

## 論文

沖縄島やんばる地域の二次林における30年生から40年生にかけての遷移<sup>\*1</sup>大嶋優希<sup>\*2</sup>・高嶋敦史<sup>\*3</sup>

大嶋優希・高嶋敦史：沖縄島やんばる地域の二次林における30年生から40年生にかけての遷移 九州森林研究 73：27－32，2020  
 沖縄島やんばる地域で30年生時に測定された二次林の試験地を40年生時に再測定した。さらに、試験地周辺で、優占種であるイタジイの年輪を計測した。30年生時に上層を占めていたイタジイやイジュは、40年生時に幹本数が大幅に減少したことから、自己間引きに加えて34年生時に襲来した台風による影響が考えられた。また、30年生時から40年生時にかけて、攪乱依存種とされるイジュやカクレミノの進界木が現れなかったのに対し、遷移後期種のイスノキやシシアクチが幹本数を増やしたことから、林床への台風の影響は限定的で、林床は暗い状態が続いたと考えられた。イタジイの年輪解析では、台風攪乱後に健全な樹冠が保たれた幹で直径成長が改善する傾向が見られたが、先折が生じた幹では成長の改善は見られなかった。

キーワード：やんばる地域、亜熱帯林、二次林、遷移、年輪解析

Oshima, Y., Takashima, A.: Succession from 30 to 40-year-old secondary forest in the Yambaru area of Okinawa Island Kyushu J. For. Res. 73：27－32，2020 We remeasured a research plot in a 40-year-old secondary forest in the Yambaru area of Okinawa Island, which had been measured 10 years previously. In addition, we measured the annual rings of the dominant species *Castanopsis sieboldii* around the plot. *Castanopsis sieboldii* and *Schima wallichii*, which dominated the canopy in the 30-year-old forest, showed reduced stem numbers in the 40-year-old forest as the result of self-thinning and a typhoon disturbance 6 years previously. The recruited stem of the disturbance-dependent species *S. wallichii* and *Dendropanax trifidus* were not recorded, but the stem numbers of the late-successional species *Distylium racemosum* and *Ardisia quinquegona* were higher in the 40-year-old forest than in the same forest 10 years previously. This suggested that the typhoon had only minor effects on the forest floor, and that the light conditions at the forest floor had remained relatively dark. The results of an annual ring analysis of *C. sieboldii* revealed a trend of improved diameter growth in trunks of trees that retained good crown conditions after the typhoon, however, the same trend was not observed in trunks of trees whose crowns were damaged by the typhoon.

Key words：Yambaru area, subtropical forest, secondary forest, forest succession, annual ring analysis

## I. はじめに

沖縄島北部に位置するやんばる地域には亜熱帯性常緑広葉樹林が広がっており、その森林にはヤンバルクイナやノグチゲラ、ヤンバルテナガコガネといった多くの固有種が生息している。高い生物多様性や固有の生態系が評価されて国立公園が設置され、2019年現在、特に自然度の高い脊梁部は世界自然遺産にも推薦されている。その一方で、過去には広域におよぶ強大な人為活動の影響を受けており、ほとんどの林分が更新経験を持つ二次林や人工林である（齋藤，2011）。二次林には希少動植物の生息場所拡大を促進したり、周辺地域における人為活動の影響が遺産エリアに及ぶことを緩和させたりする緩衝地帯の役割が求められる。そのような緩衝地帯の適切な管理を実現するためには、二次林の遷移や天然更新の過程を詳細に把握する必要がある。

二次林の再生過程において、萌芽は重要な更新材料となっている（伊藤，1996）。九州における研究事例では、伐採後18年を経た段階で萌芽由来の照葉樹林型高木種が林冠を優占し、伐採直後に優占していた先駆種は、林冠に到達した萌芽個体の被圧によって消失することが明らかになっている。その後、幹間競争が進行

し自己間引きが起こることで林冠個体の多幹率（全個体に占める多幹個体の割合）と平均幹本数、そして実生由来の下層個体の数が減少していく（井藤ほか，2008）。やんばる地域においても、萌芽による一斉更新が二次林の再生に貢献していることが明らかになっており（高橋ほか，2009）、発達の過程で九州における事例と同様に幹間競争が進んでいくのではないかと考えられている。

やんばる地域における二次林を詳細に調査した既往の研究には、Wu and Shinzato (2004)、高橋ほか (2009)、高嶋ほか (2014)、高嶋・稲福 (2017) などがあり、それぞれ5年生と14年生、30年生、約60年生の構造と、65年生から70年生前後の遷移について報告されている。高橋ほか (2009) では、30年生の林分はサイズ構造だけでなく、種構成からも遷移の途中段階であると推察している。また、高嶋ほか (2014) は、約60年生の二次林でも原始的な非皆伐成熟林とは林分構造が大きく異なっていることから、非皆伐成熟林とその周辺の二次林を空間的かつ機能的に組み合わせ、地域の生態系と生物多様性を維持・復元する必要があると報告している。

その一方、やんばる地域の二次林について、30年生から約60年生までの30年間における詳細な林分構造や遷移を明らかにし

\*1 Oshima Y., Takashima, A.: Succession from 30 to 40-year-old secondary forest in the Yambaru area of Okinawa Island.

\*2 琉球大学大学院農学研究科 Grad. Sch. Agric., Univ. Ryukyus, Nishihara, Okinawa 903-0213, Japan

\*3 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 Yona Field, Subtropical Field Science Center, Fac. Agric., Univ. Ryukyus, Kunigami, Okinawa 905-1427, Japan

た研究はない。この30年間で起こると考えられる幹間競争の進行や林床における更新動態なども明らかでないため、現在やんばる地域の二次林における長期遷移を連続的に説明することは難しい。そこで、本研究では皆伐30年後に調査された試験地において10年後に再測定を行い、二次林の皆伐後30年から40年にかけての遷移、幹間競争の進行、更新動態の解明に取り組んだ。また、年輪解析から林冠木の年輪幅の推移を明らかにし、2012年に襲来した非常に強い台風による攪乱（小多ほか、2015）などの影響を確認した。

## II. 対象地および方法

沖縄島北部やんばる地域の国頭村に位置する、琉球大学与那フィールド78林班を小班の1978年に皆伐された林分に設けられた20m×30m(0.06ha)の試験地を使用した。この試験地は高橋ほか(2009)により設定され、30年生時の2008年に測定が行われている。試験地は標高230mの尾根付近の斜面上部に位置しており、皆伐された後は人為活動の影響を受けずに更新している。周辺の森林の優占種はイタジイ(スダジイ)である。

この地域の気象概況は、試験地の北北東約11kmに位置するアメダス気象データ「奥」地点より、2008年から2018年の11年間の平均値で、年平均気温は20.8℃、最高気温は33.0℃、最低気温は7.3℃、年平均降水量は2645.8mmである(気象庁ウェブサイト)。また、台風の常襲地域にあたり、最寄りの都市である名護市には1979年から2018年6月までに145個の台風が接近した。近年では2012年に非常に強い台風15号、16号、17号が襲来した(沖縄気象台ウェブサイト)。

本研究では、この試験地を40年生時の2018年に再測定した。測定は、高橋ほか(2009)と同様に胸高直径(DBH)1cm以上の全幹を対象とし、記録項目は樹種、樹高(H)、DBHとした。DBHの測定では、DBHが約4cm未満の幹にはノギスを用い、DBH約4cm以上の幹には直径メジャーを用いた。Hは、測桿(最大長12m)を用いて測定した。樹高12m以上の幹に関しては、測桿を最大値まで伸ばして樹冠の最高位まで持ち上げ、測桿の下端から地表までの長さ合計した数値を樹高とした。なお、胸高位置より下で分幹している個体は「単幹個体」、単独の幹の

みの個体を「単幹個体」として記録した。

年輪解析では、年輪数と樹齡が一致する可能性が高いイタジイ(佐久間、2014)を使用した。試験地周辺で2018年12月に伐倒したイタジイ林冠木9本について、原則0.3m高と1.3m高で円板を採取し、0.3m高の円板は樹齡判定に、1.3m高の円板は年平均DBH成長量の算出に使用した。円板は、乾燥させたのち表面をベルトサンダーで磨き、円板の髓から樹皮を結び可能な限り垂直に交わる直線4本を設定して、年輪数と年輪幅を計測した。年輪幅の計測には、今村ほか(2001)によって開発された樹幹解析プログラム「Stem Analyzer」を使用した。

## III. 結果および考察

試験地内における出現樹種は、30年生で51種、40年生では52種であった。全樹種合計の幹本数は、30年生の25,683本/haに比べ40年生は28,167本/haと9.7%増加しており、30年生時ではイタジイ、40年生時ではシシアクチが最も高い割合を占めた(表-1)。優占種であるイタジイは、30年生の4,383本/haに比べ40年生では3,700本/haと15.6%減少し、遷移後期種であるシシアクチは、30年生の3,517本/haに比べ40年生では4,800本と36.0%増加していた。増加率は、シマミサオノキやシシアクチなどの低木が高い値を示した。最も高い減少率を示したのは高木のイジュで、1,700本/haから1,150本/haと32.4%減少していた。高木性の種ではイタジイも減少し、遷移後期種で将来的に高木になるイスノキは増加していた。40年生では全体の幹本数が増加していることから、林床における遷移後期種の活発な更新が寄与していると考えられた。

全樹種合計の胸高断面積は、30年生の56.51m<sup>2</sup>/haに比べ、40年生は57.15m<sup>2</sup>/haと1.1%増加しており、30年生、40年生ともに、胸高断面積合計の約半分をイタジイが占めた(表-1)。最も増加率の高い樹種は207.4%のシマミサオノキで、次いで104.6%のクチナシであった。

全樹種合計のDBH階別幹本数では、40年生時にはDBH階2cm~4cmの幹が増加していた(図-1)。イタジイでは主に萌芽由来であるDBH階2~3cmの幹が特に増加し、一方で優勢木であるDBH階11cm以上の幹も全体的に増加していた。最大

表-1. 樹種別幹本数、樹種別胸高断面積合計の推移と増減率

樹種名	幹本数(本/ha)			胸高断面積合計(m <sup>2</sup> /ha)		
	30年生	40年生	増減率	30年生	40年生	増減率
イタジイ	4383	3700	-15.6%	25.93	25.31	-2.4%
イジュ	1700	1150	-32.4%	15.98	13.06	-18.3%
イスノキ	2683	3417	27.3%	0.59	0.97	65.8%
コバンモチ	917	1017	10.9%	1.31	2.11	61.1%
クチナシ	933	1100	17.9%	0.25	0.50	104.6%
カクレミノ	983	867	-11.9%	0.37	0.66	77.8%
シマミサオノキ	917	1283	40.0%	0.19	0.58	207.4%
シシアクチ	3517	4800	36.5%	0.53	0.85	60.0%
その他	9650	10833	12.3%	11.36	13.10	15.4%
合計	25683	28167	9.7%	56.51	57.15	1.1%

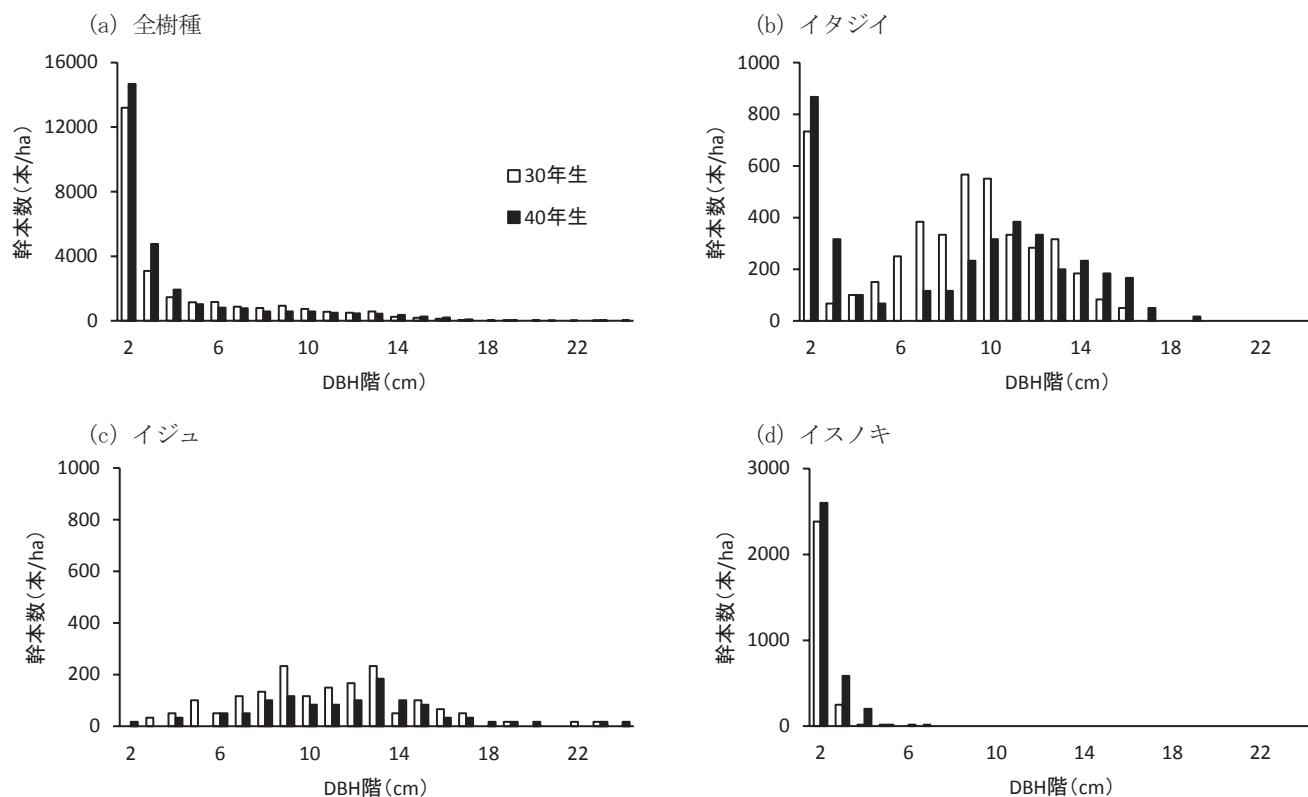


図-1. 樹種別の DBH 階別幹本数の推移

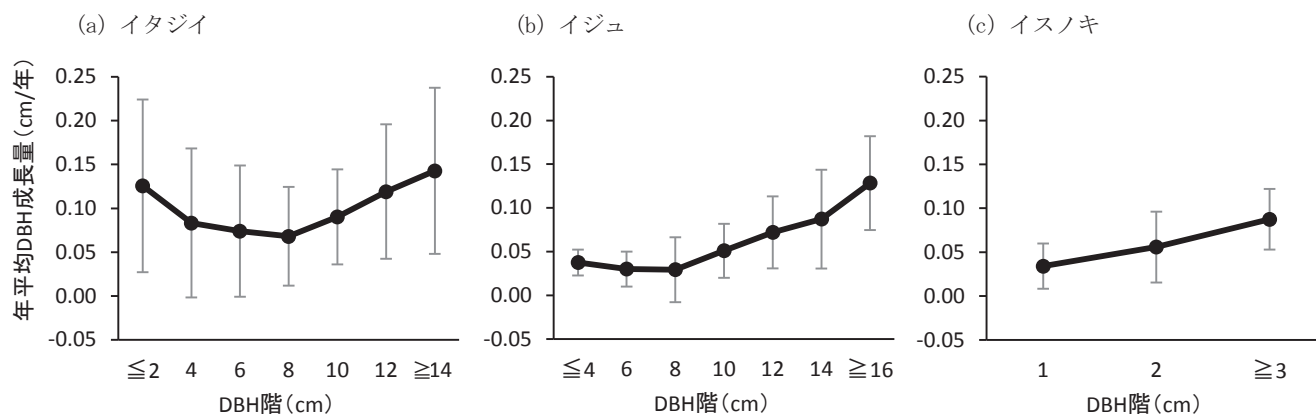


図-2. 主要樹種の年平均 DBH 成長量 (バーは標準偏差を示す)

表-2. イタジイとイジュの年 DBH 成長量の統計量と t 検定の結果

DBH階	イタジイ		イジュ		自由度	p値
	平均±標準偏差 (cm)		平均±標準偏差 (cm)			
4cm	0.08±0.08		0.04±0.01		4	0.546
6cm	0.07±0.07		0.03±0.02		14	0.208
8cm	0.07±0.06		0.03±0.04		44	0.025
10cm	0.09±0.05		0.05±0.03		52	0.027
12cm	0.12±0.08		0.07±0.04		53	0.016
14cm	0.14±0.09		0.09±0.06		21	0.189

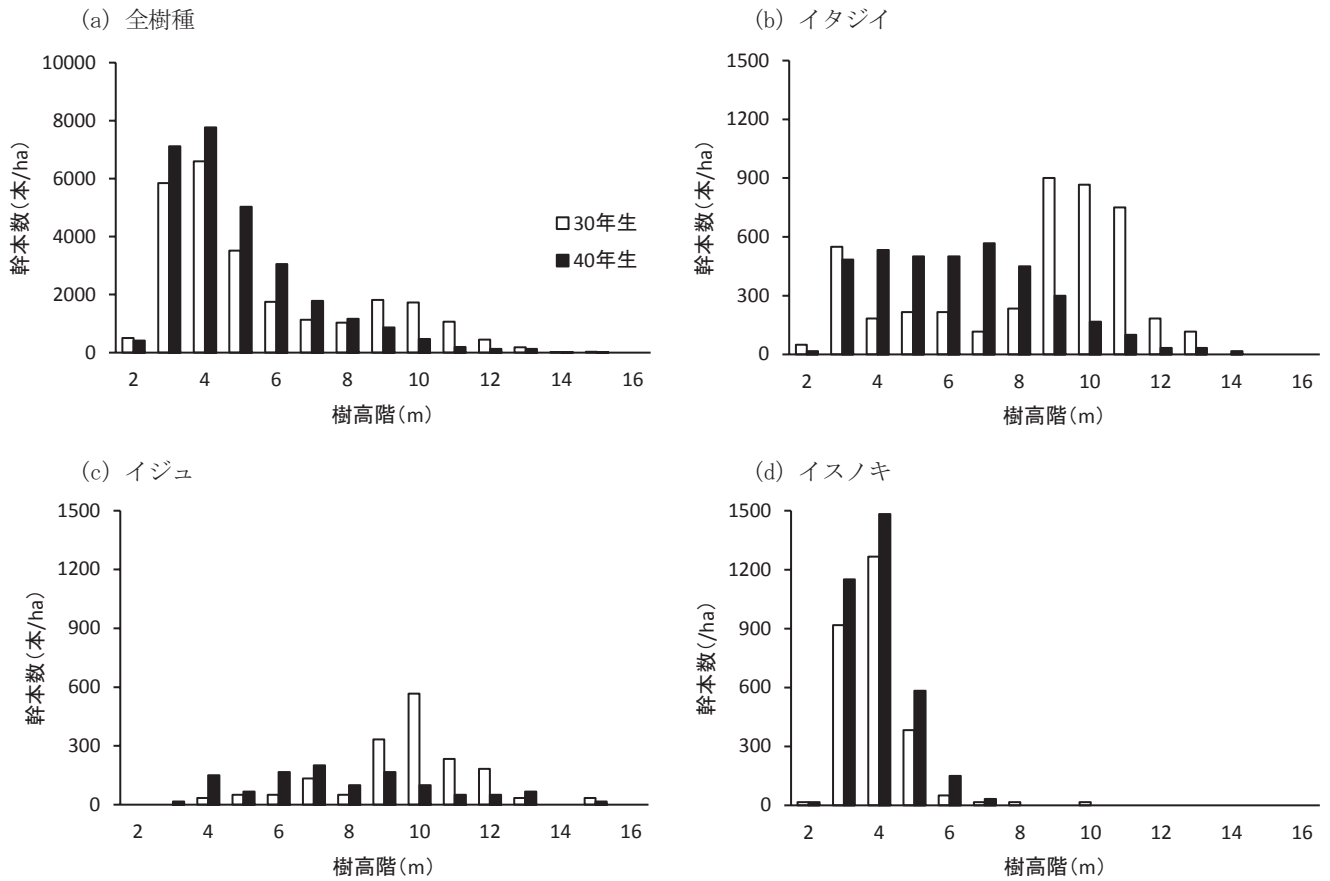


図-3. 樹種別の樹高階別幹本数の推移

表-3. 30年生から40年生にかけての枯死木と進界木

樹種名	枯死木			進界木	
	幹本数 (本/ha)	枯死率 (%)	胸高断面積 (m <sup>2</sup> /ha)	幹本数 (本/ha)	進界率 (%)
イタジイ	1750	39.9	5.30	1067	24.3
イジュ	550	32.4	4.15	0	0.0
イスノキ	117	4.3	0.08	850	31.7
コバンモチ	167	18.2	0.13	267	29.1
クチナシ	33	3.5	0.01	200	21.4
カクレミノ	117	11.9	0.02	0	0.0
シマミサオノキ	17	1.8	0.00	383	41.8
シシアクチ	317	9.0	0.04	1600	45.5
その他	2083	21.6	2.16	3267	33.9
全樹種	5150	20.1	11.89	7633	29.7

DBHは30年生時には15.5cmであったが、40年生では18.8cmになっていた。一方で、DBH階6~10cmの幹は半数以下に減少していたことから、幹間競争による影響が考えられた。イジュでは、40年生時にはDBH階13cm以下の幹が30年生時の約半数に減少したが、DBH階14cm以上の幹本数に大きな変化はみられなかった。イスノキはDBH階2cmの幹が大半である状況に変わりはなかった。幹本数は全体的に増加傾向にあり、

DBH階3~4cmの幹は約3倍になっていたが、DBH階7cm以上の幹は存在しなかった。イスノキは現在も幹本数が増加していることから、今後の優占度の上昇が見込まれた。これらの結果から、この試験地を含む林分は40年生時においても遷移の途中段階で全体的に幹が小さく、林床では遷移後期種を中心に活発な更新が起きていることが明らかになった。

全DBH階をあわせた主要樹種の年平均DBH成長量は、イタ

表-4. 代表種の30年生から40年生にかけての多幹率の推移

樹種名	多幹率(%)		
	30年生	40年生	増減率
イタジイ	30.1%	39.1%	9.0%
イジュ	19.0%	23.5%	4.5%
イスノキ	11.3%	11.7%	0.4%
コバンモチ	5.8%	17.3%	11.5%
クチナシ	30.8%	29.8%	-1.0%
カクレミノ	37.8%	37.5%	-0.3%
シマミサオノキ	12.8%	17.5%	4.7%
シシアクチ	19.9%	26.0%	6.1%
全樹種	19.1%	21.2%	2.1%

表-5. 年輪解析に使用したイタジイ林冠木9本の樹冠の状態, DBH, 樹高, 年輪数

状態	DBH(cm)	樹高(m)	年輪数	
			0.3m高	1.3m高
健全	12.4	10.36	39	34
健全	14.7	9.12	35	34
健全	9.7	8.41	26	22
先折後再生	11.7	7.30	32	29
先折	12.7	6.32	36	32
先折	10.6	6.10	33	26
先折	11.4	5.60	27	27
先折	14.3	5.32	35	34
主軸折	10.7	6.04	32	31

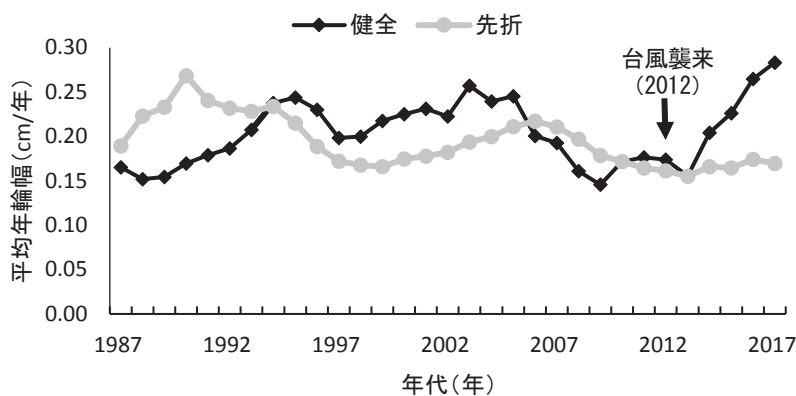


図-4. 樹冠の状態別にみたイタジイ林冠木の平均年輪幅 (1.3 m高, 3年移動平均)

ジイが0.10 cm, イジュは0.06 cm, イスノキは0.04 cmとなっていた。高嶋・稲福 (2017) で調査された65~70年生二次林ではイタジイが0.15 cm, イジュは0.12 cm, イスノキは0.05 cmとなっていたが, 本研究の30~40年生二次林ではそれよりもDBH成長量が小さくなっていた。ここで, DBH 15 cm以下の幹に限って比較しても, 本試験地におけるそれら3種のDBH成長量は高嶋・稲福 (2017) の値より小さかった。本試験地は尾根付近の斜面上部に位置するが, 高嶋・稲福 (2017) の試験地は尾根から一次谷にかけて設定されている。一般的に尾根よりも谷にお

いて成長量は大きくなるとされていることから, 立地の違いが成長量の違いに現れているのではないかと考えられた。

DBH階別に見ると, イタジイはDBH階8 cmを境に成長量が増加しており, イジュとイスノキはDBH階の大きなものほど成長量が大きくなる傾向があった(図-2)。また, イタジイとイジュの年平均DBH成長量についてDBH階ごとに4 cmから14 cmまで $t$ 検定を行うと, DBH階8, 10, 12 cmでイタジイの成長量がイジュより大きくなっていた ( $p < 0.05$ ) (表-2)。

全樹種合計の樹高階別幹本数では樹高階8 m以下の幹が増加し,

樹高階 9 m 以上の幹は減少していた (図-3)。イタジイは樹高階 4~8 m が特に増加していた。イジュも樹高階 3~8 m の幹が増加し、イスノキも樹高階 7 m 以下の幹が増加していた。30 年生時に上層を形成していた樹高 9 m 以上のイタジイやイジュは、枯死や先折などによる樹高低下で半数以下に減少していた。梢端が折損していた上層木が多く見られたことから、2012 年に襲来した台風による強風が大きく影響していると考えられた。

枯死木に着目すると、全樹種合計で 30 年生時に 25,683 本/ha あった幹のうち、40 年生時には 20.1% にあたる 5,150 本/ha が枯死していた (表-3)。枯死木の樹種別幹本数では、イタジイが全体の 34.0%、イジュが 10.7% を占め、この 2 樹種で約半数を占めていた。枯死率はイタジイが 39.9% と最も高く、次いでイジュが 32.4% であった。幹本数が 3 番目に多いイスノキは、枯死率が 4.3% と低かった。枯死木の胸高断面積合計は 11.89 m<sup>3</sup>/ha で、イタジイが 5.30 m<sup>3</sup>/ha と最も高い割合を占め、次いでイジュが 4.15 m<sup>3</sup>/ha であった。イスノキと比べて台風被害を受けやすいと報告されているこの 2 樹種 (小多ほか, 2015) で約 7 割を占めていた。また、イタジイとイジュの枯死木の幹本数比は約 3:1 であったのに対し、枯死木の胸高断面積合計には大きな差がなかった。このことは、イタジイでは小径木に枯死が集中していたことを反映していた (図-1)。

進界木の幹本数は全樹種合計で 7,633 本/ha となり、最も高い割合を占めたのがシシアクチ (1,600 本/ha)、次いでイタジイ (1,067 本/ha) であった。(表-3)。攪乱依存種とされるイジュとカクレミノの進界木は存在しなかった。進界率は全樹種合計では 29.7% で、樹種別ではシシアクチが 45.5% と最も高い値を示し、優占種であるイタジイの進界率は 24.3% であった。

全樹種合計の多幹率は、30 年生時から 40 年生時にかけて 2.1% 増加し、樹種別では表-4 に示す主要樹種 8 種のうち 6 種で増加していた。優占種であるイタジイは 9.0% 増加していたことから、萌芽による更新が継続していると考えられた。一方で、九州のシイ・カシ萌芽林における既往の研究では、30 年生~40 年生時には幹間競争が進行し、多幹率が低下していくことが報告されている (井藤ほか, 2008)。本研究では台風攪乱等の沖縄特有の環境が高木の枯死や樹冠の損傷を引き起こし、萌芽が絶えず発生することで、九州における研究結果と異なる傾向をとらえた可能性があると考えられた。

イタジイ林冠木の年輪解析に使用した 9 本の幹の平均 DBH は 11.8 cm、平均樹高は 7.66 m であった。0.3 m 高の平均年輪数は 33 で、最大は 39、最小は 26 であった (表-5)。樹冠の状態別にみた 1.3 m 高の年輪幅の 3 年移動平均を図-4 に示した。矢印で示した 2012 年の台風攪乱後、健全幹 (3 本の平均)、先折幹 (4 本の平均) とともに 2013 年は年輪幅が狭まったが、2017 年には年輪幅の平均値が健全幹の方が 0.11 cm 大きくなっており、DBH 成長や自己間引きの進行には台風による樹冠の損傷などが影響している可能性が考えられた。また、平均年輪幅を 2 倍した値を年平均 DBH 成長量とすると、イタジイ林冠木の年平均 DBH 成長量は 0.30~0.50 cm となった。イタジイ林冠木の年平均 DBH 成長量は、幹間競争や被圧の影響を受けている幹も含む健全幹の平均値 (図-2) よりも大幅に良好であり、林冠木の成長

の優位性が確認された。

#### IV. まとめ

九州における二次林の再生過程では、萌芽個体の幹間競争が進行して、50 年生に至るまでに林冠木の多幹率と平均幹本数の減少が進むことが明らかになっている。それと同様に、本研究で調査を行ったやんばる地域の 30~40 年生二次林でも、イタジイやイジュといった林冠木が幹本数を減らしていた。イタジイとイジュは、ともに自己間引きや台風による影響などで上層木を大幅に減少させたが、イタジイは萌芽による更新が継続している一方、イジュの進界木は記録されなかった。イジュとともに攪乱依存種とされるカクレミノの進界木も記録されなかったことから、台風攪乱による林冠の損傷は、林床光環境の大幅な改善までには繋がっていないものと考えられた。その一方で、遷移後期種であるイスノキなどの幹本数が増加していたことから、今後林分の遷移が進むにつれ、遷移後期種の優占度が高くなっていくことが予想された。

また、台風後には、健全な樹冠が残った幹で DBH 成長が改善される傾向が見られた一方、樹冠が損傷した幹にはそのような傾向が見られなかったことから、林冠木の自己間引きに台風が関係しているというこの地域特有のシナリオが考えられた。

#### 謝辞

本研究を行うにあたって、様々なご指導を頂いた芝正己教授に深謝する。また、調査協力をしていただいた与那フィールドの技術職員の方々、亜熱帯地域農学科の方々に深く感謝を申し上げる。本研究は、環境研究総合推進費 (4-1804) 「世界自然遺産のための沖縄・奄美における森林生態系管理手法の開発」によって実施された。

#### 引用文献

- 井藤宏香ほか (2008) 日林誌 90 : 46-54  
 伊藤哲 (1996) 宮崎大演報 13 : 1-76  
 今村光晴ほか (2001) 日林九支論 54 : 15-16  
 気象庁 (2019) URL : [https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/annually\\_aphp?prec\\_no=91&block\\_no=0901&year=2008&month=&day=&view=](https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/annually_aphp?prec_no=91&block_no=0901&year=2008&month=&day=&view=) (2019 年 1 月 20 日利用)  
 小多祥基ほか (2015) 平成 26 年度亜熱帯森林・林業研究会 研究発表論文集 : 7-12  
 沖縄気象台 (2019) URL : <http://www.jma-net.go.jp/okinawa/data/toukei/pdf/nago.pdf> (2019 年 1 月 20 日利用)  
 齋藤和彦 (2011) 環境情報科学論文集 25 : 245-250  
 佐久間泰道 (2014) 琉球大学農学部卒業論文  
 高橋玄ほか (2009) 九州森林研究 62 : 84-87  
 高嶋敦史ほか (2014) 森林計画学会誌 48 : 27-34  
 高嶋敦史・稲福真一 (2017) 九州森林研究 70 : 17-20  
 Wu L and Shinzato T (2004) 九州森林研究 57 : 104-109  
 (2019 年 11 月 8 日受付 ; 2019 年 12 月 2 日受理)