

令和元年度  
**亜熱帯森林・林業研究会**  
**研究発表論文集**

県営林内の広葉樹人工林（国頭村）



**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

小型きのこからの新規線虫捕食菌の探索	1
琉球大学大学院農学研究科	広島 祐樹
玉川大学農学部	石崎 孝之
琉球大学大学院農学研究科	高島 幸司

挿し付け後3年が経過したフクギさし木苗の形状の系統間差 および実生苗の形状との比較	9
--	---

森林総合研究所林木育種センター西表熱帯林育種技術園	千吉良 治
森林総合研究所林木育種センター海外協力部	松下 通也
	楠城 時彦
	古本 良

沖縄島北部常緑広葉樹二次林の齢構成 - 大保川流域林分の事例 -	16
----------------------------------	----

亜熱帯林研究会	中須賀 常雄
	上野 和昌
	岸本 司
	増野 高司
琉球大学農学部	谷口 真吾

大國林道北端部における林道脇への外来樹木の侵入状況	24
---------------------------	----

琉球大学農学部附属亜熱帯フィールド科学教育研究センター与那フィールド	高嶋 敦史
琉球大学農学部	大城 春菜

テフラと奄美・沖縄のマングローブ林・推移	28
----------------------	----

北海道大学総合博物館資料部	春木 雅寛
北海道大学名誉教授	東 三郎
沖縄マングローブ協会	中須賀 常雄

## 事 例 紹 介

沖縄島北部におけるクヌギの植栽について	36
---------------------	----

亜熱帯林研究会	上野 和昌
	中須賀 常雄
	岸本 司
	宮城 清則
	宮城 健
屋我地エコツアーネット	笹島 久美子
琉球大学農学部	谷口 真吾

## ご挨拶

令和元年度の亜熱帯森林・林業研究会を開催するにあたり、ごあいさつ申し上げます。

本日は会員の皆様をはじめ、亜熱帯森林・林業研究会に関心をお持ちの多数の方々にご参加をいただき、誠にありがとうございます。

さて、本研究会は、大学、行政、民間等の多様な立場での情報共有や意見交換の場として、亜熱帯の森林・林業に関する更なる研究の振興や人材の育成を推進することを目的に、平成15年に設立されました。

それから16年の歳月を経て、新たに「令和」の時代に入り、記念すべき最初の開催となる今年度の研究発表では、森林・林業に関わる幅広い分野から、17件の発表が行われることとなっており、会員の皆様の日頃のご尽力と、開催に際してのご支援・ご協力に改めて敬意を表する次第であります。

さて、今年の3月に、市町村等が実施する森林整備及びその促進に関する施策の財源に充てるため、「森林環境税及び森林環境譲与税に関する法律」が交付されました。

産官学が連携し、本制度を効果的・効率的に活用していくことで、より適切な森林の整備が進み、森林の多様な機能が十分に発揮され、さらには森林・林業の振興や山村地域の活性化につながるよう期待するとともに、本研究会も微力ながら貢献できるよう努力して参る所存です。

さらに、今年の12月には、継続して森を守り育て、次の世代に引き継ぐことの大切さを伝えるため、第43回全国育樹祭が沖縄県で開催されると伺っております。記念式典の他にも、その併催行事として、育林交流集会等、関連する多数のイベントが企画され、森林・林業等に関する様々な見識を広めることが出来る貴重な機会となることから、非常に楽しみにしております。

それでは、最後になりますが、発表者の方々には、ご多忙の中、報告を取りまとめ、話題を提供していただきますことに心から感謝申し上げますとともに、本会の活動が有意義なものとなることを期待して、会長あいさつと致します。

令和元年 8月30日

亜熱帯森林・林業研究会 会長 芝 正己

# 小型きのこからの新規線虫捕食菌の探索

広島祐樹<sup>1</sup>・石崎孝之<sup>2</sup>・高島幸司<sup>1</sup>

<sup>1</sup>琉球大学大学院農学研究科, <sup>2</sup>玉川大学農学部

Isolation and identification of new Nematophagous fungi from small size mushroom  
Yuki HIROSHIMA<sup>1</sup>・Takayuki ISHIZAKI<sup>2</sup>・Koji TAKABATAKE<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduate School of University of the Ryukyus <sup>2</sup>College of Agriculture,  
Tamagawa University, <sup>3</sup>Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus

## 要約

小型きのこは食用に適さず、自然界からの採集が困難であるため、小型きのこに関する研究は僅少である。線虫捕食菌は線虫を不動化し捕食する能力を有するので、将来的にはセンチュウに対する防除に利用できる可能性がある。そこで本研究では小型きのこから線虫捕食菌を探索したところ、玉川大学保有の113菌株より、殺線虫活性を有する5菌株を選抜した。5菌株は *Mycena laevigata*, *Mycena* sp., *Xeromphalina campanella*, *Gymnopus nonnullus*, *Marasmiellus foliiphilus* と同定され、いずれも新規の線虫捕食菌であった。

キーワード：小型きのこ、材上性きのこ、殺線虫活性、新規線虫捕食菌

## はじめに

線虫捕食菌は線虫に対して不動化あるいは資化を行う菌類の総称である。線虫捕食菌は線虫への寄生様式によって内部寄生菌と外部寄生菌に大別される(三井 1985)。特に外部寄生型の線虫捕食菌は特殊な器官を形成し線虫を捕殺し体内容物を吸収する捕食習性を持つことが知られている(田村 1973)。土壌中の線虫捕食菌としては、*Arthrobotrys* 属、*Dactylaria* 属、*Monacrosporium* 属などの不完全菌類が知られている(Heints et al., 1972)。担子菌では *Pleurotus* (ヒラタケ) 属菌や *Neolentinus lepideus* (マツオウジ), *Lentinula edodes* (シイタケ) 等の材上性担子菌が線虫捕食菌として報告されている(真宮 2008)。さらに *Resupinatus* (シジミタケ) 属菌、*Chaetocalathus* (ヒダフウリンタケ) 属菌、*Panellus stipticus* (ワサビタケ) などの担子菌が線虫捕食菌として報告されている(Ishizaki et al., 2015)が、これらは傘の径が30mm以下の小型きのこである。小型きのこは子実体サイズが小さいが故に見つけにくく採集、保存が困難である。そのため小型きのこに関して分類関連以外の研究は殆ど着手されていない。

そこで本研究では小型きのこに着目して採集・分離した69菌株並びに玉川大学学術研究所菌学応用研究センター保有44菌株の併せて113菌株について殺線虫活性を検討し、小型きのこ由来の新規性線虫捕食菌を探索した。

## 材料および方法

### 1. 供試菌並びに供試センチュウ

供試菌は、2017年3月～10月の間に玉川学園敷地内（東京都町田市）と群馬県水上町で採取した小型きのこ 69 菌株並びに玉川大学学術研究所菌学応用研究センター保有の *Mycena* 属 44 菌株の併せて 113 菌株を供試した。

殺線虫活性のスクリーニングに *Bursaphelenchus xylophilus*（マツノザイセンチュウ、以下センチュウとする）を用いた。センチュウおよびその培養に用いる *Botrytis cinerea*（灰色カビ病菌）BC3 株は元森林総合研究所の真宮靖治博士から恵与された。線虫の培養は大麦培地に灰色カビ病菌を接種し、3 週間経過したものに線虫を接種した。線虫が十分に繁殖し、試験管内面にネット状に線虫が広がったことを確認してから供試した。

### 2. 殺線虫活性のスクリーニング

スクリーニング用の培地は、日水製真菌用 PDA 培地を 10 倍希釈し、寒天濃度は 1.5% に調整した 10%PDA 培地を供試した。スクリーニングは、10%PDA 培地中央に供試菌を接種し、室温で培養した後、培養した菌糸がシャーレの 3 分の 1 程度を覆った時点で、菌糸先端から 1 cm 離れた地点にセンチュウを 500 頭滴下した。センチュウ懸濁液の水分が培地に吸収され、培地を傾けてもセンチュウが移動しないことを確認した後、パラフィルムでシャーレをシールし、室温(25°C)で 48 時間培養した。1 菌株につきシャーレを 3 枚処理した。センチュウを滴下した 48 時間後、実体顕微鏡下で不動化したセンチュウの頭数と菌糸による捕食の有無を確認した。不動化の判断は、線虫が弧を描いて動かなくなっているか、直線状に硬直して動きがないものを不動化とし、不動化したセンチュウの割合を算出した。顕微鏡による観察で、線虫がほとんど不動化されたものは不動化されたセンチュウを含んだ培地をベルマン法で抽出して頭数を計数し、センチュウの不動化率を算出した。得られたセンチュウ懸濁液は全て 50 mL 遠心管に回収し、遠心分離機を用いて 5 mL に濃縮した。濃縮したセンチュウ懸濁液を攪拌しながら 1 mL 抽出し、計算盤に滴下してセンチュウ頭数を計測した。センチュウ数の計測は 3 回行い、平均値をもとに 50 mL 中のセンチュウ頭数を換算した。対照区には 10%PDA 培地にセンチュウを滴下したものを使用した

### 3. 強い殺線虫活性を有する菌の同定

強い殺線虫活性を有する菌については、DNA シークエンスによる同定と形態的特徴による同定を行った。DNA シークエンスによる同定では、PDA 培地上で培養した菌糸から DNA の抽出を行い、抽出した DNA 溶液を鋳型として、ITS 領域の塩基配列により相同性検索を行った。使用したプライマーは ITS5 (F)/ITS4 (R) で、PCR 反応組成液は DNA 抽出液 1  $\mu$ l、10  $\mu$ M プライマー各 0.6  $\mu$ l、10 $\times$ Ex Taq Buffer (タカラバイオ株式会社)を 3  $\mu$ l、2mM dNTP Mix を 3  $\mu$ l、ExTaq ポリメラーゼ (タカラバイオ株式会社)を 0.3  $\mu$ l、滅菌水 21.5  $\mu$ l を混合し、全量 30  $\mu$ l とした。PCR 反応は①98°C 60 秒、②98°C 10 秒、③55°C 15 秒、④68°C 60 秒、②～④を 30 サイクル行い、その後 68°C 10 分で最終伸長し 4°C で保管した。PCR 産物は精製後、Applied Biosystems 3500 Genetic Analyzer (株式会社 日立製作所) を用いてシークエンス反応を行った。得られた塩基配列を NCBI (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>)にて BLAST 検索を行い、種同定に必要な種名候補を検索し

て相同性を確認した。

## 結果および考察

### 1. 殺線虫活性のスクリーニング

供試菌 113 菌株のうち、46 菌株で殺線虫活性が認められ、そのうち YH 68 株、YH 89 株、FM 221 株、FT 1106 株、FT 1223 株において強い殺線虫活性を確認した (表 1)。

殺線虫活性の程度を線虫の再分離率で検討したところ、対照区では 53% となったのに対し、FM 221 株では 14%、FT 1223 株では 6%、YH 89 株では 4%、FT 1106 株および YH 68 株では 0% となった (図 1)。

菌株番号	分類	菌株番号	分類	菌株番号	分類
YH 19	<i>Agaricus subrufescens</i> <sup>2)</sup>	FM 817	<i>Marasmius purpureostriatus</i>	YH 48	<i>Mycena</i> sp.5
YH 102	<i>Armillaria</i> sp. <sup>3)</sup>	YH 11	<i>Marasmius</i> sp.1	YH 59	<i>Mycena</i> sp.6
YH 2	<i>Auricularia auricula-judae</i>	YH 71	<i>Marasmius</i> sp.2	YH 65	<i>Mycena</i> sp.7
YH 3	<i>Auricularia polytricha</i>	FT 1504	<i>Marasmius tricolor</i>	YH 72	<i>Mycena</i> sp.9
YH 82	<i>Auricularia polytricha</i>	YH 14	<i>Morchella esculenta</i>	YH 75	<i>Mycena</i> sp.10
FM 223	<i>Baeospora myosura</i>	YH 97	<i>Mutinus bambusinus</i>	YH 83	<i>Mycena</i> sp.11
YH 107	<i>Ciboria</i> sp.	FM 29	<i>Mycena abramsii</i>	YH 84	<i>Mycena</i> sp.12
YH 15	<i>Coprinellus micaceus</i>	FT 599	<i>Mycena abramsii</i>	YH 85	<i>Mycena</i> sp.13
YH 95	<i>Coprinellus micaceus</i>	FT 606	<i>Mycena abramsii</i>	YH 91	<i>Mycena</i> sp.14
YH 58	<i>Coprinus comatus</i>	FT 1022	<i>Mycena abramsii</i>	YH 69	<i>Neolentinus lepideus</i>
YH 66	<i>Crepidotus</i> sp.	FT 1025	<i>Mycena abramsii</i>	YH 43	<i>Nomuraea atypicola</i>
YH 44	<i>Cyathus stercoreus</i>	FT 1502	<i>Mycena abramsii</i>	FM 542	<i>Panellus stipticus</i>
FT 267	<i>Delicatula integrella</i>	FT 1506	<i>Mycena abramsii</i>	YH 108	<i>Penicillioopsis clavariiformis</i>
YH 52	<i>Favolaschia nipponica</i>	FT 1014	<i>Mycena adscendens</i>	YH 22	<i>Polyporus arcularius</i>
YH 5	<i>Galerina</i> sp.	FT 1094	<i>Mycena albiceps</i>	FT 1524	<i>Resinomycena rhododendri</i>
YH 100	<i>Ganoderma lucidium</i>	FT 2454	<i>Mycena aurantiomarginata</i>	YH 51	<i>Respinatus applicatus</i>
FT 1106	<i>Gymnopus nonnullus</i> <sup>1)</sup>	FT 1088	<i>Mycena corynephora</i>	YH 74	<i>Respinatus trichotis</i>
YH 99	<i>Gymnopus peronatus</i>	FT 2055	<i>Mycena corynephora</i>	YH 17	<i>Rickenella fibula</i>
YH 106	<i>Hebeloma spoliatum</i>	FT 2226	<i>Mycena crocata</i>	FM 17	<i>Roridomyces roridus</i>
FT 1116	<i>Hemimycena tortuosa</i>	FT 1125	<i>Mycena deeptha</i>	YH 8	<i>Scleromitrua shiraiana</i>
FT 331	<i>Hericium alpestre</i>	FT 693	<i>Mycena filopes</i>	YH 86	<i>Spatularia flavida</i>
FT 1077	<i>Hydropus funebris</i>	FT 787	<i>Mycena filopes</i>	YH 57	<i>Tetrapyrgos nigripes</i>
YH 30	<i>Isaria fumosorosea</i>	FT 2106	<i>Mycena filopes</i>	YH 63	<i>Tetrapyrgos nigripes</i>
YH 81	<i>Isaria sinclarii</i>	FT 2028	<i>Mycena galericulata</i>	FM 790	<i>Tetrapyrgos subcinerea</i>
YH 80	<i>Isaria takamizusanensis</i>	FM 842	<i>Mycena galopus</i>	YH 88	<i>Tremella foliacea</i>
YH 31	<i>Isaria tenuipes</i>	FM 843	<i>Mycena galopus</i>	YH 96	<i>Tremella foliacea</i>
YH 93	<i>Kobayasia nipponica</i>	YH 21	<i>Mycena haematopus</i>	YH 4	<i>Tremellochaete japonica</i>
YH 101	<i>Lycoperdon perlatum</i>	YH 87	<i>Mycena haematopus</i>	YH 94	<i>Tricholoma flavovirens</i>
YH 92	<i>Lyophyllum decastes</i>	FT 1184	<i>Mycena haematopus</i>	YH 98	<i>Tricholoma fulvum</i>
YH 103	<i>Lyophyllum decastes</i>	FM 221	<i>Mycena laevigata</i>	YH 89	<i>Xeromphalina campanella</i>
YH 10	<i>Marasmiellus candidus</i>	FT 1223	<i>Mycena luteopallens</i>	YH 50	Unknown <sup>4)</sup>
YH 32	<i>Marasmiellus</i> sp.1	FT 119	<i>Mycena plumbea</i>	FM 15	Unknown
YH 33	<i>Marasmiellus</i> sp.2	FT 985	<i>Mycena plumbea</i>	FM 175	Unknown
YH 34	<i>Marasmiellus</i> sp.3	FT 1861	<i>Mycena pura</i>	FM 625	Unknown
YH 68	<i>Marasmiellus foliophilus</i>	YH 16	<i>Mycena</i> sp.1	FT 20	Unknown
YH 41	<i>Marasmius maximus</i>	YH 20	<i>Mycena</i> sp.2	FT 1399	Unknown
YH 70	<i>Marasmius pulcherripes</i>	YH 38	<i>Mycena</i> sp.3	FT 1572	Unknown
YH 77	<i>Marasmius pulcherripes</i>	YH 47	<i>Mycena</i> sp.4		

1) 黒色白字：強い殺線虫活性 (不動化率80%以上), 2) 灰色黒字：弱い殺線虫活性(不動化率80%未満),

3) 白色黒字：殺線虫活性が認められない (不動化率0%), 4) Unknown：属名不明



図1. 採取菌株および保存菌株の線虫生存率

\*エラーバーは最大値と最小値を示す

### 3. 強い殺線虫活性を有する菌の同定

強い殺線虫活性を示した FM 221 株, FT 1106 株, FT 1223 株, YH 68 株および YH 89 株に対して BLAST 検索結果との整合性を確認するために標本を詳細に観察した。

#### 1) FM 221 株

FM 221 株は BLAST 検索の結果, *Mycena laevigata*(センボンクヌギタケ)の ITS 塩基配列と 99%の相同性を示した。学術研究所のデータベースによると本菌株の分離源となつたきのこは広葉樹の落枝材上から発生したものであった。このきのこから作成された凍結乾燥標本の観察を行った。観察の結果は以下の通りであった。

本菌の形態学的特徴は *M. laevigata* (センボンクヌギタケ)と一致し(Robich, 2003)。*M. laevigata* は過去に殺線虫活性の報告がないため, 新規の線虫捕食菌であると考えられる。

マクロ形態：傘直径 20~30 mm, 高さ約 10 mm, 色 10YR9/1.5, 柄の長さ 22~35 mm, 直径 1.5~2.3 mm, 色 10YR6/3, 表面絹光沢 微粉あり, ヒダやや密で上生円鋸歯状。

ミクロ形態：胞子は  $9.0 \times 5.0 \mu\text{m}$ , 楕円形, 表面平滑で非アミロイド, シスチジアは紡錘状で  $40 \times 10 \mu\text{m}$ 。



図2. 左:FM 221 株分離源,

中央:シスチジア(×400)

右:胞子(×1000)

## 2) FT 1106 株

FT 1106 株はBLAST 検索の結果 *Gymnopus nonnullus*(和名なし)の ITS 塩基配列と 99%の相同性を示した。玉川大学学術研究所のデータベースによると本菌株の分離源となったきのこはヒノキ落葉上から発生したものであった。

本菌の形態学的特徴は *G. nonnullus*(和名なし)と一致した(Willson et al., 2004)。このことから本菌は *G. nonnullus* であると推察される。これまでに *Gymnopus* 属菌から殺線虫活性が報告されているが、本種については殺線虫活性の報告が無く、新規の線虫捕食菌であると考えられる。

マクロ形態：傘直径 4 mm，高さ 1.5 mm，色 7.5YR7/8，柄の長さ 8 mm，直径 0.3 mm，色 7.5YR5/6

ミクロ形態：孢子 9.0×5.0 μm，楕円形，表面平滑で非アミロイド，シスチジアはこん棒状，20×5.0 μm.



図 3. 左:FT 1106 株分離源， 中央:シスチジア(×400)， 右:孢子(×1000)

## 3) FT 1223 株

FT 1223 株は *Mycena luteopallens* (ウスキブナノミタケ)と仮同定されていた。BLAST 検索の結果， *M. luteopallens* の ITS 塩基配列と 100%の相同性を示した。学術研究所のデータベースによると本菌株の分離源となったきのこはブナの実上に発生したものであった。

本菌の形態学的特徴は，ウスキブナノミタケ(*Mycena* sp.)と一致していた(池田，2013)。文献(池田，2013)に記載された *Mycena* sp. (ウスキブナノミタケ)と標本の形態学的特徴についても一致しており，このことから本菌株は *Mycena* sp. (ウスキブナノミタケ)であると推察される。日本産の *M. luteopallens* とされていた種は海外のものと形態学的特徴および発生環境が異なり，現在では新種とみなされているため，種小名は付与されていない(今関ほか，2013)。本菌は過去に殺線虫活性の報告がないため，新規の線虫捕食菌であると考えられる。

マクロ形態：傘直径 4~7 mm，高さ 2 mm，色 10YR 7.5，柄の長さ 40~50 mm，直径 0.5 mm，色 10YR6/10~下部 5YR4/8，絹光沢あり。

ミクロ形態：孢子 10×6.0 μm，楕円形，表面平滑で非アミロイド。シスチジアは紡錘状で 50×10 μm



図 4. 左:FT 1223 株分離源, 中央:シスチジア(×400), 右:孢子(×1000)

#### 4) YH 68 株

YH 68 株の BLAST 検索の結果 *Marasmiellus foliiphilus*(和名なし)の ITS 塩基配列と 99%の相同性を示した。本菌株の分離源となったきのこは広葉樹の半埋没落枝材上から発生したものであった。

本菌の形態学的特徴は *M. foliiphilus*(和名なし)と一致した(Dutta et al., 2015)。

マクロ形態：傘直径 3 mm, 高さ 2 mm, 色 10YR8, 柄の長さ 10~20 mm, 直径 0.1~0.2 mm, 下部 7.5YR3 に近く, 上部 7.5YR5 に近く, 明色化で絹状光沢あり。ひだは傘と同色, やや疎~やや密, 波打ち, 上生

ミクロ形態：孢子 9.0×2.0 μm, 長楕円形, 非アミロイド, シスチジアはサンゴ状で 40×10 μm

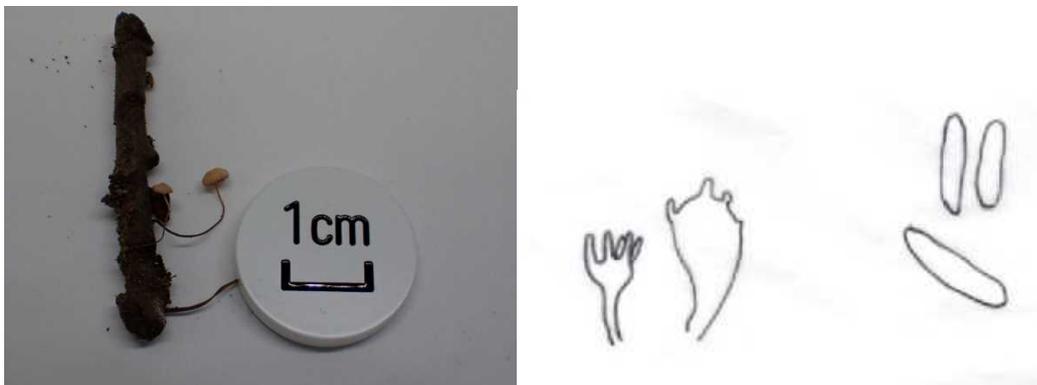


図 5. 左:YH 68 株の分離源, 中央:シスチジア(×400), 右:孢子(×1000)

#### 5) YH 89 株

YH 89 株の BLAST 検索の結果 *Xeromphalina campanella* (ヒメカバイロタケ)の ITS 塩基配列と 100%の相同性を示した。YH 89 株の分離源となったきのこはマツの切り株から発生していた。

本菌の形態学的特徴は *Xeromphalina campanella* (ヒメカバイロタケ)と一致した(池田, 2013)。Thorn and Barron(1948)は本菌について殺線虫活性を有していないと報告されているが, 本研究では強い殺線虫活性が示した。

マクロ形態：傘直径 12 mm, 高さ 3.6 mm, 色 7.5YR5/8, 柄の長さ 13 mm, 直径 1 mm, 色 7.5YR5/6 であった。

ミクロ形態：孢子  $6.0 \times 3.0 \mu\text{m}$ , 楕円形非アミロイド, シスチジアはこん棒状で  $40 \times 15 \mu\text{m}$



図 6. 左: YH 89 株の分離源, 中央: シスチジア ( $\times 400$ ), 右: 孢子 ( $\times 1000$ )

強い殺線虫活性の見られた 5 菌株の線虫不動化様式について検討するため寒天培地上での線虫の不動化の観察を行った結果, 5 菌株全てにおいて菌糸に接触していない線虫に対する不動化が確認された。 *Mycena pura* (サクラタケ) や *M. sepia* (和名なし) を含む *Mycena* 属菌が産生する殺線虫活性成分にはベンゾキノン誘導体である mycenon が報告されており, 同物質を培地内に産生することで菌糸に接触していない線虫も不動化するものと考えられている (Hautzel et al., 1990)。 5 菌株のうち *Mycena* 属である FT 1223 株および FM 221 株は同様の物質を培地中に産生することで線虫を不動化しているものと推察される。 他の 3 菌株についても何らかの物質を産生して不動化している可能性がある。 本研究で見出された 5 菌株は全て過去に殺線虫活性の報告がなく, 新規の線虫捕食菌であることが明らかになった。 今後は, 新規の線虫捕食菌について, その殺線虫様式に関わる機能を解析することで様々な応用が期待できる。

## 引用文献

- Dutta A. K., Wilson A. W., Antonin V. and Acharya K.: Taxonomic and phylogenetic study on gymnopoid fungi from Eastern India, I, *Mycological Progress* 14, 79, 1-18 (2015)
- Grgurinovic C. A.: The Genus *Mycena* in south-eastern Australia, *Fungal Diversity Press and the Australian Biological Resources Study*, p 329 (2003)
- Hautzel R., Anke H. and Sheldrick W. S.: Mycenon, a new metabolite from a *Mycena* species ta 87202 (Basidiomycetes) as an inhibitor of isocitrate lyase, *Journal of Antibiotics*, 43, 10, 1240-1244 (1990)
- 池田良幸: 新版 北陸のきのこ図鑑, 橋本確文堂, 石川, p 54 (2013)
- 今関六也, 大谷吉雄, 本郷次雄: 日本のきのこ, 山と溪谷社, 東京, p 134 (2012)
- 三井康: 線虫捕食菌と線虫, *化学と生物*, 13, 9, 571-577 (1985)
- 真宮靖治: 線虫捕食菌とマツノザイセンチュウ, *森林防疫*, 57, 6, 208-214 (2008)

Robich G. : *Mycena d'europa*, Associazione Micologica Bresadola, Italia, p 1120 (2003)

Thorn R.G. and Barron G.L. : Carnivorous mushrooms, *Science*, 224, 4644, 76-78 (1984)

Takayuki Ishizaki, Nao Nomura, Kyoko Watamabe: Screening of mushrooms for nematophagous activity against the pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, *Nematological Research*, 45, 1, 19-25 (2015)

Willson A.W., Desjardin D.E. and Horak E. : Agaricales of Indonesia, 5, The genus *Gymnopus* from Java and Bali, *Sydowia*, 56, 1, 137-210 (2004)

# 挿し付け後3年が経過したフクギさし木苗の形状の系統間差および 実生苗の形状との比較

千吉良 治<sup>1</sup>・松下 通也<sup>2</sup>・楠城 時彦<sup>2</sup>・古本 良<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 森林総合研究所林木育種センター西表熱帯林育種技術園, <sup>2</sup> 森林総合研究所林木育種センター海外協力部

Comparative analysis of rooted cutting clones and conventional seedlings in height, diameter and incline of stem at age of three years in *Garcinia subelliptica*.

<sup>1</sup> Osamu CHIGIRA, <sup>2</sup> Michinari MATSUSHITA, <sup>1</sup> Tokihiko NANJO, <sup>1</sup> Ryo FURUMOTO

<sup>1</sup> Iriomote Tropical Tree Breeding Garden, Forest Tree Breeding Center, Forestry and Forest Products Research Institute <sup>2</sup> International cooperation Department, Forest Tree Breeding Center, Forestry and Forest Products Research Institute

## 要約

奄美群島以南の南西諸島における防風垣等の主要な樹種として用いられているフクギ (*Garcinia subelliptica* Merr.) は、落下した果実の悪臭などが衛生環境上の問題になっている。解決の一方策としての雄株のさし木技術開発の一環として、さし付け後3年経過したさし木苗の生長量や幹の傾斜について調べ、一般的に植栽に用いられている実生苗の形状と比較した。さし木苗は、主軸長、地際径及び主軸の傾斜角にクローン間差が認められ、主軸長のクローン毎の平均値では最大値は最小値の3倍以上と推定され、市販の実生苗を上回る成長を示すクローンがあった。さし木苗の主軸は、実生苗に比べて傾斜しやすい傾向にあったがロングポットで育苗した一部のクローンは実生苗と同等の直立性を示した。採穂母樹の選抜とロングポットでの育苗を組み合わせることで、市販の実生苗と遜色がないさし木苗の生産は可能であると考えられた。

キーワード：クローン間差，さし木苗，フクギ，実生苗，ロングポット

## はじめに

奄美群島以南の南西諸島で防風垣等に広く用いられているフクギ (*Garcinia subelliptica* Merr.) は、直近の4年間の沖縄県営苗畑の樹種別生産本数が最も多い(沖縄県農林水産部森林緑地課, 2015; 2016; 2017; 2018) 沖縄県の主要な植林木の一つである。フクギは防風機能が高い一方で、雌花を多く着花する個体から落下した果実が腐敗臭を発生すること等が問題点としてあげられる(末吉, 1973)。

フクギは雌雄異株とされてきたが(初島, 1975), 雌雄株の他に両全花, 雄性偽両全花, および雄花が5つの組み合わせパターンで雑居する株の存在が指摘されている(仲里ら, 1992)。しかしながら、雑居株の頻度は低く、概ね雌雄株が半数程度ずつ存在することが確認されている(仲里ら, 1992; 谷口ら, 2008)。

フクギはさし木による繁殖が可能であることが報告されている(外間, 1954; 末吉, 1976;

楠城ら, 2017; 千吉良ら, 2018) ことから, 腐敗臭の原因である果実をつけない雄株をさし木増殖して植栽することで, フクギの衛生環境上の問題点を解決することが可能になると考えられる。

著者らはこれまでに, フクギのさし穂の形状等が発根率に与える影響を調べ, 節の直下に切り口を作ることや先端部の節間長が長い穂を用いることなどで発根率の向上が見込めることや, 採穂母樹の選択が発根率に大きく影響することを示した(千吉良ら, 2018)。その他に, さし木苗と市販の実生苗の形状を比較し, さし木苗の主幹が比較的傾斜しやすい傾向があることを明らかにするとともに, さし木苗をロングポットで育成することが主幹の傾斜を抑制する効果があることも明らかにした(千吉良ら, 2019)。

フクギの苗木は一般的に播種後3年の育苗期間を経て植栽される。本報告では, 既報で用いたさし木苗が挿しつけ後3年目になったため, それらの形状のクローン間差などについて, 一般的に販売されている実生苗との比較を交えて報告する。

## 材料と方法

### 1. さし木苗の育成と比較用の実生苗木

本報告で用いた材料は既報(千吉良ら, 2019)で用いたさし木苗と実生苗であるが, さし木苗が挿しつけ後3年目になった点が異なる。以下に, 試験材料の概要を示す。

2016年6月22日に石垣市内の防風林の34個体から採穂した451本のさし穂の内, 発根した34クローン341個体について, 2017年1月11日~13日の間にビニールポットに植え付けた。なお, 茎や切口の癒傷組織付近から肉眼で確認可能な白い根の組織が発生したさし穂を発根と判定した。また, 採穂個体の選択は雌雄株がほぼ同数となるように配慮したことを除いて, 当該防風林から無作為に行った。

育苗には形状の異なる2種類の塩化ビニル樹脂製のビニールポットを用いた。いずれのポットも上部開口部の直径は12cmであるが, 高さが10cmおよび25cmと異なる。以降通例に従って高さが10cmのポットをショートポット, 25cmのポットをロングポットと記述する。ポットの形状別の植え付け本数はショートポットが34クローン291個体, ロングポットが10クローン50個体である。なお, 以降ショートポットに植え付けたさし木苗をさし木ショート, ロングポットに植え付けたさし木苗をさし木ロングと略記する。

用土は桐生砂2に対してPh未調整のピートモス1の容積割合で混合したものを用いた。用土には元肥として混合前の2種類の用土の容積の和90ℓに対して, BMようりん400gを混和した。また, 追肥としてくみあい尿素入りIB化成S1を1~3粒(1回/ポットあたり)計6回にわたって施した。その他に苦土石灰を計3回施用したが, 1回当たりの施用量は, さし木ロングは2.4g/ポット, さし木ショートでは1.2g/ポットとした。

さし木苗の対照として, 従来より生産が行われているポット育苗した実生苗を沖縄県内の2つの生産者から2018年5月に50個体ずつ購入し調査まで育苗した。生産者からの聞き取りでは購入した実生苗は, 通常の出荷規格の苗木であり, 大部分が3年生とのことであった。生産者によりポットの形状と用土が異なっていた。用土の詳細や施肥等の履歴は不明であるが, ロングポットに砂質土壌(以降実生ロングと略記), とショートポットに埴質土壌(以降実生ショートと略記)の組み合わせであった。

### 2. 苗木の形状の調査

苗木の形状は、2018年6月13日と2019年6月17日に主軸長、地際径、頂端と地際の水平距離について調査時点で生存しているすべての個体について計測した。2018年6月の調査時に生存していたさし木苗は、32クローン219個体であったのに対して、2019年6月の調査では30クローン174個体であった。主軸長および頂端と地際の水平距離はスチール製の巻尺で測定し、0.5cm単位で記録した。さらに、頂端と地際を結ぶ直線が地平面と交わる内角の最小値を、主軸長および頂端と地際の水平距離から算出し主軸傾斜角とした。地際径はデジタル表示機能付きのノギスで測定し100分の1mm単位で記録した。

データの解析にはフリーの統計解析ソフトR.3.4.1を使用した。

## 結果

それぞれの調査項目について、調査日毎にクローンとポットの種別を因子とした type3 の分散分析を行った結果を表一1に示す。2回の調査日ともにクローンの効果が認められたのは、主軸長と地際径であった。主軸傾斜角については2019年6月になってクローンの効果が認められた。育苗ポットの効果は地際径と主軸傾斜角で認められたが、主軸長には認められなかった。

表一1 クローンとポットを因子とした分散分析の結果

項目	因子	
	クローン	ポット
2018年6月主軸長	***	ns
2018年6月地際径	***	**
2018年6月主軸傾斜角	ns	***
2019年6月主軸長	***	ns
2019年6月地際径	***	**
2019年6月主軸傾斜角	***	***
主軸伸長量	***	**
地際径成長量	***	**
主軸傾斜角変化量	ns	ns

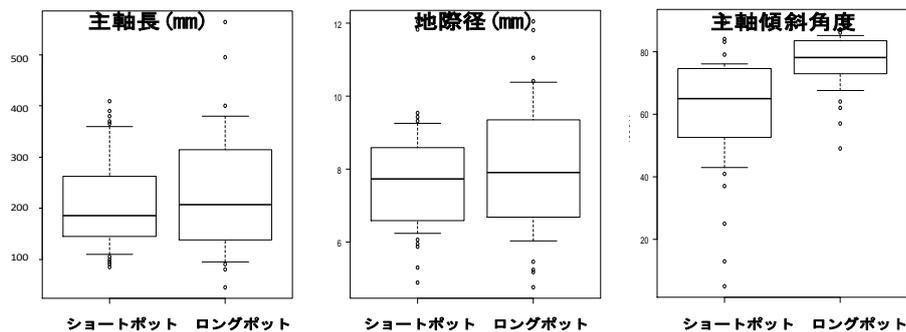
注:\*\*\*:0.001, \*\*:0.01, ns:有意差なし

主軸長のクローンの平均値は、2018年6月時点で45mm～252mmの範囲にあったのに対して2019年6月では60mm～365mmであった。地際径のクローンの平均値は、2018年6月時点で4.3mm～7.7mm、2019年6月は5.5mm～8.9mmであり、主軸傾斜角のクローンの平均値では、2018年6月時点で34°～79°、2019年6月は44°～82°であった(表一2)。クローン毎の2018年6月から2019年6月までの平均値の変化量の範囲は、主軸長で6mm～154mm、地際径で0.2mm～2.7mm、主軸傾斜角では-15°～19°であった。なお、比較に用いた実生苗ショートと実生ロングの平均値はそれぞれ、主軸長は335mmと319mm、地際径は7.8mmと7.6mm、主軸傾斜角では79°と84°であった(表一2)。

表一2 挿し付け2年目と3年目のクローン平均値の範囲と実生苗の平均値

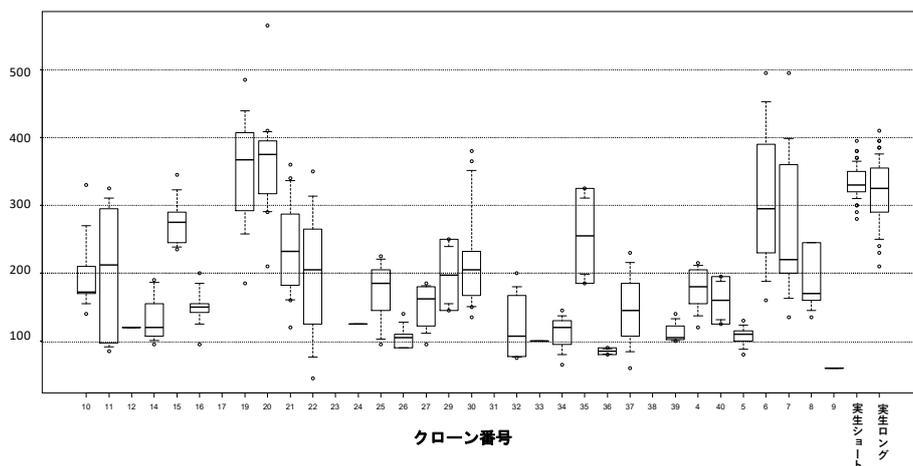
調査項目	挿し付け2年目 (2018年6月)	挿し付け3年目 (2019年6月)	実生苗 (ショートポット)	実生苗 (ロングポット)
主軸長	45～252mm	60～365mm	335mm	319mm
地際径	4.3～7.7mm	5.5～8.9mm	7.8mm	7.6mm
主軸傾斜角	34～79°	44～82°	79°	84°

クローンを変量効果，育苗ポットの種別を固定効果とする線形混合モデルを仮定し，それぞれの項目について，クローン毎の推定値と育苗ポットの種別の違いによる効果を，制限付き最尤法により算出した。ロングポットの効果を加味した 2019 年 6 月のクローンの推定値の範囲は，主軸長が 121~390mm，地際径が 6.30~9.54mm，主軸傾斜角で 71~80°であった。ショートポットに対するロングポットの効果の推定値はそれぞれ，主軸長 22mm，地際径 0.27mm，主軸傾斜角 14°であった。参考のため，ロングポットとショートポットに共通して植え付けた 10 クローンのさし木苗の 2019 年 6 月のポット種別の平均値を図一 1 に示す。上記 10 クローンのロングポットとショートポットの平均値の差は，主軸長 24mm，地際径 0.33mm，主軸傾斜角 16°である。

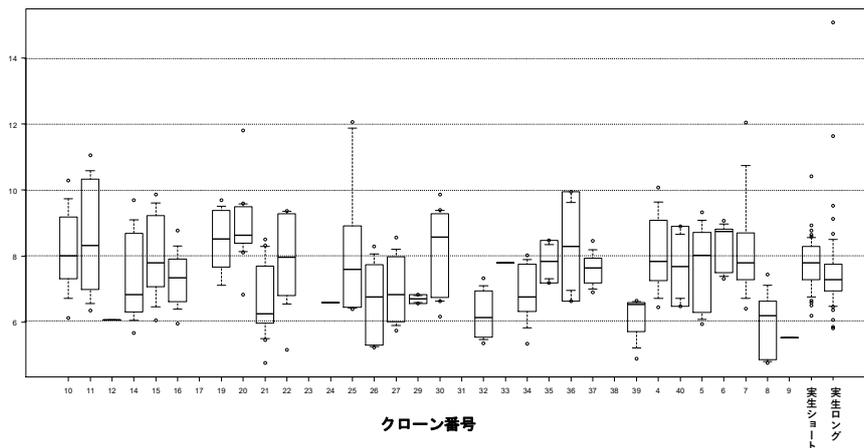


図一 1 さし木ロングとさし木ショート共通の 10 クローンのポット種別の平均値

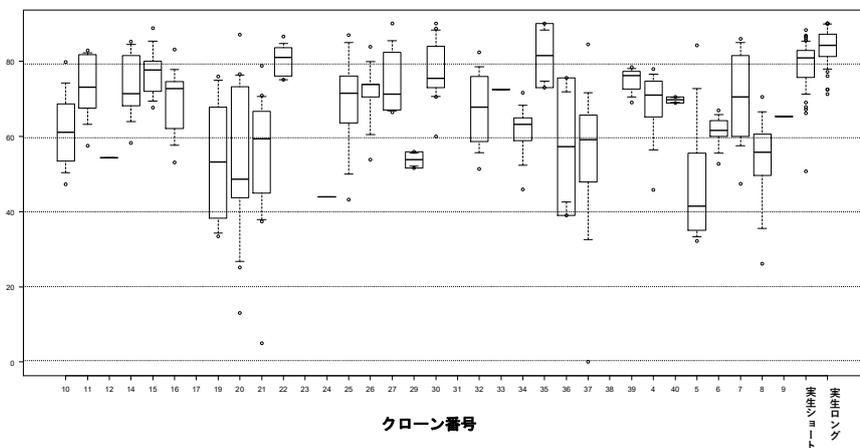
図一 2，3，4 に 2019 年 6 月調査分のそれぞれの形質のクローン別箱ひげ図を示す。なお，それぞれの図の右から 2 番目までの箱ひげは比較対象用の実生苗の値を示している。また，箱ひげ図の上下のバーはそれぞれ 10%点と 90%点を示している。



図一 2 2019 年 6 月の主軸長のクローン別の四分位数の箱ひげ図



図一 3 2019年6月の地際径のクローン別の四分位数の箱ひげ図



図一 4 2019年6月の主軸傾斜角のクローン別の四分位数の箱ひげ図

### 考察

さし木苗の主軸長と地際径には挿し付け後2年目と3年目で一貫してクローン間差が認められた。制限付き最尤法でロングポットの効果を加味して推定したクローン毎の主軸長の推定値では最小値の121mmに対して最大値は390mmと3倍以上の開きが認められた。同様に地際径での最大値は最小値の1.5倍であった。このことは、地際径を直径とする正円の面積を地際断面積と仮定すると、地際断面積のクローン平均値の最大値は最小値の2.3倍であることを示す。また、主軸傾斜角でも最小値の71°に対して最大値では80°であり9°の違いが認められた。さらには、2018年6月から2019年6月までの1年間の主軸長の成長量のクローン別平均値は6mm～154mmと大きな違いが認められた。

このように、1か所の防風林というごく限られた場所からのサンプルでも大きな採穂母樹間差が認められたことから、フクギのさし木に当たっては採穂母樹の選択が重要であり、実生苗と遜色のないさし木苗を生産するためには採穂母樹の選択が欠かせないと考えられる。本試験では、防風帯の個体から直接採穂したさし穂を用いたため、今回言及したクローン間差には、遺伝的違いに加えて、採穂母樹の生理的な活性や採穂部位の違いの影響が大きく含まれていると考えられる。フクギのさし木の実用化に当たっては、採穂木仕立て

にしたクローンから採穂してさし木苗を育成することで、クローン性能の再現性を確認することも検討の余地がある。

育苗ポットの違いは、さし木苗の主軸の傾斜に大きな影響を与えた。さし木苗では、ロングポットで育苗することで、ショートポットの育苗に比べて主軸の傾斜を  $14^{\circ}$  抑制できると推定された。その他に、主軸傾斜角のクローンの平均値の推移に着目すると、2018年6月時点で  $34^{\circ} \sim 79^{\circ}$  であったのに対して2019年6月は  $44^{\circ} \sim 82^{\circ}$  であることから、育苗期間を経ることで主軸の傾斜が改善する可能性が示唆された。図一5に示すように、地際に近い部分での主軸の傾きが急なフクギのさし木苗は、梢端に近づくに従い徐々に主軸が直立に近くなっている。このことにより、育苗期間中に主軸の傾きが修正された可能性がある。



図一5 傾斜したフクギさし木苗の主軸が梢端に向かって傾斜が少なくなる様子

さし木を実用化するにあたっては、従来から用いられている実生苗と同等かそれ以上の性能であることが望ましい。調査項目である、主軸長、地際径、主軸傾斜角は苗木の性能の重要な要素の一部と考えられる。今回比較に用いた実生苗は植栽用の規格に達した3年生を中心とした苗木であり、割合は不明であるが成長の遅い3年生以上の個体や成長の早い2年生の個体が含まれている。図一1から明らかなように主軸長では多くのクローンが実生苗の平均値を下回ったが上位の2クローンは実生苗とほぼ同等であった。図一2に示したように地際径では多くのクローンの平均値は実生苗の平均値を上回った。図一3に示したように主軸の傾斜角ではロングポットに植栽した10クローンのさし木苗の一部に実生苗とほぼ同等の直立性があるクローンが存在した。ところで、実生ロングと実生ショートの主軸傾斜角は生産者により異なり、その値は  $79^{\circ}$  と  $84^{\circ}$  であった。制限付き最尤法でロングポットの効果を加味して2019年6月に生存していた30クローンについて推定した主軸傾斜角が  $79^{\circ}$  を上回ったのは6クローンで、 $84^{\circ}$  を上回るクローンは存在しなかった。以上のことから、さし木苗はロングポットで育苗した実生苗と比較して、主軸の直立性が劣る可能性が高かった。しかしながら、優良なクローンを選抜してロングポットで育苗すれば、ショートポットを含む従来の実生苗と同等かそれ以上の性能を持つさし木苗を生産

することができる可能性は十分にあると考えられる。

今後は、比較用の実生苗を含む本報告で用いた材料について、根系の形状を計測した後に、野外に植栽して生育や耐風性能の追跡調査を実施する予定である。

## 引用文献

千吉良治，松下通也，楠城時彦，古本良，加藤智子，仲里長浩（2018）亜熱帯森林・林業研究会研究発表論文集 29：14-20.

千吉良治，松下通也，楠城時彦，古本良（2019）亜熱帯森林・林業研究会研究発表論文集 30：29-34.

初島住彦（1975）琉球植物誌（追加訂正版），p415.

外間現誠（1954）沖縄県林業試験場研究報告 2，1-14.

仲里長浩・長野克也・戸田義宏（1992）日林九支研論，45:35-36.

楠城時彦，古本良，加藤智子，千吉良治，松下通也，仲里長浩（2017）亜熱帯森林・林業研究会研究発表論文集 28：17-20.

沖縄県農林水産部森林緑地課（2012）沖縄の森林・林業（平成 24 年度版），67.

沖縄県農林水産部森林緑地課（2013）沖縄の森林・林業（平成 25 年度版），70.

沖縄県農林水産部森林緑地課（2015）沖縄の森林・林業（平成 26 年度版），48.

沖縄県農林水産部森林緑地課（2016）沖縄の森林・林業（平成 27 年度版），53.

沖縄県農林水産部森林緑地課（2017）沖縄の森林・林業（平成 28 年度版），53.

末吉幸満（1976）沖縄県林業試験場研究報告 19，35-41.

谷口真吾・西原史子・中須賀常雄（2008）九州森林研究，61:21-25.

## 沖縄島北部常緑広葉樹二次林の齡構成 - 大保川流域林分の事例 -

中須賀常雄<sup>1</sup>・上野和昌<sup>1</sup>・岸本 司<sup>1</sup>・増野高司<sup>1</sup>・谷口真吾<sup>2</sup>

<sup>1</sup>亜熱帯林研究会、<sup>2</sup>琉球大学農学部

Age structure of secondary broad-leaved evergreen forest in the northern part of Okinawa Island—Case study of a stand in the Taiho River basin—

Tsuneo NAKASUGA<sup>1</sup>・Kazumasa UENO<sup>1</sup>・Tsukasa KISHIMOTO<sup>1</sup>・Takashi MASUNO<sup>1</sup>・Shingo TANIGUCHI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>The Sub-Tropical Forest Association. <sup>2</sup>Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus

### 要約

沖縄島北部大保川流域の常緑広葉樹二次林に調査区を設定して林分構造及び齡構成について調査した。胸高直径 4 cm以上の成立木は 3,000 本/ha、階層構造はイタジイ、オキナワウラジロガシを主とする上層（樹高>7m）、サザンカ、アデク、タブノキ、イジュなどの中層（樹高3~6m）、シシアクチ、イヌガシなどの下層（樹高<3m）の3層構造であった。齡構成は、イタジイの53年が最大で、オキナワウラジロガシは47年、下層木は樹齡20年以下であった。上層形成木のイタジイ、イジュ、オキナワウラジロガシは萌芽更新が主であり、中・下層の出現種数は他報告論文の構成種数と同等で、本地の二次林は伐採前の種多様性を伐採後もほぼ維持していると見ることが出来た。

キーワード：沖縄島北部、階層構造、種多様性、常緑広葉樹二次林、齡構成、

### はじめに

沖縄島北部の亜熱帯常緑広葉樹林は上層にイタジイ（オキナワシイ）、オキナワウラジロガシ、イジュ、タブノキなどを主要構成種とし、イスノキ、エゴノキ、ヒメユズリハなどが混じり、中・下層にはモッコク、ツツジ類、ハイノキ類、ルミノキ類など多数の樹種が生育している。琉球王朝時代には杣山として管理され、構造材、薪炭材、生活材として利用されてきた（中須賀、1997）。明治時代に国有林となり、その後、一部は払い下げられて公有林となって枕木、木炭生産などに利用管理されてきた。本林の更新は、ほとんどは萌芽更新によるもので、一部にはリュウキュウマツ、ハンノキ、センダンなどが造林された。その後、今次大戦時前に過伐や乱伐によって荒廃し、その流れは戦後も続き、回復は遅れがちであった。1950年代となると、復興材は日本や外国から移入されて森林への圧迫も弱くなり、森林再生の取り組みも本格化した（琉球大学農学部附属演習林、1994）。しかし、チップ材伐採、農地造成、放牧地、ダム開発、米軍基地など種々の森林への圧力は続いているが、最近は環境保全の流れが強くなってきて世界自然遺産への取り組みも行われている。本林の施業や保護に伴う維持管理には基礎的資料の蓄積が求められている。本論では、その一環として大宜味村大保川流域二次林のダム造成に伴う伐採地に調査区を設定して、その林分構成と齡構成について検討したので報告する。

## 調査地及び調査方法

調査地は国頭郡大宜味村大保川中流域の南西斜面に位置する常緑広葉樹二次林で、標高は約 100m、地質は粘板岩、土壌は弱乾性黄色土である（現在の大保ダム堰堤、右岸上部に位置する）。名護の気象表（日本気象協会沖縄支部、1996）では、年平均気温は 21.6℃、年間平均降水量は 2265.1mm である。調査地の河岸平地上部には石積みがあり、また、その付近に炭焼き窯跡が残っていて、以前、炭焼きが行われ、山畑としても利用されたことを示している。2003 年 7 月、この斜面上部の緩傾斜地（傾斜 5 度）に 20m×20m の方形区を設定した。先ず、面積 - 種数関係比較のため区内の出現種を記録した。次に、10m×10m の 4 小方形区に区分し、その一区画に成立する胸高直径 4 cm 以上の成立木について毎木調査を行った。また、同区の胸高直径 4 cm 以下の全成立木を地際（地際 0 cm）で刈り取り、樹高 50cm 以下のものはそのまま、樹高 50cm 以上のものは樹高測定後、切断して実験室へ持ち帰った。毎木調査をした成立木は地上 30 cm で伐倒して地際 30 cm 高の円板を採取した。また、方形区内でイタジイ、オキナワウラジロガシ、イジュ、リュウキュウマツの 4 樹種で樹幹解析用の円板を採取した。毎木調査木の円板は 4 方向で、地際採取円板は 2 方向で年輪を読取り平均した。なお、樹齢は地際（地際 0 cm）の年輪数とした。

## 結果

### 1. 樹種構成

小方形区内の胸高直径 4 cm 以上の構成樹種は、イタジイ、イジュ、フカノキ、トキワガキ、タブノキ、コバンモチ、アデク、サザンカ、リュウキュウマツの 9 種である。成立木本数はイタジイが 5 個体 17 本、アデクが 5 個体、リュウキュウマツが 2 個体、他は各 1 個体、計 30 個体である。平均胸高直径はイタジイが 20.1 cm、リュウキュウマツが 19.2 cm、その他が 8.5 cm である。胸高断面積はイタジイが 5752.6 cm<sup>2</sup>、リュウキュウマツが 604.4 cm<sup>2</sup>、その他が 473.9 cm<sup>2</sup>、計 6830.9 cm<sup>2</sup> である。本林分はイタジイが立木本数で 56.7%、断面積合計で 75.6% を占めており、イタジイ優占林である。なお、リュウキュウマツは着葉がなく半枯死状態であるが解析用の円板は採取出来た。小方形区内の上記成立木の胸高直径 - 樹高関係図を図 - 1 に示した。本図から、樹高 7m 以上の上層木と 6m 以下の中・下層木とに区分出来る。

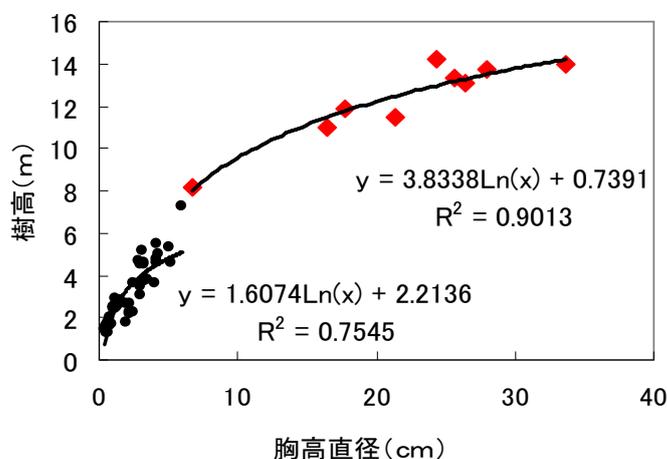


図 - 1 小方形区内成立木の胸高直径 - 樹高関係 ( $D \geq 4$  cm)

次に、図 - 2 の樹齢 - 樹高関係図を見ると、サザンカとアデクでは樹高 3m を境にして 2 つのグループに分かれている。シシアクチやイヌガシは樹高 3m 以下である。図 - 1 で区分された中・下層木は、本図から樹高 3~6m を中層、3m 以下を下層に区分出来る。従って、本林分は上層（7m 以上）、中層（3~6m）及び下層（3m 以下）の 3 層構造が認められた。

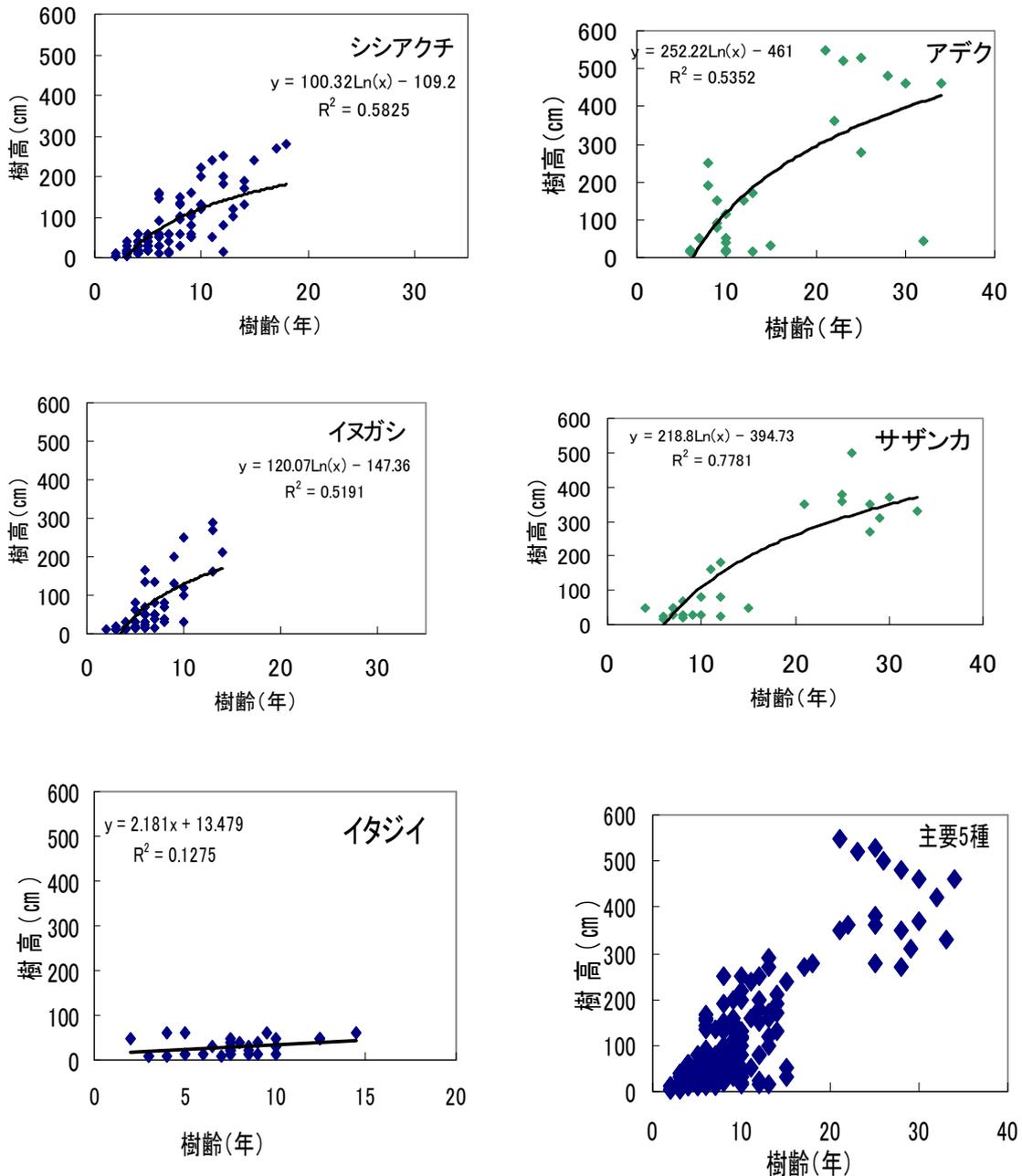


図 - 2 小方形区内中・下層木の樹齢 - 樹高関係

中・下層木の樹種構成を表 - 1 に示した。構成樹種は 20 科 30 種で、最多出現個体数の樹種はシシアクチで 128 個体 (32.6%)、次いでイヌガシ 54 個体 (13.7%)、サザンカ 36 個体 (9.2%)、イタジイ 35 個体 (8.9%)、アデク 28 個体 (7.1%) と続き、上位 5 樹種で全体の 71.9%、上位 10 種で 88% を占めている。平均地際直径は 0.2 cm (ホルトノキ) ~

6.15 cm (トキワガキ)、平均樹高は 10 cm (ホルトノキ) ~ 475 cm (トキワガキ)、地際断面面積比率は 0.05~23.55%、平均樹齢は 3~28 年、最大樹齢は 3 年 (ホルトノキ) ~ 34 年 (アデク) である。

表一 1 小方形区の中・下層木の樹種、個体数、平均地際直径、平均樹高、断面積合計比、樹齢 (平均、最大)

No.	Species	No. of trees	M.diameter (cm)	M.height (cm)	Basal area (%)	Tree age	
						Mean	Max
1	Ardisia quinquegona (シシアクチ)	128	0.72	65.7	23.55	6.6	18
2	Neolitsea aciculata (イヌガシ)	54	0.67	65.9	9.21	6.7	19
3	Camellia sasanqua (サザンカ)	36	1.61	152.3	15.24	15.5	33
4	Castanopsis cuspidata var. Seboludii (イタジイ)	35	0.38	30.4	3.36	7.8	15
5	Syzygium buxifolium (アデク)	28	1.7	184.6	12.68	15	34
6	Persea thunbergii (タブノキ)	19	0.85	77.9	4.14	8.4	21
7	Dendropanax trifidus (カクレミノ)	16	1.68	154.6	6.89	11.1	22
8	Schima liukuensis (イジュ)	12	0.75	94.5	2.31	9.7	18
9	Vaccinium wrightii (キーマ)	8	1.71	136.3	3.51	14.6	28
10	Eurya japonica (ヒサカキ)	8	0.42	35.6	0.86	5.6	12
11	Wendlandia formosana (アカミズキ)	6	1.55	160	2.38	10.2	22
12	Daphniphyllum glaucescens bl. ssp. Teijsmannii (ヒメユスリカ)	6	0.6	65.8	0.92	7.7	11
13	Schefflera octophylla (フカノキ)	5	3.9	242.5	4.99	13.2	18
14	Tarenna gracilipes (キョクシカ)	3	0.37	36.7	0.28	5.3	7
15	Psychotria rubra (ホトチヨウシ)	3	0.67	43.3	0.51	9	14
16	Antidesma japonicum (ヤマヒハツ)	3	0.73	126.7	0.56	8.3	9
17	Callicarpa japonica var. luxurians (オオムラサキシキブ)	2	0.55	70	0.28	3.5	4
18	Diospyros morrisiana (トキワガキ)	2	6.15	475	3.15	25	25
19	Randia canthioides (シマサオノキ)	2	4.25	460	1.02	28	28
20	Rhaphiolepis indica var. umbellata (シャリンバイ)	2	0.3	30	0.77	5	5
21	Lasianthus fordii (タシロリミノ)	2	0.5	60	0.13	6	6
22	Rhus succedanea (ハゼノキ)	2	0.75	90	0.38	8.5	9
23	Ilex liukuensis (リュウキュウモチ)	2	0.95	147.5	0.49	11	12
24	Strax japonica (エゴノキ)	1	0.7	70	0.18	8	8
25	Photinia wrightiana (シマカナモチ)	1	0.7	70	0.18	10	10
26	Turpinia ternata (ショウベンノキ)	1	0.7	50	0.13	4	4
27	Elaeocarpus sylvestris var. ellipticus (トヘラ)	1	0.8	70	0.2	5	5
28	Viburnum japonicum (ハクサンホク)	1	0.9	110	0.23	4	4
29	Elaeocarpus sylvestris var. ellipticus (ホルトノキ)	1	0.2	10	0.05	3	3
30	Cinnamomum japonicum (ヤブニツケイ)	1	0.9	60	0.23	6	6
Total		391	0.99	91.5		9.8	
		20科30種					

## 2. 齢構成

採取円板試料から、上層では、イタジイは胸高直径が 14.6~30.7 cm、樹齢は 33~53 年、リュウキュウマツは胸高直径が 20.5 cm、樹齢は 45 年、イジュは胸高直径が 9.7 cm、樹齢は 38 年、オキナワウラジロガシは胸高直径が 36.9 cm、樹齢が 47 年であった。

中・下層木の樹齢 - 樹高関係図 (図 - 2) を見ると、シシアクチは樹齢 20 年以下、樹高 3m 以下にグループがあり、イヌガシは樹齢 15 年以下、樹高 3m 以下にグループが見られる。サザンカは樹齢 35 年以下、樹高 5m 以下に分布しているが、樹齢 15 年以下、樹高 2 m 以下のグループと樹齢 20~35 年、樹高 3~6m のグループとに分かれている。アデクも樹齢 15 年以下、樹高 3m 以下のグループと樹齢 20~35 年、樹高 3~6m のグループとに分かれている。イタジイは樹齢 15 年以下、樹高 1m 以下に分布している。

次に樹齢と樹高関係と同様に樹齢 - 地際直径にも樹種毎に特徴があり、シシアクチは樹齢 20 年以下、地際直径 3 cm 以下に、イヌガシは樹齢 20 年以下、地際直径 4 cm 以下にグループがある。サザンカは樹齢 35 年以下、地際直径 6 cm 以下に分布しているが、樹齢 20 年以下、地際直径 2 cm 以下のグループと樹齢 20~35 年、地際直径 3~6 cm のグループとに分かれている。アデクもサザンカと同じく樹齢 15 年以下、地際直径 2 cm 以下のグループと

樹齡 20～35 年以下、地際直径 3～7 cm のグループとに分かれている。イタジイは樹齡 15 年以下、地際直径 2 cm 以下、樹高 3m 以下にグループをなしている。

中・下層木の樹齡－個体数関係を図 - 3 に示した。全樹種では樹齡幅 30 年、5 年以下に頂点のあるポアソン分布、シシアクチも同じような分布型であるが樹齡幅は 15 年、イヌガシは同じ分布型であるが樹齡幅がほぼ 15 年で、右側が不連続となっている。イタジイは樹齡分布幅 30 年で 15 年前に頂点のある不連続山型、サザンカとアデクは樹齡分布幅 30 余年、樹齡 10 年位に頂点のある分布を示している。

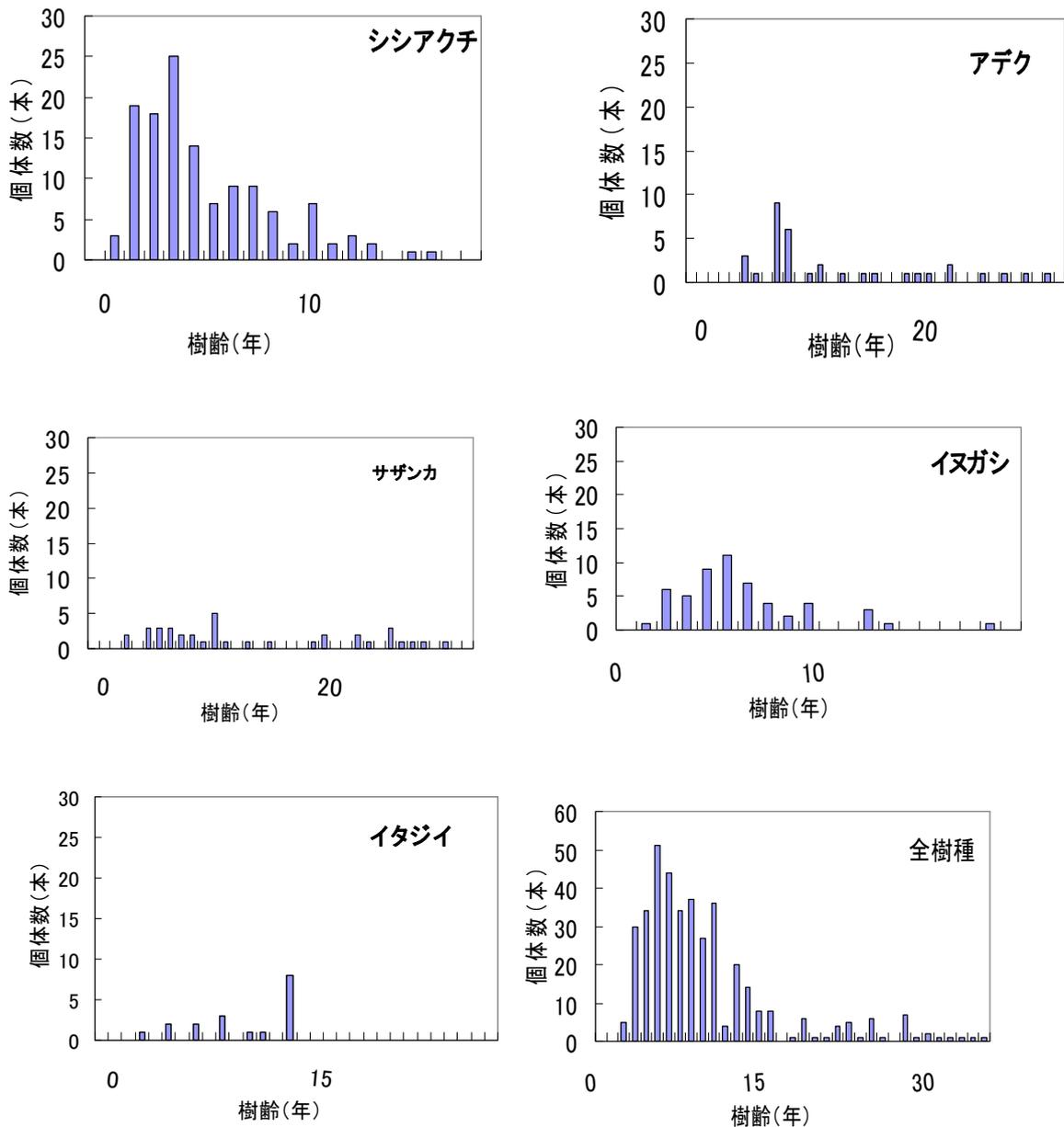


図 - 3 小方形区内中・下層木の樹齡 - 個体数関係

上層木の地際 30 cm 半径の肥大生長経過を図 - 4 に示した。イタジイの最大直径木は 1950 年頃更新し、順調に生長しており、総平均地際直径生長は 0.67 cm/年である。オキナワウラジロガシは根元形状から実生由来と判断され、上記イタジイより 5 年ほど遅れて更新し

ている。総平均地際直径生長は 0.78 cm/年である。本樹種は 47 年生であるが、初期総平均地際直径生長は 0.35 cm/年、最後の 10 年間のそれは 0.9 cm/年と急速に増加している。リュウキュウマツは 1965 年頃更新し、総平均地際直径生長は 0.69 cm/年だがその値は樹齢とともに減少している。樹高と樹齢から求めた平均上長生長はイタジイが 31.1 cm/年、オキナワウラジロガシが 27.7 cm/年、リュウキュウマツが 34.4 cm/年と 3 樹種とも大きな値を示している。

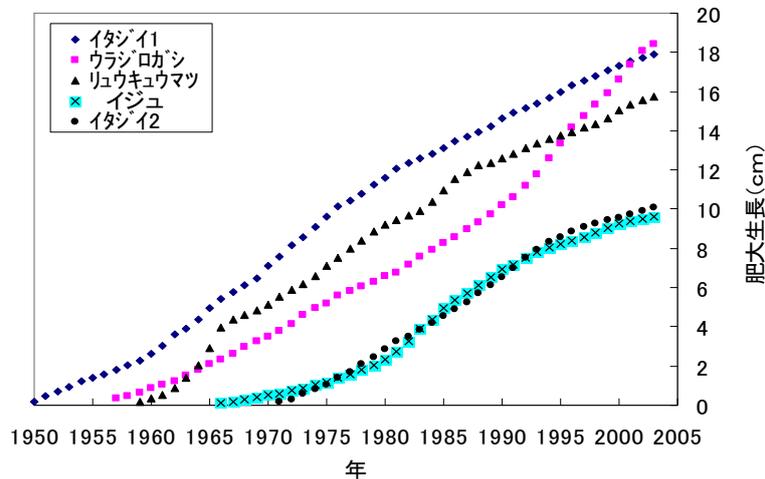


図 - 4 上層供試木の地際 30 cm 半径肥大生長経過

## 考 察

調査林分はイタジイ、オキナワウラジロガシを優占種とする亜熱帯常緑広葉樹林である。植生学的には、日本の常緑広葉樹林と同じヤブツバキクラスに属し、リュウキュウアオキ - スダジイ群団、オキナワシキミ - スダジイ群集に区分される(沖縄県教育委員会、2015)。ヤンバル地域の森林における林木種数とサンプリング面積関係(久保田、2001)では、0.2ha でほぼ飽和に達し、種数は 90 種である。本調査では面積 0.01ha、全種数 35 樹種、また、方形区 0.04ha 区内の樹種数は 53 種である。方形区内のリュウキュウマツは半枯死状態で林冠は閉鎖しておらず日射が林床に届き、ツル類や草本種が 20 種ほど出現しており、樹木種と合わせると全出現種数は 70 種以上となる。上記、久保田の 20% の飽和面積内に同じく飽和樹種数の 60% が出現していることになる。

胸高直径 4 cm 以上の成立木本数は 3,000 本/ha、胸高断面積合計は 68 cm<sup>3</sup>/ha、この値は沖縄島北部森林では中位に位置する(沖縄県農林水産部、1989)。階層構造はイタジイ、オキナワウラジロガシ、(リュウキュウマツ) を主とする上層(樹高 7m 以上) サザンカ、アデク、タブノキ、イジュなどを構成種とする中層(樹高 3~6m)、シシアクチ、イヌガシ、サザンカ、アデクなどを主とする下層(樹高 3m 以下) の 3 層構造である。

齢構成を見ると、最大樹齢はイタジイの 53 年、オキナワウラジロガシは 47 年、リュウキュウマツが 45 年で、上層木イタジイの樹齢は 33 年~53 年である。上記樹齢から見て、本林は今次大戦後の 1950 年頃、製炭材などとして伐採された後、根元形状から見てイタジイは萌芽更新、オキナワウラジロガシは、実生更新と萌芽更新とが見られるが、萌芽更新した個体の生長が優位で上層を形成していったものと見られる。伐採地にはリュウキュウマツも侵入し、上層を形成したが、45 年生ころマツノザイセンチュウの影響で樹勢が衰え枯死へと向っている。イジュやタブノキは伐採後侵入したがイタジイなどの被圧を受け

で中層となり、サザンカ、アデク、トキワガキ、シマミサオノキなどは伐採後早い時期に侵入して中層を構成している。下層にはシシアクチ、イヌガシ、サザンカ、アデク、タブノキ、カクレミノなど 20 種以上も出現しており樹齢は 20 年以下である。上層木となるイタジイ、タブノキ、イジュ、ハゼノキ、ホルトノキ、ヤブニッケイなどは更新稚幼樹が出現するが表 - 1 に示したように樹齢、樹高とも小さく、主要萌芽樹種の生長には及ばず上層となる見込みは期待出来ない。新里ほか (1986) は琉球大学与那演林で齡構成について調査し、その林分は 1945 年前後に伐採され、イタジイとイジュの優占する萌芽林で、中層はヒメユズリハ、タブノキ、コバンモチ、低木層はイヌガシ、タイミンタチバナ、モッコクの 3 層構造であると報告している。本調査林分との相違は、イジュ、オキナワウラジロガシの有無と、林床のイタジイ稚樹の今後の役割に関して与那では「大きな役割を果たす」とし、本調査では図 - 2 と図 - 3 から解かるようにイタジイは樹高、個体数とも小さく実生稚樹の役割は小さいと見ている点である。

大窪 (2000) は、やんばるの二次林の回復機構としてイタジイの萌芽更新二次林が、伐採直後からイタジイを主体とした林分を構成し、種多様性を規定している要因としては発達段階より出現種数が変化してゆくとしている。萌芽更新によるイタジイやイジュ、オキナワウラジロガシの優位性はその生長が大きいことによる。本調査では、前述したようにイタジイの地際 30 cm の平均肥大生長が 0.67 cm/年、オキナワウラジロガシは同じく 0.78 cm/年である。高嶋・稲福 (2017) はやんばる地域の 65~70 年生二次林の主要樹種の全幹平均胸高直径生長量はイタジイが 0.15 cm/年、イジュが 0.12 cm/年、イスノキが 0.05 cm/年と報告している。生長量の相違によって上層構成樹種の差異が現われるとすると、その値の違いは林相を規定する要因となる、とすると生長を左右する土壌要因の影響は無視出来ないものと考えられる。本調査地の土壌は弱乾性黄色土壌であるがその土層の厚さが大きな生長をもたらしている一要因と見られる (農林省林業試験場、1978)。

イタジイ、オキナワウラジロガシを主要樹種とする徳之島の森林では、台風による倒木でのギャップ更新についての報告があり、初期段階では更新樹は樹高によって種組成が異なり、樹高 1.3m 以上ではショウベンノキ、0.5~1.3m ではイスノキ (サザンカ)、0.5m 未満ではアデク (タラノキ) が優占し、ギャップ面積が大きくなるとタラノキなど先駆的樹種が増加するとしている (鶴川、2016)。本調査でもアデクやサザンカなどの上記調査と同じような樹種が出現しており二次林とギャップとの初期種は類似しているようである。また、米田 (2016) はイタジイとオキナワウラジロガシとの更新戦略の違いについて述べ、イタジイが尾根筋に、オキナワウラジロガシが谷筋に多いことを説明している。上層構成種のオキナワウラジロガシは堅果が乾重 7g とブナ科の果実で日本一重く、散布様式が重力散布であることから「水辺から離れられないオキナワウラジロガシ」などと強調されるが (金井塚、2011)、本調査では標高 100m 付近に生育している。本樹種堅果の散布については重力散布だけではなく動物関与の散布についても検討が必要である (新垣ほか、2010)。小方形区内のイタジイは全て萌芽更新し、上層を構成している。方形区内のウラジロガシは実生由来と萌芽由来が混ざっている。これらの樹種の単木稚樹は実生由来と判断する場合が多いが、本調査では地際年輪と 30 cm 高年輪とに明らかに差異があり萌芽由来であることを示している。米田 (2016) は徳之島のオキナワウラジロガシで一度発芽して苗高 30 cm ほどになった後、枯死して再び萌芽して伸長する事例を報告している。また、

本調査区の下層ではシシアクチ、イヌガシ、サザンカ、アデクの個体数が多く、後の2樹種は母樹と推定される個体があるが、前の2樹種にはそれが見られない。玉井・天保(1990)は、冷温帯天然林で下層構成種の無性繁殖様式について報告している。アカメガシワは無性繁殖である根萌芽をするが、本調査で下層を構成したシシアクチ、イヌガシなどについて無性繁殖や埋土種子についての検討が必要である。また、複数萌芽して更新した複幹は生長して合体し、単木大径木のように見える。大保ダム湛水域伐採の折、オキナワウラジロガシの大径木が見つかり、直径など測定後、根元で伐採したところバラバラに離れてしまった。沖縄島北部の常緑広葉樹二次林は研究事例によって構成樹種が異なっているが、上層はイタジイ、イジュ、オキナワウラジロガシなど数種の萌芽更新樹種によって構成されている。また、中・下層の出現種は埋土種子や前生樹由来で付近の出現種に類似している。このことは、立地ごとの種多様性が伐採後の更新にも反映されてモザイク状となり、これらが集合して地域全体の種多様性が維持されていると言える。

## 引用文献

- 1) 新垣拓也・大石圭太・中村麻美・畑 邦彦・曾根晃一 (2010) アカネズミの貯食活動の特性と貯食者自身による回収. 九州森林研究 63 : 97 - 100
- 2) 金井塚 務 (2011) 沖縄にもある“ドングリ”から探るやんばるの森。(沖縄大学地域研究所) オープンミュージアム! やんばるの森のまか不思議. 103 - 131. 沖縄大学. 那覇
- 3) 久保田康裕 (2001) 南西諸島における植生分布と林木種多様性パターン—亜熱帯林の再生と保全を考える—南太平洋海域調査研究報告 352 : 33 - 43
- 4) 中須賀常雄編著 (1997) 意識 林政八書. 96pp. ひるぎ社. 沖縄
- 5) 日本気象協会沖縄支部 (1996) 沖縄の気象暦 (平成8年)、p102、同支部、那覇
- 6) 農林省林業試験場 (1978) 林野土壌断面図集 3. p11 - 13. 日本林業技術協会. 東京.
- 7) 大窪千春 (2000) Regeneration pattern of climax and secondary stands after logging in the subtropical forest. Master's thesis in Faculty of Education, Kagoshima University
- 8) 沖縄県教育委員会 (2015) 沖縄県史 各論編第1巻 自然環境 p 441
- 9) 沖縄県農林水産部 (1989) 県産材利用開発報告書 : 13 - 15
- 10) 新里孝和・田場和雄・平田永二・山盛 直 (1986) イタジイ林の更新 1.天然林の階層構造と年齢構造 琉球大学農学部が学術報告 33 : 245 - 256
- 11) 玉井重信・天保好博 (1990) 冷温帯天然林の樹木の齡構造 日林誌 72 (4) : 292 - 303
- 12) 高嶋敦史・稲福真一 (2017) 沖縄島やんばる地域における65~70年生二次林の動態. 九州森林研究 70 : 17 - 20
- 13) 鶴川 信 (2016) 徳之島の常緑広葉樹林の更新、(鹿児島大学生物多様性研究会編) 奄美大島群島の生物多様性. 30 - 39. 南方新社. 鹿児島
- 14) 琉球大学農学部附属演習林 (1994) 創立40周年記念誌. 186pp. 同演習林. 沖縄
- 15) 米田 健 (2016) 薩南諸島の森林。(鹿児島大学生物多様性研究会編) 奄美大島群島の生物多様性. 40 - 90. 南方新社. 鹿児島