無処理に比べ温湯処理の方が有意に低かった(Fisherの正確性検定, $p < 0.01$)。無処理のブナ腐敗堅果からは, *Rhizoctonia* sp. 1と *N. ramulariae*が分離され, 他の菌は分離されなかったが, 温湯処理のブナ腐敗堅果からはこれらの菌は分離されず, *Mucor* sp.と *Trichoderma* sp.が分離された(表-3)。このことは, 今回の温度条件の温湯処理によってブナ堅果は発芽能力を失うことなく, 堅果腐敗の発病抑制効果が得られたことを示している。

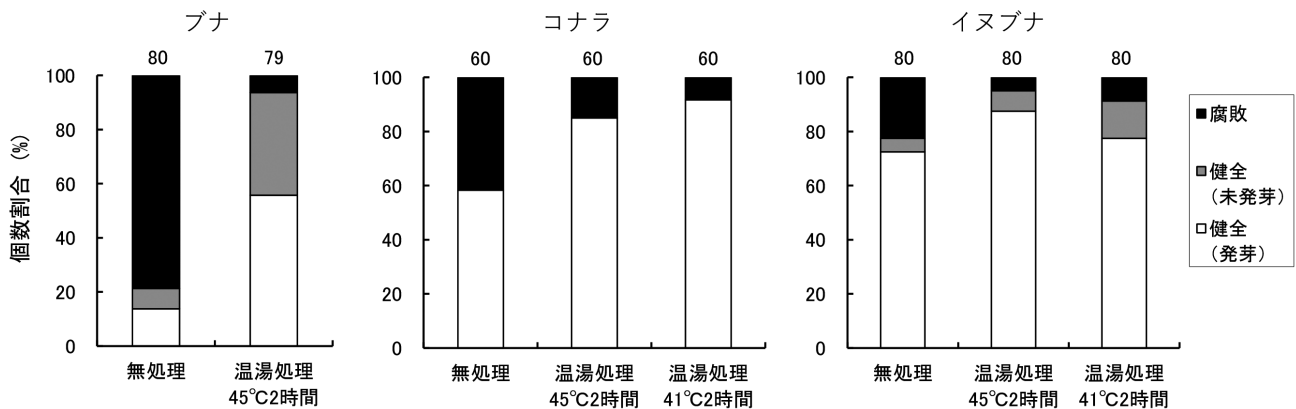


図-2 播種後の堅果の状態別の個数割合
各バー上の数字は各処理区の堅果数を示す。

表-3 発芽後のブナ腐敗堅果からの分離菌の出現頻度

処理区	n	<i>Rhizoctonia</i> sp.1	<i>Neonectria ramulariae</i>	<i>Mucor</i> sp.	<i>Trichoderma</i> sp.
無処理	16	68.8	31.3	0.0	0.0
温湯処理 (45°C 2時間)	5	0.0	0.0	80.0	20.0

出現頻度(%) = 各々の菌が分離された堅果数 / 供試種子数 × 100, nは供試堅果数を示す。

コナラ堅果を温湯処理した結果、45°C 2時間では健全発芽85.0%、健全未発芽0%、腐敗15.0%、41°C 2時間では健全発芽91.7%、健全未発芽0%、腐敗8.3%、無処理では健全発芽58.3%、健全未発芽0%、腐敗41.7%であり、温湯処理2処理区では無処理よりも発芽率が高かった(写真-2 C, D, 図-2)。腐敗率は、温湯処理2処理ともに無処理に比べて有意に低かった(Fisherの正確性検定, $p < 0.01$)。このことは、今回の温度条件の温湯処理によってコナラ堅果は発芽能力を失わなかったことを示しており、堅果病原菌による発病抑制効果が得られた可能性を示唆している。しかし、コナラ腐敗堅果は両処理区共に*C. batschiana*による腐敗の病徴を示しており、腐敗堅果からは両処理区共に本菌が分離された。温湯処理前の採取時には発病していない堅果を用いたため、温湯処理後に病徴進展したと判断される。このことから、コナラでは*C. batschiana*による腐敗率を低下させることはできたが、少ない割合で堅果内部の子葉の隙間まで十分な殺菌をする

ことができなかつたと考えられる。

イヌブナ堅果を播種した結果、温湯処理では45°C 2時間では健全発芽87.5%、健全未発芽7.5%、腐敗5.0%、41°C 2時間では健全発芽77.5%、健全未発芽13.8%、腐敗8.8%、無処理では健全発芽72.5%、健全未発芽5.0%、腐敗22.5%であり、いずれの処理でも高い発芽率だった(図-2)。腐敗率は、温湯処理45°C 2時間は無処理に比べ低く(Fisherの正確性検定, $p < 0.01$)、41°C 2時間でも無処理に比べ腐敗率が低かった(Fisherの正確性検定, $p < 0.05$)。イヌブナの無処理区の鹿沼土の一部で菌糸が繁殖しており、腐敗堅果からは*Rhizoctonia* sp. 2と*Phomopsis* sp.が分離されたことから(表-4)、播種後に腐敗が拡大したと考えられる。これに対し温湯処理では*Rhizoctonia* sp. 2は分離されず、*Mucor* sp.の分離率が高かったことから、温湯処理により*Rhizoctonia* sp. 2が殺菌されたことを示している。イヌブナでは、*Rhizoctonia* sp. 2の接種試験を実施していないが、本菌による堅果腐敗発生の抑制効果

表-4 発芽後のイヌブナ腐敗堅果からの分離菌の出現頻度

処理区	n	<i>Rhizoctonia</i> sp.2	<i>Phomopsis</i> sp.	<i>Mucor</i> sp.	<i>Trichoderma</i> sp.	未同定菌
無処理	14	14.3	35.7	0.0	7.1	57.1
温湯処理 (45℃ 2時間)	4	0.0	25.0	75.0	0.0	0.0
温湯処理 (41℃ 2時間)	6	0.0	16.7	50.0	0.0	16.7

出現頻度(%) = 各々の菌が分離された堅果数 / 供試種子数 × 100, nは供試堅果数を示す。

が得られる可能性が示唆された。

従来行われてきている温湯処理では、*Q. robur*で高い腐敗抑制効果が認められているが、蓋がついた加温容器で実施している (Pinneberg 1993)。本研究で用いた温水装置では流水循環していたが蓋をせずに実施したため、温度が均質にならなかった可能性があり、温湯処理の方法を検討する必要があるかもしれない。また、*F. sylvatica*と*Q. robur*では殺菌剤を用いて腐敗抑制効果が得られていることから (Knudsen *et al.* 2004; Perrin 1979)、本研究においては試行していない農薬は恐らく菌害抑制効果を得られると推察される。そのため温湯処理は農薬を使えない場合に有用になる手法と考えられる。

本研究の結果、ブナ、コナラおよびイヌブナで、温湯処理によって堅果腐敗の抑制効果を得られることが明らかになった。今後、堅果の採取時期、温湯処理の温度や時間等の方法を、処理毎の反復を増やすことによって検討し、堅果発芽率を低下させずに確実に種子殺菌が可能な条件を明らかにする必要がある。また、本試験では処理効果を比較しやすくするために、発病しやすい条件として温湯処理後の冷蔵保存は湿潤にしたが、今後は実際の保存条件に合わせて調査する必要がある。一方、針葉樹種子においても、種子伝染性病害による苗立枯病があるため (Salerno and Lori 2007)、様々な樹種で種子殺菌の必要性や温湯処理の有用性を調査する必要がある。

謝辞

本研究の一部はJSPS科研費JP19658064の助成を受けたものである。

引用文献

- Delatour C (1978) Research on a curative method of control of *Ciboria batschiana* (Zopf) Buchwald on acorns. *Eur J For Path* 8: 193 ~ 200
- Delatour C, Morelet M (1979) La pourriture noire des glands. *Rev For Franc* 31: 101 ~ 115
- 二井清友・廣瀬敏晴・西口真嗣 (2006) 温湯処理によるクリ果実食入害虫の防除と品質評価. *関西病虫研報* 48: 89 ~ 90
- 林かずよ・城所 隆・小山 淳 (1999) 種子の温湯浸漬によるイネばか苗病の発病抑制効果. *北日本病虫研報* 501: 40 ~ 42
- 早坂 剛・石黒清秀・渋谷圭治・生井恒雄 (2001) 数種のイネ種子伝染性病害を対象とした温湯種子消毒. *日植病報* 67: 26 ~ 32
- Hirooka Y, Ichihara Y, Masuya H, Kubono T (2012) Seed rot, a new disease of beech tree caused by *Neonectria ramulariae* (anamorph: *Cylindrocarpon obtusiusculum*). *J Phytopathol* 160: 504 ~ 506
- 市原 優・升屋勇人・窪野高徳 (2005) ブナ林におけるブナ種子の腐敗に関与する菌類. *日林講要集* 116: PA121
- 市原 優・升屋勇人・窪野高徳 (2010) コナラとミズナラの堅果に対する *Ciboria batschiana* の病原性. *日林誌* 92: 100 ~ 105
- 市原 優・藤井 栄・安藤裕萌・升屋勇人 (2019) コンテナに播種したスギ種子の発芽阻害に関与する種子腐敗. *日本森林学会誌* 101: 134 ~ 137
- 伊藤一雄 (1968) 図説樹病診断法. 農林出版, 東京
- Kanda Y (2013) Investigation of the freely available easy-to-use software 'EZ' for medical statistics.

- Bone Marrow Transplant 48: 452 ~ 458
- 勝田 柁・森 徳典・横山敏孝 (1998) 日本の樹木種子 (広葉樹編). 林木育種協会, 東京
- Knudsen IMB, Thomsen KA, Jensen B, Poulsen KM (2004) Effect of hot water treatment, biocontrol agents, disinfectants and a fungicide on storability of English oak acorns and control of the pathogen, *Ciboria batschiana*. For Path 34: 47 ~ 64
- 升屋勇人・安藤裕萌・八木橋勉・齋藤智之・野口麻穂子 (2019) カラマツコンテナ苗における床替苗根腐病. 森林総合研究所研究報告 452 : 389 ~ 392
- 松尾卓見・桜井善雄 (1954) 白紋羽病被害桑苗の温湯消毒と桑園に於ける本病遮断溝の位置. 日本蚕糸学雑誌 23 : 271 ~ 277
- 西口真嗣・廣瀬敏晴・二井清友・松山善之助 (2006) クリ炭疽病に対する温湯処理の防除効果. 日本植物病理学会報 72 : 272.
- Perrin PR (1979) Rot of beechnuts caused by *Rhizoctonia solani* Kühn. Disease incidence after the 1974 and 1976 mast years. Curative seed treatment before storage. Eur J For Path 9: 89 ~ 103
- Pinneberg U (1993) Ergebnisse zur Thermotheapie von Eicheln und Bucheckern. AFZ der Wald 48: 927 ~ 930
- 林野庁 (2019) 平成30年度森林・林業白書. <https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/30hakusyo/zenbun.html> (最終閲覧日: 2020年3月9日)
- Salerno MI, Lori GA (2007) Association of seed-born *Fusarium species* on *Pinus ponderosa* with germination and seedling viability in Argentina. For Path 37: 263 ~ 271
- 田内裕之 (2010) 人工林を広葉樹林にする - 誘導する意義とその可能性 -. 森林科学 59 : 2
- 照屋 亮・澤岷哲也・広瀬直人・牧志佑子・大城良計 (2012) 短時間温湯処理によるマンゴー炭疽病の防除. 園学研 11 : 265 ~ 271
- 矢口行雄・中村重正 (1993) パパイア軸腐病に対する温湯ならびに蒸熱処理の効果. 熱帯農業 37 : 167 ~ 170

(2020.4.6受理)

都道府県だより

愛知県におけるニホンジカ森林被害の軽減に対する取組について～ICTを活用した『シカ情報マップ』の開発と活用～

○はじめに

近年、ニホンジカの増加により、愛知県内でも、ニホンジカの分布拡大や個体数の増加に伴い、植栽地での苗の食害、立木の剥皮、自然植生の衰退等が問題となっています。

対策として植栽地では防護柵を設置していますが、シカに侵入され被害を受けるケースや、防護柵はコ

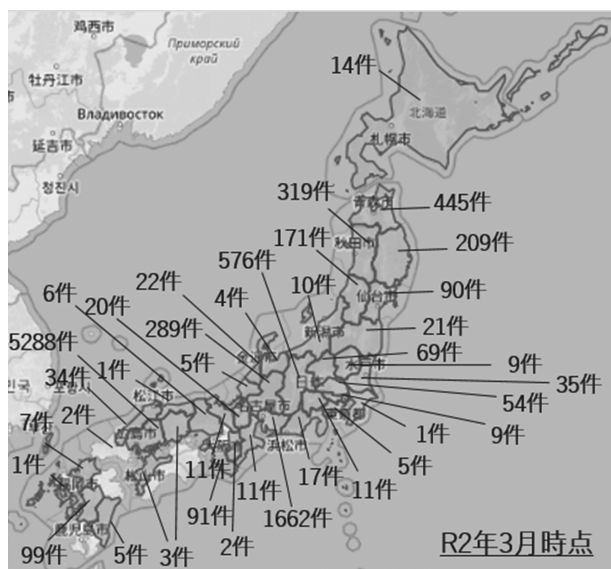
ストもかかることから、被害軽減のためには防護だけではなく、ニホンジカの生息密度低減のための取組を進めていく必要があると考えています。

○「シカ情報マップ」の開発

ニホンジカの生息密度の低減を進めていくうえで、生息状況および被害状況のモニタリングは欠かせません。愛知県では、平成28年度より林野庁の「シカ



図－1 「シカ情報マップ」のトップ画面 (<https://shikadoko.jp/>)



図－2 全国のニホンジカ目撃情報の状況（令和2年3月時点）

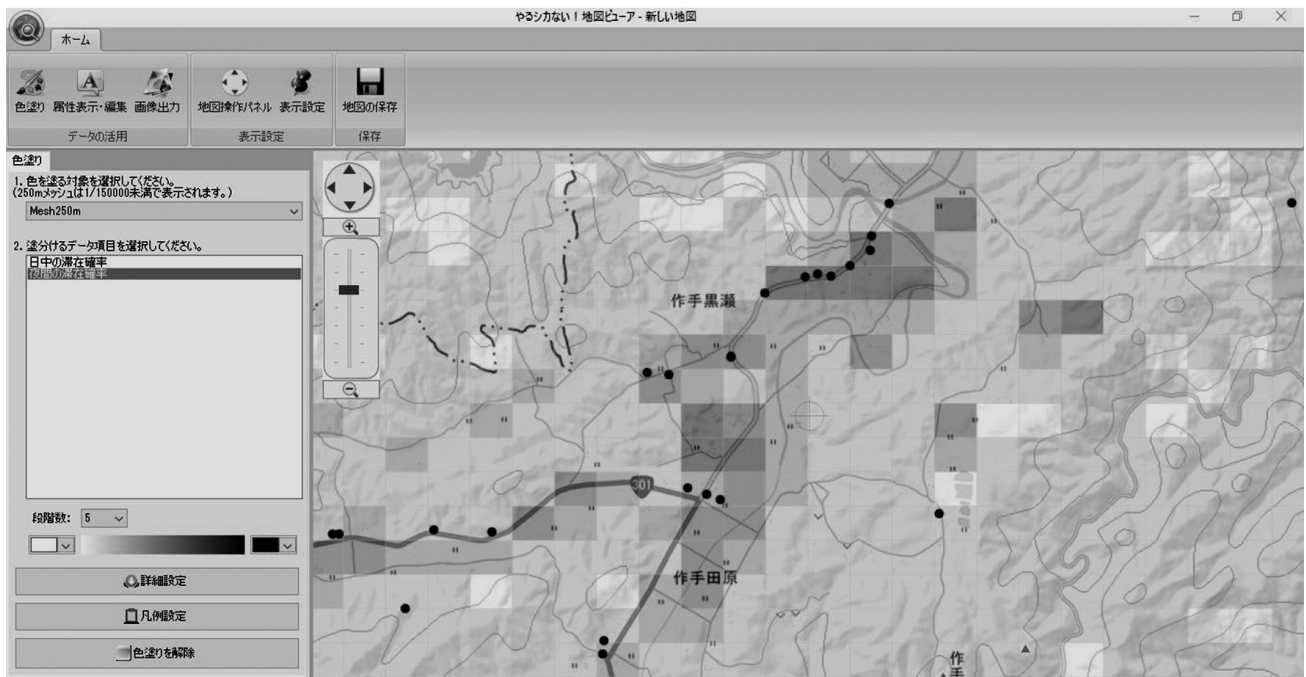


図-3 獣害対策アプリ「やるシカない！」の出現予測画面

色の濃い部分はニホンジカの出現可能性が高いことを示します。点はシカ目撃アンケートの報告場所ですが、出現予測の位置とほぼ合致していることが分かります。

による森林被害緊急対策事業（監視強化のための行動把握事業）」を活用し、分布調査やGPS首輪調査、ライトセンサス等を実施してきました。

分布調査では、県森林・林業技術センター等がWebアンケートを活用してニホンジカ情報の収集を行う「シカ情報マップ」（図-1）を開発し、運用しています。これは、生息状況等を効率的に把握する手段として、ニホンジカの目撃情報やその被害状況をホームページ上で確認（即時に情報を共有）することができるものです。スマートフォン等でも見やすく、どなたでも情報提供と結果閲覧ができるようになっています。

平成29年には愛知県内にとどまらず、全国の目撃情報も簡単に入力できるよう改良し、全国各地における目撃や被害の情報収集が可能となりました。令和2年3月時点で全国39都道府県9,631件のニホンジカ目撃情報を収集することができました（図-2）。

情報収集にあたり、県森林・林業技術センターでは、「シカ情報マップ」への情報提供をお願いします。どこかでニホンジカやその森林被害を見か

けたらぜひ、スマートフォンやパソコンで「シカ情報マップ」のWebページ（<https://shikadoko.jp/>）から報告をお願いします。

○「シカ情報マップ」の活用

収集したデータは、県内のシカ出現予測を行う獣害対策支援アプリ「やるシカない！」（<https://yarushikanai.jp>）の基礎データとなります。

このアプリは、ニホンジカの調査データ、植生、地形データ等を分析して生息密度及び存在確率を推定し、ニホンジカの密度が高い場所（≒被害が起こりやすい場所）を5kmメッシュごとに、ニホンジカの存在確率が高い場所（≒捕獲しやすい場所）を250mメッシュごとに昼夜別に表示するものです（図-3）。シカの出現予測確率をマッピングし、目撃情報と併せて表示することにより生息状況等を見る化したものですが、多くの情報が集まれば集まるほど出現予測の精度が上がります。

アプリの情報は毎年最新のものに更新し、獣害対策研修等で利用方法の普及に努めており、シカの防

護柵設置や捕獲の地点選定など対策を進めるツールとしての活用が期待されます。

○おわりに

ニホンジカの生息状況や被害状況のモニタリング調査の新たな手法として「シカ情報マップ」を活用できることが、これまでの調査を通じて明らかになってきました。今後も、Webを利用した簡便性と

即時共有性の特徴を生かし、県、市町村、被害地域、捕獲者等の関係者間で連携を図れるツールとして「シカ情報マップ」を発展させ、ニホンジカによる森林被害軽減のための取組を進めていきたいと考えています。

(愛知県農林基盤局林務部森林保全課 森と緑づくり推進室)

和歌山県におけるクビアカツヤカミキリ被害対策について

○はじめに

ウメ、モモ、スモモ、およびサクラ等のバラ科樹木に大ダメージを与える恐れのあるクビアカツヤカミキリの被害が、昨年11月に和歌山県内にて初めて確認されました。

本県は、ミカンやウメ、カキ、モモ、スモモ等多くの果物がとれる果樹王国で、ウメは全国1位、モモは全国5位、スモモは全国3位の産出額を誇ります(平成30年)。また、紀伊半島には固有種であるクマノザクラも存在します。

県産業や固有種の保全への影響が懸念されることから、現在、農業や森林、公園、学校などを所管する県庁内の各部局が一体となり現状把握から対策まで取り組んでいるところですが、今回は、主に山側の動向について紹介させていただきます。

○クビアカツヤカミキリ

クビアカツヤカミキリ(以下、クビアカ)は、中国や朝鮮半島などに生息する体長2.5～4センチほどの昆虫で、近年、日本国内でも被害が広がっており、特定外来生物に指定されています。体は光沢のある黒色で、胸部が赤いのが特徴です。モモやウメなどバラ科の樹木の幹や樹皮の割れ目などに産卵し、孵化した幼虫が寄生して内部を食い荒らすことで樹木を枯らします。被害の特徴的な痕跡として、樹木の根元に「フラス」と呼ばれる幼虫の糞や木くずの混合物(写真-1, 2)がたまることがあげられます。

○被害状況

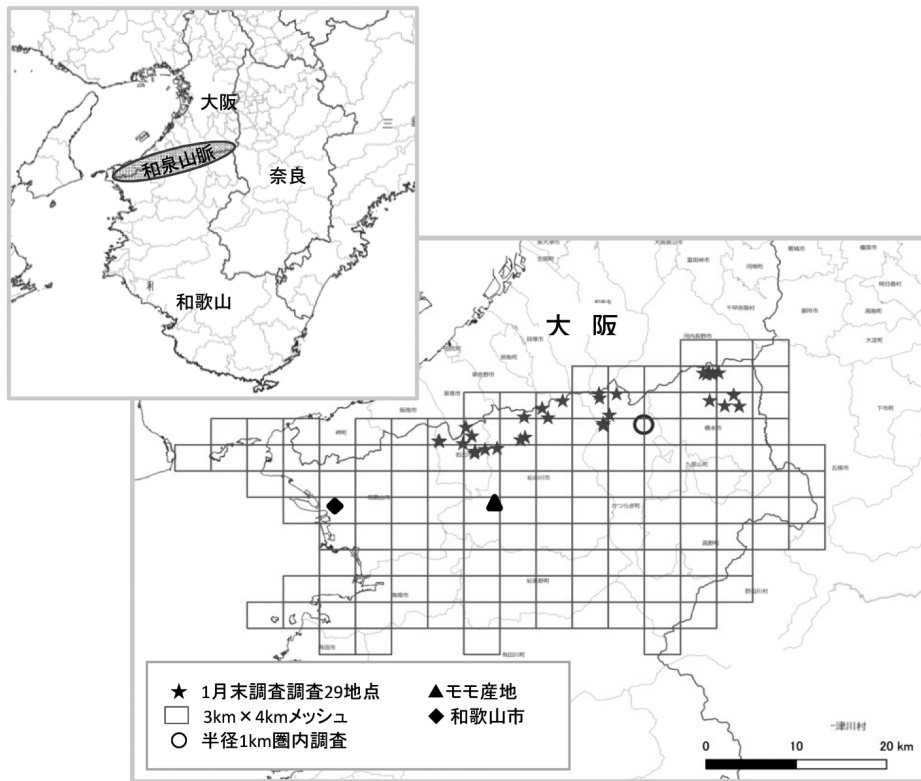
平成29年7月にかつらぎ町で成虫1頭が捕獲されましたが、被害は確認されませんでした。しかし、



写真-1 根元に溜まったフラス(矢印)



写真-2 うどん状のフラス(矢印)



地理院タイル(白地図)を加工して作成

図-1 調査メッシュ図のイメージ

表-1 県内におけるクビアカ被害調査箇所数(令和2年1月末時点)

調査区分	半径1km以内	1月末調査	計
農地調査	40箇所	119箇所	159箇所
森林調査	80箇所	29箇所	109箇所
公園等調査	8箇所	224箇所	232箇所
計	128箇所	372箇所	500箇所

令和元年11月に同じくかつらぎ町のモモ園地にてフラスが確認され、県内で初めての被害が発見されたところ。その後、周辺の農地や森林、公園等で調査を実施した結果、モモ、スモモ園地の7地点15本でフラスが確認されました。

なお、現在までのところ、山林内での被害は確認されていません。

○被害の把握

発見直後の11月末～12月初めにかけて、まず被害地を中心とした半径1km圏内の林内のサクラを対象に調査を行い、被害の有無を確認しました。80カ所263本のサクラを調査しましたが、フラスは確認されませんでした。

次に、被害の第1発見箇所西方に県内一のモモ産

クビアカツヤカミキリ発見時の通報体制

バラ科(ウメ、モモ、サクラ)、ブナ科(コナラ等)を食害する外来生物“クビアカツヤカミキリ”が国内で生息域を拡大しており、本県でも平成29年7月31日、かつらぎ町で初めてオス1匹が捕獲されました。

当害虫は、農地、森林、公園、河川敷等で繁殖・拡大が懸念されており、関係機関と連携した通報体制の整備が必要のため、以下のとおり体制を整備します。

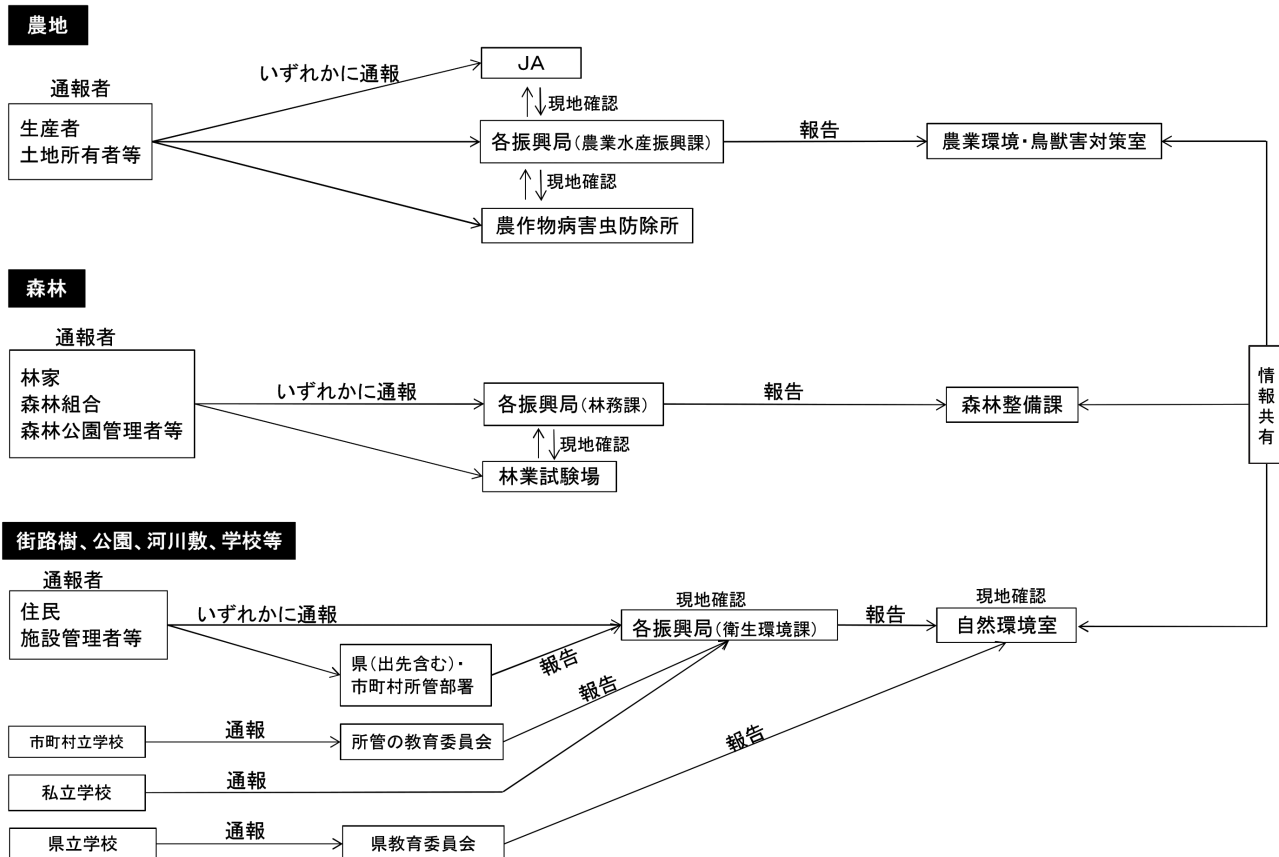


図-2 クビアカツヤカミキリ発見時の通報体制

地があり、また、大阪府南部で被害が多発していることから、範囲を拡大し、府県境の和泉山脈を中心に追加調査を実施しました。対象範囲が広大であることから、特に重点的に調査する山林を①被害が確認された箇所周辺、②ウメ、モモ、スモモの産地、③府県境の幹線道路沿い、④サクラが集团的に生育している箇所周辺の4つとし、1月末には③及び④に該当する29地点において、被害が無いことを確認したところです(表-1)。なお、調査対象区域として、被害が懸念される区域を3km×4kmのメッシュで区切り(図-1)、前述の①~④を重点区域メッシュと定め、調査していく方針です。

○被害対策

本県では、クビアカ発見時にいち早く情報を集約し、部局間で情報共有を図るため、通報体制(図-2)を以前より運用していましたが、支援策としてこれに加え、主にカシノナガキクイムシ被害対策に用いていた既存の補助事業の適用を、令和元年度よりクビアカにも拡大したところです。主な内容として、山林内の被害木を対象とした伐倒駆除(破碎、焼却)、諸条件によりそれができない場合の樹幹注入やネット被覆に対し、定額補助により市町村や森林所有者へ支援することとしています。

また、クビアカ被害への意識を高めてもらえるよ

う、市町村や森林組合、林業事業者など山林関係者に対し、地元説明会の開催や文書等で広く周知を図っています。

○今後の対応

これから迎える成虫脱出時期に備え、前述の重点区域調査を繰り返し実施するとともに、違法伐採の監視を目的に行っている森林巡視に併せ、サクラのフラス確認等を行うことで、被害の早期発見・早期対応につなげていきます。

また、各部局がそれぞれ行った調査情報の集約や共有を目的に、地理情報システムにより情報を一元化し、2月より運用を開始した通称クビアカマップを活用していきます。

なお、行政サイドの調査だけでは限界があることから、山林関係者に対し、入山した際などには普段からクビアカ被害に注意を払ってもらえるよう、繰り返し周知を図っていく予定です。

○おわりに

平成25年に国内で初めて確認されて以降、被害が各地に広がっておりますが、これまで山林内での被害の確認はなく、本県においても山林内では確認されておられません。

しかし、和歌山県林業試験場の研究では山地に自生する樹種を加害する可能性も指摘されており、引き続き注意を払っていく必要があります。

(和歌山県農林水産部森林・林業局森林整備課)

林野庁だより

人事異動（令和2年4月1日）

稲本龍生（森林整備部研究指導課森林保護対策室長）

→ 国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所林木育種センター海外協力部長

山根則彦（林政部経営課林業労働対策室長）

→ 森林整備部研究指導課森林保護対策室長

志磨 克（森林整備部研究指導課課長補佐（保護企画班担当））

→ 農村振興局農村政策部都市農村交流課課長補佐（活性化推進班担当）

宮崎裕之（国有林野部経営企画課森林環境評価調整官）

→ 森林整備部研究指導課課長補佐（保護企画班担当）

佐宗等征（森林整備部研究指導課防除技術専門官）

→ 森林技術総合研修所教務指導官

剣持直樹（国立研究開発法人森林研究・整備機構森林保険センター保険業務部保険業務課課長補佐）

→ 森林整備部研究指導課防除技術専門官

久保愛奈（森林整備部研究指導課保護指導班指導係）

→ 近畿中国森林管理局福井森林管理署地域技術官

森林防疫ジャーナル

森林総合研究所生物関連人事異動

（令和2年3月31日）

尾崎研一（研究ディレクター・生物多様性・森林被害研究担当）

→ 退職

山口岳広（北海道支所チーム長・森林健全性評価担当）

→ 退職

田端雅進（東北支所産学官民連携推進調整監）

→ 退職

磯野昌弘（東北支所チーム長・昆虫多様性保全担当）

→ 退職

（令和2年4月1日）

正木 隆（企画部研究企画科長）

→ 研究ディレクター（生物多様性・森林被害研究担当）

中村克典（東北支所生物被害研究グループ長）

→ 東北支所産学官民連携推進調整監

石原 誠（北海道支所主任研究員（森林生物研究グループ））

→ 北海道支所チーム長（樹木病態生理担当）

相川拓也（東北支所チーム長（マツ材線虫病担当））

→ 東北支所生物被害研究グループ長

衣浦晴生（関西支所生物被害研究グループ長）

→ 森林研究部門森林昆虫研究領域主任研究員（昆虫管理研究室）

向井裕美（新規採用）

→ 森林研究部門森林昆虫研究領域主任研究員（昆虫生態研究室）

山口岳広（再雇用研究専門員）

→ 北海道支所地域連携推進室

北海道支所森林生物研究グループ併任

尾崎研一（再雇用研究専門員）

→ 北海道支所森林生物研究グループ

北海道支所地域連携推進室併任

田端雅進（再雇用研究専門員）

→ 東北支所生物被害研究グループ

東北支所地域連携推進室併任

磯野昌弘（再雇用研究専門員）

→ 東北支所生物被害研究グループ

東北支所地域連携推進室併任

協会だより

どなたでも投稿できます！本誌に投稿してみませんか？

最近、「森林防疫」への投稿が少なくなっています。何年か前から原稿料を差し上げられなくなってしまい、ご多忙の中、本誌への原稿を書いてくださる執筆者の方々には大変申し訳ない状態です。それが投稿が少ない大きな要因とっております。自分の文が伝統ある雑誌に掲載される喜び、論文は2名のレフェリーによる査読付き、そんなものが執筆される皆様の支えになっているのかもしれませんが。

研究者の皆様にとっては、オリジナリティの高い研究成果を「森林防疫」に掲載するのはもったいない、というお考えもあるかと思えます。それも理解できますが、本誌の読者は研究者だけではありませんし、研究者でも専門から離れた学会の論文を読む機会は少ないのではないのでしょうか？国際誌に英語の論文で出した成果を、一般の読者に分かりやすく解説する日本語の雑誌、また、身近な観察の中から得られた貴重なデータを公表する場にもなります。本誌はそんな役割も果たせると思っております。

記事ばかりでなく、表紙写真の原稿もお待ちしております。

下に投稿規定を掲載しますので、どうぞ皆様、奮ってご投稿をお願いいたします。

森林防疫投稿規定 (2015.3改訂)

本文記事

1. 原稿の種類

本誌記事の原稿の種類には、論文（速報、短報を含む）、総説、解説、学会報告、記録、新刊紹介、読者の広場、病虫獣害発生情報、林野庁だより、および都道府県だより等があります。

2. 審査委員会

各分野8名の専門家よりなる審査委員会を設け、1件の原稿につき原則として2名の審査委員（主1，副1）が審査にあたります。審査委員会の意見により、著者に原稿の変更をお願いする場合があります。

3. 著作権

本誌記事の著作権は、全国森林病虫獣害防除協会に属します。本誌記事の電子ファイルを転載、公開、商用利用、二次情報の作成（データベース化など）などを行う場合には、利用許諾の申請をお願いします。

4. 印刷

本文の印刷は原則として白黒ですが、ご希望の場合は割増料金にてカラー印刷も可能です。別刷をご希望の方は、実費にて100部単位で受け付けます。別刷を御購入の方には、論文のPDFファイルを無償で差し上げますが、PDFファイル単体での分譲はいたしません。

5. 執筆要領

皆様からの投稿を歓迎いたします。執筆に当たっては、幅広い読者に対し、わかりやすく、読みやすく、見やすく記述していただきますようお願いいたします。

- 1) 原稿はできるだけ汎用性のあるソフトを用いて作成した電子ファイルによる投稿をお願いします。本文と図表, 写真は原則として別ファイルとして下さい。
- 2) 本文はできるだけMicrosoft Wordで作成してください。本文の最初の1枚目は, 原稿の種類, 表題(和文と英文), 連絡先住所・所属・氏名(ローマ字つづり), E-mailアドレス(非公開, 著者との連絡用), 別刷希望部数および写真・図表等資料の返送の要・不要, カラー印刷希望の有無について書き, 実際の内容は2枚目から書き始めて下さい。1ページ46字×39行にすると, 本誌の1ページと同じ字数になります。本文ファイルには, 図表の張り付けはせず, 説明文のみを本文末尾に付けて下さい。なお, 本誌誌面は2段組みですが, 原稿は段組みなしに設定して下さい。記事1件の長さは, 通常刷り上り10ページ以内としますが, 短編の記事も歓迎します。
- 3) 写真・図表もできるだけ電子ファイルで作成して下さい。それぞれ本文とは別ファイルで, 望ましいファイル形式は, 表はMicrosoft Excel (.xlsx), 写真はJPEG, 図はイラストであればJPEGまたはPDF, グラフであればMicrosoft Excelのグラフ(.xlsx)です。
- 4) 用語等については, 次の点に留意をお願いします。
 - ①常用漢字, 現代仮名遣いを用いてわかりやすく記述して下さい(ただし専門用語はこの限りではありません)。
 - ②生物の標準和名はカタカナで, 学名はイタリック体で表記します。
 - ③樹齢の表わし方は満年齢です(当年生, 1年生, 2年生, 40年生等)。
 - ④単位は記号を用いて下さい(例:m, cm, mm, ha, %等)。
 - ⑤年の表記は原則として西暦ですが, 行政上の文書や施行に言及するような場合は, 元号で構いません。
- 5) 本文の構成にはとくに既定しませんが, 例えば論文であれば1. はじめに, 2. 材料と方法, 3. 結果, 4. 考察, 等の見出しを付けることをお勧めします。また, 必要に応じてその下に中見出し(1), (2), …, 小見出し1), 2), …を付けて下さい。
- 6) 図表の見出しは, 表-1, 図-1, 写真-1…とします。図表の説明文は, 原稿本文の最後(引用文献の後)にページを改めて付けて下さい。
- 7) 文献は引用個所に「(著者姓 年号)」あるいは複数の場合は「(著者姓 年号; 著者姓 年号; …)」のように記し, 本文末に引用文献リストを付けて下さい。本文中の引用文献の著者名は, 2人までは全員の, また3人以上は筆頭著者の後を「ら」あるいは「*et al.*」として省略します。引用文献リストでは著者名は全員の名前を書きます。引用文献リストの文献の順番は, 著者名のアルファベット順, 同一著者については年代順とします。同一著者で同一年の場合は, 2004a, 2004b, …のように記して下さい。アルファベットの著者名では, イニシャルのピリオドは省略します。また, 誌名の略し方はNLM方式で, 分からない場合は<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nlmcatalog/journals>でお調べ下さい。文献リストは, 次の記載例を参考にしてお書き下さい。

論文引用

清原友也・徳重陽山(1971) マツ生立木に対する線虫*Bursaphelenchus* sp.の接種試験. 日林誌 53: 210
~ 218

Sepideh MA, Clement KM, Colette B (2009) Multigene phylogeny of filamentous ambrosia fungi associated with ambrosia and bark beetles. *Mycol Res* 113: 822 ~ 835

単行本部分引用

吉田成章 (1993) 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, 養賢堂). 171 ~ 178

Shimazu M (2008) Biological control of the Japanese pine sawyer beetle, *Monochamus alternatus*. In: Pine wilt disease. Zhao BG, Futai K, Sutherland JR, Takeuchi Y (eds) Springer, 351 ~ 370

単行本全体引用

岸 洋一 (1988) マツ材線虫病-松くい虫-精説. トーマス・カンパニー, 東京 (ページ数記載不要)

ホームページ引用

内閣府 (2004) 森林と生活に関する世論調査. <http://www.cao.go.jp>..., 2004.10.1参照 (閲覧日を記入)

表紙写真

1. 表紙写真の種類

森の生物と被害に関係し, 表紙を飾るにふさわしい写真を募集いたします。カラー写真で, 単写真でも組写真でも結構です。内容は, 本文記事との関連の有無はどちらでも構いません。写真の原画は出来るだけ高解像度・低圧縮率の方が高画質できれいな表紙にできます。写真はJPEG形式のファイルとして下さい。

2. 表紙写真説明文

表紙写真には300 ~ 500字の説明文が必要です。説明文の最後には, 投稿者の所属と氏名をカッコ内に入れて記して下さい。

原稿の送付

本文記事, 表紙とも原稿はなるべくE-mail添付で, boujo@zenmori.org 宛てにお送り下さい。なお, 大きなファイルをメール添付した場合, 稀にトラブルがありますので, 添付ファイル送信時には, 原稿を送付したことを, 別便のメールにてご連絡下さいますようお願いいたします。

ファイルサイズが大きく, 添付が難しい場合は, ファイルをCDあるいはDVDに保存し, 郵便などで次の宛先にお送り下さい。

〒101-0047 東京都千代田区内神田1-1-12 (全森連内)

全国森林病虫獣害防除協会 森林防疫編集担当宛

森林病虫獣害発生情報：令和2年3～4月受理分

病害

なし

獣害

なし

(森林総合研究所 服部 力/佐藤大樹/岡 輝樹)

虫害

なし

森林防疫 第69巻第3号(通巻第738号)
令和2年5月25日 発行(奇数月25日発行)

編集・発行人 村松二郎
印刷所 松尾印刷株式会社
東京都豊島区東池袋5-45-5
ASビル

☎ (03) 5944-9853

定価 1,240円(送料込, 消費税別)
年間購読料 6,200円(送料込, 消費税別)

発行所 全国森林病虫獣害防除協会
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

<http://bojyokyokai.main.jp/>