

令和 6 年度

亜熱帯森林・林業研究会

研究発表論文集



リュウキュウマツを主体とした森林（県民の森）

亜熱帯森林・林業研究会

〒905-0012 沖縄県名護市字名護 4605-5
沖縄県農林水産部森林資源研究センター内
TEL 0980-52-2091 FAX 0980-53-3305

目 次

論 文

- テリハボクの着花の家系間変異について・・・・・・・・・・・・・・・・・・1
森林総研林木育種センター西表熱帯林育種技術園 三浦 真弘
森林総研林木育種センター九州育種場 千吉良 治
森林総研林木育種センター 大宮 泰徳・松下 通也
森林総研林木育種センター北海道育種場 加藤 一隆
静岡大学農学部付属地域フィールド科学教育研究センター 花岡 創
- 久米島に侵入したマツ材線虫病の防除の成果と課題・・・・・・・・・・6
琉球大学農学部 亀山 統一
- ウラジロエノキに発生した2種のカミキリムシ・・・・・・・・・・14
沖縄県森林資源研究センター 大石 毅・井口 朝道

論文

テリハボクの着花の家系間変異について

三浦 真弘¹・千吉良 治²・大宮 泰徳³・松下 通也³・加藤 一隆⁴・花岡 創⁵

¹森林総研林木育種センター西表熱帯林育種技術園, ²森林総研林木育種センター九州育種場, ³森林総研林木育種センター, ⁴森林総研林木育種センター北海道育種場, ⁵静岡大学農学部付属地域フィールド科学教育研究センター

Family Variation about Flowering of *Calophyllum inophyllum*.

Masahiro MIURA¹, Osamu CHIGIRA², Yasunori OHMIYA³, Michinari MATSUSHITA³, Kazutaka KATO⁴, So HANAOKA⁵

¹Iriomote Tropical Tree Breeding Technical Garden, FTBC, FFPRI ²Kyushu Regional Breeding Office, FTBC, FFPRI ³FTBC, FFPRI ⁴Hokkaido Regional Breeding Office, FTBC, FFPRI ⁵Center for education and research in field sciences, Faculty of Agriculture, Shizuoka University

要約

林木育種センター西表熱帯林育種技術園では、防風林等に資する優良なテリハボクの育種に取り組んでいる。園内試験地の調査データから、これまで成長形質に関する家系間差や年次相関等について調査、解析を行ってきた。一方、テリハボクは、公益的機能や木材利用だけでなく、果実のオイル、化粧品等としての利用価値が認識されはじめている。またテリハボクの普及には実生苗が用いられており、着花及び着果性が選抜形質となり得る。そこで、2023 年からは着花、着果について調査を行い、家系間の比較を行った。対象とした家系は、先島諸島および大東諸島から選抜された 77 家系であり、2023 年時点で 10～13 年次に相当する。2023 年の単年での開花率は 44%、51%となり、家系間の着花率は 6～100%と大きく異なった。また 2023 年の単年の調査結果から着花及び着果個体は着花・着果しない個体よりも樹体サイズが大きいことが分かった。

キーワード：家系間差，樹高，着花，テリハボク

はじめに

テリハボク (*Calophyllum inophyllum*) は、マダガスカル、インド、東南アジア、太平洋諸島などの熱帯、亜熱帯地域の海岸や海岸付近の低地に分布し（佐竹ら，1993）、日本では、小笠原や先島諸島で防風・防潮林として利用されている。近年大型化しつつある熱帯低気圧・台風は、沖縄等で甚大な被害をもたらしており、家屋や耕作地などを守る生垣や防風林用途の樹種のなかで、植栽から防風機能を発揮する迄の期間が比較的短いテリハボクの重要性は高まっている。このように島嶼部における国土保全や地域の生活環境の保全の観点で重要な郷土樹種であるテリハボクについて、林木育種センターでは、台風害や潮害などに対するストレス耐性をもち、成長・材質を改良目標とした育種を進めるため、

遺伝変異や枝性、耐塩性、初期成長、交配様式、早期選抜の机上での試行などについて研究を進めてきた(花岡ら, 2012; Hanaoka *et al.*, 2014; 加藤ら, 2012; 加藤, 2013; 松下ら, 2016; 松下ら, 2018; 三浦ら, 2024)。

他方、テリハボクは果実も注目され、化粧品や伝統医薬の原料として利用されている(三輪, 2024)。また今後テリハボクの育種が進み、改良苗木を生産する場合、採種園による実生苗による普及が中心となると想定される。そのため着花、着果性も育種形質として重要になってくる。そこで、本論文では、着花、着果の家系間変異を明らかにすることを目的として、先島諸島および南大東島より選抜したテリハボク家系の着果の有無、着果量の調査を行った結果について報告する。

材料と方法

優良個体の選抜、種子採取、苗木育成は、松下ら(2016)のとおりである。試験区設定は2010年10月から2012年12月までに先島諸島および南大東島より選抜された候補木77家系について、家系あたり平均18.3個体が、西表熱帯林育種技術園内の17カ所の試験区に2010年10月～2012年12月にかけて植栽された(表1)。植栽区の大きさによって各区の植栽個体数にばらつきはあるものの、試験区あたりの植栽本数は平均83個体である。各試験区内の植栽配置は、家系の空間的な位置関係がランダムとなるよう考慮して、2x2m間隔で単木混交植栽とした(一部列状植栽を含む)。除草等の保育施業は適時実施した。調査前年の2022年冬の植栽個体の樹高および胸高直径の平均±標準偏差は、それぞれ4.8m±1.3m(最大9.1m)、6.9cm±2.5cm(最大17.5cm)であった。試験地全体の解析には全77家系を利用し、家系別の解析では、現存数が5個体以上の65家系を解析に供した。

表1 選抜地域と家系あたり植栽苗数および解析本数

島 家系群	南大東 南大東	宮古 宮古	多良間 多良間	石垣 宮良	川平	大浜	名蔵	西表 ユツン	園内	古見	高那	星立
植栽家系数	8	3	2	3	4	1	3	1	2	3	7	6
植栽本数	64	54	31	35	113	6	87	10	85	32	161	139
解析家系数	5	3	2	3	4	1	3	1	2	1	5	6
解析本数	59	48	29	35	109	6	80	9	82	22	147	134

島 家系群	西表 船浦	船浮	大原	展示林	南風見田	白浜	美原	由布	鳩間 鳩間	波照間 波照間	与那国 与那国	総計
植栽家系数	6	2	2	1	1	5	2	3	4	3	5	77
植栽本数	135	58	19	7	5	56	18	133	62	51	62	1423
解析家系数	6	2	1	1	1	3	1	3	4	3	4	65
解析本数	124	56	15	7	5	48	12	124	57	48	59	1315

調査方法は以下のとおりである。開花調査は2023年夏に行った。開花は、全生存個体について樹冠上で1つでも花がある場合、開花個体とした。着果調査は2023年秋に行った。2023年夏に開花していた個体について目視により以下の着果指数により評価を行った。0: 着果なし、1: 果実1～10個、2: 果実11～20個、3: 果実21～50個、4: 果実51～100個、5: 果実101～200個、6: 果実201個～。開花については、樹体サイズと家系の効果の予測を一般化線形混合モデル(GLMM)により解析した。各個体の開花の有無(有り1、無し0)を応答変数にし、樹体サイズを説明変数、家系をランダム効果に設定した。モデルに従う

応答変数は、二項分布に従うとし、リンク関数は logit を用いた。解析には R (4.2.3) を使用した。

結果

1. 樹体サイズと開花率、家系別開花率

2023 年夏のテリハボクの開花率は 44.4% となった。開花は、個体サイズが小さい場合は樹齢が 10 年経過しても開花しないが、樹高が大きくなるにつれて開花率が高くなる傾向があった (図 1)。家系別の開花率は、家系あたり 5 個体以上の 65 家系を対象としたところ、家系により大きく異なり、開花率は 6.4~100% となった (図 2)。各家系の平均樹高と開花率の間には弱い正の相関 (相関係数 0.293) となった。樹体サイズと家系の効果の予測では、家系ごとにモデルの予測値は異なり、平均樹高近くでは、もっとも開花しやすい家系は開花率が 0.8 程度なのに対し、開花しにくい家系は 0.1 程度であった (図 3)。

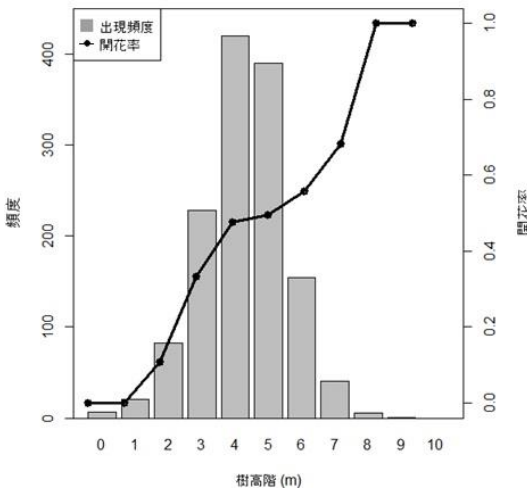


図 1 樹高階サイズと開花率

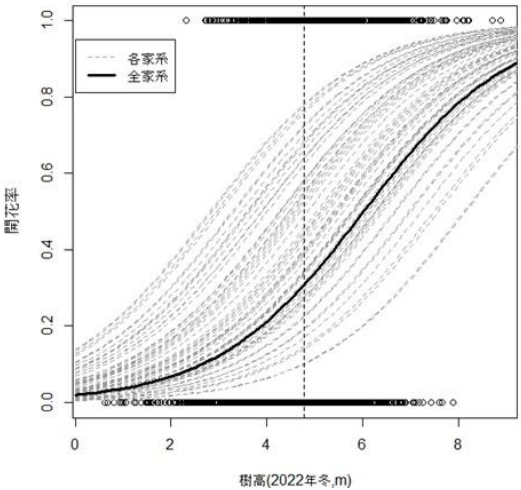


図 3 樹体サイズと家系の効果の予測

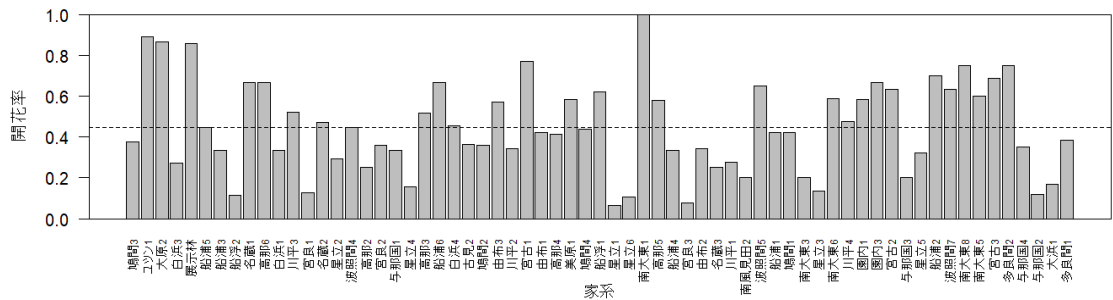


図 2 各家系の開花率 (左から平均樹高が高い家系、点線は試験地全体の開花率)

2. 樹体サイズと着果量、家系別着果量

開花個体を対象とした着果調査では、全体の 20.6% が、開花はしたが着果に至らない個体であった。最も出現頻度が高かったのは、指数 1 (果実数 1~10 個) であり、全体の 40.4% であった。指数 2 を除き、着果指数が大きくなるほど出現割合は小さくなった (図 4)。着

果量については、全体的に着果指数の小さい個体が占める割合が高く、樹体サイズが小さいほど着生しないが、樹体サイズが大きくなると、より指数の大きい個体の占める割合が高くなった(図5)。各家系の各着果指数の個体割合は、家系により大きな違いがあった(図6)。

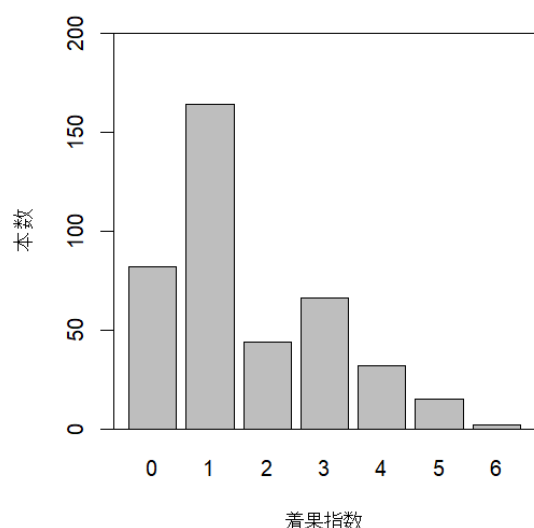


図4 着果指数別の出現本数

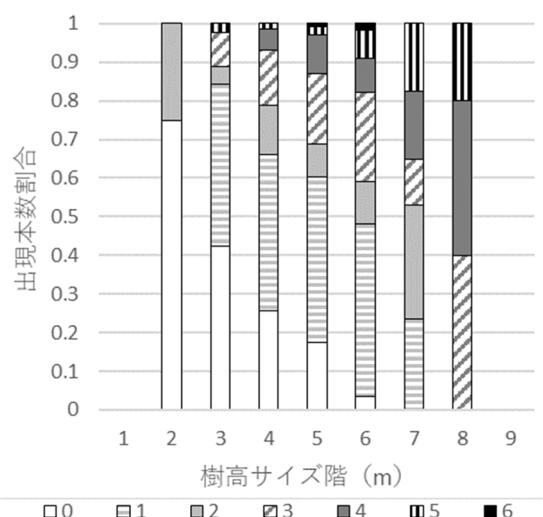


図5 樹高階サイズと着果指数の出現割合

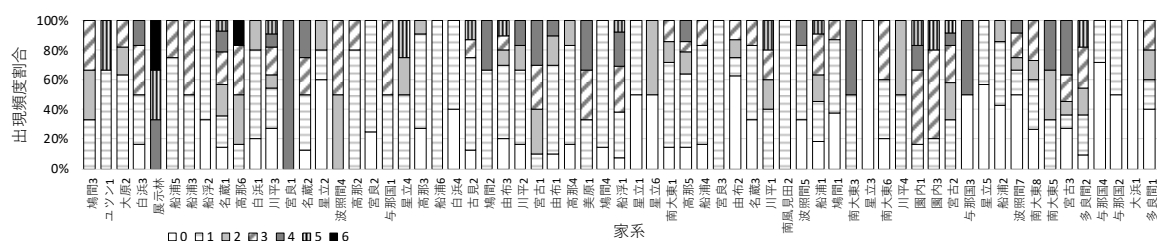


図6 各家系の各着果指数の出現割合(左から平均樹高が高い家系)

考察

先島諸島および南大東島のテリハボクについて、10～13年次の単年の開花率は、集団の半分程度であった。2023年の単年の開花の傾向はテリハボクの個体サイズに大きく依存しており、樹体サイズが大きくなると開花率も高くなった。また開花率は家系間で大きな違いがあり、同サイズでも家系により開花率が大きく異なることが統計モデルから明らかとなった。また開花率同様、着果量もサイズおよび家系による違いが顕著であった。現在テリハボクの苗木生産は、特定の採種林等が定められているわけではないが、今後優良系統の選抜が進み、採種園造成、採種園産種苗の育成を考えると、今回の例から、10年程度(平均樹高4.8m)で、約半数の個体が採種木として利用できることが分かった。多くの林木では、採種園の齢が若い場合、特定の個体のみが採種園産種苗に貢献する(White *et al.*, 2007)。今回の同林齢における家系間の開花や着果指数の違いは、このような採種園産種苗の偏りを生じさせることになると思われる。

今回の調査は、単年度の結果であるが、着花、着果については、一時点でなく、複数年にわたる継続的な調査がより有用な情報提供に繋がると考えられる。ヒノキ採種園では、

20 年程度の採種園でも種子生産の年変動が大きく、また種子生産に貢献するクローン数は、凶作年で偏りが大きくなることが分かっている（丹原，1987）。また天然林からの種子採取を考えているケヤマハンノキでは、種子の豊凶年の差が大きく、凶作年では安定した種子採取が厳しいことが分かっている（斎藤ら，2009）。テリハボクについて、採種園から量的及び遺伝的に安定した種苗生産を考えた場合、今後も継続的な調査により、各家系の開花、着果特性（開花齢、開花量、開花の安定性など）を明らかにすることで、採種園設計に生かすことが重要となる。

謝辞

本論文作成にあたり、試験区の調査を行い、データの取得に勤めてくれた林木育種センター西表熱帯林育種技術園の桑辺大暉氏、奥村美保子氏に感謝申し上げる。

引用文献

- 花岡創・中和範雄・加藤一隆（2012）平成 24 年度亜熱帯森林研論. 18-22.
- Hanaoka, S., Chien, CT., Chen, SY., Watanabe, A., Setsuko, S. & Kato, K. (2014) *Annals of For. Sci.* 71: 575-584.
- 加藤一隆・今野敏彦・尾坂尚紀・花岡創（2012）平成 24 年度亜熱帯森林研論. 23-27.
- 加藤一隆（2013）森林遺伝育種学会講演集 2：5.
- 松下通也・花岡創・加藤一隆・板鼻直榮（2016）平成 27 年度亜熱帯森林研論. 1-4.
- 松下通也・花岡創・楠城時彦・千吉良治・古本良・織部俊爾・加藤智子・今野敏彦・尾坂尚紀・板鼻直榮・加藤一隆（2018）海外の森林と林業 101：20-24.
- 三浦真弘・千吉良治・松下通也・加藤一隆・花岡創（2024）令和 5 年度亜熱帯森林研論. 9-14.
- 三輪智子（2024）グリーン・エージ 51：592.
- 斎藤真己・長谷川幹夫・中島春樹（2009）日林誌 91：173-177.
- 佐竹義輔・原寛・亘理俊次・富成忠夫（1993）フィールド版日本の野生植物 木本，219pp，平凡社，東京.
- 丹原哲夫（1987）岡山県林試研報 7：1-31.
- White, TL., Adams, WT. & Neale, DB. (2007) *Forest genetics.* 682pp, CAB International, Wallingford, Oxfordshire, UK.

久米島に侵入したマツ材線虫病の防除の成果と課題

亀山 統一¹

¹琉球大学農学部

The assessment of the early epidemic control of pine wilt disease introduced into Kumejima Island

KAMEYAMA Norikazu¹

¹Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus

要約

久米島で 2021 年にリュウキュウマツ材線虫病が初確認され、防除が開始された。沖縄県と久米島町は対策会議を設置し、島を 4 区域に分けて防除計画を立て実行した。国指定天然記念物「五枝の松」、ナガタケ松並木などの文化財・シンボルツリー、学校等の植栽樹、街路樹等への大規模な樹幹注入処理が実施された。だが、島内には専門技術を持った業者がなかったことなどに起因する伐倒駆除処理作業量の制約、台風接近や干ばつなどの気象条件もあり、2023 年から被害が急拡大した。これをふまえて防除計画は遅滞なく改訂された。今後は、文化財等の保全を最優先とし、島南部のマツ林の保全の可能性も検討しつつ、戦略的放置も含めた措置による流行の早期収束をはかり、樹種転換も推進する。防除活動には住民の理解と参加が不可欠であり、多様な教育活動も行われてきた。離島では島ぐるみの自治的な取り組みが不可欠であり、SDGs の観点からの活動の展開が期待される。

キーワード：久米島、防除計画、マツ材線虫病、リュウキュウマツ

はじめに

久米島は沖縄島の西方約 100km にある高島で、面積 60km²、最高点の標高 310m、人口 7 千人である。火成岩からなる山がちの地形で、リュウキュウマツ(*Pinus luchuensis* 以下「マツ」)が天然分布することが特徴的である。島の中央部や南部に山地があるが、伝統的に林業は盛んでなく、島内に林業を営む企業はない。

沖縄県では、沖縄島でマツ材線虫病が 1973 年に初確認され、防除努力にもかかわらず島全域及び近接する離島に定着してしまっている。その後、奄美諸島の島々にも材線虫病が侵入・定着している。一方、沖縄県下では、宮古島で発生したが、撲滅に成功して現在に至っている。リュウキュウマツが多く生える久米島や八重山諸島を含む他の島々では、マツ材線虫病は未侵入のまま推移していた。

ところが、2021 年 9 月、久米島中央部の山中に発生したマツ枯死木からマツノザイセンチュウが初検出された。そこで、沖縄県と久米島町は、速やかに初期防除を開始した。さらに、2021 年度中に、沖縄県、久米島町と研究者からなる「久米島町松くい虫防除対策会議」等が設置され、また、従来から沖縄県が設置している「森林病虫害戦略的防除調査検討委託業務 防除戦略検討委員会」の審議にも付されて、綿密な防除計画が構築され、実施

された。この過程は、今後の久米島における本病防除の推進にも、本病未発生の八重山諸島などにおける侵入防止対策の改善にも極めて有用である。そこで、久米島へのマツ材線虫病の侵入とこれまでの防除対策について、沖縄県内の行政、研究者、技術者、関連業者に広く深く共有されることを期待して、著者は亜熱帯森林・林業研究会において発表を行った。本報告は、樹木医学会第 27 回大会（2022 年）（亀山・中村，2022）・第 28 回大会（亀山ほか，2024）、日本森林学会 134 回大会（亀山ほか，2023）での発表内容に 2024 年の推移を加味し、著者の文責によりまとめたものである。本報告で示したデータは、出典または著者による調査であることを示したものを除き、令和 4～6 年度久米島町松くい虫防除対策会議で報告された沖縄県及び久米島町の調査結果に基づくものである。

久米島におけるマツ材線虫病被害の初発時期

久米島町松くい虫防除対策会議の委員に任ぜられた中村克典氏（森林総研東北支所）と著者は、2022 年 6 月初旬と 8 月中旬に、沖縄県および久米島町の職員とともに現地調査を行った。その結果、島中央部の山中（西銘、兼城、儀間など）で、マツノマダラカミキリの脱出痕があり、幹枝の傷から樹脂を流出しない枯死木を多数確認した（図 1）。一部では本病被害の激害化が始まっていた。

沖縄県は 2021 年 9 月に、久米島中央部山中の互いに離れた 4 ヶ所でマツノザイセンチュウを検出しており、2022 年 3 月末の調査では枯死木は 1200 本であった（琉球新報，2022）。また、2022 年 6 月に著者らが観察した枯死木の多くは、その外観から材線虫病により枯死したことが明瞭で、その枯死時期は 2021 年夏～秋と考えられた（一部に、2022 年の春以降の枯死木がすでに見られた）。すると、2021 年春には、多数のマツノマダラカミキリが羽化脱出してマツを後食して、本病に感染させていたことになる。すなわち、2020 年夏～秋には、すでに相当数のマツノマダラカミキリが枯死・衰退木に産卵していたと推測されるのである。したがって、久米島にマツノマダラカミキリが侵入した時期は、2019 年またはそれ以前、つまり本病枯死木が初確認された 2021 年よりも少なくとも 2 年以上前であり、おそらく 3、4 年は遡るであろうと考えられた。

一般論として、感染力の高い病原による樹木病害がある地域個体群に新たに発生した場



図 1. 久米島中央部（西銘）のリュウキュウマツ林における 2022 年 6 月の枯死木出現状況

合には、最初期の感染・発病個体を発病直後に発見して直ちに防除措置を講じることが、決定的に重要である。一般に、病原侵入後ただちに広域にわたって多数の宿主個体が感染発病する可能性は高くない。多くの場合、発見が早いほど発病個体は局所かつ少数にとどまるので、その処理を全うすれば、その地域での流行を制圧でき、侵入病原を撲滅できる可能性も高まる。初期においてその発見を見逃し、あるいは防除を怠るならば、その地域個体群内部で新たな感染発病が起こり、防除の対象木や流行区域が拡大していく。

マツ材線虫病の場合、病害のまん延を防止するためには、発病・枯死木をすべて伐倒して幹枝を焼却、くん蒸、または破砕処理する必要がある（森林総研，2022）ので、作業コストは人的・経済的に大きい。一方、病原は枯死木の幹枝から羽化脱出したマツノマダラカミキリ成虫によってしか媒介されず、その成虫が、海を越えて長距離を飛翔したり、売買され流通したりすることはないから、久米島のように直近の被害地から隔絶された離島においては、人為により、本病の感染木、または新鮮な枯死木丸太やその加工品が島外から持ち込まれることによってしか本病の侵入は起こらない。そうした感染源の持ち込みは起こりうることであるが、しかし大量に、あるいは同時多発的に起こることはまずないといえる。結論として、離島のマツ個体群での材線虫病の新たな発生は、狭い範囲の少数の個体でおこるものと考えてよいから、マツ材線虫病が離島に侵入した場合には、早期に発見すれば、徹底した伐倒駆除により被害を撲滅できるものと期待される。

久米島においては、本病の侵入から 3、4 年以上発見が遅れたため、初期防除による撲滅の機を失ってしまった。発見の遅れと初期防除の困難の原因について、次に論じる。

久米島での被害の早期発見の阻害要因

1. 専門家が常在していなかった

久米島の面積、人口、産業実態を反映して、沖縄県および久米島町は林業の専門知識を持った行政職員を久米島島内に置いていない。島内の学校・社会教育施設等にも森林病害の専門知識を持った職員はいなかった。沖縄県立久米島高校には園芸科があるが、2024 年 4 月に同校を訪問して校長にヒアリングしたところ、樹木病害の専門知識を持つ農業科の教員はいないとのことであった。島内には、樹木医、松保護士および松くい虫防除の実務経験を持つ造園・林業関連事業者もいなかった。このように、住民のなかに、材線虫病による枯死木を発見できる専門知識を有する者がいなかったのである。このことが本病の早期発見を困難にしたことは疑いないが、これはまさに、人口の限られた離島ならではの制約であり、久米島の行政や島内の技術者等に特に瑕疵があったものではない。

2. 初発地が想定外であった

2022 年 6 月の調査では、2021 年度までの材線虫病の被害木の分布は島中央部の山中のマツ林に集中しており、海岸近くや集落内には集団枯死は認められなかった。2021 年 9 月に本病被害が初確認された個体も、島中央部の山中の立木であった(図 2)。

本病が初発するのは、上述のように感染木や被害木丸太等の持ち込まれる場所であるから、行政は、港湾、空港、主要道路、建設現場、貯木場、物流センター、マツ植樹地（公園や人工造林地など）の周辺でのマツの異常枯死を監視している。ところが、久米島での初発地は、それらに該当しない山中であった。2022 年 6 月の調査ではすでに初発地は特定

できなかったが、2021～22年の被害木分布から、感染木及び被害木丸太等の持ち込まれた場所として、島中央部の山中にあるリサイクル施設である可能性が推測された。2022年6月の調査では、この施設内に木製パレットは相当数保管されていた。保管状況に管理者の瑕疵は認められず、また調査時に保管されていたパレットは当然にも適正処理の焼印が押されたものであったが、こうした検疫・管理をかいぐって感染資材が国内外の物流に乗ることはありうるものだと考えなければならない。久米島への本病の侵入経路がリサイクル施設であったかどうかは確認できないが、産業廃棄物・一般廃棄物の処理・リサイクル施設の監視は、樹木病害の侵入防止上、今後必須とすべきである。

3. マツの現存量が多く、また他の病害も発生していた

久米島では、島内全域で、山地でも集落・圃場でも、マツの個体数・密度がともに高い。2021年までの本病被害発生地でも、マツ林、マツ個体が多数散在していた。このことは、早期の被害拡大を招く結果となった。また、仮にもっと早期に発見できていたとしても、撲滅をめざす全量伐倒駆除を敢行するには相当困難な条件下にあったと言える。

また、著者らは、台風接近など強風の吹走後に、風衝地のマツ樹冠に針葉の変色被害が生じることを島内関係者から聞き取った。沖縄ではこれは「塩害」といわれるが、専門用語としては「潮風害」である。2023年台風6号の通過後にも、潮風害の散発的な発生が観察された。また、島内ではフサリウム菌 *Fusarium circinatum* を病原とするマツ漏脂胴枯病による枝枯れ（針葉が赤変する）が散発しているのが観察される。マツの潮風害、漏脂胴枯病、材線虫病は、専門家には容易に区別できる。だが、非専門家の場合、特に山中の枯死個体を遠望する場合には、材線虫病被害がこれら常在する病害によってマスクされ、異状の発生に気付くのが遅れることはあり得ることである。

八重山諸島でもまたマツの個体数・密度が高いので、こうした久米島の経験は、本病の監視・初期防除態勢の点検に重要な示唆を与えるものといえる。

初期の防除措置を困難にした要因

1. 文化財、貴重生物などの情報の活用には時間がかかった

久米島はマツの島であり、国指定天然記念物「五枝の松」や傑出した景観をなす「ナガタケ松並木」（松原）などの特に保護すべき文化財（いずれも島の西部）がよく知られている。だがそれだけではなく、タキンダ松並木、大岳小学校、上田の森、ウシデー松、米原の一本松などの文化財、シンボルツリーが島全体に散在する。これらは、本病侵入後、最も優先して感染防止対策を講じるべき対象である。

また、久米島県立自然公園があり、固有種キクザトサワヘビ、クメジマボタルが県指定天然記念物とされたのを機に、宇江城岳、アーラ岳周辺での第一種特別地域の指定拡大がなされている。こうした保護区域や貴重生物の分布地では、防除の可否や手段についての慎重な判断を必要とし、また、実施するにも所要の手続きを踏まなければならない。

沖縄県は材線虫病防除のための地域ごとの計画を合理的に策定するために、県内のマツの分布、道路網、林地の斜度についての電子データを整備しており、この3つの情報を地図上に重ね合わせて、その地域の防除の必要性和難度を迅速に判定することが可能となっている。しかし久米島の場合には、この3つの情報に加えて、文化財やシンボルツリーの

位置、自然公園の保護地域など農薬散布や伐倒駆除を含む森林施業が制限される区域についての情報も重ね合わせて防除計画を速やかに策定して直ちに実施する必要性が生じた。このうち文化財や自然公園の情報は沖縄県の防除担当部署も把握しているが、本病侵入前からそれらの情報を重ね合わせ可能な状態に整えてあるものではない。また、行政による文化財指定を伴わない地域のシンボルツリーに関しては、地元をよく知る久米島町に情報が集積されており、県はそれを確認して防除計画の策定に反映させる必要があった。

このほかに、街路樹の植栽状況、学校や都市公園などの植栽状況についても、行政の他の部局に情報が集積しているから、病害防除計画の策定に必要なときにその情報を即座に活用できるように準備しておく必要がある。

このような防除に必要な情報を集約して、保護すべき樹木・樹林の特定、防除の優先順位や防除方法の判断などを、極めて短時間に行わなければ、発病翌春のマツノマダラカミキリ脱出に先んじて必要十分な効果的防除措置を実施することができない。したがって、病原の侵入前から、こうしたデータを集約し、電子化して利用可能なように加工し、それを随時更新していくことが強く求められる。ただし、その作業を本病の被害が出ていない県内全域で行うことは、行政当局にとって負荷が大きいから、世界自然遺産や国立公園指定との関係でマツ林保護の必要性が高く、かつ侵入時の拡大が起こりやすい環境にある八重山諸島のデータを優先して整備するなど、工夫して実施していくことが期待される。

2. 病害防除の経験・知識が皆無の状態からのスタートであった

久米島のような離島の場合、行政、業者、住民はみなマツ材線虫病についてほとんど知識がなく、病害の初発直後の防除作業には経験者が必要であるが、それは、まず地元が材線虫病とその防除の知識や防除技術について、学習・習得することから始める必要があった。これは当然にも多大な時間を要して、初期防除を困難にする。

例えば青森県南西部などの、本土で近年材線虫病被害が拡大した地域であれば、隣接する被害既発地は陸続きで、普段から容易にその状況を知ることができ、防除技術を地元業者が侵入前に獲得することも可能である。その点で久米島は悪条件下にあった。

久米島では、被害発生後、伐倒駆除等の技術をもつ沖縄島内の業者を来島させて、防除作業や、地元の業者等への技術指導を実施しなければならなかったので、出張費用も大きく、滞在日程・期間に制約も大きかった。また、久米島では、重い火成岩の石礫が多く、急斜面で、林道密度が低い林地で、大径木の伐倒・くん蒸作業が必要である。こうした特性に対応した技術を適用すれば防除の実効は上がるが、それには、島外・県外の専門技術者・研究者を招いて最適な方法についての助言や技術指導を受ける必要がある。

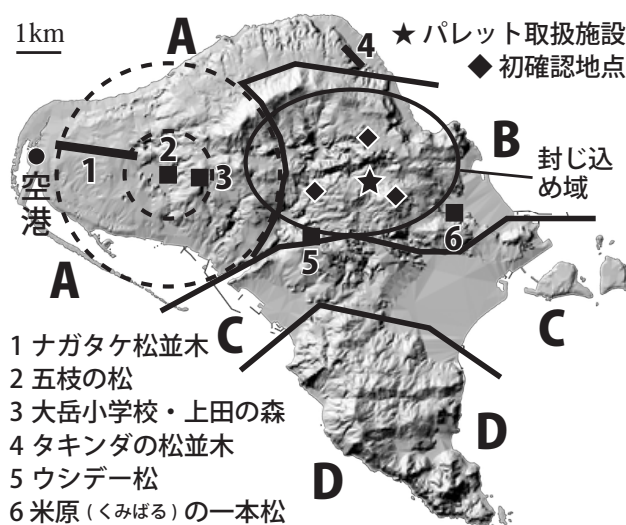
防除計画の特徴と防除の成果

1. 4 区域に分割して策定された防除計画

久米島での材線虫病防除事業は、島内を図 2 に A～D で示した 4 つの区域に分割して、区域ごとの防除計画（防除戦略・防除戦術）を策定したところに顕著な特徴がある。

A 区域は五枝の松、ナガタケ松並木などの文化財・シンボルツリーがあることから、最優先で防除を行う区域としている。区域内の発病枯死木の全量駆除を理想としつつも、五枝の松の周辺での徹底駆除を行いつつ、本病初発地ですでにまん延・激害化が始まってい

る B 区域との境界面で強い防除圧をかけることとした。B 区域は、すでに伐倒駆除を実施可能な枯死木発生量を超えており、しかも、マツの現存量が極めて多いことから、被害を収束させることを望めなかった。そこで、材線虫病被害を敢えて放置し、流行を早期に進行させて、短期に区域内のマツを枯らし尽くし、結果的に早期に島内における感染源・感染対象木を減少させる、「戦略的放置」の方針が採られた。C 区域は市街地・畑が多く、住民の生活に支障の出る枯死木の除去を行いつつ、島内の流行収束という観点からは、南隣の D 区域のマツ林に被害が拡大しないよう緩衝帯の役割を果たさせることが期待された。D 区域には町有マツ林が広がり、当初微害に留まっていた。景観資源としても、東部海浜の海洋汚濁防止上も重要なマツ林であることから、A 区域に次いで防除を重視し、マツ林の維持を図ることとした。



・最も防除が優先される A 区域では、発病枯死木の全量駆除を理想としつつも、五枝の松からの距離(点線)を考慮して駆除等を実施していく。また、B 区域から A 区域への被害の拡大を、境界域での防除により極力食い止め、戦略的放置による激害化を B 区域内に封じ込めなければならない。

図 2. 久米島でのマツ材線虫病防除計画(2022 年)で設定された防除区画

2. 伐倒駆除作業の進行と防除計画の見直し

2022 年度から上記防除計画に基づく防除作業が実施された。

2022 年度の被害状況は、島中央の森林地域は激害が継続し、他の地域でも被害が多くなりつつあると評価された。2023 年度には、全島的に被害が拡大し、A 区域の五枝の松周辺 1km 圏内に被害木が確認され、また、ナガタケ松並木東端の樹幹注入未施工範囲で被害木が発生した。この 2 年間に、A 区域と D 区域のマツを守るための伐倒駆除は意図通りに行えなかったのである。23 年度の防除実績として、久米島町は単独事業で支障木除去をメインに 260 本 152m³、補助事業として五枝の松周辺で 122 本(うち 102 本を沖縄島内の業者が実施) 124m³の伐倒駆除を行っている。また、沖縄県南部土木事務所が島を周回する県道一円で、195 本の伐倒駆除を実施した。伐倒駆除作業に当たれる専門技術・装備を有する島内業者が少ないため、久米島町の事業は沖縄島内の業者にも発注して行われた。業者の作業可能量に限界がある上に、これまでに材線虫病などによるマツの集団枯死は起こってこなかったため枯死木はいずれも大径かつ高樹高の個体も多かった(図 3)ことから、1 本あたりの伐倒作業量が非常に大きくなった。さらに、島内で広く枯死木が出現したため、住民の安全確保のために、支障木除去の作業に人的資源を多く割かざるを得なくなり、

A 区域の五枝の松近くでの枯死木の伐倒は集中的に実施できたが、B 区域の境界側には十分な防除圧をかけることができなかった。また、D 区域では、マツ林 1 箇所を守ることが企図されたが、林内に数本発生していた枯死木をついに処理することができなかった。

そこで、2024 年 2 月には防除計画を見直し、五枝の松、ナガタケ松並木のエリア保全を最優先に防除対策を実施し、D 区域のマツ林については、景観保全、土砂流出防止の観点から、極力保全できるよう予防対策(薬剤散布、樹幹注入)を検討することとなった。2022 年夏までの被害状況からは、この改訂計画のような絞り込みを行う判断はできなかったが、現場の実情に即して五枝の松、ナガタケ松並木の周辺を中心に防除を実施してきたので、その経験をふまえて、最新の被害拡大状況に応じた計画に修正されたものと言うことができ、この計画変更は合理的科学的な行政としてむしろ評価されるべきである。

1 つの教訓として、微害の D 区域のマツ林では、広大な斜面に数本の被害木が散在しているため、伐倒駆除に当たる作業員の移動時間が非常に大きくなり、著しく効率が悪い。しかし、微害の間に全量駆除を敢行してこそ、そのマツ林を守る展望も生まれる。このことを考えると、本病侵入初期の散発的な枯死木の駆除について、作業実態に見あう単価を設定する、島外からでも作業人員を確保するなどの行政判断が今後必要になるだろう。



図-3. 焼却処理のために集められたリュウキュウマツ枯死木丸太

3. 樹幹注入処理の大規模な実行

久米島町（環境保全課と教育委員会）と沖縄県では、材線虫病の発生確認後、いち早く保護すべきマツ個体への樹幹注入処理を開始した。2023 年度末までに、五枝の松、ナガタケ松並木のほぼ全域、その他文化財・シンボルツリーへの処理を終え、さらに対象を拡大して実施している。街路樹に対しても計画的かつ大規模に実施している。

この結果、2024 年度には島内全域で材線虫病被害が拡大し、数年間はさらなる激害化が見込まれるが、守るべきマツ個体については注入薬剤の薬効期間中は高い確率で発病を防止できる状況が創出された。したがって、対象木にもう一度樹幹注入処理を行うとすれば、本病侵入から 10 年あまりの間に全島の流行を収束させることが達成目標となる。

なお、樹幹注入を行った個体の一部の枯死が確認されている。また、五枝の松は梢端での薬剤濃度が十分でないことが明らかになったので、定期的な農薬散布も実施されている。文化財等への樹幹注入処理は、古木・巨木のために農薬の分散が進まない場合も多いので、樹冠部での薬剤濃度を調査し、注入処理が成功しているか確認すべきである。

4. 住民等への普及啓発の推進

材線虫病防除についての住民の理解と合意を促進するため、久米島町と沖縄県は、町の広報資材への記事掲載、講演会や技術研修会の開催、パンフレットの作成・配布などを実施してきた。また、著者が県立久米島高校で琉球大学出前講座を実施して材線虫病についての講義を行うなどの活動も行われた。

今後の課題：島の将来計画の中に防除計画を位置づける

防除計画で採用された「戦略的放置」は、必然的に劇的な被害をもたらす。それは急速にマツの現存量を減らして流行を早期に収束させるために必要であるが、現れる景観は住民や入込客を驚かせるものとなる。また、大径の危険木・支障木除去の作業に、人的資源を取られるという問題も継続する。「戦略的放置」による被害の急拡大も含めた、材線虫病とその防除事業に対する住民の理解と協力を促進していく社会教育的な取り組みは、防除事業の成否を左右する重要性を持つと言える。

また、流行後に低層のマツ稚樹が成長して再びマツ林化し、流行が再発する可能性がある。その時、守るべきマツに樹幹注入を行おうとしても、処理回数が増えると樹体に負荷がかかるため実施困難となる事態も考えられる。したがって、被害跡地におけるマツ林からの樹種転換は重要な課題であり、樹種転換の検討を進める方針が、改訂された防除計画にも明記されている。樹種転換は、島の景観や観光業・農業等の主要産業にも影響を与えるものである。また、高額予算を投下し実施された防除事業の結果として現れる森林の姿を決定づけるものとなる。すなわち、それは防除事業上の技術的な一課題にとどまらず、本来、住民の合意と参加をともなう「島の将来構想」の一部をなすような事業である。

また、島での防除に、常に人的資源の不足が困難を招いてきたことを考えると、住民が可能な範囲で主体的にマツの保全、森の再生に参加していく機運を醸成することが特に必要であると考えられる。また、零細規模でよいので、マツの伐採、集材、製材加工が可能な林業・林産業従事者が島にいることは、ただ材線虫病でマツを枯らしてしまうのではなく、森林資源を有効に活用し、防除の実も上げていくために、強く期待されることである。

沖縄県と久米島町が、自治体として材線虫病防除事業を推進していくことは当然必要であるが、流行後の森林、景観、地域社会の課題解決の必要性を考えると、そこに住民が島ぐるみで参加して、島の未来の問題として考え取り組んでいくというSDGsの発想が、特に重視されるべきである。そのためには、一般住民、子どもたち、防除にあたる技術者、自治体関係者などへの重層的な教育活動を展開することも、不可欠の課題といえよう。

引用文献

亀山統一・中村克典（2022）樹木医学会第27回大会予稿集:A-7.

亀山統一・金元政幸・新垣拓也・中村克典（2023）日本森林学会大会発表データベース 134:P-415.

亀山統一・金元政幸・儀間典子・中村克典（2024）樹木医学研究 28:214-215.

森林総合研究所（2022）マツ材線虫病にどう対処するか：防除対策の考え方と実践.

<http://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/5th-chuukiseika11.html>

琉球新報（2022）『琉球新報』2022年11月16日1面.