

沖縄島やんばる地域の約65年生二次林における大径木の分布と地形の関係

誌名	森林計画学会誌 = Japanese journal of forest planning
ISSN	09172017
著者名	高嶋,敦史 大島,順子
発行元	森林計画学会
巻/号	52巻2号
巻号補足	
掲載ページ	p. 59-65
発行年月	2019年4月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



 論 文

沖縄島やんばる地域の約65年生二次林における 大径木の分布と地形の関係

高 嶋 敦 史^{1,*}・大 島 順 子²

Relationship between distribution of large-diameter stems and topography in approximately 65-year-old secondary forest in the Yambaru area of Okinawa Island

Atsushi Takashima^{1,*} and Junko Oshima²

高嶋敦史・大島順子：沖縄島やんばる地域の約65年生二次林における大径木の分布と地形の関係，森林計画誌 52：59～65，2019 大径木は，亜熱帯性照葉樹林の保全において重要な指標であると考えられている。そこで本研究では，沖縄島やんばる地域に広がる約65年生の二次林において，大径木の分布と地形の関係を小流域レベルで調査した。その結果，胸高直径30cm 以上の大径木の密度は全樹種合計で91.0本/haであり，そのうちイタジイが65.2%，イジュが20.9%，オキナワウラジロガシが6.4%を占めていた。やんばる地域の非皆伐成熟林を調査した既往の研究と比較すると，大径木の密度は半分以下に留まっていた。調査対象の小流域を尾根，中間斜面，谷の3つの地形に区分して大径木の密度やサイズを比較したところ，尾根では大径木の密度が谷や中間斜面の半分以下であった。また，イタジイやイジュは，尾根より谷でサイズが大きくなっていた。このように，やんばる地域の約65年生の二次林では，谷を中心にサイズの大きな幹が分布していた。また，谷から中間斜面にかけては過去の伐採を免れた老齢な大径木も僅かながら残っており，谷や中間斜面は二次林においても生態系管理や生物相保全の面で大きな役割を果たす重要な立地である可能性が示唆された。

Atsushi Takashima and Junko Oshima: Relationship between distribution of large-diameter stems and topography in approximately 65-year-old secondary forest in the Yambaru area of Okinawa Island. Jpn. J. For. Plann. 52: 59~65, 2019 Because large trees are considered to be important for conservation of subtropical evergreen forest, we surveyed the relationship between distribution of large-diameter stems and topography, in a small watershed of secondary forest, approximately 65 years old, in the Yambaru area of Okinawa Island. The density of stems with a diameter at breast height ≥ 30 cm was 91.0 ha⁻¹ for all species, of which 65.2% were *Castanopsis sieboldii*, 20.9% were *Schima wallichii*, and 6.4% were *Quercus miyagii*. The density of large-diameter stems was less than half that found in a previous study that surveyed a mature non-clear-cut forest in the Yambaru area. We divided the target watershed into three zones (ridge, mid-slope, and valley) according to topography, and compared the zonal densities and sizes of large-diameter stems. The density of large-diameter stems on the ridge was less than half that in the valley and on the mid-slope. The stem sizes of *C. sieboldii* and *S. wallichii* were larger in the valley than on the ridge. Our results indicate that, in approximately 65-year-old secondary forest in the Yambaru area of Okinawa Island, large stems distributed around the valley zone. In addition, the small number of old large-diameter stems that escaped past logging were left in the valley and on the mid-slope. Therefore, the valley and the mid-slope are important topographic zones that might play a key role in ecosystem management and biota conservation, even in secondary forests.

* 連絡先 (Corresponding author) E-mail: a-taka@agr.u-ryukyu.ac.jp

1 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 (905-1427 沖縄県国頭郡国頭村字与那685)

Yona Field, Subtropical Field Science Center, Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus, 685 Yona, Kunigami, Okinawa 905-1427, Japan

2 琉球大学国際地域創造学部 (903-0213 沖縄県中頭郡西原町字千原1)

Faculty of Global and Regional Studies, University of the Ryukyus, 1 Senbaru, Nishihara, Okinawa 903-0213, Japan

I. はじめに

沖縄島北部のやんばる地域には、イタジイ（スダジイ）*Castanopsis sieboldii* やイジユ *Schima wallichii* が優占する亜熱帯性常緑照葉樹林が広がっている。固有種を多く含む生物多様性の高さが評価され、2016年9月には、その脊梁部を中心に「やんばる国立公園」が指定された。

このやんばる地域の生物相の特徴のひとつに、大径木を利用する希少種が多いことが挙げられる。鳥類では胸高直径（DBH）30cm以上の幹の心材腐朽が進行した箇所穴を掘って営巣するノグチゲラ *Sapheopipo noguchii*（小高ら、2006）、哺乳類ではねぐらや繁殖場所として幹などに開いた樹洞を利用するケナガネズミ *Diplothrix legata*（沖縄県環境部自然保護課、2017）、昆虫類では幼虫が樹洞内に堆積した腐植物を食べて育つヤンバルテナゴコガネ *Cheirotonus jambar*（沖縄県環境部自然保護課、2017）などがその代表である。また、着生ランのオキナワセッコク *Dendrobium okinawense* も、成熟林においてDBH35cmに達するような太い幹を中心に定着している（Abe et al., 2018）。同じ南西諸島の奄美大島では、林冠木のDBHと樹洞数や着生植物種数の間に正の相関がみられ、大径木は亜熱帯性照葉樹林の保全を考えるうえで重要な指標になるとされている（松本ら、2015）。これらのことから、やんばる地域の森林においても、固有種が利用できる大径木を適切な密度で維持することが生物相の保全に欠かせないと考えられる。

その一方で、やんばる地域の森林は、沖縄における木材生産の中心として利用されてきた歴史がある（仲間、2010）。特に、第二次大戦後には、復興用資材生産のための強度な伐採が広域で実施されたほか（高嶋ら、2008）、1972年の本土復帰ごろまでは木材需要の増加にともなう伐採や造林が続き、現在では人為活動の影響が少ない森林は限定的にしか残されていない（齋藤、2011）。そのため、このような人為活動の影響が少ない森林の周囲に広がる二次林においても、現存する大径木のサイズや密度、種構成などを把握し、生態学的な機能評価を行うことが重要である。

やんばる地域で、第二次大戦後の伐採活動の後に再生した二次林を対象にした研究には、林齢ごとに複数の調査区（＜0.1ha）を設定して林分構造の違いを比較したKubota et al.（2005）がある。この研究では、皆伐を経験した二次林では、老齢林と比べて大幅に種の多様性が低下していることが明らかになった。その他には、0.5haの固定試験地を設置して約60年生時の林分構造をまとめた研究（高嶋ら、2014）や、その後の7年間の動態と代表樹種の直径成長量などをまと

めた研究（高嶋・稲福、2017）などがある。高嶋ら（2014）は、約60年生の二次林では過去に伐採された記録のない非皆伐成熟林と比べてDBH25cmを超える幹の密度が半分程度に留まっていること、イスノキの再生が極めて遅いこと、オキナワウラジロガシは斜面上部や周辺に母樹が存在しない場合は更新が起これにくいことなどを明らかにした。高嶋・稲福（2017）は、第1優占種のイタジイでDBH階10～15cmの幹の枯死率が高くなっており、遷移の進行とともに林分の幹本数密度が減少しつつある様子を明らかにした。

一方で、やんばる地域の森林は地形が急峻であることから、地形による木本種の分布特性の違い（Enoki, 2003）や種多様性の違い（Kubota et al., 2004）、サイズや材積の違い（井口ら、2008）などが指摘されている。そのため、二次林の包括的な機能評価を行うためには森林内の幅広い地形を網羅する必要があるが、先述のKubota et al.（2005）は林齢と林分構造の影響を検出するために地形の偏りを低減するような試験地の配置を行っている。また、高嶋ら（2014）も、尾根から一次谷までを含んだ試験地を設定しているが、急峻な谷地形までは網羅できていない。そこで本研究では、やんばる地域に広く見られる第二次大戦後に更新した二次林をすべての地形を網羅できる小流域レベルで調査し、希少種の利用が見込まれる太さに達した大径木のサイズ構造や密度、種構成などを取りまとめた。また、小流域内の地形区分を行い、それらの地形間での違いについても検証した。

II. 対象地および方法

対象地は、沖縄島北部の国頭村安波に位置する国頭村環境教育センター「やんばる学びの森」内の標高120～180m付近の小流域で、非森林化された一部を除く4.836haである（図-1）。この小流域は、高嶋ら（2014）や高嶋・稲福（2017）で調査された0.5haの固定試験地に尾根をはさんで隣接している。斜面の傾斜は緩斜面では15°程度であるが、沢付近の急斜面では40°を超える。同じ国頭村内の山間に位置する気象庁アメダス「奥」地点のデータは、2011～2015年の平均値で年平均気温が20.7℃、年間平均降水量が2672.5mmとなっており、気候は温暖かつ湿潤である（高嶋・松本、2017）。

本研究では、2010年4月から2016年10月にかけて、小流域内に生存するDBH30cm以上のすべての幹（以下、大径木と記す）について、DBH、樹高（H）、枝張り、根元位置を記録した。DBHの測定にはスチール製の直径巻尺を使用した。Hの測定には12mの測桿を使用し、測桿を持ちあげても届かない高さの幹につい

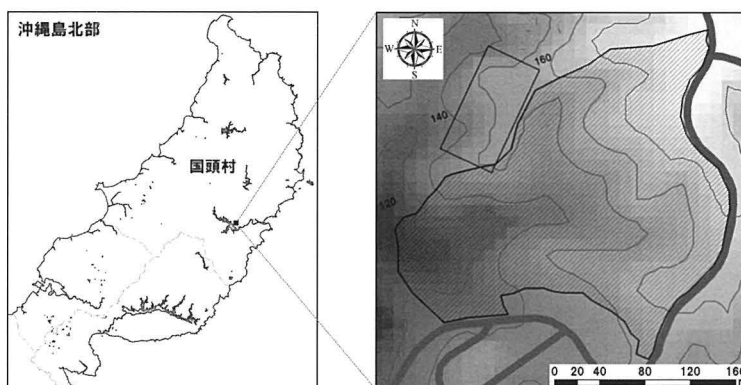


図-1 対象小流域の位置図（右図の斜線部）

右図で、太線で示した道路と尾根によって囲まれた区域（南側の一部は非森林化されているために除外）。等高線は10m間隔。北西側に隣接する長方形は、高嶋ら（2014）や高嶋・稲福（2017）で使用された0.5haの固定試験地。

ては、測桿の節の長さを参考に比較目測を行った。枝張りは、幹の根元位置から東西南北の4方向について、樹冠を形成する枝の着葉している先端までの水平距離を記録した。ここで、東西と南北の枝張りを平均した値を平均樹冠直径とした。また、4方向の枝張りの先端をつないだ楕円近似から、樹冠投影面積を求めた。根元位置は、携帯GPS受信機（GARMIN GPSMAP 60 CSx, 期待精度10mRMS未満）で測位した。

この小流域を含む一帯の林分は、沖縄県の民有林森林簿から、高嶋ら（2014）が2008～2009年に調査した際の林齢が約60年生であると推定されている。そのため、本研究の調査が行われた時期には、林齢がおおむね65年生前後に達しているものと考えられた。ただし、高嶋ら（2014）は、当時の伐採は完全な皆伐ではなく母樹を残すような手法がとられた可能性を指摘している。そして、DBH階別幹本数分布の不連続性から、林齢60年生の時点でDBH50cmを超えるイタジイは当時の伐り残しにあたると推定している。

小流域内の地形区分には、GISソフトウェア（ArcGIS 10.2, ESRI）と10mメッシュのデジタル標高モデル（DEM）（Terrain, 北海道地図株式会社）を使用した。まず、メッシュごとに曲率を求め、正の値が連続して卓越するエリアを凸地形、負の値が連続して卓越するエリアを凹地形とした。そして、凸地形と凹地形の境界から両側に5mのバッファを発生させ、凸地形からバッファを除外したエリアを尾根、バッファエリアを中間斜面、凹地形からバッファを除外したエリアを谷と定義した（図-2）。その結果、各地形区分の面積は、尾根が1.748ha（36.1%）、中間斜面が1.935ha（40.0%）、谷が1.154ha（23.9%）となった。

記録されたDBH30cm以上の幹は、GPS受信機で記録された位置情報に基づき、どの地形区分に含まれ

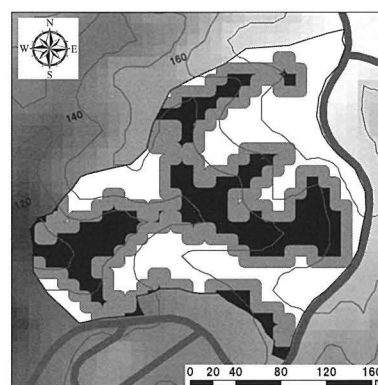


図-2 DEMから求めた曲率に基づいた対象小流域（黒い実線内）の地形区分
白：尾根、灰色：中間斜面、黒：谷

るか判定した。GPS受信機の期待精度から、隣接する地形区分である尾根と中間斜面、または中間斜面と谷の間では地形区分の判定が入れ替わってしまうことも起こりえるが、尾根と谷の間で判定が入れ替わることは考えにくい。そのため、GPS受信機で記録された位置情報を真値として、幹が位置する地形区分を判定した。そして、主要な樹種のDBHとHについて、地形区分別に多重比較を行った（Steel-Dwass法、5%有意水準）。また、DBHと平均樹冠直径の関係について、共分散分析によって回帰係数の有意差を検定した（5%有意水準）。

Ⅲ. 結果および考察

1. 樹種構成と地形区分別の幹本数密度

小流域内で記録されたDBH30cm以上の大径木の幹本数密度は、全樹種合計で91.0本/haであり、そのうちイタジイが59.3本/ha（65.2%）、イジュが19.0本/ha（20.9%）、オキナワウラジロガシ *Quercus miyagii* が5.8本/ha（6.4%）などとなっていた（表-1）。イタ

表-1 調査対象小流域内で地形区分別に集計した樹種別幹本数および本数密度 (DBH $\geq$ 30cm)

樹 種	尾根		中間斜面		谷		小流域全体	
	記録本数	/1.0ha	記録本数	/1.0ha	記録本数	/1.0ha	記録本数	/1.0ha
イタジイ	65	37.2	135	69.8	87	75.4	287	59.3
イジュ	15	8.6	46	23.8	31	26.9	92	19.0
オキナワウラジロガシ	2	1.1	8	4.1	18	15.6	28	5.8
ヤマモモ	2	1.1	2	1.0	2	1.7	6	1.2
クスノキ			5	2.6	1	0.9	6	1.2
リュウキュウマツ	5	2.9					5	1.0
フカノキ			2	1.0	3	2.6	5	1.0
リュウキュウモチ	1	0.6	2	1.0			3	0.6
タブノキ			2	1.0			2	0.4
クロバイ	1	0.6					1	0.2
ツゲモチ	1	0.6					1	0.2
トキワガキ			1	0.5			1	0.2
ハゼノキ			1	0.5			1	0.2
ヒメユズリハ			1	0.5			1	0.2
ミミズバイ			1	0.5			1	0.2
合 計	92	52.6	206	106.5	142	123.1	440	91.0

ジイを中心に萌芽再生した幹が多いものと考えられるが、単幹化が進んでおり、DBH30cm以上の幹でみた多幹率はイタジイが2.1% (281個体中6個体)、ヤマモモ *Morella rubra* が20.0% (5個体中1個体) であるほかはすべて0.0%であった。高嶋ら (2014) で調査されたやんばる地域の非皆伐成熟林では、DBH30cm以上の大径木は全樹種合計で196.0本/ha記録されており、そのうちイタジイが122.0本/ha (62.2%)、イジュが50.0本/ha (25.5%)、オキナワウラジロガシが8.0本/ha (4.1%)、イスノキ *Distylium racemosum* が7.0本/ha (3.6%) などとなっていた。両者を比較すると、本研究で調査した約65年生二次林の小流域では、DBH30cm以上の大径木の密度は非皆伐成熟林の半分以下に留まり、DBH30cm以上のイスノキは出現しなかった。イスノキについては、小流域に隣接する0.5haの固定試験地で、約60年生の時点で最も太い幹がDBH18.8cmであったことから (高嶋ら, 2014)、イタジイやイジュ、オキナワウラジロガシと比べて、大径木の再生により長い時間を要するものと考えられた。

地形区分別に見ると、全樹種合計の大径木の幹本数密度は、谷や中間斜面と比べて尾根では半分以下になっていた (表-1)。この結果には、特に優占度の高いイタジイやイジュの傾向が強く反映されていた。一方で、オキナワウラジロガシは、尾根だけではなく中間斜面でも幹本数密度が大幅に低くなっていた。このことから、オキナワウラジロガシは、イタジイやイジュと比べてより谷に偏って定着していることが判明した。オキナワウラジロガシは、日本産ブナ科の中で

最大の堅果をつけることから (大川・林, 2016)、堅果が重力散布や水散布によって集まる谷に沿って更新しているものと考えられた。

それ以外の種は、幹本数密度が非常に低かった。その中で、ヤマモモは尾根、中間斜面、谷に偏りなく出現していた。一方で、クスノキ *Cinnamomum camphora* は中間斜面、リュウキュウマツ *Pinus luchuensis* は尾根に偏って出現している傾向が見られた。クスノキは、小流域の中のひとつの谷間にまとまって生育していたが、もともと沖縄には自生しない種であり (初島, 1975)、国頭村では大正時代から戦前にかけて主に樟脳生産を目的に植栽されていたことから (仲間, 2010)、本研究で記録された幹もかつて人為的に植栽された集団であると推測された。また、リュウキュウマツは、小流域の外周の尾根に開けられた道路沿いに出現していた。よって、ここでは地形に加え、道路開設に伴う法面の裸地化や、それに伴う林縁部の光環境改善も影響したものと考えられた。

2. 主要樹種のサイズ構造と地形の影響

記録された大径木のDBHサイズ分布を見ると、イタジイは逆J字型の連続した分布を示し、最大でDBH72.3cmの幹が存在した (図-3)。イジュは、DBH55cm付近まで連続した逆J字型の分布を示し、それより大きい幹はDBH70.0cmの幹が1本存在した。オキナワウラジロガシも、DBH55cm付近まで連続した分布を示し、それより大きい幹はDBH60.5cmとDBH73.5cmの2本の幹が存在した。本研究にお

いて、約65年生二次林の中で記録された最大 DBH は、イタジイ、イジュ、オキナワウラジロガシのいずれも、高嶋ら（2014）による1.0haの非皆伐成熟林の調査で記録された数値を上回っていた。なお、高嶋ら（2014）は、本研究の対象小流域に隣接する固定試験地の調査結果から、約60年生の時点で DBH50cm に達しているイタジイは第二次大戦後の伐採の際の伐り残しであると推定していた。イジュやオキナワウラジロガシについては同様の推定は行われていないが、イジュは高嶋・稲福（2017）によって平均 DBH 成長量がイタジイよりも小さいことが判明しているため、少なくとも同様に DBH50cm を超える幹は戦後の伐採の際の伐り残しであると考えられた。

このような DBH50cm を超えるイタジイやイジュは、大半が谷から中間斜面にかけて生育していた（図-3）。このことから、第二次大戦後に更新した二次林においても、谷から中間斜面にかけては老齢な大径木が僅かながら残されている可能性が示唆された。また、DBH と樹齢の関係は明らかになっていないものの、オキナワウラジロガシも DBH45cm を超える幹はすべて谷から中間斜面にかけて生育していた。これらのことから、一定の林齢に達している二次林におい

ては、谷や中間斜面は特に太い幹の密度が高くなっている立地として、生態系管理や生物相保全の観点から注目する必要があると考えられた。

地形区別に幹のサイズについて多重比較を行ったところ、イタジイは尾根よりも谷で DBH が大きくなっていた（図-4）。また、尾根よりも中間斜面で、さらに中間斜面より谷で H が高くなっていた（図-5）。イタジイは、台風による強風で上部に枯損を発生しやすいことが報告されているため（小多ら, 2015）、H については物理的な幹の損傷も反映されているものと考えられた。また、イジュは、尾根や中間斜面よりも谷で H が高くなっていた（図-5）。このように、やんばる地域の約65年生に達した二次林では、谷地形を中心に伐り残しの幹も含めてサイズの大きな幹が分布していた。なかでもイタジイは、立地によってサイズの差が顕著に表れていた。

3. 主要樹種の樹冠拡張

記録された幹の樹冠投影面積を求めたところ、全樹種の樹冠投影面積合計は3109.1m²/ha であった。そのうちイタジイが1870.5m²/ha（60.2%）を占め、次いでオキナワウラジロガシが513.8m²/ha（16.5%）、イ

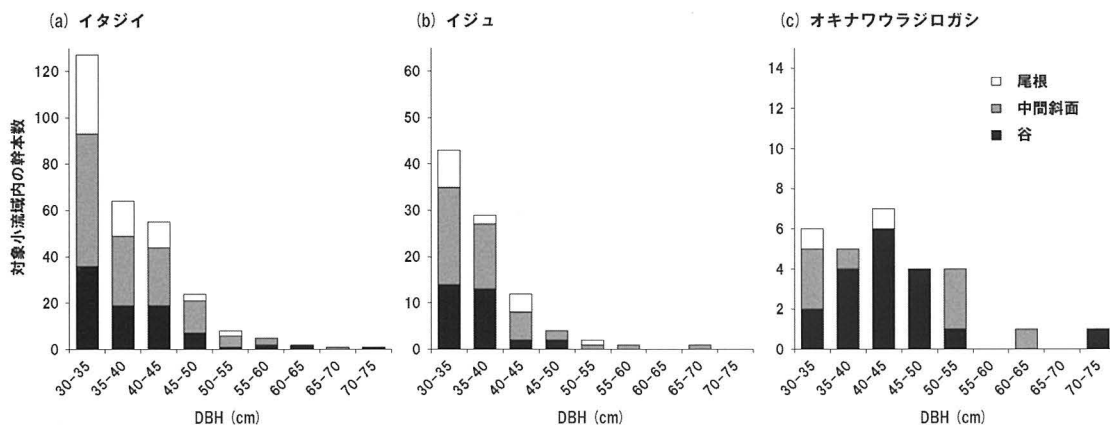


図-3 主要樹種の DBH 階別幹本数分布（地形区別に分けて表示）

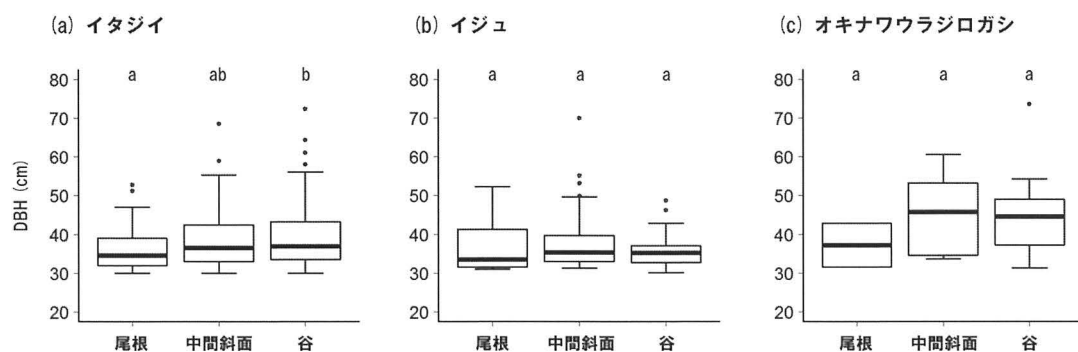


図-4 主要樹種の地形区別の DBH に関する箱ひげ図と多重比較の結果

アルファベットは多重比較における有意差（ $P < 0.05$ ）。

箱の上辺は第3四分位点，下辺は第1四分位点。箱内部の太線は中央値。

ひげは上下の極値。○は外れ値。

ジュが512.8m²/ha (16.5%)となっていた。記録されたすべての幹の本数比はイタジイが65.2%, イジュが20.9%, オキナワウラジロガシが6.4%であったことから、オキナワウラジロガシの樹冠投影面積比は幹本数比に対して大幅に高くなっていることが判明した。

DBHと平均樹冠直径の関係は、イタジイ、イジュ、オキナワウラジロガシのいずれにおいても強い正の相関 ($p < 0.001$) が認められた (図-6)。また、共分散分析から、イタジイとイジュに比べて、オキナワウラジロガシの回帰係数が大きくなっているという結果も得られた。このことから、オキナワウラジロガシは、DBHの肥大に伴いイタジイやイジュと比べてより広く樹冠を拡張することが明らかになった。オキナワウラジロガシは、種子散布の様式が重力散布や水散布であるため、谷に偏って生育している。同じ南西諸島の徳之島では、凹地 (谷) がオキナワウラジロガシ大径木の生育適地となっていることがすでに報告されているが (川路ら, 2009), 傾斜が急な谷地形では、向き合った斜面などで樹冠を側方に広げることができる樹種が光獲得競争において有利になる。そのため、同じDBHサイズのイタジイやイジュよりも水平方向により広く樹冠を拡張できるオキナワウラジロガシは、谷沿いに局所的に優占度の高い群落を形成できるものと

考えられた。

IV. おわりに

本研究の調査結果から、やんばる地域の約65年生二次林は、大径木の密度を指標にすると再生途上の段階にあるといえた。そして、地形と人為的な影響の双方が幹のサイズや種の分布に影響を及ぼしていることも明らかになった。谷から中間斜面にかけては、幹のサイズが大きくなりやすく大径木の密度も高くなる一方で、尾根ではそのような大径木の密度が低くなっていた。また、谷から中間斜面にかけては、第二次大戦後の伐採を免れた老齢大径木が僅かながら生存している場合があり、これらが希少種を中心とした生物相の保全に重要な役割を果たす可能性も考えられた。そのため、今後はこれらの大径木における心材腐朽の進行や樹洞の発生状況、さらには希少種の利用状況などを調査し、非皆伐成熟林の状況と比較することで、実際の生態学的機能の差を検証することも必要になるだろう。

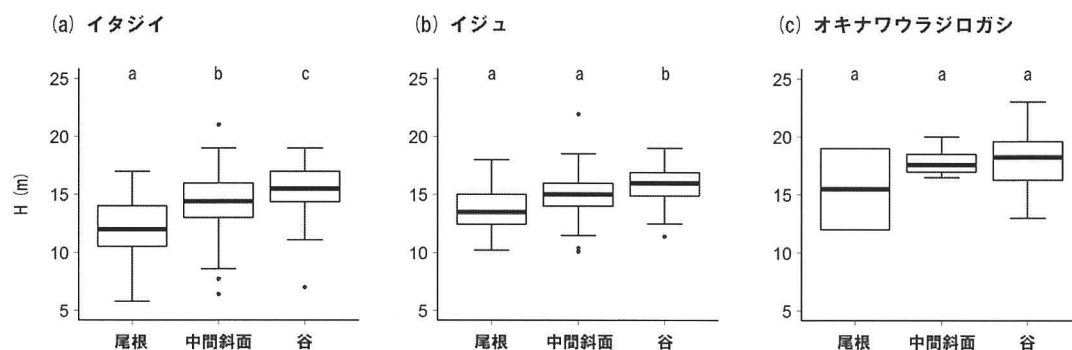


図-5 主要樹種の地形区分別のHに関する箱ひげ図と多重比較の結果
作図の手法は図-4と同様。

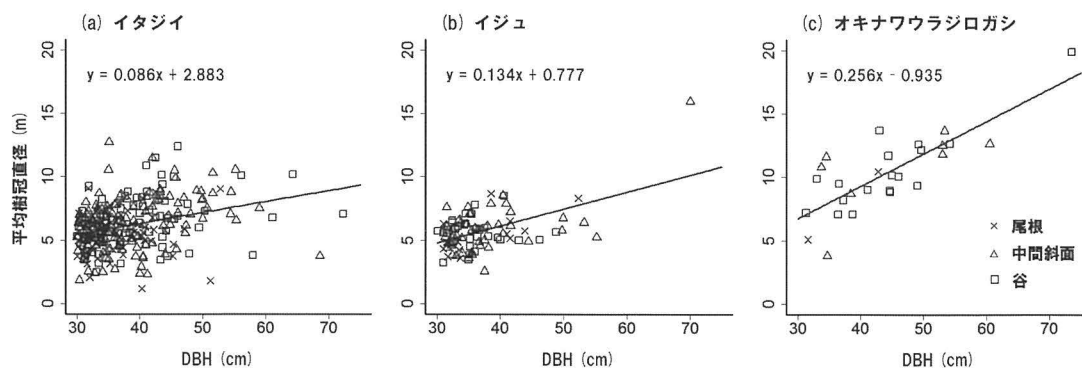


図-6 主要樹種のDBHと平均樹冠直径の関係
地形区分別に異なるマーカールを用いて表示した。
回帰式は全地形区分を統合して求めた。

謝 辞

調査を実施させていただいた、国頭村環境教育センター「やんばる学びの森」に感謝申し上げます。また、現地調査に継続的に協力いただいた久高将和氏、琉球大学観光産業科学部観光科学科（当時）の「観光学演習Ⅰ」「観光学演習Ⅱ」科目における体験活動の一環として現地調査に参加いただいた学生の皆様にも感謝申し上げます。

引用文献

- Abe, S., Kotaka, N., Takashima, A., Abe, T., Saito, K., Masaki, T. (2018) Host selection and distribution of *Dendrobium okinawense*, an endangered epiphytic orchid in Yambaru, Japan. *Ecol. Res.* 33: 1069–1073.
- Enoki, T. (2003) Microtopography and distribution of canopy trees in a subtropical evergreen broad-leaved forest in the northern part of Okinawa Island, Japan. *Ecol. Res.* 18: 103–113.
- 初島住彦 (1975) 琉球植物誌 (追加・訂正版). 沖縄生物教育研究会.
- 井口朝道・高嶋敦史・吉田茂二郎・溝上展也 (2008) 沖縄県北部地域亜熱帯性二次林における地形の林分構造への影響評価. 九州森林研究61: 140–143.
- 川路まり・北岡和彦・千年原薫・館野隆之輔・米田健・水永博己 (2009) 徳之島亜熱帯林におけるオキナワウラジロガシの生育地特性の評価. 日本森林学会大会発表データベース120: Pc 3–34.
- 小高信彦・佐藤大樹・外山雅大・榎木勉・山下香菜・長尾博文 (2006) ノグチゲラ *Sapheopipo noguchii* の営巣木内部における硬さ変異. 九州森林研究 59: 194–196.
- Kubota, Y., Katsuda, K., Kikuzawa, K. (2005) Secondary succession and effects of clear-logging on diversity in the subtropical forests on Okinawa Island, southern Japan. *Biodivers. Conserv.* 14: 879–901.
- Kubota, Y., Murata, H., Kikuzawa, K. (2004) Effects of topographic heterogeneity on tree species richness and stand dynamics in a subtropical forest in Okinawa Island, southern Japan. *J. Ecol.* 92: 230–240.
- 松本斉・大谷雅人・鷲谷いづみ (2015) 奄美大島における保全上重要な亜熱帯照葉樹林の指標候補としての大径木. 保全生態学研究20: 147–157.
- 仲間勇栄 (2010) 国頭村の森林と林業の歴史を語る. 琉球大学農学部学術報告57: 41–57.
- 小多祥基・高嶋敦史・芝正己 (2015) やんばる地域の亜熱帯林における台風被害木の特徴. 平成26年度亜熱帯森林・林業研究会研究発表論文集: 7–12.
- 大川智史・林将之 (2016) ネイチャーガイド琉球の樹木奄美・沖縄～八重山の亜熱帯植物図鑑. 文一総合出版.
- 沖縄県環境部自然保護課 (2017) 改訂・沖縄県の絶滅のおそれのある野生生物第3版 (動物編) — レッドデータおきなわ —. 沖縄県環境部自然保護課.
- 齋藤和彦 (2011) 森林簿にもとづく沖縄県国頭村域の林齢分布の分析. 環境情報科学論文集25: 245–250.
- 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.
- 高嶋敦史・加治佐剛・齋藤和彦 (2008) 空中写真から判読した沖縄島北部地域における森林利用・開発の推移. 九州森林研究61: 57–60.
- 高嶋敦史・松本一穂 (2017) 野外研究サイトから (34) 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. 日本生態学会誌67: 61–66.
- 高嶋敦史・大島順子・久高将和・齋藤和彦 (2014) 沖縄島やんばる地域における亜熱帯性天然林の林分構造 — 60年生二次林と非皆伐成熟林の比較 —. 森林計画学会誌48: 27–34.

(2018年7月23日受付)

(2019年1月29日受理)