

平成21年度
亜熱帯森林・林業研究会
研究発表 論文集



コバノナンヨウスギ (ナンヨウスギ) *Araucaria heterophylla* Franco

亜熱帯森林・林業研究会

〒905-0017 名護市大中4-20-1
沖縄県企画部森林資源研究センター内
Phone 0980-52-2091 Fax 0980-53-3305

ご 挨拶

亜熱帯森林・林業研究会が順調に活動を展開し、第5回研究発表大会を盛況に開催できることは、会員の皆様の多大なご支援・ご協力によるものと、改めて感謝申し上げます。

近年、私たちの共通のフィールドである「森林」に対する国民の関心は変わりつつあり、森林の価値についての基準も大きく変わろうとしています。

従来、わが国の森林計画制度の中で、森林の基本的機能は、水源かん養、山地災害防止、生活環境保全、保健文化、木材等生産の5つに代表されてきました。

近年は、これらに加えて生物多様性保全、地球環境保全といった機能が重要視されるようになってきています。

しかし、それぞれの機能は相反する場合もあり、それぞれ立場によって、森林のどのような機能に期待するか、評価基準は異なり、評価そのものも異なってきています。

このような森林の価値評価の多様化が進む中で、森林の保全管理、施業技術、資源活用等のあり方も当然、多様な対応が求められることになり、期待される機能に応じた森林のエリア区分は、森林の価値評価の基本としても、きわめて大きな意義を持つものとなるでしょう。

今後は、機能に応じた森林のエリア区分計画と、それに応じた保全・育成・利用等の適正な管理が求められることになり、森林行政や研究者、林業関係者に求められる政策的・技術的課題は大きいものがあります。

このような中、本研究発表会が、各種情報の提供・議論を通して、共に考え、将来の方向を見出すことにつながることを期待しています。

発表者の皆さんには報告書を取りまとめ、情報を提供していただき感謝申し上げます。同時に、会員の皆様の積極的な参加・協力を得て、本会の活動がますます進展することを期待して会長挨拶といたします。

平成21年9月4日

亜熱帯森林・林業研究会長 安里 練雄

目 次

- 1 ヤンバルで林業と生物相保全を両立させるには? 1
琉球大学農学部与那フィールド 高嶋 敦史
- 2 森林総研「山原プロ」における森林情報整備の到達点と課題 7
森林総研関西・北大院農 齋藤和彦
- 3 辺野喜地区の斜面安定工事について 12
沖縄県 農林水産部北部農林水産振興センター森林整備保全課 加藤 広大
- 4 特殊地盤の理化学性を考慮した緑化事例報告 16
国土防災技術株式会社 須田木 論
永井 隆之
- 5 モモタマナ (*Terminalia catappa*) の開花フェノロジーと果実の成長 20
琉球大学農学部 谷口 真吾
西原 史子
中須賀 常雄
- 6 グロマダラソテツシジミ (*Chilades pandava*) の奄美大島における被害と生態
. 27
鹿児島県森林技術総合センター龍郷町駐在 岩 智洋
図師 朋弘
- 7 奄美産木材の野外杭打ち試験による耐蟻性能評価について 30
鹿児島県森林技術総合センター龍郷町駐在 図師 朋弘
岩 智洋
鹿児島県森林技術総合センター森林環境部 森田 慎一

ヤンバルで林業と生物相保全を両立させるには？

琉球大学農学部与那フィールド 高嶋 敦史

How will forestry and biota conservation coexist in Yanbaru area? Atsushi TAKASHIMA (Yona Field, Subtropical Field Science Center, Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus)

1. はじめに

ヤンバル地域は、高い森林率を背景に、沖縄県最大の林業地帯となっている。しかしながら、この地域の森林では、その気候や成り立ちなどから数多くの固有種を含む複雑な生態系が形成されており、世界自然遺産の国内候補地にも挙げられている。現在は、林野庁による森林生態系保護地域の新設や、環境省による国立公園化の準備も進められており、林業等での森林利用にあたっては、生物相保全に向けた科学的根拠に基づく施策を実行することが必要になってきている。

そこで本報告では、ヤンバル地域の森林・林業を対象に行われた近年の研究成果を紹介し、情報を広く共有することを目指す。また、ヤンバル地域の林業と生物相保全に関する内容で2009年3月～5月に開催された3件の研究集会・シンポジウムの内容についても報告し、ヤンバルの林業の今後の方向性について展望を述べる。

2. 研究成果の紹介

1) 過去から現在に至る森林・林業の推移

ヤンバル地域の森林では、古くから伐採活動が行われてきた。過去の空中写真⁹⁾によると、第二次大戦中の1944年度の時点では、集落の裏山を中心に、最大で集落から2～3km程度の地点まで疎な林分が確認され、当時の森林利用の規模を知ることができる。しかし終戦後には、復興用資材生産のため、広範囲で皆伐に近い伐採が実施されるようになった。その後は、コンクリート建造物建設の際に必要なサポート材の生産や、作業車両の導入等もあり、1972年度の空中写真では脊梁部付近まで大面積皆伐が及んでいる様子が確認できる。これらの皆伐地は、大半がリュウキュウマツの造林地に置き換えられた。1981～84年に県産材利用開発事業の一環として実施された森林資源調査では、北部3村(国頭・大宜味・東)の森林の平均材積は152m³/ha¹⁰⁾となっており、当時の森林の蓄積は高くなかったことがうかがえる。その後、1980年代に入ると、マツノザイセンチュウによる松枯れの拡大などから、造林樹種はイジュ、イスノキ等の有用広葉樹へと移行していった。

一方で、1990年代に入ると、当時の主要生産品である木材チップが安い海外産のものに押されるようになり、森林伐採面積は大幅減少に転じて現在に至る。現在は、伐採面積が年間15ha程度で推移しているが、これは最盛期の5%程度の面積であり、空中写真からもヤンバルの森林が全体的に回復傾向である様子が見て取れる⁹⁾。なお、1999～2003年に林野庁が主体となって実施した森林資源モニタリング調査の結果では、北部3村の森林の平均材積が250m³/haまで回復していることが報告されている¹⁰⁾。

2) 伐採後の天然更新による森林再生

ヤンバル地域における、皆伐後経過年数が異なる複数の二次林を調査した結果からは、若い林ほど木本種の多様性が低くなっていることが示された⁴⁾。また、皆伐を経験した二次林と原生状態に近い林分を比較すると、二次林では木本種の多様性が大幅に低下し、特に林床に生育する種が再生しにくいという結果も示されている⁷⁾。一方、この研究では、皆伐後 50 年程度で地上部バイオマスが原生状態に近いところまで回復することも示されており、それ以外にも、場所によっては、皆伐後 30 年で林分材積がほぼ回復するという研究例もある⁸⁾。しかし、この 30 年生の二次林に優占しているイタジイの胸高直径は 8~10cm 程度であり、材積が回復してもサイズ構造が回復するにはさらなる時間が必要であると報告されている。

これらの成果をまとめると、ヤンバル地域の皆伐後の二次林は、30~50 年程度で材積は回復するものの、サイズ構造の回復にはさらなる時間を要し、種多様性も 50 年では回復しないということになる。宮崎県で同様の常緑広葉樹林を扱った研究では、皆伐後約 50 年が経過するまでは萌芽幹により林分が鬱閉し、幹間競争が終息に近づく同 60 年を経過した頃より、林床光環境が改善されるようになって実生由来種が定着をはじめると報告されている⁹⁾。よって、第二次大戦後に皆伐を受けたヤンバルの二次林の現状は、ようやくイタジイを中心とする萌芽由来種の寡占状態から抜け出し、実生由来種の定着が始まり、種多様性が回復し始める段階にあると推測される。

3) 広葉樹人工林の成長

有用広葉樹の拡大造林は、松枯れの被害を受けたリュウキュウマツに代わる資源として、1980 年頃から広く実施されるようになった。現在では、林齢が 30 年に近づく林分も出てきており、収穫に向けた情報収集が急務になっている。

なかでも、イジュとイスノキは、ヤンバル地域における広葉樹造林の代表種として、継続的に植栽が行われている。26 年生イジュ造林地と 24 年生イスノキ造林地の林分構造を調査した結果によると、26 年生のイジュ造林地では、イジュの直径階のピークが胸高直径 10cm 付近に出現し、同 6~14cm の幹で全体の 85% を占めていた。また、24 年生のイスノキ造林地では、イスノキの直径階分布は L 字型を呈し、直径階 4cm の幹が全体の 84% を占めていた¹¹⁾。

この結果に基づくと、イジュは、40~50 年生の林分が揃いはじめる 2020 年代半ばから、構造材としての収穫が可能になると推測される。よって、それまでの約 15 年間で、商品開発や加工技術習得等に一定の目的をつける必要がある。一方でイスノキは、成長が遅く、現状の育林・保育方法で構造材を得るとなると、伐期齢の予測すら困難な状況にあるといえる。場合によっては、小径木から付加価値のつく製品を生産するアイデアも必要になるだろう。ただし、ここでの判断は各樹種の 1 林分の調査結果に基づくものであり、さらなる調査とデータの蓄積によって詳細な判断を行う必要がある。

4) 立地環境と林分構造の関係

一般に、森林の立地環境は、その構造や生産性に大きく影響を与える。なかでも、ヤンバル地域のように地形が複雑かつ急峻な森林では、その影響は大きい。

そこでまず、この森林における代表種の地形嗜好性を明らかにするため、50年生以上の天然林に200m四方(4ha)の試験地が設けられ、直径10cm以上の全幹を対象とした毎木調査が実施された¹⁾。その結果、イタジイ、イスノキ、ヒメユズリハ、コバンモチ等が凸地形(尾根)を好み、フカノキ、トキワガキ等が凹地形(谷)を好むことが示された。イジュやオキナワウラジロガシは、その中間の斜面を好んでいた。続いての研究では、地形と種多様性の関係を明らかにするため、複数の尾根、谷を横断するかたちで20m×600m(1.2ha)のベルトトランセクトが設けられ、樹高2m以上の幹について毎木調査が実施された²⁾。その結果、谷から尾根に移行するにつれ、樹木種の多様性が増加することが判明した。このことは、尾根や斜面中腹の風衝帯に発生するギャップで林床が明るくなり、下層に小型の木本植物が豊富に出現することに起因していた。また、地形による林分の蓄積の差については、50年生以上の天然林であれば、尾根地形で約200m³/ha、山腹地形で約310m³/ha、谷地形で380m³/haという目安も示されている²⁾。

このように、ヤンバル地域の森林では、地形に応じて種構成、多様性、蓄積などが大きく変化する。森林利用にあたっては、地形が植生や樹木の成長に及ぼす影響を考慮し、計画・実行に反映させる必要がある。また、このような地形の複雑さは、林分構造の不均一性を生み出し、地域の生物多様性を高めることに大きく貢献しているといえるだろう。

3. 研究集会・シンポジウムの紹介

1) 第56回日本生態学会大会 企画集会 「琉球諸島の森は世界自然遺産に値するか? やんばる・奄美の現場からの検証」 2009年3月18日 岩手県立大学

発表1 やんばるの固有生物の現状と生態系管理の重要性について

小高信彦(森林総研九州)

発表2 奄美の固有生物の現状と外来種対策の国際ネットワーク構築

山田文雄(森林総研関西)

発表3 やんばるにおける森林利用の過去と現状

高嶋敦史(琉球大学農学部)・齋藤和彦(森林総研関西)

発表4 奄美大島における森林伐採の背景と固有種に対する影響

杉村乾(森林総研)

コメンテーター 久保田康裕(琉球大学理学部)

世界自然遺産登録を視野に入れる、ヤンバル・奄美両地域での固有生物の生息数の変動と、それらに対する外来種侵入や林業の影響に関する研究事例が紹介された。

ヤンバル地域では、第二次大戦後の復興用資材生産や、1960~1980年代に行われた大面積皆伐/拡大造林が、固有生物全般の個体群縮小につながったと推察されている。その中でも、ノグチゲラについては、生息地となる照葉樹林の消失が個体群縮小の直接的な要因であると指摘があった。一方で、近年のヤンバルクイナの個体群縮小には、外来種マングースの侵入が大きく影響していることが示された。このように、ヤンバル地域の生態系維持には、林業活動と外来種問題という双方からの問題解決が必要であり、林業手法の改善、適切なゾーニング、外来種排除などの複数の課題にそれぞれ取り組む

必要があるとされた。

この企画集の講演要旨は、第 56 回日本生態学会大会講演要旨集 (2009) に掲載されている。また、日本生態学会ホームページからも閲覧できる。

<http://www.esj.ne.jp/meeting/abst/56/T03.html>

2) 第 120 回日本森林学会大会 関連研究集会 「沖縄島北部やんばる地域の持続可能な森林利用について考える」 2009 年 3 月 28 日 京都大学

発表 1 希少生物と歩むやんばるの森の林業について ～ノグチゲラとヤンバルクイナの現状と未来～

小高信彦 (森林総研九州)

発表 2 やんばるの森の昆虫と森林施業

末吉昌宏 (森林総研九州)

発表 3 国頭村の森の戦後史

齋藤和彦 (森林総研関西)

発表 4 やんばる地域の林地生産力について

高嶋敦史 (琉球大学農学部)

コメンテーター 生沢均 (沖縄県森林資源研究センター)

久高将和 (NPO 国頭ツーリズム協会)

「野生生物保護の最前線で林業を考える」をテーマに、ヤンバル地域での林業の歴史や課題などが報告された。森林学会会員間でこれらの情報の共有を図り、科学的データに基づくこの地域の持続的な森林利用について考えることが目的であった。

まず、国頭村北部には蓄積の高い森林が広がり、2007 年度からの 5 ヶ年間、沖縄県の木材拠点産地に指定されたことが紹介された。一方で、この地域には、固有生物の限られた生息地が残されており、伐採活動や林道開設が生物個体群の存亡に直結してしまうという問題点も指摘された。そこで、状況に応じた保護区の設定や外来種問題の解決などに取り組み、固有生物の生息地を広く拡大させることが重要であるとの認識が示された。次いで、森林施業が他の生物相に及ぼす影響も紹介され、極端な除伐や下刈りは、昆虫相に影響を与えてしまうとの報告がなされた。また、戦後から現在に至る森林利用の変遷も紹介され、将来の持続可能な森林利用に必要な課題も提示された。そして、i) 保護林と資源利用林の適切なゾーニング、ii) 付加価値がつき採算性の高くなる木材製品の開発、iii) 表土攪乱を抑える集材技術、iv) 環境改変を最小限にする路網開設技術、v) エコツーリズムや森林環境教育といった非破壊的森林利用などが、林業継続のために必要なキーワードとして紹介された。

この関連研究集会の内容は、森林技術 2009 年 5 月号において報告されている⁹⁾。

3) 沖縄生物学会第 46 回大会 公開シンポジウム 「オキナワトゲネズミ *Tokudaia muenninki* ～アージの暮らせる森づくりに向けて～」 2009 年 5 月 30 日 名桜大学

発表 1 趣旨説明

小高信彦 (森林総研九州)

発表 2 オキナワトゲネズミ再発見の学術的意義と保護への課題

山田文雄 (森林総研関西)

発表 3 トゲネズミの保全に向けた地域の取り組み

河内紀浩 (アージ研究会)

発表 4 トゲネズミの生息地保護と林業のあり方

高嶋敦史 (琉球大学農学部)

コメンテーター 伊澤雅子 (琉球大学理学部)

パネリスト 千木良芳範 (沖縄県立博物館)

久高将和 (NPO 国頭ツーリズム協会)

澤志泰正 (環境省那覇自然環境事務所)

2008年、学術捕獲により、オキナワトゲネズミの生息が30年ぶりに確認された。本種と同属のアマイトゲネズミとトクノシマトゲネズミのオスにはY染色体がないことが知られており、オキナワトゲネズミは哺乳類における性染色体の進化を解き明かすうえで鍵となる種である。今回のシンポジウムでは、その学術的意義、最新の研究成果、保全に向けた取り組み、林業活動との共存方法などについて発表がおこなわれた。

林業活動との共存という点で、今回再発見されたオキナワトゲネズミには、生息数の回復に必要な生息地の保護が急務であった。そこで、このシンポジウムの直前の2009年4月に、沖縄県から「オキナワトゲネズミの生息地(2008~2009年の捕獲調査で確認された範囲)およびその周辺地域を伐採対象から除外するよう」通達が出された件が紹介された。生息地が極めて限定されるこのような種の保護には、今回のような柔軟で迅速な対応が、非常に効果的であったと考えられた。そして今後に向けては、個体群が安定的に維持されるレベルまで生息数が回復するよう、計画的に保護地域を拡大することも必要とされた。

シンポジウムの講演要旨は、沖縄生物学会第46回大会プログラム・講演要旨集(2009)、または日本生態学会九州地区会会報第56号(2009)に掲載されている。

4. 今後に向けて

ヤンバル地域の亜熱帯林では、数多くの固有種の発見などに伴い、世界的にも価値の高い森林生態系が形成されていることが明らかになってきた。一方で、そこに住む住民にとってもこの森林は貴重な資源であり、生物相を維持しながら持続可能な形で有効利用していくことが望ましい。

そこで、この森林のどこを保護し、どこをどう利用するかというゾーニングの議論が必要になる。たとえば、原生林に近い状態を維持し、遷移後期種のオキナワウラジロガシやイスノキ等の大径木が残存するような林分は極めて少なくなっている。このような林分は、独自の進化を遂げて存在する固有生物にとって、安定して生息できる限られた環境ともいえるため、一般的に保護の優先度が高くなる。また、その周辺の天然生二次林においても、固有生物の生息数回復や生息地拡大にむけ、保護の対象へと組み込まれるエリアが出てくるだろう。

このようなことから、今後は木材生産を行う場所を、既存の人工林へと移していく必

要がある。しかしながら、当面の間は有用広葉樹林が伐期に達しないことから、現時点で収穫可能なリュウキュウマツだけでは十分な収益があがらないことが予想される。そこでその間は、森林の修復を目指した自然再生事業を興すなど、生物相維持と雇用創出の双方に役立つ施策を推進することが有効と考えられる。また、この期間のうちに、木材に付加価値をつけて販売するための商品開発や、その加工に関わる技術者を育成しておくことが重要である。さらには、環境に配慮した独自の低インパクト伐採 (Reduced Impact Logging) の手法を確立することも必要である。

そして、本報告で研究集会やシンポジウムの事例を紹介したように、近年ではヤンバル地域の森林における生物の生息域、生息数や行動習性などが徐々に明らかになってきている。これらのデータと森林調査のデータを重ね合わせ、議論を交わすことによって、この地域の森林の適切な利活用方法の答えが導き出されるものと期待される。

引用文献

- 1) Enoki T : *Ecological Research*, 18, 103~113, 2003
- 2) 井口朝道ほか : *九州森林研究*, 61, 140~143, 2008
- 3) 井藤宏香ほか : *日本森林学会誌*, 90, 46~54, 2008
- 4) Ito Y : *Plant Ecology*, 133, 125~133, 1997
- 5) 小高信彦 : *森林技術*, 806, 28~29, 2009
- 6) Kubota Y et al. : *Journal of Ecology*, 92, 230~240, 2004
- 7) Kubota Y et al. : *Biodiversity and Conservation*, 14, 879~901, 2005
- 8) 高橋玄ほか : *九州森林研究*, 62, 84~87, 2009
- 9) 高嶋敦史ほか : *九州森林研究*, 61, 57~60, 2008
- 10) 玉城雅範ほか : *九州森林研究*, 61, 173~175, 2008
- 11) やんばる国頭の森を守り活かす連絡協議会 : 「命薬の里」親やんばる国頭の資源活用に係る方策検討調査報告書, pp297, 2009

森林総研「山原プロ」における森林情報整備の到達点と課題

森林総研関西・北大院農 齋藤和彦

Forest GIS data around Kunigami-village prepared by Yambaru Research Project, FFPRI

Kazuhiko SAITO (FFPRI Kansai Research Center/ Grad. School of Agri., Hokkaido Univ.)

1. はじめに

森林総研は、環境省の試験研究費を得て、2005年度から5年間、琉球大学と共同で育成天然林施業（以下、育天）と林道整備の生物多様性への影響とその緩和手法を検討する研究プロジェクト（以下、山原プロ）を沖縄県国頭村域で進めてきた。このプロジェクトでは、後述するように、地図や空中写真、聞き取り調査データ等、森林に関わる様々な情報をGISに集積する作業を行った。本稿では、その到達点と課題を報告するとともに、沖縄の森林情報整備の方向性について考察したい。

2. 山原プロにおける森林情報整備の目的

山原プロにおける森林情報整備の目的は、①植物や動物の調査プロットのバックグラウンドとして、また、国頭村域における影響評価の基盤データとして林齢と施業履歴を把握すること、②育天の事業背景を理解するために、記録が乏しい「戦後の乱伐」について、空間的な聞き取り調査ができるように地図や空中写真を整備すること、の2つであった。

まず①については、これまでにこの地域の林齢や施業履歴を地図化したものとして、照葉樹、照葉樹二次林、マツ造林等の区分で復帰直前の本島北部の植生相観図を示した外間ら（1972）¹⁾や1964年以前、1965～74年、1975～85年の3区分で国頭村域の伐採地の変遷を示した村田（1989）²⁾、30年生未満、30～39年生、40～49年生、50～59年生、60年生以上の5区分で北部三村の林齢の分布を示した新納ら（1993）³⁾、1970年、1977年および1993年の空中写真から画像解析で手つかずの森を抽出した渡邊（2008）⁴⁾等があった。しかし、これらは小縮尺の地図でしか公開されていないため調査プロットのバックグラウンド把握には向かず、値が既に区分されているためプロット調査に基づく影響評価にも適さなかった。そこで山原プロでは、沖縄県から2003年の森林計画図（林班図）（以下、林班図）と2004年時点の森林簿の提供を受け、小班単位で林齢と施業履歴を表示できる1/5,000レベルのデータ整備を目指した。

一方、②については、これまでに環境省が伝統的な自然利用を北部3村で聞き取りした調査⁵⁾や、奥間川に親しむ会が奥間川流域に関する山の生活を聞き取りした調査⁶⁾等があった。山原プロでは、林業史に絞って情報を深化させる一方、国頭村全域の実態把握のために、国頭村区長会の協力を得て、戦後、山仕事に従事した方々への聞き取り調査を行った。聞き取り調査では国土地理院の1/25,000地形図（2004年版）を用意する一方、時系列のオルソ空中写真（以下、オルソ：地形の影響や中心投影の歪みを補正した空中写真）を過去に遡

って順次作成し、「戦後の乱伐」の空間的な実態把握を目指した。

3. どんな問題にぶつかって、どう対処したか

1) 林齢と施業履歴の把握

林齢と施業履歴の把握作業では、県営林以外の民有林の小班番号が林班図に記されていない場合が多く、森林簿の小班が林班図上で特定できない問題にぶつかった。施業履歴をキーにリンクさせることも考えたが、林班図には複数の施業が重ね書きされて個々の区画が特定できない問題があり、一方の森林簿は施業の記録が直近1件のみで、未入力や更新されてない場合もあって、両者をリンクさせるのは困難であった。

これらの問題に対し、まず、地番とその区画がわかる地形・地籍併合図を国頭村経済課で入手し、地番をキーに森林簿の小班の区画を特定した。この方法は、一つの小班が一つの地番に対応する場合は多い私有林で有効であった。

次に沖縄県から過去の林班図（1978年（HF46欠）、1983年（HF09以北）、1988年（同）、1993（同）、1998年）を入手し、国頭村経済課からも現在使用中（2008年）の林班図と、全てではないが同課が保存していた1982～2007年のコンパス図と事業位置図を入手した。追加で入手した林班図には、2003年の林班図でわからなかった小班の番号が記載されている場合があった。これに併せて個々の施業区画と施業年度がわかる事業位置図を用いると小班の分割過程が辿れるようになり、小班番号の特定につながった。

それでも小班番号が特定できない場合は、聞き取り用に作成した時系列オルソも加え、森林簿の面積、林齢、保安林・鳥獣保護区特別地区等の規制、施業年、施業種、樹種等と総合的に対比して、わかる箇所から消去法的に小班番号を特定していった。

2) 「戦後の乱伐」の実態調査

「戦後の乱伐」の実態調査では、当初用意した2004年版の1/25,000地形図が話を引き出す素材として不適である問題に直面した。これは、この地形図に昔の道が記載されていないことが一番の原因であった。

この問題に対し、昔道が記載されている1921年（大正10年）の1/50,000地形図および1958年米軍作成1/25,000地形図を入手した。また、最初につくった2001年のオルソをもとに、過去に遡って1973年、1962年（西銘岳付近の欠落を1964年で埋めた）、1946年、1944年（西部）と自作し、山原プロ開始後に撮影された2006年（北部）と他から入手した1977年（国交省公開オルソ）、1988年のオルソを加えて合計8時期を整備した。

追加で用意した資料の内、特に1921年の地形図は、昔の道や集落の形状が描かれていて話者の関心を引き、道や川、地形の表記もわかりやすく、分水嶺を越えてヤマクを伐りに行った話や休憩場所での話等、地図を辿りながら自然に話題が広がった。

一方、オルソは、写真を読む技術が必要なためか、あるいは実際に歩いた距離感と一致しないためか、1921年の地形図ほど話を引き出す素材として有効でなかった。しかし、写真上の特定の改変地に絞ってこちらから問えば答えを得られる場合も多く、聞取調査は過去の空中写真のグランド・トゥールースとして有効であった。

4. どこまでできて、何が残ったか

山原プロでは、時系列のオルソ、施業区画のトレース、林齢マップの作成し、戦後の乱伐に関する空間的な聞取調査も行った。

時系列のオルソは、前述の8時期を整備した。ピクセルサイズは50cm~1mで、自作したものは立体視可能な標定済み空中写真となり、任意の箇所の人為の有無がPC画面で確認できるようになった。1946年時点の優良天然林で、現在も大きな改変を受けずにまとまって残る領域は、普久川上流の国有林から村有林37、38林班の半分をつないだ領域と考えられた。他の時期の空中写真も一通り入手したが、オルソは未完成となった。

施業区画は、記載漏れや記録の喪失分もあるが、前述した7時期の林班図に記載されていた区画およびコンパス図と事業位置図の396セットをトレースし、1968年からの造林、施肥下刈、除間伐、受光伐・樹下植栽、天改/育天の施業地個々のポリゴンを作成した。しかし、現時点では、林班図由来のポリゴンと事業位置図由来のポリゴンの整理統一と時期をおいて違う施業をした同一区画の位置統一ができておらず整理が必要である。

林齢マップについては、植物や動物の調査プロットが含まれる県道2号線以北の作成を目指して森林簿と林班図のリンク作業を進めている。県道2号線以南については、山原プロ期間中に完成させることは時間的に難しい。

戦後の乱伐に関する聞取調査は、聞取可能な18区を一巡以上回った。1921年の地形図や1944年からの時系列オルソを用いたことで、これまでにない時間的・空間的な人為の履歴が明らかになってきた。しかし、話を聞ける人が少なくなっているため、複数の人から同じ話を聞いて情報を検証することができず、わからなくなっている事項も多かった。

5. 沖縄の森林情報 (GISデータ) 整備の方向性

1) データ精度

森林情報は、林班図が1/5,000の地形・地籍併合図を用いて作成されているように、GISデータも適切な縮尺で統一して整備することが重要である。例えば1/25,000で作成された沖縄県土地対策課の鳥獣保護区特別地区のGISデータと1/5,000の林班図上の区画がズレるように、整備する時に基準になる縮尺や地形図を決めないとデータの整合性に問題が生じる。沖縄では、1/25,000地形図の尾根・谷では山中で自分の位置がわからず、1/5,000の地形・地籍併合図が必要になる。GISデータ整備も1/5,000レベルが求められる。

基盤になる地形図や林班図だけでなく、現場で取得するデータ精度の向上も必要である。今回、GIS上で事業位置図とオルソを比較したところ、見逃せない位置ズレや形の歪みが散見された。沖縄県に森林GISが整備された現在、コンパス測定の基点をGPSで測定するだけでもこの問題は相当程度解消されるはずである。過去の記録についても、皆伐跡ならオルソで位置を修正することができる。現場でこれから取得するデータも過去に取得したデータも、GIS・GPSを基盤に、県主導で精度を向上させていくことが期待される。

2) 地形・地籍併合図と林班図の整合性

国頭村内の現場では、地形・地籍併合図の尾根・谷・字界・地番の境界が重要な意味を持っている。現在の国頭村森林組合では架線集材が行われ、伐採は5ha程度の小流域単位になっており、施業上、尾根筋・谷筋のラインデータが重要である。一方、国頭村の村有林では、地元字 (=区) と村で分収されているため、字界も重要である。また、村の事業

位置図は、小班番号でなく地番で管理されており、地番の境界も重要である。

しかし、2003年の林班図の林班界・準林班界は、古い版の地形・地籍併合図をもとに作成されたままで、今の地形・地籍併合図の尾根、谷、字界、地番の境界と合っていない場合が多かった。森林GISが整備されたこの機に可能な限り修正すべきと考える。

3) 森林情報整備の目的

沖縄県の場合、基本となる「国土保全」「資源管理」に加え、「野生生物保護」と「山の歴史・文化の記録」が重要な目的になると考えられる。

前者については、前述のように、1946年時点の優良天然林で、今日まで皆伐あるいは強度の択伐を免れていそうな、まとまった林分は限られていると考えられた。逆に言うと、現実として人手の入った大多数の森林で希少な野生生物と人が共存していかなければならない。そうすると自然環境要素だけでなく、人為の履歴が生息地の分析に不可欠になってくる。林野行政が蓄積してきた森林簿および個々の事業の記録は、その貴重な情報源になる。今後の活用が期待される。

後者については、近年、国頭村内では、字誌・郷友会誌の編纂に取り組む区が多い。これは戦中・戦後を記憶した先輩方がいよいよ数少なくなっていることと関連している。国頭村は沖縄で林業の盛んな地域として有名であるが、住民の生業は1960年頃に山稼ぎから農業へ移行したため、現在の60歳代以下には山の知識が継承されていないという。

GIS・GPSが使える現在、昔の山仕事の記憶や方言地名を地図上に残すことは難しくない。先輩方の記憶とセットになれば、古い空中写真や地図の価値も飛躍的に高まり、先の野生生物と共存する森林利用の方法も見えてくるかもしれない。また、国頭村内で取り組まれているツーリズムについても、地域の歴史や文化の要素が加わると、森、川、海、集落景観や林道に物語が生まれ、魅力が高まる。地元の小中学校やNPOとも連携し、「山の歴史・文化の記録」を進めることが、森林情報整備にも求められていると考える。

引用文献

- 1) 外間ら：沖縄本島北部地域における森林植生. 沖縄県林試研報. 15. p2-59. 1993
- 2) 村田：第3章 脊梁山地の管理. ヤンバルにおける自然管理システムの研究. NIRA研究叢書. p29. 1989
- 3) 新納ら：沖縄県北部地域（国頭村・大宜味村・東村）における林齢による植生の比較研究. 特殊鳥類等生息環境調査VI. p1-40. 沖縄県環境保健部自然保護課. 1993
- 4) 渡邊：亜熱帯島嶼域における総合的沿岸・流域・森林管理に関する研究推進事業報告書. 沖縄県. p337. 2008
- 5) (財) 自然環境研究センター：平成10年度やんばる地域自然環境保全活用基本計画検討調査報告書. p218. 1999
- 6) 奥間川に親しむ会：清流に育まれて 奥間川流域生活文化遺跡調査報告書. p57. 2000

謝辞 本研究では、沖縄県森林緑地課、同北部農林水産振興センター森林整備保全課、同森林資源研究センター、同公文書館、同土地対策課、国頭村経済課、同森林組合、同区長会、奥区、国頭村の先輩方、奥間川に親しむ会、林野庁九州森林管理局、同沖縄森林

管理署、環境省那覇自然環境事務所、GIS沖縄研究室、国土地理院、日本地図センター、グラフィカ（旧きもと沖縄）の多大なご協力を頂いた。ここに感謝の意を表したい。

辺野喜地区の斜面安定工事について

沖縄県 農林水産部北部農林水産振興センター森林整備保全課 加藤 広大

Report on construction of Slope stability construction in Okinawa

Hiroo KATOU (Okinawa Prefectural northern agriculture-and-forestry fishery promotion center)

1. はじめに

沖縄県北部農林水産振興センターの担当する地域は、離島3村を含む1市2町9村からなり、区域面積は82,385haで県土面積の約36%を占め、古来より森林が多く「山原」と呼称されています。また、国の天然記念物に指定されている「ヤンバルクイナ」や「ノグチゲラ」等の山原固有種が生息しています。本県では治山事業においても、自然環境への配慮が強く求められています。そこで、今回、国頭村字辺野喜地区で実施した斜面安定工事について報告します。

2. 対象地の概要

本事業箇所は、辺野喜集落内に位置します(図-1、2)。斜面は、南向きの長大斜面で、均一な斜面勾配(40~45°)を形成しており、高木と灌木や雑草に覆われています。斜面下部には、保全対象である小学校や民家が建ち並んでいます。

本工事は、潜在性崩壊、山腹中抜けを防止する対策工を実施し、斜面下方に在る集落・学校の保全を図ることを目的としています。

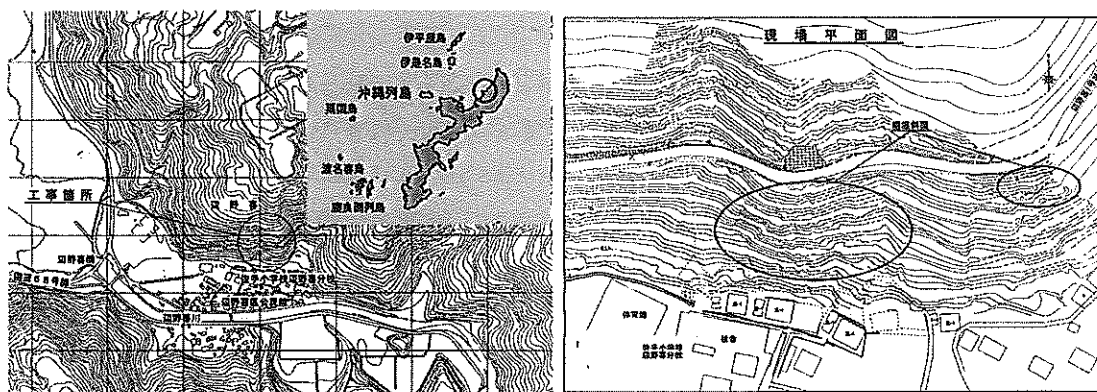


図-1 事業現場位置図

図-2 現場平面図

3. 調査結果

1) ボーリング調査結果

当該斜面に対して機械ボーリングによる地盤調査を行いました。これらの結果から斜面地質について、下記にまとめます。

- (1) 斜面全体は、基本的に単一な地質分布で、風化砂岩からなる。風化度合いにより強風化層、中風化層、弱風化基盤層に分けられる。表層厚は0.5～2m程度、崩壊や崩落発生の不安定地層と推定される。
- (2) 斜面の地下水については、ボーリング掘削時は全ての地層で逸水し、孔底への残留水位も確認できなかった。

2) 現地踏査結果

踏査状況などにより、斜面状況、潜在的な崩壊・崩落の形状についてまとめます。

- (1) 古くから斜面崩壊・崩落が繰り返されていたため、表層部の新規崖錐堆積物が不安定な堆積構造となっている。
- (2) 斜面中腹部で見られる転石～玉石で構築された野積石垣は、一部は洗掘や下方小崩壊に起因して緩み、不安定な崩壊や崩落を成している。
- (3) 転石や樹木根部のホールド作用により局所的な急傾斜地形が形成され、潜在的な崩壊ブロックまで発達している。

以上2つの調査結果より、本斜面の崩壊形式は、基本的に古くから繰り返した崩壊・崩落により堆積した新規崖錐堆積物の不安定構造とガリ洗掘に起因した表層崩壊に属し、崩壊深度は数十cm～2m以下、幅5～20m程度の小崩壊と推定されます。

4. 対策工の選定

1) 対策の基本方針

対策工選定に当たっては、斜面の立地条件や対策目的と推定した崩壊発生の誘因から、下記の基本方針を設けました。

- (1) 山腹の自然環境を破壊しないために、できるだけ樹木を伐採しないこと。
- (2) 地表の砂礫混じりの転石～岩塊集合体、野積石垣を安定化すること。
- (3) 崩壊深が2m以下と推定されるため、法面の補強深度を3mとすること。
- (4) 現地立地条件等から、大型の作業ヤードや搬入道(足場仮設工等)を避けること。

2) 対策工法の比較検討

前述の基本方針を踏まえて、斜面保護工としてよく使われている「フリーフレーム工法」、「ノンフレーム工法」、「補強筋Wネット工法」について、各々の工法の特徴を比較した。

フリーフレーム工法

格子枠と補強筋により斜面の安定を図ります。他の工法と比較し、○法面保護、斜面安定、急傾斜地対策等の分野において実績が多いこと、○格子枠にモルタルを吹き付けるため耐久性が高いことが挙げられます。

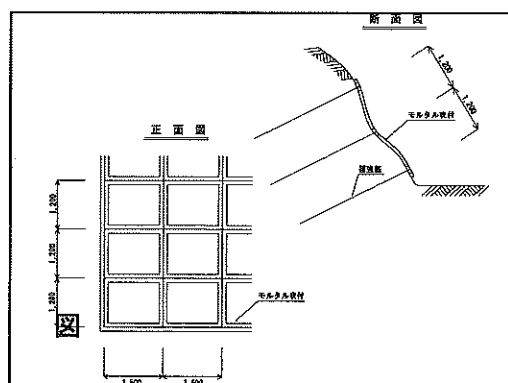


図-3 フリーフレーム工法標図

ノンフレーム工法

補強筋、支圧板、ワイヤーロープにより、複合的に斜面の安定性を確保する工法です。樹木を残しながら法面補強を行えます。他の工法と比較し、○樹木伐採や切土等の作業が不必要なため、現場の元々の植生への付加が小さいこと、○施工後の景観も損なわないこと、が挙げられます。

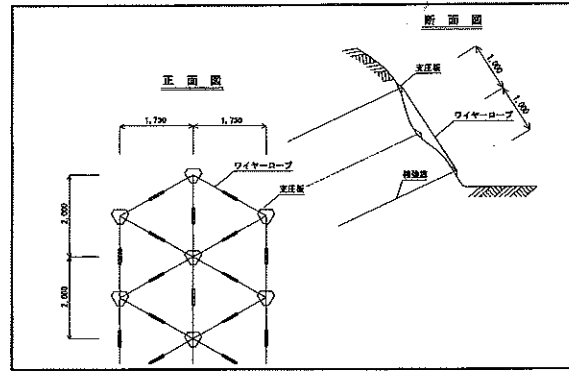


図-4 ノンフレーム工法標準図

補強筋Wネット工法

補強筋、ワイヤーロープ、菱形金網により、表土を保持し、表層崩落防止や植生の活着を高める工法です。樹木を残しながら法面補強を行えます。他の工法と比較し、○足場が不要なため工期短縮が図れること、○樹木伐採や切土等の作業が不必要なため、現場の元々の植生への付加が小さいこと、○施工後の景観も損なわないこと、が挙げられます。

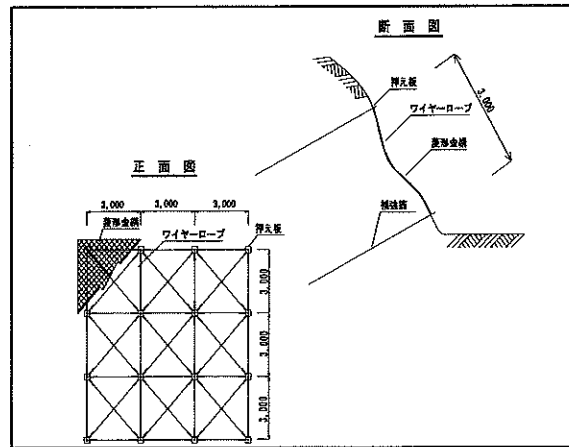


図-5 補強筋Wネット工法標準図

以上をまとめて、工期短縮、在来植生への影響、実績、景観への配慮、耐久性、施工単価の6項目より比較検討を行いました(表-1)。表-1に示すとおり、工期短縮、在来植生への低負荷、施工単価に優れた「補強筋Wネット工法」を採用することとしました。また、調査結果より、施工範囲を図-6のように決めました。

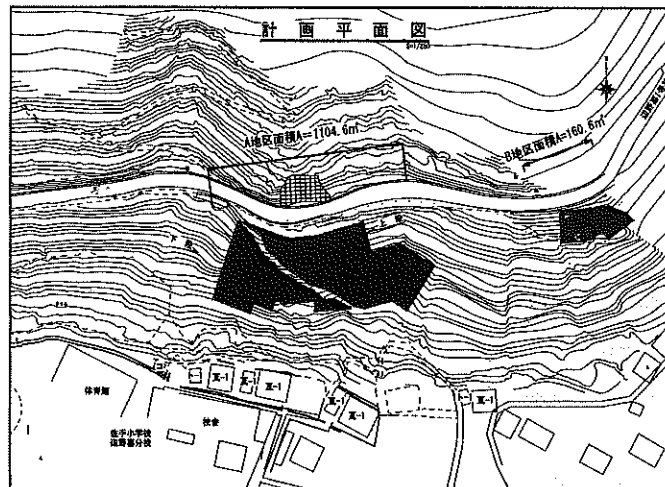


図-6 計画平面図

表-1 対策工法比較一覧表

工 法		フリーフレーム 法枠工	ノンフレーム 工法	補強筋 W ネット工
考 察	工期短縮	△	○	◎
	在来植生	△	◎	◎
	実 績	◎	○	△
	景 観	△	◎	◎
	耐 久 性	◎	○	○
施工単価(直工費)		26,000 円/m ²	28,000 円/m ²	18,000 円/m ²
総 合 評 価		3	2	1

5. 本工事の特徴

本工事の主な特徴として、植生・景観への低負荷が挙げられます。

植生と景観への負荷ですが斜面の切土や樹木の伐採を行わないため、斜面の元々の植生や土壌を活かすことができます。そのため、外部から人為的植生の導入の必要がありません。結果、景観の改変や在来植生に対する負荷が小さくなります。

終わりに

この工法は、既存樹木を残しながらの工法のため、写真に示すように、景観にあまり影響を与えていません。また、在来植生による斜面の安定化も期待できます。

本工事は、関係者の努力により、重機の搬入や作業場の確保が困難な厳しい施工条件の中、無事故無災害で竣工できました。今後も、維持管理をしっかり行い、地域住民の安全性を確保していきます。

最後に本事業の施工にあたり、ご協力いただいた辺野喜地区の皆様、国頭村の関係者各位、並びに、ご尽力いただいた調査、工事関係各社の皆様に感謝申し上げます。

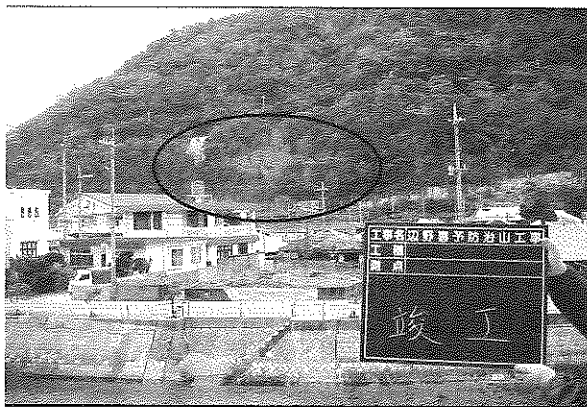


写真-1 竣工時

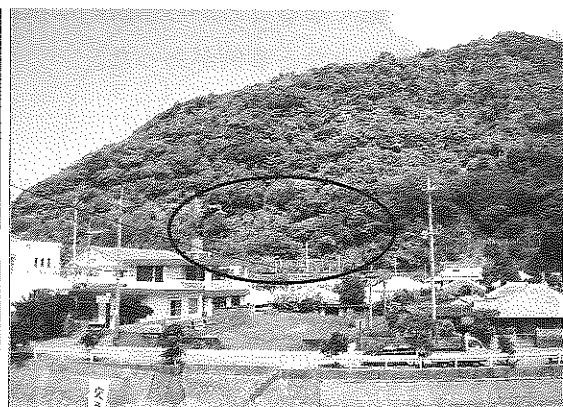


写真-2 竣工後2箇年経過時

特殊地盤の理化学性を考慮した緑化事例報告

国土防災技術株式会社 須田木 論・永井 隆之

A case report on improvement in ground greening on soils of unique physical and chemical properties.

Satoshi SUDAKI (Japan conservation Engineering Co. Ltd)

1. はじめに

沖縄のように強い直射日光が照りつけ、雨量強度が高い地域で法面保護として緑化工を実施する場合には、初期の植生の成立が不良となると植生基盤の有機物分解が急激に進行する傾向にある。また、強い降雨を受けて土粒子が分散し、容易に流亡、養分の流出を起こしてしまい植生が衰退している箇所が散見できる。今回の発表では、特殊な気候、土壌環境を持った沖縄における緑化工の取り組みについての事例報告を行う。

2. 緑化工の現状

法面保護工に一般的に用いられている植生マット等の無機肥料を用いた緑化を行うと沖縄のように強い直射日光が注ぐ地域では、アンモニア態窒素の昇華や養分の流亡が顕著となる事が知られている。また、沖縄特有の琉球石灰岩では、カルシウムが著しく占有することから結晶化して養分を保持する機能が低くなる傾向にある。

このようなことから、無機養分単独による緑化工は気象環境および土壌環境が厳しい沖縄では難しく、バーク堆肥等の有機質資材を用いた緑化が行われてきた。しかし、初期の段階で植生が成立しなかった場合、土壌の団粒化を促す腐植の形成が行われ難くなることから永続的な法面保護とならず、失敗となる事例があった。

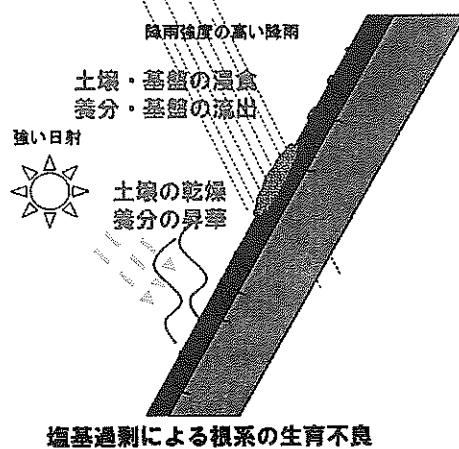


図-1 緑化工の現状

3. 緑化工の問題点

今まで施工された緑化では、緑化対象面土壌の物理性に着目していたが、前述した失敗事例では法面の理化学性の違いによる見地が不足していると判断できた²⁾。今回の法面緑化では、理化学性を考慮した土壌作りの観点を取り入れて検討した。緑化までの流れとしては、土壌の理化学性調査による分析を行い、その結果に応じて現場に適合した吹付厚さや配合を決定し、酸性土壌やアルカリ土壌に対応可能な緑化を検討した。

法面緑化工の検討において、これまでの土壌硬度や亀裂間隔・勾配及び、法面の方位といった物理性の他に、土壌分析を行い、以下に示す①から④の理化学的要素を評価対象とした。

①水素イオン濃度（土壌酸度）を示す指標として、「土壌 pH」がある。森林土壌では、6.0～6.5の微酸性の反応区分を示すことが知られており、酸性化が進行すると水素イオンが直接根系の働きを阻害し、ひいては、アルミニウムが溶出して、根系に障害が起こる¹⁾。

逆に、土壌がアルカリ性になると、マンガンや鉄、銅、亜鉛などの微量元素が吸収され難くなり、欠乏症を起こす。また、土壌中の陽イオン量（塩基）が過剰で塩類濃度が高くなっている場合が多いため、アルカリ障害に加え、塩基障害（浸透圧による障害）による根系の生育不良となる¹⁾。

②土壌中の栄養塩類の総量の指標に「電気伝導度（EC）」があり、森林土壌で0.2～0.4mS/cm（ミリジーメンズ/センチメートル）、ECの値が高くなると濃度障害で生育障害が起こり、逆に値が低すぎると土壌中の肥料が少なく生育不良となる¹⁾。

③土壌の保肥力の指標に「陽イオン交換容量（CEC）」があり、森林土壌ではミリグラム当量当たり、10～25の値を示す。（CECの1単位は、 6×10^{23} 個のマイナス荷電）土壌の微細な粘土と腐植によって構成されているコロイドは、電気的に陰（マイナス）の性質を示すことから、陽イオンのカルシウム、マグネシウム、カリウム、ナトリウム、アンモニア、水素などを吸着することができる¹⁾。

④土壌が保持している栄養塩類（陽イオン）の指標に「塩基飽和度」があり、森林土壌で60～80%の値を示す。土壌の微細な粘土と腐植によって構成されているコロイドが持っているマイナスイオンに、陽イオンのカルシウム、マグネシウム、カリウム等がどの程度の割合吸着しているかを示している。そのため、CECが適正值より小さい場合は、塩基飽和度が適正值であっても陽イオン（塩基分）が少ないことになる¹⁾。

これらの土壌の理化学性により、定量的な評価を用いて緑化工を選定した。

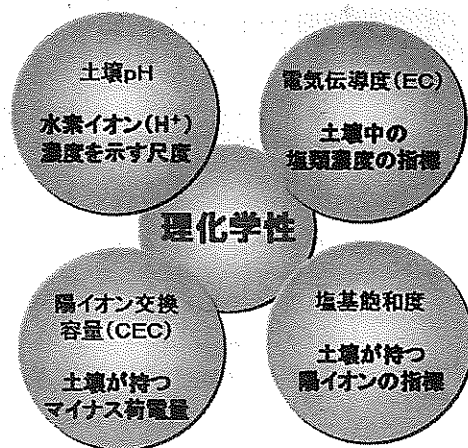


図-2 土壌の理化学性

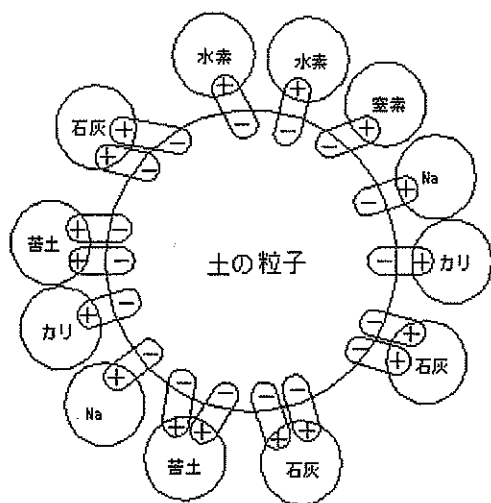


図-3 土の養分保持に関する模式図^{①)}

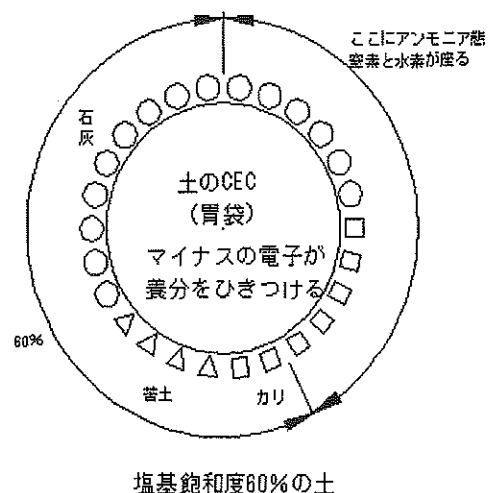


図-4 土壌のCECと塩基飽和度の関係¹⁾

4. 琉球石灰岩、島尻泥岩の化学的特性

沖縄県に広く分布している琉球石灰岩は、土壤反応区分で強アルカリに区分され、pH (H₂O) の値が9以上で、土壤の塩類量を測定すると100 μS/cm以下の値を示すのが一般的である。また、水酸化物イオン濃度 (OH⁻) が水素イオン濃度 (H⁺) を上回っているため、法面における落葉物の分解による土壤の形成がし難い。塩基類のバランスを図示すると、図-5の形態になり塩基飽和度で100%を超える。島尻泥岩の場合では、塩基飽和度は図-6に示すようになり、塩基飽和度が非常に低く、塩類(養分)不足になり、生育不良になる。この状態に沖縄の強い直射日光が注ぐと、土壤水分が著しく低下して風化が進行し、法表面の土壤に含まれる塩基が集積してアルカリ化していく傾向にある。

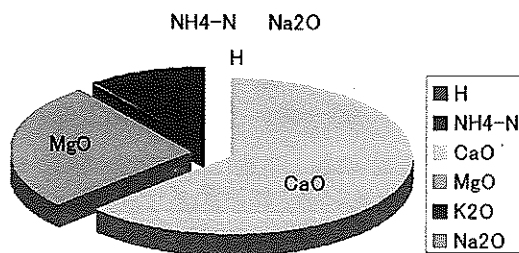


図-5 琉球石灰岩の塩基飽和度

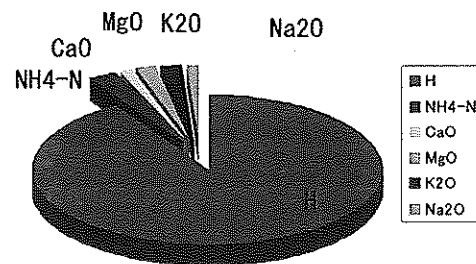


図-6 島尻泥岩の塩基飽和度

5. 緑化工の問題点改善

既存の緑化工の問題点を改善した手法は、基盤材の選定に土壤の成り立ちの要素を考慮した。自然界における土壤の成り立ちは、落葉・落枝が土壤微生物により分解され、腐植を形成する。腐植は、風化変質した粘土鉱物と結合し粘土腐植複合体となり、礫・砂及びシルトと結合して土壤となる。

従来の植生基材吹付工では、落葉・落枝に相当する基盤を導入するのみであったため、土壤形成が非常に遅く、風化するだけで土壤の化学性バランスが崩れ、単一植生になりがちであった。そこで、図-7のように、植生基盤に腐植の要素に泥炭腐植土を取り入れ、接合補助剤に粘土鉱物に相当する無機質ミネラル固化材を配合して、土壤形成の時間軸の短縮を図った。

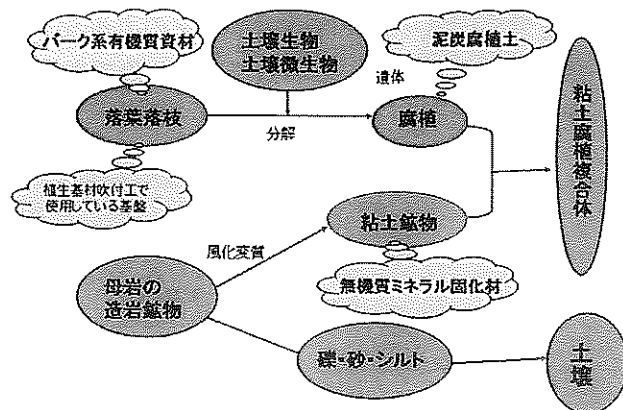


図-7 土壤形成を考慮した植生基盤の配合

この基盤材に補強短繊維を混合した植生基盤を図-8のようにラス金網無しで緑化対象法面に吹き付け、植生基盤層を造成し、表面を土壤浸食防止マットで保護する仕様とした。

また、バーク系資材に泥炭腐植土を混合することで、緑化の初期の段階から腐植が形成されるため団粒化し易くなり、保肥力の向上が図れた。³⁾また、植生基盤を97~98%の空隙を持った養生マットで被覆することで、沖縄の降雨による基盤の流亡を防止できた。

6. 緑化工の成果

沖縄のように強アルカリ性の特殊な土壤環境であることから緑化が困難となる箇所においては、緑化対象面の土壤分析を行い、中長期的に機能を維持できる植生基盤および仕様を検討することで対応が可能となった。施工後2年経過した箇所に導入した植生基材の土壤分析結果は土壤pHで6.7~6.9の中性、土壤EC値も0.25~0.40mS/cm

を維持している。施工時の琉球石灰岩のpHが8~9、EC値が0.05mS/cmであった

のと比較すると植物が侵入し易い環境となっている(図-9)。また、沖縄県で見られる強酸性土壤となり易い泥岩層においても、腐植土をバーク系資材に混合した植生基材とすることで、琉球石灰岩の法面同様土壤の化学的緩衝能力を高めることができ、酸性土壤の植物への影響を緩和しながら緑化が進行している。

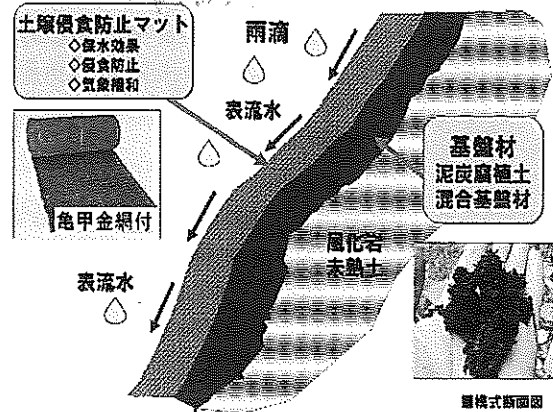


図-8 複合型緑化工法模式図

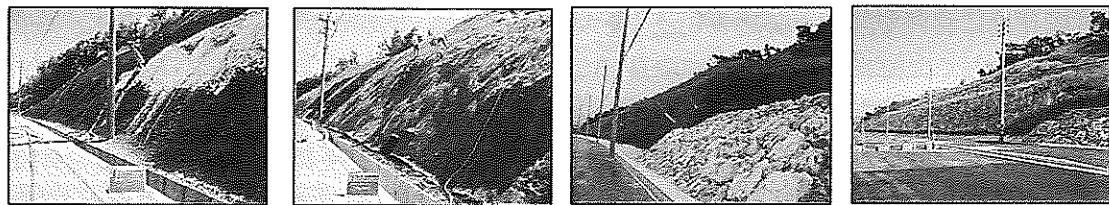


図-9 複合型緑化工法 追跡調査結果 (左より施工時, 完了後, 3ヶ月後, 1年後)

7. 今後の課題

法面の理化学性を考慮した緑化工を導入する試みにより、特殊な土壤環境および気象環境での緑化が可能となった。今後の課題としては、沖縄県に自生する植物および対象地周辺に生育している植物の種子を直接採取して周辺環境に調和することを考慮しながら、特殊地盤における緑化工に取り組んでいきたいと考えている。

引用文献

- 1) 藤原俊六郎ほか(1998):新版土壤肥料用語辞典,農文協,p77,79
- 2) 田中賢治(2006):法面緑化工選定時における土壤の物理・化学性からの評価手法,砂防学会,平成18年度砂防学会研究発表会概要集,pp180-181
- 3) 田中賢治(2006):緑化基盤材の塩基飽和度が植物へもたらす影響,緑化工学会,第37回特集,第32巻,第1号,pp227-230
- 4) 武田健(2003):新しい土壤診断と施肥設計,農文協,pp52
- 5) 田中賢治共著(2005):知っておきたい斜面の話 Q&A-斜面と暮らす-土木学会,pp232-181
- 6) 九馬一剛(2005):土とはなんだろうか?pp9-27
- 7) 藤原俊六郎ほか(2003):土壤診断の方法と活用,農文協,pp93,217

モモタマナ (*Terminalia catappa*) の開花フェノロジーと果実の成長

琉球大学農学部 谷口 真吾・西原 史子・中須賀 常雄

Flowering phenology and fruits growth of *Terminalia catappa*
Shingo TANIGUCHI, Fumiko NISHIHARA and Tsuneo NAKASUGA
(Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus)

1. はじめに

シクンシ科モモタマナ属のモモタマナ (*Terminalia catappa* Linn.) は、雌雄同株の半落葉性高木として熱帯、亜熱帯域に広く分布する。東南アジア、南太平洋諸島などが分布の中心域であるが、生態分布の中心では、高さ20~30m、直径1mにもなる。沖縄本島を含む琉球列島の亜熱帯島嶼域においては、防風・防潮林、街路樹として広く植栽され、造林ならびに防災上に有用な樹種のひとつである。成長は若齢時には速いが、壮齢期以降は中庸とされる²⁾。しかしながら、最適な土壌、あるいは環境条件下で造林すると、植栽後6成長期において、平均樹高3.6m (最大樹高5.3m) であった (谷口, 未発表)。モモタマナは、とくに海岸砂地での生育に良好な成長を示すようである。

モモタマナの枝は輪生状に添伸成長し、枝は水平方向に広がる特徴がある。このため、傘状の美しい樹形が維持され、公園や学校などの緑化木、とくに強い日差しからの日陰の創出を目的とする街路樹や風致樹としてなくてはならない樹種である。モモタマナの材は、建築材、家具材、造船材などに利用され、葉は赤褐色~黄色系染料の原料となる。このように有用樹であるモモタマナの植栽苗木 (一部、直播きのための種子) を安定的に生産するには、持続的な種子確保が必要である。

そこで本報告は、モモタマナの種子生産に至る繁殖様式の基礎知見を得るために、開花から種子生産に至る生殖メカニズムと果実の発育過程を明らかにすることを試みた。本研究では、①開花・結実フェノロジー、性表現調査として、開花から種子が成熟するまでの期間 (2008年4月から2009年2月までの間)、個体別に設定したモジュール単位での開花フェノロジー (開花期) と結実フェノロジー (果実成熟期) を定期的に調査した。さらに、②モジュール単位での果実の成熟過程を把握するため、果実の肥大成長を調査した。これらの結果をもとに、モモタマナの生活史、とくに開花結実に関する繁殖戦略としての適応的意義について、いくつかの考察を試みた。

2. 開花結実に関する樹種特性ならびに供試個体の概況と調査方法

1) 開花結実に関する樹種特性

モモタマナの開花結実に関する先行研究、ならびに既知見となっている繁殖生態の特徴をまとめる。モモタマナは雌雄同株である。花は小さく白色¹⁾を呈する。葉腋から出穂する穂状花序¹⁾に着花する。4~7月に開花¹⁾し、穂状花序の先の方には雄花¹⁾、穂状花序の基部側には雌花または両性花¹⁾をつける。筆者の観察によると花粉媒介は虫媒花であり、媒介者としてハエやハナアブの訪花を確認している。

果実は外果皮に果肉をもつ核果¹⁾である。核果は楕円形であり9~12月に淡褐色に熟す

る¹⁾。核果は長さ 45~65mm, 径 28~40mm, 厚さ 20~30mm であり, 先端は短突頭または円頭になり, 周囲に竜骨状の突起がある¹⁾。外果皮は液質あるいは繊維質の果肉であり, 成熟すると乾燥し黒褐色になる¹⁾。中果皮は繊維質と海綿質からなり¹⁾, 部分的にコルク質である。内果皮は薄くて硬く¹⁾, 中に 1 粒の種子がある¹⁾。種子は長楕円形で赤褐色¹⁾, 長さ 18mm, 径 3mm, 厚さ 5mm である¹⁾。核果は水に浮き, 海流¹⁾によって散布される。核果の外果皮は 8 月以降, クビワオオコウモリに摂食される。

2) 供試個体の概況と調査方法

本研究に供試した試験地は, 沖縄県うるま市州崎, 中城湾港新港地区の街路樹 32 個体のうち, サイズの平均的な 3 個体 (推定樹齢 10 年生, 平均樹高 4 m) を抽出した (以下, No. 1, No. 2, No. 3 と称する)。調査には 1 個体あたり 1 本の枝 (側枝) を供試した。

ところで, モモタマナの分枝パターンは仮軸分枝型であり, 添伸成長する。すなわち, 節ごとでは, 主軸は伸長せずに側枝が横方向に伸びていくが, 他の仮軸分枝型樹種のように主軸部分の枝先は枯れ落ちることはなく短枝状になり, その枝先 (主軸) に葉を叢生し, 穂状花序を産生する。本研究では, この側枝の節上に短枝状になったモジュールを「短枝モジュール」として計測・観察の基本単位とした。すなわち, 側枝上に叢生する短枝モジュールの数は, 個体や枝サイズによって異なっている。次に説明する (1), (2), (3) の調査項目に供した 3 本の供試個体 (No. 1, No. 2, No. 3) における短枝モジュール数は, 個体 No. 1 は 9 短枝, 個体 No. 2 は 6 短枝, 個体 No. 3 は 6 短枝であった。なお, モモタマナの街路樹は, アスファルト歩道の中央部に 2 列に列状植栽され, 植栽間隔は約 5.0m であった。調査期間を通じて, 調査個体に台風被害や病虫害などの被害はなかった。さらに, 地域気象観測所 (宮城島) のアメダスデータでは, 気温や降水量についても平年値と差がなく, 極端な高温あるいは低温, さらに小雨, 多雨などの生育環境に対する異常現象はみられなかった。

(1) 開花・結実フェノロジーに関する調査

開花期と果実成熟期を把握するため, 2008 年 4 月 19 日から 2009 年 2 月 12 日までの 300 日間に 38 回 (7 日間隔を目標としたが実際には平均 8 日間隔 (最小間隔 4 日, 最大間隔 21 日), 開花・結実フェノロジーを調査した。調査は 3 本の個体別にナンバーリングした短枝モジュール上の花穂数, 花穂長, 果実の着果数を記録した。ところで, モモタマナは花穂に多くのつぼみを着生するが, つぼみやつぼみが開花した小花は小さく, 触ると少ない衝撃でも落下する可能性が高い。また, 花穂は出穂して脱落するまでの期間が短く, 長期間継続して 1 つの花穂を観察するには限界がある。そこで本調査では, 短枝モジュール上に着生した花穂数を数えることにした。

(2) 花の性表現に関する調査

調査は, 2008 年 5 月から 9 月の間, 開花フェノロジー調査の実施日ごとに, 供試個体の 3 本からそれぞれ 2 箇所の短枝モジュールを抽出した 6 短枝モジュールを目視により定点観測し, 花穂 1 本ごとの性型を確認した。

(3) 果実数の変化と果実の成長過程に関する調査

調査は、2008年4月19日から2009年11月14日までの210日間に29回行い、3本の個体別にナンバーリングした短枝モジュールごとに果実を識別し、果実の長径、短径、厚さをノギスで計測した。同時に果実数も記録した。果実の成熟期は、果実外果皮の変色と未成熟果実落下の収束状況の2因子を付加して総合的に判断した。

3. 結果と考察

1) 開花期

2008年の開花期を図-1に示す。なお、短枝モジュール上にひとつでも開花した花穂、あるいは果実が存在していれば、開花期、あるいは着果期としてカウントした。

花穂の開花期は、調査を始めた2008年4月19日から2009年2月12日までの1回であった。その間、花穂は発生あるいは枯死、脱落を繰り返した。このようにモモタマナの花穂は、頻繁に再生することが確認できた。図-1には示していないが、花穂の開花期間(2008年4月中旬～2009年2月中旬)の内、確認できた雄花の開花は2008年5月上旬～5月下旬と6月下旬～10月上旬の2回であった。また、確認できた両性花の開花は5月上旬～5月下旬と6月中旬～10月上旬の2回であった。すなわち、2008年4月中旬～下旬、6月上旬～中旬、2008年10月中旬～2009年2月下旬に発生する花穂には、完全な開花に至らずに枯死、落下するものが多くあると推察された。幼果実の生産が最初に確認されたのは、2008年4月下旬であった。果実の着果期は、2008年5月上旬～2009年2月上旬であった。

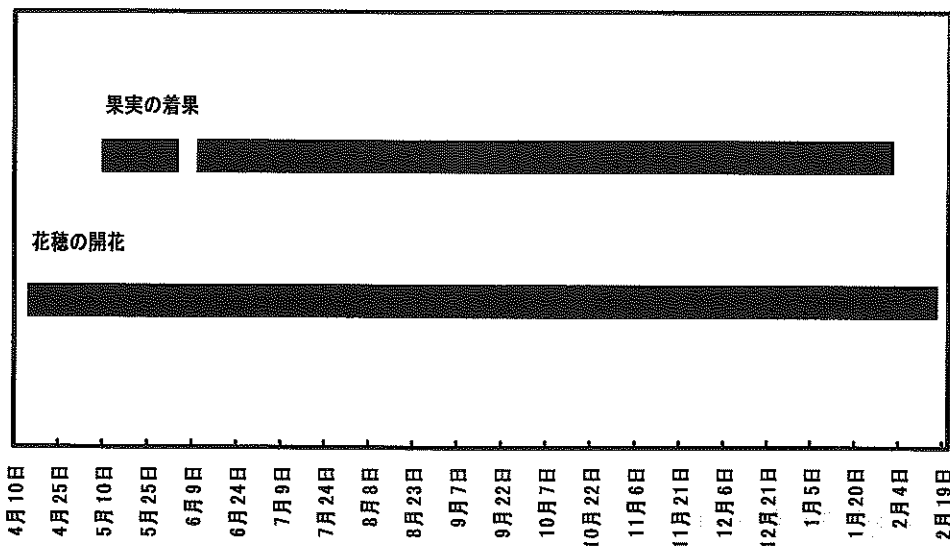


図-1 モモタマナ3個体の開花期

2) 短枝モジュールごとの花穂数

2008年に供試した3個体の短枝モジュールごとに花穂数の推移を図-2に示す。なお、図-2の横軸(X軸)は調査を開始した4月19日(4月中旬)からの経過日数で表しており、30日は5月中旬、90日は7月中旬、150日は9月中旬、210日は11月中旬、270日は1月中旬、330日は3月中旬を示す。

花穂は2008年4月中旬に開花し、その後7か月間にわたり花穂ごとに出穂と開花、枯死、脱落を繰り返した。

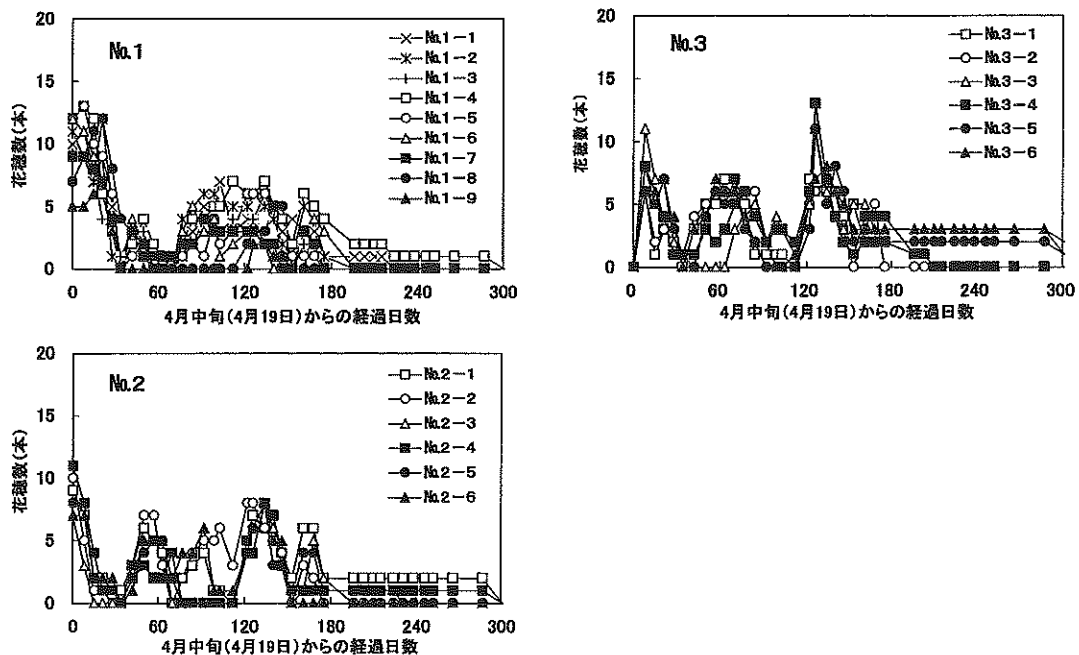


図-2 短枝モジュールごとの花穂数の推移

3) 花の性表現

モモタマナの花穂には、調査時期（とくに7月～9月）によっては、ハエやハナアブなどの花粉媒介者が頻繁に訪花するのを確認した。モモタマナの花穂は別名、ブラシ状花ともいわれ、ブラシ状に並ぶ雄花あるいは両性花の葯に昆虫が体表をこすりつけることからそう呼ばれている。目視調査の結果、花穂の先端上部域は花の形態から雄花（ひとつの花に雄蕊のみ、雌蕊の痕跡はない）、花穂の中程から下部までの基部周辺域は両性花（ひとつの花に正常な雄蕊と正常な雌蕊がある）が着生した。なお、筆者らは、澤岬（1983）の記述にある雌花については、現時点までに確認していない。

すなわち、モモタマナの性表現は花穂の先端の上部域に雄花（花粉を供給する葯をもつ）をつけ、花穂のほぼ半分から下部までの基部周辺域に両性花（花粉を供給する葯と花粉を受粉する柱頭、受精する胚珠を有する）であることがわかった。このように、モモタマナの性表現は、花穂上に「雄花」、「両性花」の2性を有することがわかった。

4) 短枝モジュールごとの果実数

2008年に供試した3個体の短枝モジュールごとに着果した果実数の推移を図-3に示す。

なお、図-3の横軸（X軸）は調査を開始した4月19日（4月中旬）からの経過日数で表しており、30日は5月中旬、90日は7月中旬、150日は9月中旬、210日は11月中旬を示す。

果実は、2008年7月下旬、8月下旬、9月中旬の期間、年3回着果した。着果した果実（幼果実も含む）の途中落下はほぼ認められず、かなり少ないものと思われる。

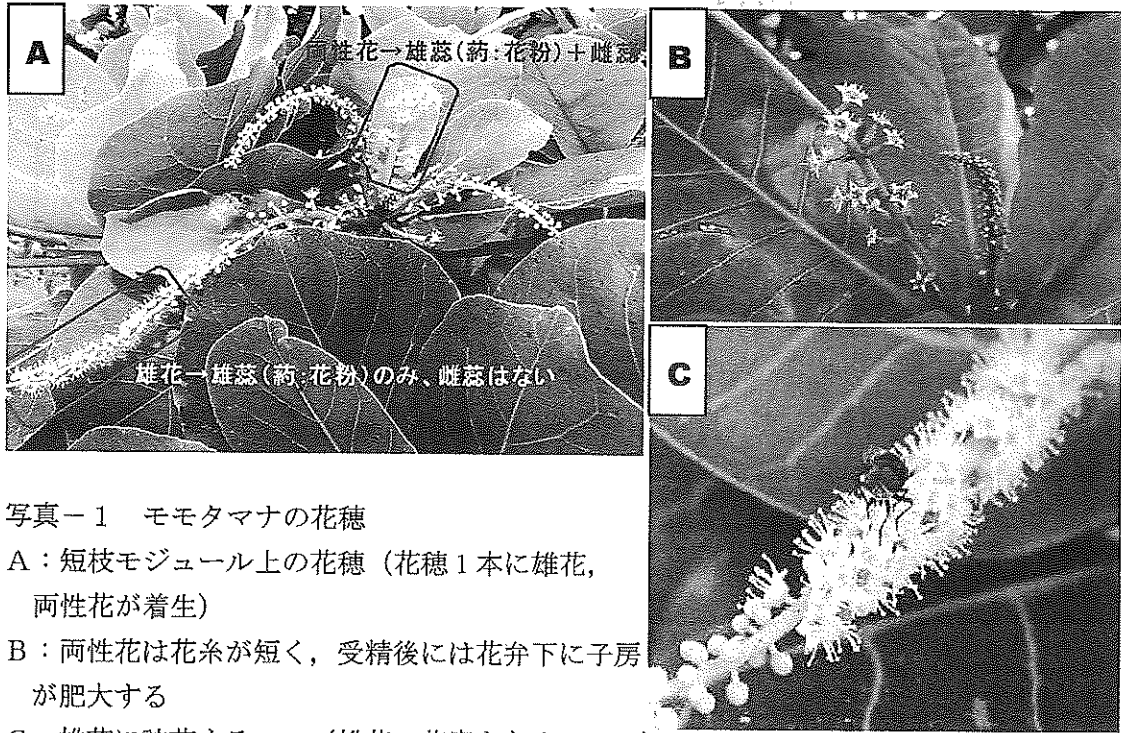


写真-1 モモタマナの花穂

A: 短枝モジュール上の花穂(花穂1本に雄花, 両性花が着生)

B: 両性花は花糸が短く, 受精後には花弁下に子房が肥大する

C: 雄花に訪花するハエ(雄花の花蜜をなめている)

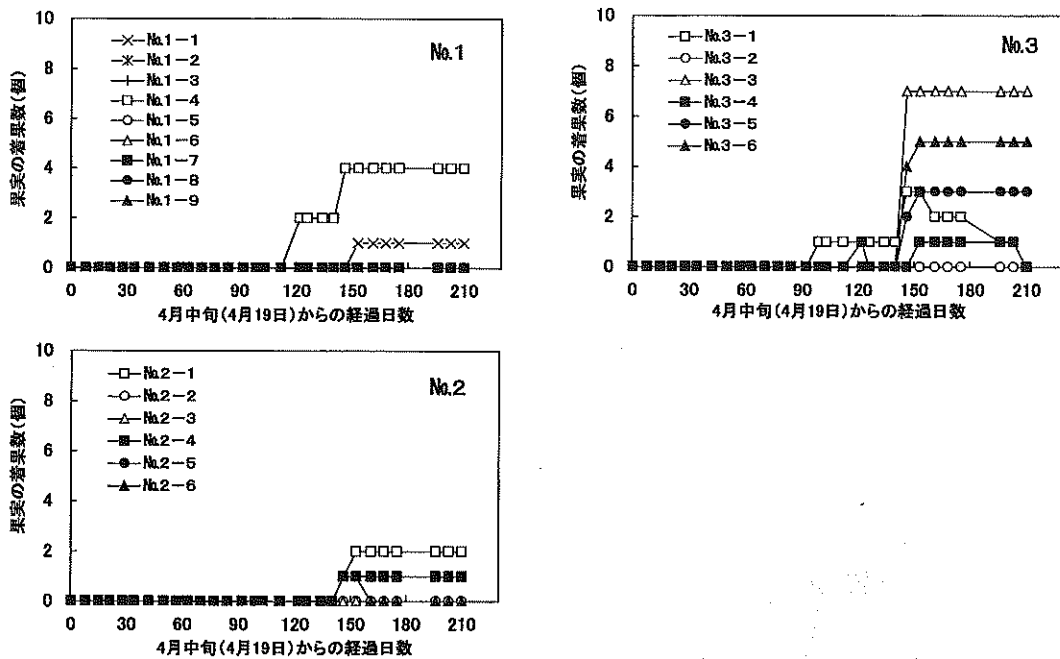


図-3 短枝モジュールごとの果実数の推移

5) 短枝モジュールごとの開花率

2008年に供試した3個体の短枝モジュールごとに出穂, 開花した花穂の割合を開花率とし, その推移を図-4に示す。ここでの開花率は花穂の中の花が1個でも開花した花穂は開花としたものである。なお, 図-4の横軸(X軸)は調査を開始した4月19日(4月中

旬)からの経過日数で表しており、30日は5月中旬、90日は7月中旬、150日は9月中旬、210日は11月中旬を示す。開花のピークは個体間で変動はあるものの、おおむね5月上旬、6月中旬～下旬、7月中旬～8月上旬、8月下旬～9月上旬であった。開花率は結果直前(図-3)の開花率が高い傾向であった。とくに、結果の10～20日前の開花率は顕著に高かった。すなわち、7月下旬に結果するがその直前の7月中旬の開花率は高く、さらに、8月下旬と9月中旬に結果するが、その直前の8月中旬以降の開花率が高い傾向であった。一方で、4月下旬～5月上旬と8月上旬～9月下旬の期間では、果実の繁殖成功に至らない花穂を繰り返し開花させる現象も認められた。さらには、開花率が一定の水準以上にあっても、結果しない場合も認められた。それらの相関性の検討は今後、実施する必要がある。

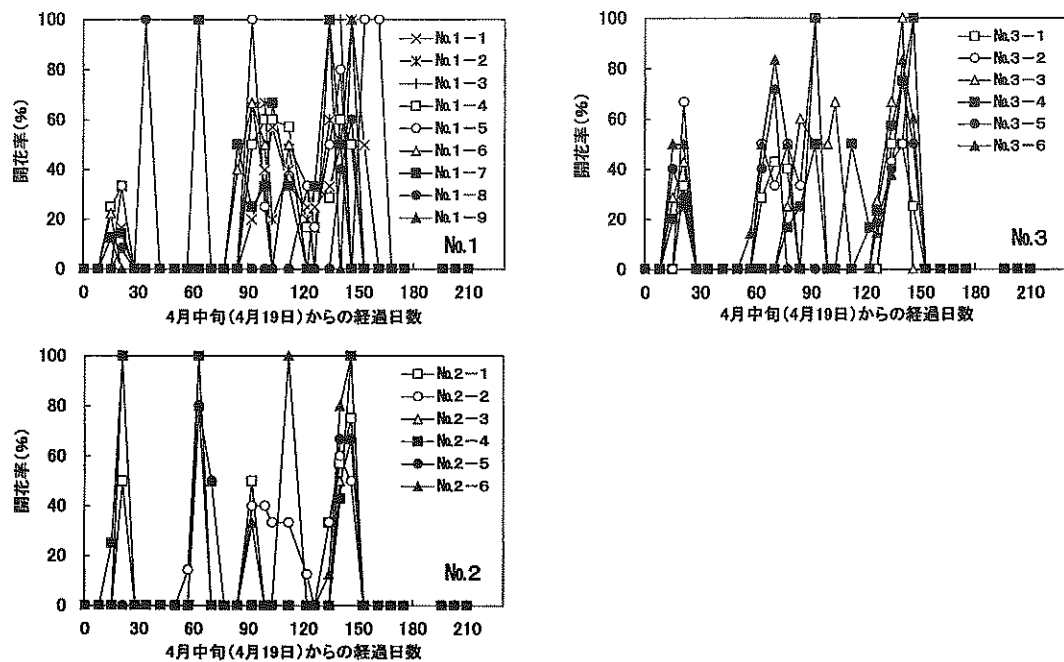


図-4 短枝モジュールごとの開花率の推移

6) 果実の成熟過程

図-5は、2008年に供試した3個体の短枝モジュールごとに、着果した果実数の成長経過を果実の平均体積の推移で表したものである。果実体積は果実の高さ、幅、厚さの実測値から算出した。なお、図中で平均体積が低下しているのは、その時期に幼果実が多数生産されたために、果実体積の平均値を押し下げたためである。図-5の横軸(X軸)は調査を開始した4月19日(4月中旬)からの経過日数で表しており、30日は5月中旬、90日は7月中旬、150日は9月中旬、210日は11月中旬を示す。果実が着果した時期は、2008年7月下旬、8月下旬、9月中旬の年3回であった(図-3)。7月下旬に結果した果実は、10月下旬に成熟した。成熟期間は3か月であった。さらに、8月下旬と9月中旬に結果した果実は、12月下旬から1月中旬にかけて成熟した。成熟期間は4か月であった。

モモタマナの果実が成熟する時期は、外果皮が黄・赤に変色する9月下旬以降¹⁾と推察される。例年この時期からは、モモタマナの果実に対して、クビワオオコウモリの摂食が

急激に多発する傾向にあるが、この現象も果実が成熟した証拠のひとつと考えられる。

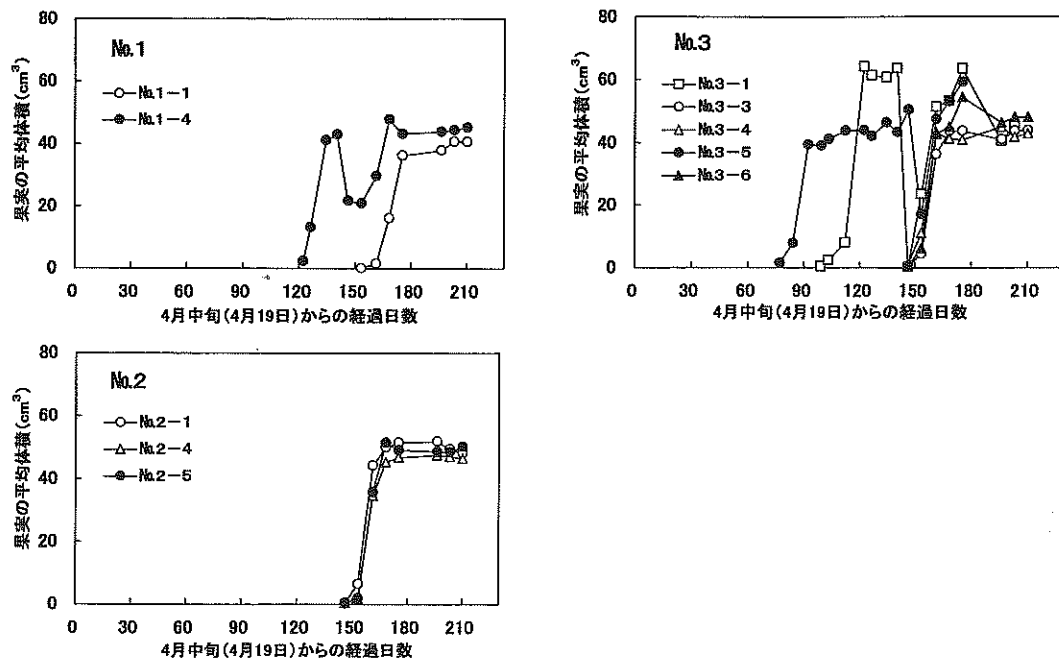


図-5 短枝モジュールごとの果実体積の推移

4. まとめ

本研究の結果をまとめる。①モモタマナの性表現は、花穂の先端上部域には雄花、花穂の中程から下部までの基部周辺域には両性花が開花した。②開花フェノロジーは4月中旬に開花が始まり約7か月にわたって開花した。花穂単位で開花と脱落(枯死)を繰り返した。結果の10~20日前の開花率は高い傾向であった。③結実フェノロジーは7月下旬, 8月下旬, 9月中旬の年3回着果した。④果実の成熟過程は、果実の途中落下(いわゆる生理落下)は少なかった。ところで、「4月下旬から5月上旬」と「8月上旬から9月下旬」の期間に果実の繁殖成功に至らない花穂を繰り返し開花させる現象がみられたが、その適応的意義として、余剰花を生産し、個体としての長期的な「ディスプレイ効果」を狙うものと推察した。それは、花粉媒介者としては学習能力の低い「ハエ、ハナアブ」を長期間惹きつけるための余剰花であり、これらの訪花昆虫の定住化を促すねらいがある。

引用文献

- 1) 澤岬安喜: 木の実・木のたね, 126pp, 1983
- 2) Thomason and Evans: Species Profiles for Pacific Island Agro-forestry, 18, 2006

クロマダラソテツシジミ (*Chilades pandava*) の

奄美大島における被害と生態

鹿児島県森林技術総合センター龍郷町駐在 岩 智洋・図師 朋弘

Caused damage by *Chilades pandava* and its ecology in Amami Island, Kagoshima Prefecture, Japan.

Tomohiro IWA・Tomohiro ZUSHI (Tatsugou Office Kagoshima Prefectural Forestry Technology Center)

1. はじめに

クロマダラソテツシジミ *Chilades pandava* は、幼虫がソテツ *Cycas revoluta* の若葉を食害し、時にはソテツを枯死に至らせるチョウである。¹⁾

鹿児島県本土では、2007年7月28日薩摩半島南端部の指宿市で初確認され、奄美大島では2007年9月20日初確認された。²⁾

奄美群島は、日本でも有数のソテツの自生地であり、その面積は1,900haに達する。古来、ソテツは救荒食として利用されてきたが、近年は特用林産物として種子・苗木・切り葉等の生産・出荷が行われており、³⁾ また、街路樹や耕地防風林、更には食品としても利用され、島民の生活に欠かせない樹木である。

そのため、クロマダラソテツシジミに対する島民の関心も非常に高く、生産者を中心に数多くの相談が寄せられている。¹⁾

そこで今回、奄美大島における被害状況調査及び生態調査を行ったので、その結果を報告する。

2. 調査方法と実験方法

1) 被害状況調査

2008年9月～10月にかけて、奄美大島を縦断する国道58号及び主要県道沿いに植栽されたソテツのうち(図-1)、新葉が展開したものを無作為に抽出し、目視により食害の有無を確認した。

なお、調査本数は各市町村30本とし、雄木・雌木は区分せず調査した。

2) 生態調査

(1) 産卵能力実験

2008年9月11日の午前、当駐在内のソテツで交尾を行っていた個体を捕獲し、交尾終了後、雌1頭をテトロンゴースで覆ったソテツポット苗(葉長20cm)の中に放蝶した。

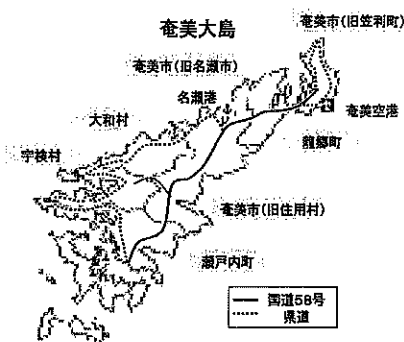


図-1 被害調査位置図

同日午後、産卵を確認したので、そのまま室外に放置し産卵後の様子を観察した（図-2）。

(2)低温耐性実験

2008年11月19日、当駐在内のソテツで捕獲した幼虫6頭（体長約2mm）をソテツポット苗（葉長15cm）に乗せ、ポット苗ごと15℃に設定した人工気象器（BIOTRON LH300 日本医化器械製作所）に入れ、幼虫の様子を観察した（24LOD）（図-3）。

なお、人工気象器の設定温度は、奄美市名瀬の2008年1～3月の日平均気温を基準に設定した。



図-2 産卵能力実験3日目のソテツ



図-3 低温耐性実験初日のソテツ

表-1 被害調査結果

市町村名	調査本数 (本)	被害本数 (本)	被害率 (%)
奄美市（旧名瀬市）	30	30	100
奄美市（旧笠利町）	30	30	100
奄美市（旧住用村）	30	30	100
龍郷町	30	30	100
大和村	30	30	100
宇検村	30	30	100
瀬戸内町	30	30	100
合計	210	210	100

* 雄木・雌木は混同

3. 結果と考察

1)被害状況調査

結果を表-1に示す。

奄美大島全市町村で被害が確認され、被害率は全市町村で100%であった。

このことから、奄美大島のほぼ全域にクロマダラソテツシジミが分布していることが確認され、新葉が確認されたソテツの大部分は、程度の差はあるものの被害を受けている可能性が高いと示唆された。

今後は山間部のソテツの被害調査を行い、より詳細な被害の実態を把握する必要がある。

2)生態調査

(1)産卵能力実験

実験3日後の2008年9月14日に幼虫を初確認し、産卵12～18日後に、合計67頭（♂36、♀30、性別不明1）の成虫が発生した（図-4）。

クロマダラソテツシジミは、300個近く産卵するとの報告があり⁴⁾、今回の実験では産卵数は確認していないが、クロマダラソテツシジミは幼虫同士で共食いを行うなど（図-5）、死亡個体もかなりあると考えられるため、産卵能力はかなり高いと推察される。

(2)低温耐性実験

結果を表-2に示す。

6個体すべてが成虫になり、幼虫から蛹化までに平均22.0日を要し、また、蛹から羽化までに平均25.3日を要した。今回の実験から、奄美大島で最も日最低気温の低い1~3月において、幼虫又は蛹の形態で生存する可能性は高いと示唆された。

また筆者は、2009年3月23日に龍郷町で蛹を1頭を捕獲し、人工気象器(設定温度25℃)に入れたところ、同年4月6日に雄が発生した(図-6)。

更に、同年4月8日には同地区で更に3頭の蛹を確認するなど、奄美大島全体の調査は必要だが、奄美大島での越冬の可能性は高いと考えられ、今後の発生消長を注意深く観察する必要がある。

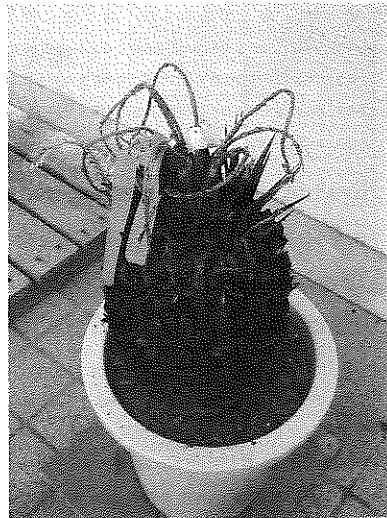


図-4 産卵能力実験15日目のソテツ



図-5 共食いするクロマダラソテツシジミの幼虫

表-2 幼虫の蛹化期間及び羽化期間 単位:日

No	入庫日(A)	蛹化日 (B)	(C)= (B)-(A)	羽化日 (D)	(E)=(D) -(C)
1	11月19日	12月11日	22	1月5日	25
2	11月19日	12月12日	23	1月6日	25
3	11月19日	12月11日	22	1月6日	26
4	11月19日	12月10日	21	1月5日	26
5	11月19日	12月11日	22	1月5日	25
6	11月19日	12月11日	22	1月5日	25
平均			22.0		25.3

引用文献

- 1) 岩智洋 (2009) : 森林防疫58 16-26
- 2) 福田晴夫 (2008) : 月刊むし(447) 2-4
- 3) 穂山浩平 (2007) : 奄美群島振興開発事業一森林資源活用調査事業報告書一 1-15.
- 4) 平井規央・森地重博・山本治・石井実 (2008) : 一最近分布を拡大したチョウとガ一 クロマダラソテツシジミとイチジクヒトリモドキ. 昆虫と自然 43 (12) 13-16.

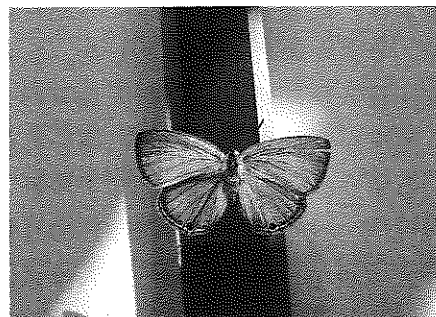


図-6 人工気象器で発生したオス

奄美産木材の野外杭打ち試験による耐蟻性能評価について

鹿児島県森林技術総合センター龍郷町駐在 函師 朋弘・岩 智洋
 鹿児島県森林技術総合センター森林環境部 森田 慎一

Evaluation of Termite Resistance of Amami Islands Timbers by a Piling Test in The Field.

Tomohiro ZUSHI・Tomohiro IWA (Kagoshima Prefectural Forestry Technology Center Tatsugou Office), Shinichi MORITA (Kagoshima Prefectural Forestry Technology Center. Forestry and Environment div.)

1. はじめに

鹿児島県奄美群島の森林資源を活用するためには、建築用材やエクステリア材など、より幅広い用途への利用を図っていく必要がある。また、奄美群島は高温多湿な亜熱帯地域であるため、特に屋外で利用する木材には高い耐朽性および耐蟻性が求められている。そこで、本研究では、奄美産樹種の耐蟻性を野外試験によって検証するため、既存薬剤の処理と無処理の杭を、奄美市笠利町の市有林内に設定した試験地に設置し、1年半経過後にシロアリによる食害状況を調査した。

2. 供試体および試験方法

1) 供試体

試験に供した樹種は、奄美群島を代表するリュウキュウマツ、イタジイ、イジュ、比較対照のために内地材のスギ、ヒノキの計5樹種とした。また、加圧注入薬剤処理は、鹿児島県内で注入処理が可能で、一般的に用いられているホウ酸 (B)、銅・アズール系 (Cu Az)、ナフテン酸亜鉛 (NZN) の3種類^{1), 2)} (表1) とし、加圧注入は県内企業に依頼した。供試本数は、1試験区画あたり150本 (30本×5樹種) とし、3反復設定した。なお、30本の内訳は、薬剤処理3種ごとに5本ずつの15本、無処理材を15本とした。

2) 試験方法

試験は、JIS K 1571「防蟻性能試験-野外試験」³⁾ および (社) 日本木材保存協会「加圧処理用木材防蟻剤の野外防蟻効果試験方法および性能基準 (JWPS-TW-P. 2)」⁴⁾ に準じ、試験体杭木 (3 cm角×35 cm) を、平成

表1 耐蟻試験に用いた加圧注入薬剤

薬剤名	概要
ホウ酸系 (B) 商品名:「テシホア」 「テシホア8ホウ酸2ナリウム4水和物」 メーカー:U.S.Borax 濃度:3.4%	防腐・防虫効果に優れているが、木材中で定着しないためわが国では主にヒラキクイムシを対象とした防虫剤として使用される。 性能 JAS K1, 保存協会認定
リグニン・銅・アズール化合物系 (CuAz-2) 商品名:「リグノア LG-350」 メーカー:エス・ディー・エス パイオテック 濃度:0.29% (40倍希釈)	酸化銅、炭酸銅などの銅化合物とアズール系化合物を7ミロン類、界面活性剤等を用いて水に可溶化させた薬剤。 性能 JAS K2~K4, AQ 1種・2種, 保存協会認定
ナフテン酸亜鉛系 (NZN) 商品名:「ニッサンクリン」 メーカー:兼松日産農林 濃度:3.0%	第3級カルボン酸に亜鉛が結合したものであり、優れた防腐・防虫抗力を持ち、石油系の有機溶剤に溶解して使用される。 性能 JAS K2~K4, AQ 1種・2種, 保存協会認定



図1 当該試験地の位置

19年9月3日に設置した(図1)。また、試験体の配置においては、同一樹種が一箇所にまとまらないよう考慮し、モザイク状に配置した(図2)。今回の試験では半年経過ごとに処理試験体及び無処理試験体を試験地から抜き取り、地中部の食害度(表2)を観察し、これまで1年半経過した時点までを評価した。

3) 調査地気候の概況

奄美群島⁵⁾は、近海を流れる黒潮の影響を受け、一年を通じて温暖・多湿な亜熱帯気候下にある。気温は10℃を下回ることが殆どなく、降水量は年間を通じて全般的に多く、5月から6月にかけての梅雨とたびたび襲来する台風の影響もあって多雨地帯である。奄美市の年平均気温は21.5℃、年平均降水量は2,913mmであり、平均湿度は74%と高い環境下である。

3. 試験結果および考察

1) 薬剤注入性能

奄美産のリュウキュウマツおよびイジュにおいて、ホウ酸とCuAzの薬剤注入量は、概ね450~520kg/m³と良好な結果が得られたが、イタジイについては、前者と比較すると注入性能は少ない結果となった(表3)。これは、イタジイの注入時の気乾比重が既存文献^{6),7)}の0.70~0.78g/cm³と比較すると高かったことに起因するもので、注入前の含水率管理はしたものの若干高含水率であったための影響によるものと考えられる。また、イタジイのホウ酸注入においても注入前より注入後のものが重量が軽くなったものもあり、その結果、単位体積あたりの注入量がマイナス値を示したものもあった。

なお、内地材のスギ、ヒノキについてもホウ酸とCuAzの薬剤注入量は、概ね550kg/m³と良好な結果が得られた。図3に気乾比重と薬剤注入量との関係を示す。気乾比重が増加するごとに薬剤注入量は減少する傾向が見られた。

一方、NZNについては、奄美産材および内地材ともホウ酸、CuAzと比較すると極端に少ない注入量であった。また、薬剤注入前後の重量が殆ど変化がないものやマイナス値を示しているものもあった。これは、乾

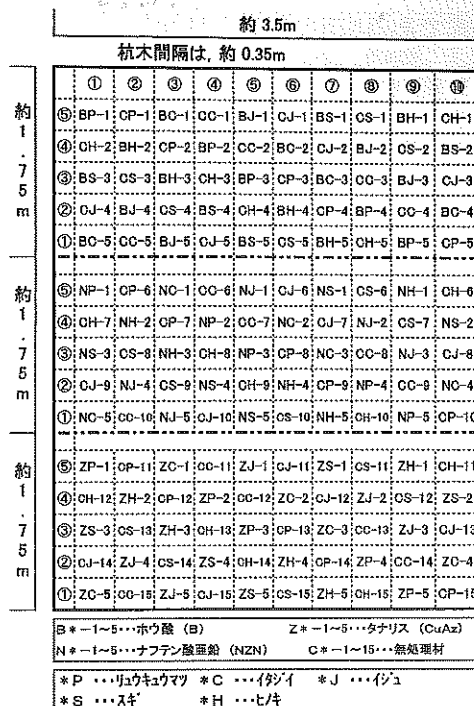


図2 試験杭の配置図(笠利試験地 No.1)

表2 食害度の評価基準(JWPS-TW-P.2より)

0	いかなる食害、食痕も見られない
10	表面のみ食痕が見られる
30	食害が見られる
50	内部まで食害が及んでいる
100	食害しつくされている

表3 樹種の違いによる薬剤注入量

樹種	区分	薬剤注入量 (kg/m ³)			
		気乾比重 (g/cm ³)	ホウ酸 (Kg/m ³)	CuAz (Kg/m ³)	NZN (Kg/m ³)
リュウキュウマツ	avg	0.65	493.2	444.2	27.0
	min ~ max	0.50 ~ 0.83	384.1 ~ 568.4	359.8 ~ 538.2	-9.6 ~ 56.6
イタジイ	avg	0.85	49.1	109.4	-79.5
	min ~ max	0.66 ~ 1.00	-38.9 ~ 330.9	66.9 ~ 308.1	-118.5 ~ -37.2
イジュ	avg	0.70	511.9	515.9	-6.2
	min ~ max	0.50 ~ 0.80	357.2 ~ 640.9	466.1 ~ 594.5	-32.6 ~ 10.6
スギ	avg	0.39	552.6	556.1	21.6
	min ~ max	0.31 ~ 0.51	370.2 ~ 725.2	487.3 ~ 645.3	6.4 ~ 33.4
ヒノキ	avg	0.50	547.4	562.0	18.9
	min ~ max	0.39 ~ 0.62	404.7 ~ 649.9	448.2 ~ 620.8	2.9 ~ 28.2

注)各樹種の比重は、コントロール材も含む

式であるNZNの溶媒が揮発性のものであることと、薬剤注入後、この溶媒を飛ばすために50~60°Cの熱処理を行っているために元々の木材中の水分が減少したことなどが考えらる。

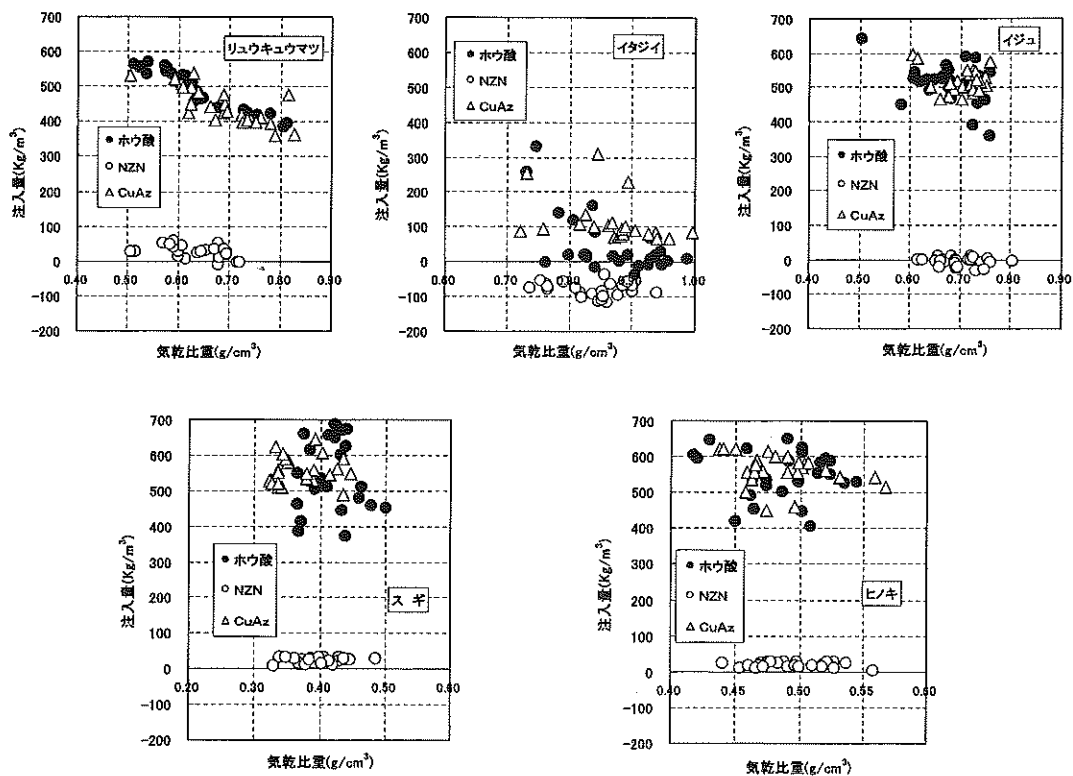


図3 気乾比重と薬剤注入量の関係

2) 食害度と防蟻性能評価

設置後4ヶ月経過した時点での予備調査において、リュウキュウマツ無処理材の一部がシロアリにより激しく食害されていることが観察された(写真1)。図4に笠引試験地における3箇所の平均食害度を示す。設置後1年半経過した時点で、リュウキュウマツ無処理材の食害度は69.3で、これに次いで無処理材ではイジユ、ヒノキが比較的高い食害度を示した。

ホウ酸処理したリュウキュウマツも無処理と同等の70.7の食害を受けており、ホウ酸処理材の接地条件での使用は、リュウキュウマツにおいては、ほぼ不可能と考えられる。また、ホウ酸処理したものはいずれの樹種でもシロアリの食害が認められた。ホウ酸は、比較的注入性が良好な薬剤とされているが、その反面、薬剤が材から溶脱しやすいことが言われており、その防止対策が望まれている。

他の薬剤について各樹種ごとに検討してみると、奄美材のリュウキュウマツは、NZN処理の食害度が4.0で最も低く、CuAz処理が8.7であった。イタジイは、薬剤注入性が悪かったこともありNZN、CuAz処理材とも無処理材と同等の食害度であった。イジユは、NZN処理

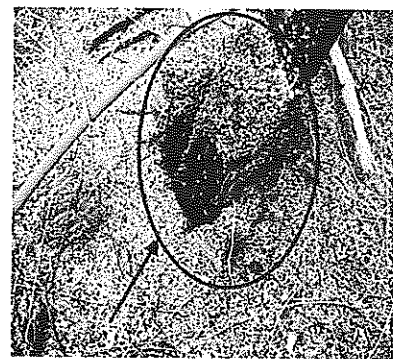


写真1 リュウキュウマツ無処理材の食害

の食害度が10.0で最も低く、CuAz処理はホウ酸処理と同じ食害度であった。内地材のスギ、ヒノキにおいては、NZNおよびCuAz処理処理とも食害度が小さな値であった。その他に特記する事項として、シロアリの食害の見られなかった試験杭においては、腐朽による材のヤセや脆弱化が、特にイジュやリュウキュウマツの無処理材で見られた。

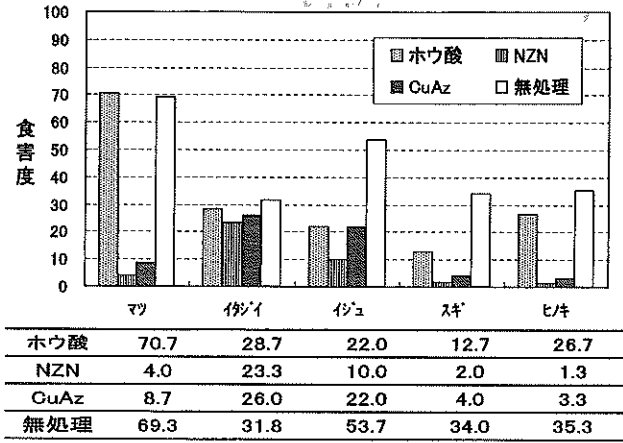


図4 笠利試験地の平均食害度(3試験地)

次に、防蟻性能の検討をすることとする。防蟻性能基準は、前述してきた食害度の平均値に食害発生率をかけた食害指数で評価する¹⁾とされている(式1)。

式1 食害指数の計算式

$$\text{食害指数 } I = \frac{R \times P}{\text{平均食害度 } R}$$

R = (処理試験体の食害度の合計) / (処理試験体の数)

P = (食害の発生した処理試験体の数) / (処理試験体の数)

この食害指数が10未満の場合は防蟻性能あり、ただし、食害度が50以上を示したものがある場合は、防蟻性能無しとするとされている。この基準を今回の調査結果にあてはめると、リュウキュウマツ、スギ、ヒノキでは、NZNとCuAz処理で防蟻性能あり、イジュにおいてはNZNのみにおいて現在までのところ防蟻性能が見られた(表4)。

表4 1年半経過時点の防蟻性能

薬 剤	リュウキュウマツ		イタジイ		イジュ		スギ		ヒノキ	
	R	I	R	I	R	I	R	I	R	I
B	70.7	70.7	28.7	28.7	22.0	19.5	12.7	11.1	26.7	25.9
NZN	4.0	<u>1.6</u>	23.3	23.3	10.0	<u>10.0</u>	2.0	<u>0.7</u>	1.3	<u>0.5</u>
CuAz	8.7	<u>6.5</u>	26.0	26.0	22.0	22.0	4.0	<u>3.5</u>	3.3	<u>2.3</u>
無処理	69.3	69.3	31.8	31.8	48.4	48.4	34.0	34.0	35.3	34.5

注) アンダーラインのものが防蟻性能あり

4. まとめ

今回の試験では、奄美産材と内地材や注入薬剤の違いによる注入性能や試験開始1年半経過した時点までの防蟻性能の評価について検討した。奄美大島では、島内産材特にリュウキュウマツはシロアリによる被害が生じやすいため使用したとらない風潮があるが、適正に薬剤注入を行えば、内地材のスギ・ヒノキなみの防蟻性能が得られることが示唆された。以上のことをまとめると、

① 薬剤の注入性については、リュウキュウマツおよびイジュは、スギ・ヒノキには及ばないものの良好な注入量を得られた。しかし、イタジイは乾燥が十分でなかった可能性も

あり、いずれの薬剤も極端に注入量が少なく、注入にあたっては留意する必要があると考えられる。

② 設置後、数ヶ月経過した時点での予備調査でリュウキュウマツ無処理材の一部が激しく食害されていることが観察されていた。設置後1年半経過した時点で、リュウキュウマツの無処理材の食害度は約70であった。これに次いで無処理材ではイジュが比較的高い食害度を示した。

③ リュウキュウマツ、スギ、ヒノキにおいては、NZNとCuAzの薬剤注入による防蟻性能が見られ、イジュにおいては、NZNの薬剤注入による防蟻性能が見られた。

④ ホウ酸処理したいずれの樹種も接地条件での使用は、ほぼ不可能と考えられる。

5. おわりに

今回の試験における防蟻性能は、あくまでも1年半経過した時点の途中経過の評価であり、防蟻性能の評価は、2年経過したうえで改めて評価することとする。また、今後は、本研究の結果を踏まえ、奄美地域における建築材、外構材としての木材利用の方法についてまとめ、現場での適切な施工に繋げていきたいと考えている。

引用文献

- 1) (社) 日本木材保存協会：木材保存剤ガイドライン改訂2版, PP. 56-62(2005)
- 2) (社) 全国木材組合連合会：わかりやすい新製材JASの解説, PP. 93-104(2008)
- 3) 日本規格協会：JIS K 1571(2004), 木材保存剤の試験方法及び性能基準, PP. 13-14
- 4) (社) 日本木材保存協会：JWPS-TW-P. 2(2001), 日本木材保存協会規格集, PP. 57-59
- 5) 鹿児島県大島支庁：奄美群島の概況, PP. 27-30(2007)
- 6) 鹿児島県工業技術センター：奄美群島林業振興調査事業 広葉樹利用開発, P. 2(1990)
- 7) 鹿児島県工業技術センター奄美群島林業振興調査事業 広葉樹利用開発, P. 3(1991)