

## 研究資料 (Research record)

### 照葉樹老齢二次林の 21 年間にわたる林分構造の変化

佐藤 保<sup>1)\*</sup>、山川 博美<sup>2)</sup>、野宮 治人<sup>2)</sup>、安部 哲人<sup>2)</sup>、齊藤 哲<sup>3)</sup>、  
釜 稔<sup>4)</sup>、大寺 義宏<sup>4)</sup>

#### 要旨

宮崎県宮崎市(旧東諸県郡高岡町)の照葉樹老齢二次林に設定した、1 ha 試験地にて 1998 年から 2019 年までに 21 年間の林分構造を継続観測した。合計 10 回にわたる毎木調査の結果、幹本数は 1998 年の 1532 本/ha から 2019 年には 1379 本/ha に減少していたが、生存個体の成長により、胸高断面積合計(BA)の値は 45.74 m<sup>2</sup>/ha から 2014 年時点で 50.97 m<sup>2</sup>/ha にまで増加していた。しかし、台風攪乱が多数発生した 2015 年から 2019 年の期間に生じた枯死個体によって、優占種の一つであるスダジイで大きな減少が見られ、林分全体の BA は期首(1989 年)とほぼ同等の値である 46.57 m<sup>2</sup>/ha になっていた。全期間を通じての枯死率は 1.51%/年となり、同期間の加入率(1.01%/年)を上回っていた。スダジイやウラジロガシでは小径木個体の枯死が見られたことから、今後の更新にも影響があるものと考えられる。

キーワード：常緑広葉樹、ウラジロガシ、スダジイ、長期モニタリング、森林動態、広葉樹二次林

#### 1. はじめに

我が国の照葉樹林の林分構造に関する研究は、薪炭林の施業改善を目的に端を発しており、例えば三善(1959)は、宮崎県下の幼齢から老齢に至る照葉樹林の林分構造と更新に関する研究を行っている。この中で、老齢林からなる用材林と幼壯齢林からなる薪炭林とに区分し比較した結果、両者の樹種構成は明らかに異なり、薪炭林ではツブラジイの優占度が圧倒的に高いことを示している。薪炭林に着目してみると、粟屋ら(1985)は、長崎県のツブラジイ薪炭林において施業法の違いがツブラジイとカシ類の成長に及ぼす影響を解析した。その結果、ツブラジイは成長速度が速く、択伐による保残によらなければカシ類の優勢、ひいては大径木の成長は期待できないことを明らかにした。

かつて 20～30 年周期で伐採され利用されてきた薪炭林は、利用放棄されて高齢化しているが、このような高齢化した二次林を対象とした森林構造の研究では、宮崎大学田野演習林(Ito et al. 2007, 井藤ら 2009, Hirayama et al. 2019)や水俣(Yamamoto and Manabe 1997, Yamada et al. 2011)での報告がある。これらの報告の中で、成熟した照葉樹林に比べてシイ属の優占度が高いことや、成長の遅いイスノキでは胸高直径(DBH)階分布に見るサイズ構造に大きな変化が認められないことが示されている。加えて、高齢化したツブラジイでは、幹の内部が腐

朽している個体が増え、台風攪乱などによって幹折れや枯死個体が増えることが示されている(埴田 1987, 佐藤ら 2018)。

高岡試験地は宮崎県宮崎市内(旧東諸県郡高岡町)の国有林に、遷移過程解明を目的とした 1ha の長期生態観測用の試験地である(佐藤ら 2005, 曾我部・佐藤 2013)。近接する成熟林分との比較から、生育する各樹種の最大 DBH サイズや種構成の違いにより、高岡試験地は過去に人為攪乱を受けた老齢二次林であると結論づけられている(佐藤ら 2005)。また、人為を含めた攪乱が照葉樹成熟林に生育する主要構成樹種に欠如(マテバシイ)や優占度の低下(バリバリノキやアオガシ)をもたらし、成熟林へ遷移が進行する途中段階であり、今後とも種組成が変化するであろうとの推察もなされている(佐藤ら 2005)。高岡試験地では、1998 年の設定以来、2019 年までの 21 年間に合計 10 回の毎木調査を実施してきており、林分構造に関する長期観測データを蓄積してきた。本報告では、老齢の照葉樹二次林である高岡試験地において、複数の台風が上陸した 1998 年から 2019 年にかけての林分構造の変化を報告する。

#### 2. 方法

##### 2.1 試験地の概要

高岡試験地は、九州森林管理局宮崎森林管理署蜷尻国

原稿受付：令和 2 年 8 月 24 日 原稿受理：令和 2 年 10 月 26 日

1) 森林総合研究所 森林植生研究領域

2) 森林総合研究所 九州支所

3) 森林総合研究所 関西支所

4) 九州森林管理局 森林技術・支援センター

\* 森林総合研究所 森林植生研究領域 〒305-8687 茨城県つくば市松の里 1

有林 228 に 1 林小班の照葉樹林内に設定した、遷移過程解明を目的とする試験地（北緯 31°55′，東経 131°16′）である。1998 年に九州森林管理局（当時は熊本営林局）森林技術センター（旧高岡営林署）（現在の森林技術・支援センター）の主導により、北東向きの斜面の一部（標高 280m～335m）に 1ha（100 m × 100 m）の試験地を設置した（佐藤ら 2005）。試験地を含む林小班的林齢は、森林管理局で作成された第 5 次国有林野施業実施計画図の記録によると 2016 年当時で 147 年生となっている。高岡試験地の土壌は、中生代の砂岩及び頁岩を母材とする乾性褐色森林土（B<sub>c</sub> 型）を中心として分布している（熊本営林局 1973）。試験地付近には気象観測施設が無いため、宮崎市の宮崎地方気象台の気象データ（1990-2019 年）から気温通減率（0.6℃/100 m）を用いて求めた高岡試験地（280 m を基準にして算出）の年平均気温は 16.2℃である。また、年平均降水量は近接のアメダス観測地点である国富（宮崎県東諸県郡国富町）で過去 30 年間（1990-2019 年）にわたるデータによると 2,627mm となっている。試験地の上部はなだらかな平坦面が支配的であるが、斜面を下降するにしたがい 2 本の小沢を含み起伏が激しくなる（佐藤ら 2005）。なお、試験地は九州森林管理局が設定した保護林である蝮尻林木遺伝資源保存林（59.14ha）の一部であったが、平成 30 年度からは保護林の再編により、蝮尻ツブラジイ等遺伝資源希少個体群保護林として管理されている。

## 2. 2 毎木調査

試験地内に生育している樹木個体（ツル植物を除く）の胸高周囲長を計測し胸高直径（DBH）に換算した。対象としたのは DBH 5 cm に相当する、胸高周囲長 15.7 cm 以上の生存個体である。DBH 以外に、樹種名、根本位置の座標（水平距離で計測）を記録した。毎木調査は 1998 年 11 月を初回とし、2019 年 11 月までに合計 10 回実施した（Table 1）。なお、本報告における樹種名は、「BG Plants 和名－学名インデックス」（YList）（米倉・梶田 2003-）に従った。

## 2. 3 新規加入率、枯死率の計算

試験地における一定測定期間内の新規加入率（R、%/年）及び枯死率（M、%/年）は、以下の式（Hall et al. 1998）を用いて計算した。

$$R = \ln [(N_0 - N_d + N_i) / (N_0 - N_d)] / t$$

$$M = \ln [(N_0 - N_d) / N_0] / t$$

ここで、N<sub>0</sub> は初回の幹本数、N<sub>d</sub> は測定期間 t 年の間に枯死した幹本数、N<sub>i</sub> は測定期間内に新規に加入した幹本数をそれぞれ示す。

毎木調査は基本的に秋季（10～11 月）に実施されていたが、いくつかの毎木調査ではその時期以外に実施さ

れている（Table 1；2002 年 2 月、2004 年 1 月、2006 年 2 月、2008 年 5 月、2011 年 1 月）。毎木調査間の測定期間については生育期間を基準に定めることとしたが、1 月から 2 月にかけて実施された毎木調査は、すでに生育期間が終了した時期であり、前年の成長のみが反映されているとみなした。例えば、2004 年 1 月の調査の場合は 2003 年までの成長データを反映していることから、前回の毎木調査（2002 年 2 月）からの測定期間は「2002 年～2003 年」とした。2008 年 5 月の毎木調査は例外的にすでに新たな生育期間に入っていると考えられたが、前年（2007 年）と当年（2008 年）の成長分の分離が困難なため、前回毎木調査との測定期間としては「2006 年～2007 年」として処理した。新規加入率および枯死率の計算には、これら測定期間を年単位に換算して求めた。

## 2. 4 台風の記録

本報告では、佐藤ら（2018）の方法に倣い、試験地に近接する気象観測施設（宮崎地方気象台）から台風の中心が 150 km 以内を通過した台風のみを調査林分に影響を及ぼしうる台風として考慮した。本報告では、台風の強度を定義する基準として風速に着目し、試験地近接の気象観測施設で記録された台風の中で最大風速が 15 m/s を超えた台風を「強い台風」と定義した。「デジタル台風：台風画像と台風情報」の HP（<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/>）にある台風データベースを用いて台風の検索

Table 1. 高岡試験地の毎木調査実施日  
Date of each tree census in the plot.

Cycle	Census date	Interval days	Measurement period
1	October 12, 1998	746	1998-2000
2	October 27, 2000	486	2001
3	February 25, 2002	700	2002-2003
4	January 26, 2004	738	2004-2005
5	February 2, 2006	825	2006-2008
6	May 7, 2008	985	2009-2010
7	January 17, 2011	672	2011-2012
8	November 19, 2012	738	2013-2014
9	November 27, 2014	1826	2015-2019
10	November 27, 2019		

を行った。以上の基準をもとに、1998年から2019年までに宮崎市で強い台風と定義されたのは18個であった (Table 2)。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 種数の変化

毎木調査の結果、記録された樹木種数は期首 (1998年)、期末 (2019年) とともに52種であり、全期間を通じては合計57種が記録された。生活型ごとに分類すると、常緑広葉樹が41種ともっとも多く、残りは落葉広葉樹14種、常緑針葉樹2種であった。期間中に新たに加入した種は、アデク、クスノキ、シロモジ、リンボク、タラノキの5種であった。一方、クロマツ、コナラ、イタヤカエデ、ヤマグワ、タラノキの5種は期間中に毎木調査の対象とした全個体が枯死していた。タラノキは2003年に加入し、2019年時点では全ての個体が枯死していた。

同じ宮崎県内の他の照葉樹林の種数と比較すると、宮崎大学田野フィールドの二次林で58種 (Ito et al. 2007) (ただしDBH 3 cm以上が対象)、近隣の成熟林である綾試験地で50種 (永松ら 2002) が記録されており、本試験地と大きな差は見られなかった。一方で、この21年の間に暖温帯域の二次林の優占種であるコナラ (服部ら 1995) とクロマツ (手塚・楠本 1960) が消失する一方で、成熟

林の構成種でもあるマテバシイ (北沢 1961) を欠く種組成となっており、種組成の観点からは期末時点 (2019年) でも成熟林とは異なる状態のままであると考えられた。

#### 3.2 林分構造の変化

期首の幹本数は1532本/haであったが、2004年～2005年と2006年～2007年の測定期間に幹本数の増加が見られた以外は一貫して減少傾向にあった。期末である2019年では、1998年の値より10%減少した、1379本/haであった (Table 3)。一方、胸高断面積合計 (BA) では、2014年までは年々増加を繰り返し、50.97 m<sup>2</sup>/haにまで達していた。しかし、2015年から2019年の間にウラジロガシ、スダジイ、ツブラジイなどが枯死したことにより、最終的には期首の値に対して約2%の増加に留まっていた (Table 4)。

全測定期間の枯死率と加入率は、それぞれ1.51%/年と1.01%/年であった (Table 5)。測定期間ごとの枯死率と加入率を比較すると、2004年～2005年および2006年～2007年の二つの期間をのぞいて、いずれの期間も枯死率の方が加入率の値を上回っており、加入率に比べて測定期間ごとのバラツキが少ない傾向にあった (Table 5)。測定期間の長さが均一ではないので、比較は難しいが、上陸した台風が最も多かった2015年から2019年の期間で

**Table 2. 測定期間中 (1998年から2019年) に宮崎地方気象台にて記録された強い台風  
Record of strong typhoons between 1998 and 2019 at the Miyazaki Meteorological Office.**

Typhoon number	Name	Landing date	Maximum wind velocity (m/s)	Maximum instantaneous wind velocity (m/s)	Covered measurement period for tree census
199918	BART	September 24, 1999	15.2	32.7	1998-2000,2001
200310	ETAU	August 8, 2003	15.9	31.7	2002-2003
200416	CHABA	August 30, 2004	21.4	44.3	2004-2005
200421	MEARI	September 29, 2004	19.5	38.9	
200423	TOKAGE	October 20, 2004	16.9	33.0	
200514	NABI	September 5, 2005	21.1	43.1	
200704	MAN-YI	July 14, 2007	19.5	38.8	2006-2007
200705	USAGI	August 2, 2007	19.0	34.9	
201106	MA-ON	July 19, 2011	15.9	25.3	2008-2010, 2011-2012
201408	NEOGURI	July 10, 2014	15.1	21.8	2013-2014
201411	HALONG	August 9, 2014	16.3	28.6	
201419	VONGFONG	October 13, 2014	15.4	24.4	
201515	GONI	August 25, 2015	17.1	30.6	2015-2019
201616	MALAKAS	September 20, 2016	19.2	33.1	
201705	NORU	August 6, 2017	15.1	24.8	
201722	SAOLA	October 29, 2017	15.5	25.4	
201824	TRAMI	September 30, 2018	23.4	37.9	
201908	FRANCISCO	August 6, 2019	19.4	31.2	

試験地近接の宮崎地方気象台で記録された台風の中で最大風速が15 m/sを超えた台風を「強い台風」と定義した。

We classified typhoons reaching maximum winds exceeding 15 m/s as "strong typhoons" from the data at the Miyazaki Meteorological Office.

Table 3. 測定期間中（1998年から2019年）の幹本数の変化  
Changes in stem density between 1998 and 2019 in the plot.

Species	Japanese name	Life form	1998	2000	2001	2003	2005	2007	2010	2012	2014	2019
<i>Distylium racemosum</i>	イスノキ	EB	373	369	369	372	380	381	380	376	375	368
<i>Camellia japonica</i>	ヤブツバキ	EB	233	234	233	235	238	241	240	244	245	241
<i>Quercus salicina</i>	ウラジロガシ	EB	149	146	145	143	140	138	130	129	126	115
<i>Cleyera japonica</i>	サカキ	EB	130	130	130	130	128	131	131	132	128	124
<i>Eurya japonica</i> var. <i>japonica</i>	ヒサカキ	EB	128	124	122	117	117	115	106	104	99	86
<i>Castanopsis sieboldii</i>	スダジイ	EB	76	76	72	64	63	64	58	58	60	35
<i>Machilus japonica</i>	アオガシ	EB	56	59	58	56	56	58	58	52	54	53
<i>Machilus thunbergii</i>	タブノキ	EB	51	49	50	53	51	50	47	47	47	46
<i>Meliosma rigida</i>	ヤマビワ	EB	39	39	39	38	36	36	36	35	37	35
<i>Castanopsis cuspidata</i>	ツブラジイ	EB	28	27	27	28	32	34	33	30	30	23
<i>Diospyros morrisiana</i>	トキワガキ	EB	25	25	25	26	25	25	25	25	24	23
<i>Daphniphyllum teijsmannii</i>	ヒメユズリハ	EB	23	20	19	17	15	14	12	12	8	5
<i>Quercus gilva</i>	イチイガシ	EB	22	22	22	22	20	20	19	19	19	19
<i>Cinnamomum tenuifolium</i>	ヤブニッケイ	EB	20	20	20	22	23	23	23	23	22	21
<i>Quercus acuta</i>	アカガシ	EB	20	19	19	19	19	18	18	18	17	16
<i>Elaeocarpus japonicus</i>	コバンモチ	DB	18	21	21	22	24	22	21	19	17	13
<i>Ficus erecta</i> var. <i>erecta</i>	イヌビワ	DB	16	14	14	14	15	17	17	16	16	19
<i>Neolitsea sericea</i>	シロダモ	EB	13	14	15	16	18	18	18	19	20	21
<i>Litsea coreana</i>	カゴノキ	EB	11	10	9	7	7	7	7	7	7	6
<i>Neolitsea aciculata</i>	イヌガシ	EB	10	10	9	8	8	8	8	8	7	9
<i>Quercus hondae</i>	ハナガガシ	EB	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11
<i>Podocarpus macrophyllus</i>	イヌマキ	EC	9	9	10	10	10	10	10	11	11	11
<i>Ilex integra</i>	モチノキ	EB	9	9	9	9	9	10	10	10	9	9
<i>Symplocos theophrastifolia</i>	カンザブドウノキ	EB	5	8	8	9	9	8	8	8	8	8
<i>Ilex chinensis</i>	ナナミノキ	EB	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6
<i>Myrsine seguinii</i>	タイミンタチバナ	EB	4	5	5	5	5	8	8	8	8	8
<i>Quercus serrata</i>	コナラ	DB	4	4	4	4	4	3	2	2	2	0
<i>Cerasus jamasakura</i>	ヤマザクラ	DB	4	3	3	3	2	2	2	2	2	1
<i>Actinodaphne acuminata</i>	バリバリノキ	EB	3	4	5	5	5	5	5	5	5	4
<i>Quercus glauca</i>	アラカシ	EB	3	3	3	3	3	3	4	4	5	3
<i>Dendropanax trifidus</i>	カクレミノ	EB	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2
<i>Ligustrum japonicum</i>	ネズミモチ	EB	2	4	5	5	5	6	5	5	5	3
<i>Ilex rotunda</i>	クロガネモチ	EB	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
<i>Cornus controversa</i>	ミズキ	DB	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2
<i>Premna microphylla</i>	ハマクサギ	DB	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
<i>Kalopanax septemlobus</i>	ハリギリ	DB	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<i>Ternstroemia gymnanthera</i>	モッコク	EB	2	2	3	3	2	2	2	2	3	3
<i>Daphniphyllum macropodum</i>	ユズリハ	EB	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
<i>Aucuba japonica</i> var. <i>japonica</i>	アオキ	EB	2	1	1	0	1	1	1	1	1	2
<i>Symplocos myrtacea</i>	ハインノキ	EB	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Symplocos kuroki</i>	クロキ	EB	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<i>Euscaphis japonica</i>	ゴンズイ	DB	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1
<i>Acer mono</i> subsp. <i>marmoratum</i>	イタヤカエデ	DB	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
<i>Magnolia compressa</i>	オガタマノキ	EB	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Pinus thunbergii</i>	クロマツ	EC	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Ehretia acuminata</i> var. <i>obovata</i>	チシャノキ	DB	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Ilex goshiensis</i>	ツゲモチ	EB	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1
<i>Ficus erecta</i> var. <i>erecta</i> f. <i>sieboldii</i>	ホソバイヌビワ	EB	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
<i>Symplocos glauca</i>	ミミズバイ	EB	1	1	1	2	2	2	2	3	4	5
<i>Morella rubra</i>	ヤマモモ	EB	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Diospyros japonica</i>	リュウキュウマメガキ	DB	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Morus bombycis</i>	ヤマゲワ	DB	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Syzygium buxifolium</i>	アデク	EB	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Cinnamomum camphora</i>	クスノキ	EB	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
<i>Lindera triloba</i>	シロモジ	DB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Aralia elata</i>	タラノキ	DB	0	0	0	2	2	1	1	1	1	0
<i>Laurocerasus spinulosa</i>	リンボク	EB	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Unidentified	不明		2	1	0	0	0	0	0	0	1	3
Total			1532	1524	1518	1515	1519	1523	1488	1476	1464	1379

EB：常緑広葉樹；DB：落葉広葉樹；EC：常緑針葉樹

EB: evergreen broad-leaved species; DB: deciduous broad-leaved species; EC: evergreen conifer species

Table 4. 測定期間中（1998年から2019年）の胸高断面積合計（BA）の変化  
Changes in basal area (BA) between 1998 and 2019 in the plot.

Species	Japanese name	Life form	1998	2000	2001	2003	2005	2007	2010	2012	2014	2019
<i>Quercus salicina</i>	ウラジロガシ	EB	10.43	10.83	10.87	10.74	10.65	10.89	11.24	11.61	11.86	11.36
<i>Distylium racemosum</i>	イスノキ	EB	7.79	7.96	8.05	8.27	8.55	8.89	9.25	9.25	9.29	9.80
<i>Castanopsis sieboldii</i>	スダジイ	EB	7.73	8.07	7.90	7.82	8.03	8.20	8.43	8.33	8.33	4.65
<i>Machilus thunbergii</i>	タブノキ	EB	5.52	5.29	5.43	5.64	5.81	6.01	6.15	6.34	6.55	7.06
<i>Quercus acuta</i>	アカガシ	EB	2.88	2.81	2.84	2.90	2.93	2.91	2.93	2.99	2.86	2.78
<i>Camellia japonica</i>	ヤブツバキ	EB	1.69	1.73	1.75	1.79	1.86	1.92	1.96	1.98	2.00	2.11
<i>Quercus gilva</i>	イチイガシ	EB	1.36	1.40	1.42	1.45	1.42	1.44	1.50	1.53	1.53	1.63
<i>Cleyera japonica</i>	サカキ	EB	1.10	1.14	1.16	1.17	1.19	1.24	1.29	1.32	1.27	1.30
<i>Castanopsis cuspidata</i>	ツブラジイ	EB	1.05	1.10	1.03	1.12	1.15	1.10	1.16	1.20	1.24	0.40
<i>Eurya japonica</i> var. <i>japonica</i>	ヒサカキ	EB	0.58	0.58	0.57	0.56	0.57	0.57	0.52	0.52	0.49	0.45
<i>Meliosma rigida</i>	ヤマビワ	EB	0.58	0.55	0.56	0.54	0.54	0.56	0.58	0.58	0.57	0.58
<i>Machilus japonica</i>	アオガシ	EB	0.57	0.60	0.59	0.59	0.59	0.62	0.66	0.65	0.67	0.73
<i>Quercus serrata</i>	コナラ	DB	0.47	0.48	0.48	0.49	0.50	0.41	0.24	0.24	0.25	0.00
<i>Elaeocarpus japonicus</i>	コバンモチ	DB	0.43	0.48	0.44	0.47	0.49	0.50	0.53	0.41	0.32	0.27
<i>Cerasus jamasakura</i>	ヤマザクラ	DB	0.42	0.36	0.36	0.36	0.26	0.26	0.26	0.25	0.26	0.21
<i>Diospyros morrisiana</i>	トキワガキ	EB	0.41	0.42	0.42	0.43	0.43	0.45	0.46	0.47	0.45	0.46
<i>Daphniphyllum teijsmannii</i>	ヒメユズリハ	EB	0.39	0.35	0.35	0.32	0.30	0.28	0.20	0.21	0.16	0.04
<i>Cinnamomum tenuifolium</i>	ヤブニッケイ	EB	0.34	0.37	0.37	0.40	0.42	0.44	0.47	0.48	0.49	0.37
<i>Quercus hondae</i>	ハナガガシ	EB	0.33	0.35	0.36	0.38	0.40	0.42	0.44	0.47	0.48	0.52
<i>Ilex integra</i>	モチノキ	EB	0.22	0.23	0.23	0.23	0.23	0.24	0.26	0.26	0.21	0.22
<i>Kalopanax septemlobus</i>	ハリギリ	DB	0.22	0.23	0.23	0.23	0.24	0.25	0.26	0.26	0.27	0.28
<i>Pinus thunbergii</i>	クロマツ	EC	0.15	0.16	0.17	0.17	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Litsea coreana</i>	カゴノキ	EB	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12
<i>Quercus glauca</i>	アラカシ	EB	0.11	0.11	0.11	0.11	0.13	0.12	0.12	0.14	0.14	0.07
<i>Diospyros japonica</i>	リュウキュウマメガキ	DB	0.10	0.10	0.11	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.12
<i>Neolitsea sericea</i>	シロダモ	EB	0.07	0.09	0.10	0.11	0.13	0.15	0.17	0.18	0.20	0.23
<i>Ficus erecta</i> var. <i>erecta</i>	イヌビワ	DB	0.06	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.06	0.06	0.08
<i>Ehretia acuminata</i> var. <i>obovata</i>	チシャノキ	DB	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07
<i>Morella rubra</i>	ヤマモモ	EB	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07
<i>Podocarpus macrophyllus</i>	イヌマキ	EC	0.05	0.06	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09
<i>Neolitsea aciculata</i>	イヌガシ	EB	0.05	0.06	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
<i>Dendropanax trifidus</i>	カクレミノ	EB	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
<i>Actinodaphne acuminata</i>	バリバリノキ	EB	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
<i>Cornus controversa</i>	ミズキ	DB	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.03
<i>Myrsine seguinii</i>	タイミンタチバナ	EB	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
<i>Ilex chinensis</i>	ナナミノキ	EB	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.06
<i>Daphniphyllum macropodium</i>	ユズリハ	EB	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.01
<i>Symplocos theophrastifolia</i>	カンザブロウノキ	EB	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07
<i>Ligustrum japonicum</i>	ネズミモチ	EB	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
<i>Premna microphylla</i>	ハマクサギ	DB	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
<i>Acer mono</i> subsp. <i>marmoratum</i>	イタヤカエデ	DB	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01				
<i>Symplocos kuroki</i>	クロキ	EB	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
<i>Ilex rotunda</i>	クロガネモチ	EB	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Magnolia compressa</i>	オガタマノキ	EB	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
<i>Euscaphis japonica</i>	ゴンズイ	DB	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Symplocos myrtacea</i>	ハイノキ	EB	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
<i>Ternstroemia gymnanthera</i>	モッコク	EB	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
<i>Morus bombycis</i>	ヤマグワ	DB	0.01									
<i>Aucuba japonica</i> var. <i>japonica</i>	アオキ	EB	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Ilex goshiensis</i>	ツゲモチ	EB	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Ficus erecta</i> var. <i>erecta</i> f. <i>sieboldii</i>	ホソバイヌビワ	EB	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
<i>Symplocos glauca</i>	ミミズバイ	EB	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
<i>Syzygium buxifolium</i>	アデク	EB		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Cinnamomum camphora</i>	クスノキ	EB				0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
<i>Lindera triloba</i>	シロモジ	DB										0.00
<i>Aralia elata</i>	タラノキ	DB				0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	
<i>Laurocerasus spinulosa</i>	リンボク	EB				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Unidentified	不明		0.01	0.00							0.00	0.01
Total			45.74	46.58	46.70	47.24	47.96	48.86	50.11	50.73	50.97	46.57

EB：常緑広葉樹；DB：落葉広葉樹；EC：常緑針葉樹

EB: evergreen broad-leaved species; DB: deciduous broad-leaved species; EC: evergreen conifer species

斜体で表した数値は、有効数字の関係で0.00表記している。

Numbers in italics are shown as 0.00 due to the significant figures.

Table 5. 測定期間中（1998年から2019年）の加入率および枯死率の変化  
Changes in recruitment rate and mortality rate between 1998 and 2019 in the plot.

	1998	2000	2001	2003	2005	2007	2010	2012	2014	2019	Whole period
Stem number (n/ha)	1532	1524	1518	1515	1519	1523	1488	1476	1464	1379	
Recruit (n/ha)	43	16	22	36	42	34	18	18	21	38	266
Dead (n/ha)	51	51	22	39	38	30	53	30	33	123	419
Recruitment rate (%/year)	1.40	0.80	1.25	1.39	1.00	0.45	0.67	0.71	0.56	1.01	
Mortality rate (%/year)	1.66	1.09	1.36	1.26	0.88	1.31	1.11	1.12	1.75	1.51	

枯死率が一番高かった。加入率が1%未満を示す期間が9期間中、5期間あり、このことが幹本数の減少に繋がっていた。一般に照葉樹林は台風攪乱に対して耐性を持つ種が生育していることが知られている (Bellingham et al. 1996, 齊藤・佐藤 2007)。本試験では、台風攪乱が多かった2015～2019年の期間においても枯死率は2%未満であった。試験地の地形や個々の台風攪乱の強度や風向など考慮すべき点は多々あるが、老齢二次林である本試験地でも台風攪乱による枯死率の著しい増加は認められなかった。

次に林分全体のDBH階分布の変化を見てみると、測定期間を通じて逆J字型の分布を示すことに変わりなかったが、小径木 (DBH10cm未満) の個体が年々減少していた (807本から665本) (Fig. 1)。一方、DBH70cm以上の大径木は1998年の6本に対して最終的には10本まで増加していた。成熟林である綾試験地では、林冠を構成する樹種の最大DBHは100cmを超えており (永松ら 2002)、本試験地が示す最大DBHのクラスとは開きがある。今後、これらの大径木がどのような経過を辿って成長し、成熟林の林分構造に近づくのかを把握するためにも、より長期の観測を継続していく意義がある。

樹種別に見ると、最も幹本数の多いイスノキは測定期間中、幹本数とDBH分布の形状にほとんど変化が見られなかった (Table 3, Fig. 2)。ウラジロガシでは、期末にはDBH30cm未満の個体の減少 (105本から60本) とDBH30～50cmクラスの個体の増加 (26本から38本) が見られ (Fig. 3)、期首に比べて期末のDBH階分布はやや二山に近い形状になったが両者のDBH階分布の形状に有意な差は認められなかった ( $\chi^2$  検定、 $p=0.069$ )。スダジイではDBH60cm以上のクラスで増加 (4本から6本) が見られたものの、それ以下のDBHクラスでは半分以下に本数が減少していた。DBH40cm以下の個体が全て枯死したツブラジイの本数減少と合わせて、シイ属2種の期末のDBH階分布は不連続な形状になっていた (Fig. 4)。

樹種ごとにBAの変化を見ると、期首ではウラジロガシ、イスノキ、スダジイの3種でBA全体の57%を示したが、期間を通じてその割合はほぼ変わらなかった (Table 4)。さらにタブノキ、アカガシを加えた上位5種ではその割合が75%まで増加しており、いわゆる成熟した林分の林冠構成種 (北沢 1961) が優占することが改めて示された。2015年～2019年の間にスダジイの枯死個体が多かったため、タブノキに抜かれて順位は4番目となっていた。ツブラジイも同時期に半分以下にBAが減少していた。このようなシイ属のBAの減少傾向は、近隣の高齢二次林でも見られており (Hirayama et al. 2019)、シイ属が示す台風攪乱への耐性の低さ (埜田 1987, 齊藤・佐藤 2007) によるものと考えられた。

これら主要樹種の枯死率と加入率を比較すると、いずれの樹種も全測定期間の枯死率が同期間の加入率を上回っており、特にスダジイとツブラジイの枯死率は5%

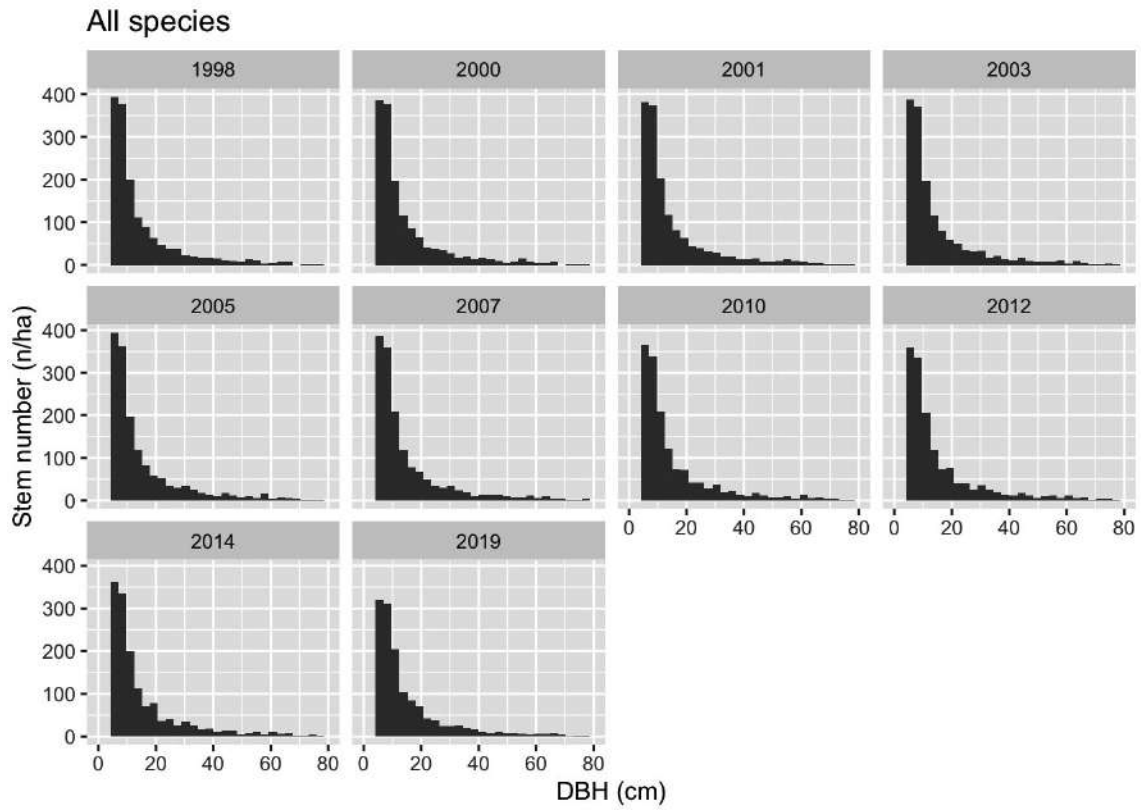


Fig. 1. 高岡試験地の DBH 階分布  
DBH class distribution at each tree census in the study plot.

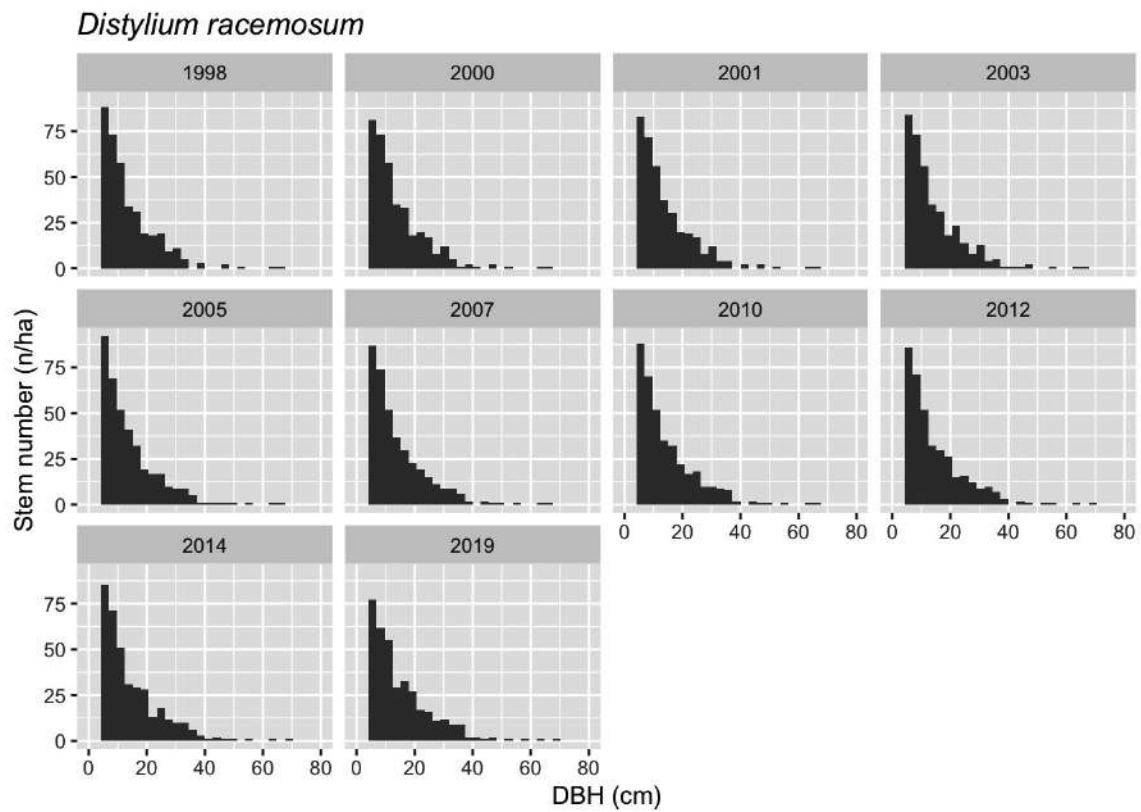


Fig. 2. イスノキの DBH 階分布  
DBH class distribution of *Distylium racemosum* at each tree census in the study plot.

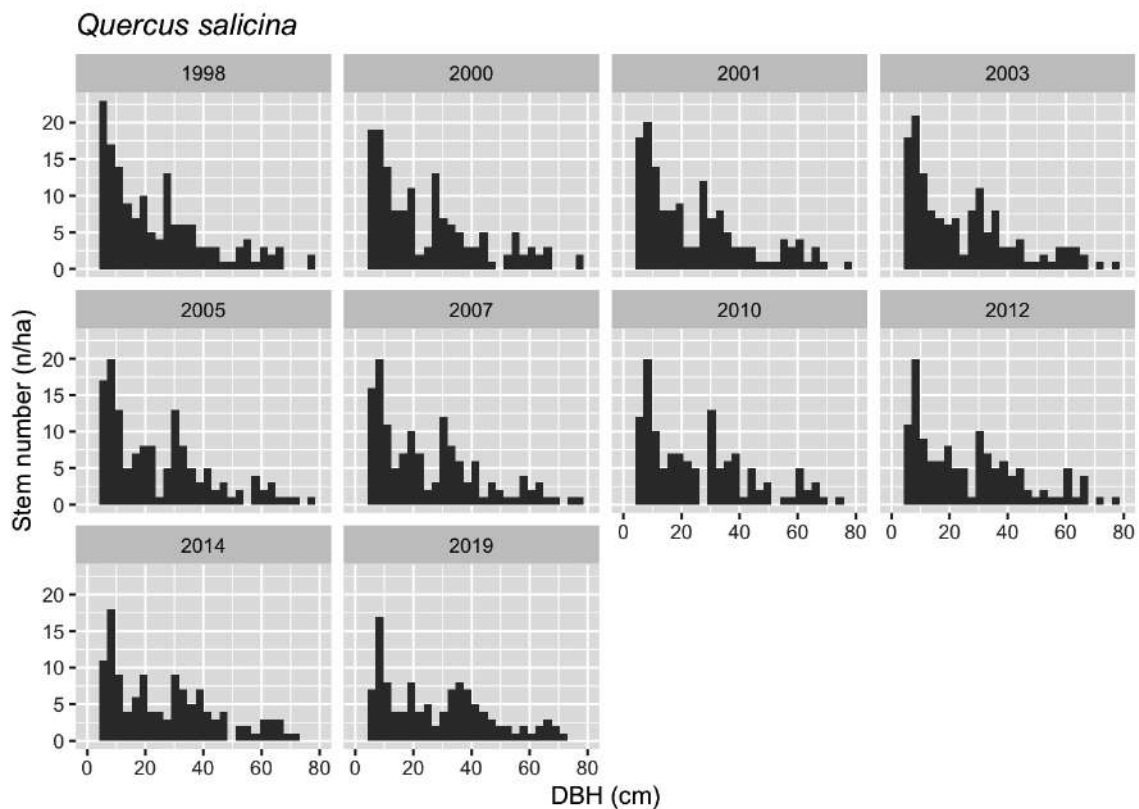


Fig. 3. ウラジロガシの DBH 階分布  
DBH class distribution of *Quercus salicina* at each tree census in the study plot.

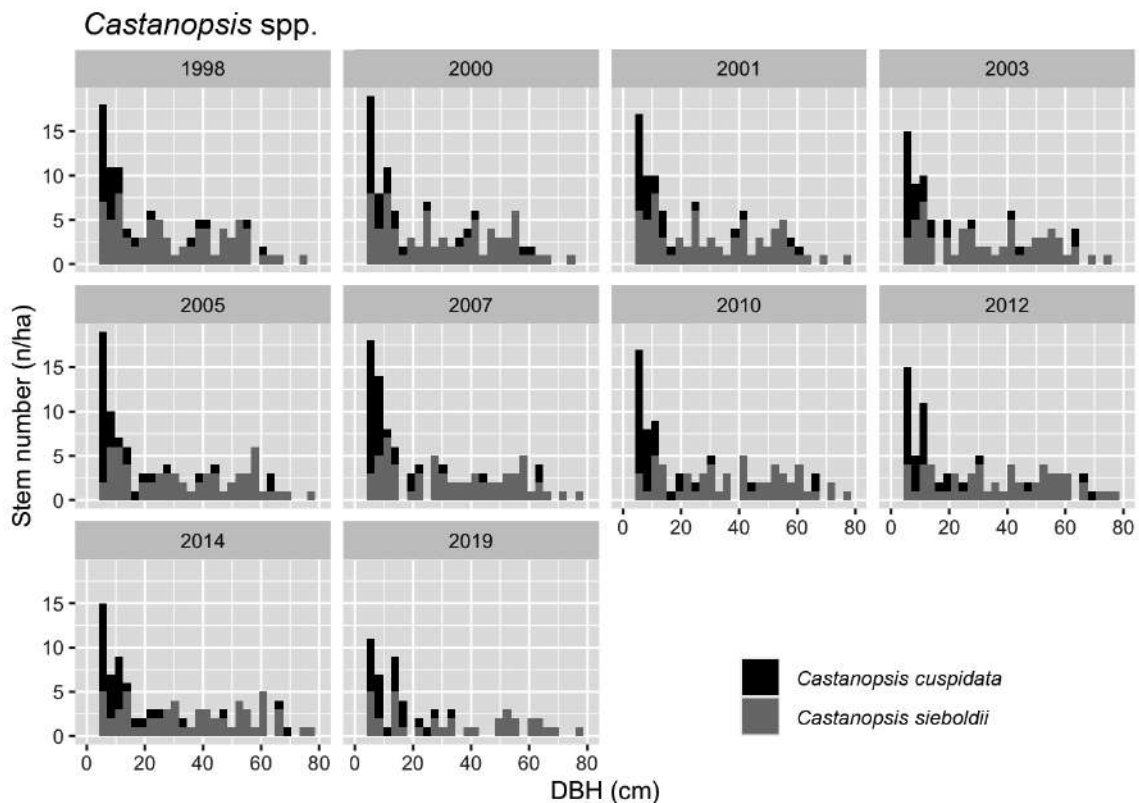


Fig. 4. スダジイとツブラジイの DBH 階分布  
DBH class distribution of *Castanopsis cuspidata* and *Castanopsis sieboldii* at each tree census in the study plot.



Table 6. 測定期間中 (1998年から2019年) の主要樹種の加入率および枯死率の変化  
Changes in recruitment and mortality rates of dominant species between 1998 and 2019 in the plot.

Species	Japanese name	1998-2000	2001	2002-2003	2004-2005	2006-2007	2008-2010	2011-2012	2013-2014	2015-2019	Whole period
<b>Recruitment rate (%/year)</b>											
<i>Distylium racemosum</i>	イスノキ	0.53	0.41	0.71	1.72	0.58	0.29	0.73	0.13	0.44	0.63
<i>Quercus salicina</i>	ウラジロガシ	0.34	0.52	0.73	0.35	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25
<i>Castanopsis sieboldii</i>	スダジイ	1.30	1.05	0.00	0.00	1.40	0.64	0.94	1.68	0.00	1.41
<i>Machilus thunbergii</i>	タブノキ	0.00	1.52	3.04	0.98	0.00	0.00	0.00	1.06	0.00	0.66
<i>Castanopsis cuspidata</i>	ツブラジイ	3.77	2.83	3.86	12.21	4.09	1.14	0.00	1.68	0.00	6.36
<b>Mortality rate (%/year)</b>											
<i>Distylium racemosum</i>	イスノキ	1.06	0.41	0.28	0.67	0.47	0.39	1.30	0.26	0.82	0.70
<i>Quercus salicina</i>	ウラジロガシ	1.33	1.04	1.46	1.40	0.96	2.21	0.42	1.16	1.83	1.48
<i>Castanopsis sieboldii</i>	スダジイ	1.30	5.11	6.14	0.78	0.71	4.29	0.94	0.00	10.77	5.07
<i>Machilus thunbergii</i>	タブノキ	1.96	0.00	0.00	2.88	0.88	2.29	0.00	1.06	0.43	1.15
<i>Castanopsis cuspidata</i>	ツブラジイ	5.54	2.83	1.97	5.61	1.40	2.25	5.18	1.68	5.31	7.29

を超える値を示していた (Table 6)。逆にイスノキでは、枯死率と加入率はほぼ同じ値であった。種ごとの枯死率が0%を示す期間がほとんどなかったのに対し、イスノキを除いた4種で加入率が0%を示す期間が存在しており、特に2015年～2019年の期間では同時に加入率が0%となっていた。また、ウラジロガシやタブノキでは、複数の期間で加入率が0%を示しており、ウラジロガシは2008年から加入率が0%で推移していた。加えてウラジロガシでは、期首に比べて小径木の密度が低下してきており (Fig. 3)、安定した個体群構造を示すイスノキとは対照的な変化を示している。このように相対的に低い加入率を示す一方で、本試験地ではDBH 5 cm以上の個体を測定対象としているため、対象サイズよりも小さい個体の更新状況を反映できていない。Yamamoto and Manabe (1997) は、約80年生の照葉樹二次林で大型台風攪乱後にシイ属 (ツブラジイ) の林冠木が枯死し、ウラジロガシとイスノキがギャップ更新木として頻繁に出現することで優占度が増すことを指摘している。21年間にわたる林分構造の変化傾向からは、本試験地においても台風攪乱後のシイ属の個体数減少と、イスノキの安定した更新が認められており、佐藤ら (2005) が指摘したように成熟林への移行が進んでいるものと考えられる。一方で小径木を中心に個体数の変動が大きかったウラジロガシでは、若齢の二次林で主体となる萌芽による更新が期待できないため、今後、どのように更新するのか不明な点も残る。老齡二次林が成熟林に移行する際にどのような林分構造の変化を示すのかを明らかにするためにも、更なる継続観測が必要である。

#### 謝辞

本報告の執筆にあたっては、文部科学省科学研究費助成事業JP17H01477による助成を受けた。本試験地の設定および測定に関して、九州森林管理局ならびに同局森林技術・支援センターの職員の方々に多大な協力を賜った。また、新山馨博士、小南陽亮博士、永松大博士、重永英年博士、金谷整一博士、荒木眞岳博士、八木貴信博士、釣田竜也博士、川合浩太氏ならびに宮崎大学の学生諸氏には、現地調査に際してご援助いただいた。以上の方々に心よりお礼申し上げる。

#### 引用文献

- 粟屋 仁志・西川 匡英・本田 健二郎・小幡 進 (1985) 暖帯広葉樹の生長と林分構造 第3報 固定標準地による樹種および樹种群の生長特性. 林試研報, 331, 1-38.
- Bellingham P. J., Kohyama T. and Aiba, S. I. (1996) The effects of a typhoon on Japanese warm temperate rainforests. *Eco. Res.*, 11, 229-47.
- Hall, P., Ashton, P. S., Condit, R., Manokaran, N. and Hubbell, S. P. (1998) Signal and noise sampling tropical forest

- structure and dynamics. In Dallmeier, F. and Comiskey, J. A. (eds.) "Forest Biodiversity Research, Monitoring and Modeling". Parthenon Publisher, New York, 63-77.
- 服部 保・赤松 弘治・武田 義明・小館 誓治・上甫 木 昭春・山崎 寛 (1995) 里山の現状と里山管理. 人と自然, 6, 1-32.
- Hirayama, T., Ito, S., Yamagawa, H., Hirata, R. and Mitsuda, Y. (2019) Dynamics of an old evergreen coppice in southwestern Japan with special focus on a typical coppice species (*Castanopsis cuspidata*) and a climax species (*Distylium racemosum*). Landsc. Ecol. Eng., 15(2), 205-214.
- 井藤 宏香・伊藤 哲・中尾 登志雄 (2009) 南九州の壮齢照葉樹二次林における主要構成樹種の台風被害の特徴—斉萌芽に由来する二次林構造と地形の影響—. 日林誌, 91, 35-41.
- Ito, H., Ito, S., Matsuda, A., Mitsuda, Y. and Buckley, P. G. (2007) The effect of micro-topography on habitat segregation and tree species diversity in a warm temperate evergreen broadleaved secondary forest in southern Kyushu, Japan. Veg. Sci., 24, 171-182.
- 北沢右三 (1961) 南九州における生態系の成帯構造. 資源研彙報. 54-55, 75-85.
- 熊本営林局 (1973) 熊本営林局土壌調査報告 (第9報). 高岡営林署高岡事業区土壌調査説明書. 82pp, 熊本営林局, 熊本.
- 三善 正市 (1959) カシ・シイの中心郷土地帯における常緑広葉樹林の林分構成・成長・更新ならびに施業に関する研究. 宮崎大農演報, 3, 1-141.
- 永松 大・小南 陽亮・佐藤 保・齊藤 哲 (2002) 綾照葉樹林の個体群構造と更新. 九州森林研究, 55, 50-53.
- 齊藤 哲・佐藤 保 (2007) 照葉樹林の主要樹種の台風被害の特性—綾の LTER サイトにおける複数の台風攪乱の比較解析—. 日林誌, 89, 321-328.
- 佐藤 保・齊藤 哲・荒木 眞岳 (2018) 台風攪乱を伴った壮齢コジイ二次林の地上部純一次生産量の変動. 森林総研研報, 17, 325-332.
- 佐藤 保・齊藤 哲・江藤 幸二・加藤 省三 (2005) 宮崎県高岡のイスノキ・ウラジロガシ林における個体群構造と動態. 森林立地, 47, 105-112.
- 曾我部 亮輔・佐藤 保 (2013) 照葉樹林の林分構造及び遷移過程の解明. 九州森林研究, 66, 136-138.
- 埜田 宏 (1987) 風害によるコジイ林植生遷移の促進. 神戸群落生態研究会編 "中西 哲博士追悼植物生態・分類論文集". 神戸群落研究会, 379-382.
- 手塚 泰彦・楠元 司 (1960) 大隅半島南部の二次林について. 資源研彙報, 52-53, 48-56.
- Yamada, T., Aiba, S. I., Kubota, Y., Okubo, K., Miyata, I., Suzuki, E., Maenaka, H. and Nagano, M. (2011) Dynamics of species diversity in a Japanese warm-temperate secondary forest. Ecosphere, 2, art80.
- Yamamoto, S. I. and T. Manabe (1997) Typhoon disturbance and tree replacement pattern in a secondary evergreen broad-leaved forest, JIBP Special Research Area at Minamata, southwestern Japan. Jpn. J. For. Env., 39, 13-20.
- 米倉 浩司・梶田 忠 (2003-) "BG Plants 和名-学名インデックス" (YList) ", <http://ylist.info> (参照 2020-7-13) .

## Changes in stand structure of an old secondary lucidophyllous forest over 21-years monitoring

Tamotsu SATO<sup>1)\*</sup>, Hiromi YAMAGAWA<sup>2)</sup>, Haruto NOMIYA<sup>2)</sup>,  
Tetsuto ABE<sup>2)</sup>, Satoshi SAITO<sup>3)</sup>, Minoru KAMA<sup>4)</sup> and Yoshihiro OTERA<sup>4)</sup>

### Abstract

We monitored the stand structure of an old secondary lucidophyllous forest in Takaoka, Miyazaki, southwestern Japan for 21 years (1998–2019). Based on data collected from 10 tree censuses of the 1-ha permanent plot, stem density decreased from 1,532 stems/ha in 1998 to 1,379 stems/ha in 2019. Basal area (BA) increased from 45.74 m<sup>2</sup>/ha in 1998 to 50.97 m<sup>2</sup>/ha in 2014, but decreased during the period from 2015 to 2019 because of *Castanopsis sieboldii* mortality due to a number of typhoon disturbances. The average mortality rate throughout the monitoring period was 1.51%/year, which was higher than the recruitment rate for the same period (1.01%/year). The tree census in 2019 revealed the loss of some small size trees of *Quercus salicina* and *C. sieboldii*, which suggests typhoon impacts on the regeneration and species composition of this forest in the near future.

**Key words :** warm temperate evergreen broad-leaved forest, *Quercus salicina*, *Castanopsis sieboldii*, long-term monitoring, forest dynamics, secondary forest

---

Received 24 August 2020, Accepted 26 October 2020

1) Department of Forest Vegetation, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

2) Kyushu Research Center, FFPRI

3) Kansai Research Center, FFPRI

4) Forestry Technology Development and Support Center, Kyusyu Regional Forest Office, Forestry Agency

\* Department of Forest Vegetation, FFPRI, 1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki, 305-8687, JAPAN; E-mail: satoo@affrc.go.jp