

論文

宮崎県綾地域のスギ人工林における間伐が照葉樹林化に与える効果^{*1}室木直樹^{*2}・河野円樹^{*3}・河野耕三^{*3}

室木直樹・河野円樹・河野耕三：宮崎県綾地域のスギ人工林における間伐が照葉樹林化に与える効果 九州森林研究 71：7-14, 2018
 宮崎県綾地域では、間伐等による針葉樹人工林の照葉樹林化を試みている。本研究では、間伐実施後1~14年のスギ人工林の種構成や林分構造を調査した。出現種数は常緑広葉樹22種を含む36種で、亜高木種や被食散布型の樹種が多かった。シカ不嗜好性のクスノキ科樹種の出現頻度が高く、主要林冠構成種や低木層が欠如しており、シカの影響が考えられた。林冠優占種の最大樹高が15m、最多立木密度で700本/haであり、現況では照葉樹林化は難しいと考えられた。更新木の多寡を規定する要因は一樣ではないが、立地環境や植栽木のサイズ等が影響している可能性が示唆された。

キーワード：スギ人工林、間伐、照葉樹、広葉樹林化、シカ

I. はじめに

宮崎県綾町周辺には、我が国最大級の原生的な照葉樹林が残されており、分布の南限となるニホンカモシカ (*Capricornis crispus*) や絶滅危惧種のクマタカ (*Nisaetus nipalensis*) が生息するなど希少な森林生態系が維持されている。国有林では、綾森林生態系保護地域のほか3か所の保護林指定を通じて、森林生態系の保全管理に努めており、九州中央山地国定公園の第2種特別地域や綾ユネスコエコパークの核心地域および緩衝地域となっている。

このように学術的な価値が高い「綾の照葉樹林」の保全を目的として、2005年5月から、九州森林管理局、宮崎県、綾町、(公財)日本自然保護協会および(一社)てるはの森の会の5者による「綾川流域照葉樹林帯保護・復元計画(通称：綾の照葉樹林プロジェクト、以下、綾プロ)」を進めている。このプロジェクトは、原生的な照葉樹林を保護するとともに、介入する針葉樹人工林を除伐や間伐などの非皆伐施業(以下、間伐等)によって、かつての照葉樹を主体とする林相への復元を図ることとしている(綾の照葉樹林プロジェクト連携会議, 2015)。九州森林管理局では、2006年度から復元事業に着手し、2016年度末までに748haの間伐等を実施してきた。

近年、針葉樹人工林の広葉樹林化に関する研究が全国的におこなわれ、施業方法についてハンドブック化される(「広葉樹林化」研究プロジェクトチーム, 2010, 2012)など、知見が深まっているが、複数の立地条件下において更新の状況を比較した事例は少ない。そこで、本研究では、綾プロが12年間にわたって「間伐等による照葉樹林への復元」を目指してきたスギ人工林を対象地として、施業後の人工林の種構成や林分構造等の基礎的な情報を報告するとともに、暖温帯地域における人工林の広葉樹林化の可能性について考察する。また、近年のニホンジカ (*Cervus nippon* 以下、シカ) の個体数増加に伴い、人工林内に侵入した

広葉樹にも選択的被害が出始めており(小南ほか, 2004)、定着する広葉樹の密度低下や種構成がシカの嗜好性植物に偏る(齊藤ほか, 2005)ことが指摘されているため、種構成や林分構造に与えるシカの影響についても併せて考察する。なお、本研究では、常緑広葉樹と照葉樹は同義とし、Ⅲ. 結果では常緑広葉樹に統一して表記する。

II. 調査地および方法

1. 調査地

調査地は宮崎県小林市にある宮崎森林管理署管内袖園国有林2048~2053林班(図-1)のスギ人工林の中から、綾プロ期間(2006~2016年度, 12年間)中に間伐等を実施した箇所(A区)を6か所、綾プロ期間中には間伐等が実施されていないが、最後の間伐等から10年以上経過した林分(B区)から2か所選定した。林齢は28~63年生(2017年4月現在)であり、植栽翌年から下刈りが4~5回、間伐等が3~4回実施されている。下刈りおよび綾プロ開始以前の間伐等にあつては、広葉樹の保残に配慮はされていないが、綾プロ期間中における間伐等は、下層の広葉樹の伐採を行わず、広葉樹に損傷を与える恐れがある場合は植栽木



図-1. 調査プロットの位置 (32.06 N, 131.14 E)

*1 Muroki, N., Kawano, N. and Kawano, K.: The effects of thinning on initial stage of conversion sugi (*Cryptomeria japonica*) plantations to natural evergreen broadleaf stands in Aya region, Miyazaki.

*2 九州森林管理局 綾森林事務所 Aya forester office, Kyushu regional forest office, Miyazaki, 880-1302, Japan

*3 綾町 ユネスコエコパーク推進室 Aya Biosphere Reserve promotion division, Aya town office, Miyazaki, 880-1392, Japan

表-1. 調査地の概要

Plot No.	林小班	植栽木	林齢	植栽密度 (本/ha)	標高 (m)	傾斜 (度)	斜面方位	土壌/微地形	間伐等の伐採回数	最終伐採からの経過年数	広葉樹林からの距離 (m)	周囲の広葉樹林率 (r=100m)	以前の土地利用	
1	2048に1	A区	スギ	49	3,019	293	28.9	北西	れき地 斜面中部	3	5	30	50%	広葉樹林
2	2048る1	A区	スギ	47	2,800	342	31.2	西	褐色森林土 斜面中部	4	4	35	40%	広葉樹林
3	2049わ	A区	スギ	63	3,018	360	30.6	西	褐色森林土 斜面中部	4	6	20	75%	広葉樹林
4	2050い3	A区	スギ	28	2,805	411	47.9	南西	褐色森林土 斜面中部	3	2	30	70%	スギ 人工林
5	2052と	A区	スギ	36	2,985	449	28.5	南西	褐色森林土 斜面上部	4	1	40	45%	広葉樹林
6	2053は	A区	スギ	62	2,875	493	21.3	西	褐色森林土 斜面下部	3	8	25	70%	広葉樹林
7	2052り	B区	スギ	53	3,421	479	27.9	南西	褐色森林土 斜面上部	3	14	30	25%	広葉樹林
8	2052る	B区	スギ	50	3,053	428	20.6	南西	褐色森林土 斜面下部 (平坦地)	4	14	35	30%	人家

の伐採も見送るなど、広葉樹の保残に配慮している。また、間伐等は、植栽木を材積率 30 % 程度の列状または定性で伐採している。その他の調査地の概要は表-1 のとおりである。

ウェア R ver. 3.4.1 (R Development Core Team, 2017) を使用した。

2. 調査および解析方法

伐採箇所と保残箇所（例えば、列状間伐であれば、伐採列と保残列）が均等に含まれるように A 区および B 区の計 8 か所すべてに 20 m × 20 m あるいは 10 m × 40 m の調査プロット (400 m²) を設置した。2017 年 8 月に樹高 1.3 m 以上の蔓性を除く全木本類を対象とした毎木調査を実施し、樹種、樹高、胸高直径を測定した。

出現樹種の特徴を把握するため、図鑑（北村・村田, 1971, 1979）等の記述を参考に、最大樹高が 15 m 以上に達する樹種を「高木種」、5 m 以上 15 m 未満のものを「亜高木種」、5 m 未満のものを「低木種」とし、さらに高木種については、綾の照葉樹林において林冠で優占しているシイ類、カシ類、タブ類およびイスノキを「林冠優占種」に細分し、計 4 タイプの生活型に区分した。同様に、種子の一次散布方式により、「重力散布型」、「被食散布型」、「風散布型」の 3 タイプに区分した。また、シカの採食嗜好性については、地域性がある（服部ほか, 2010）ため、橋本・藤木（2014）による全国的な嗜好性を参照しつつ、筆者らの観察に基づく地域性を加味して、シカに採食されやすいもの（嗜好性）を「+」、状況次第では採食されるものを「±」、採食されないもの（不嗜好性）を「-」の 3 タイプに区分した。

種数、立木密度および胸高断面積合計を群間で比較する際は Steel-Dwass 検定で多重比較した。種数、立木密度および胸高断面積合計と林況および施業履歴の相関を、スピアマンの順位相関係数 (ρ) により検討した。また、綾プロが更新を期待する林冠優占種の更新多寡など、生活型別の出現傾向や林分構造の類似性を検討するため、生活型別の胸高断面積合計と立木密度について階層的クラスター分析（距離計算：ユークリッド距離、クラスター作成：ウォード法）をおこなった。統計解析には、ソフト

Ⅲ. 結果

1. 出現樹種

出現樹種は 8 プロットの合計で、常緑広葉樹 22 種、落葉広葉樹 12 種および針葉樹 2 種（天然更新個体のスギを含む）の計 36 種だった（表-2）。生活型は林冠優占種 6 種、高木種 6 種、亜高木種 18 種、低木種 6 種だった。また、種子散布型は重力散布型が 6 種、被食散布型が 26 種、風散布型が 4 種だった。

最も出現頻度の高かった樹種はイスガシ、シロダモ、バリバリノキでいずれも 7 プロットで出現した（表-2）。次いで多く出現した樹種は、ヒサカキ、ユズリハで 6 プロット、アラカシ、イチイガシで 5 プロットだった。これらの樹種は、プロットごとの立木密度でも高い傾向がみられた。

2. 林分構造

各プロットにおける分類群（植栽木（スギ）、常緑広葉樹、落葉広葉樹、針葉樹）ごとの種数、立木密度、平均樹高、平均胸高直径および胸高断面積合計を表-3 に示す。

植栽木の立木密度は 625~1,175 本/ha、平均樹高は 13.8~26.4 m とプロット間で約 2 倍の開きがあった。平均胸高直径は 23.8~39.2 cm と約 1.5 倍、胸高断面積合計は 36.2~109.4 m²/ha と約 3 倍の開きがあった。

常緑広葉樹については、種数が 3~14 種、立木密度が 225~2,400 本/ha、平均樹高が 2.8~5.8 m、平均胸高直径が 2.4~6.1 cm、胸高断面積合計は 0.2~4.2 m²/ha であった。落葉広葉樹と針葉樹については、表-3 のとおりである。また、常緑広葉樹が出現しなかったプロットは無かったが、落葉広葉樹と針葉樹については、出現しないプロットもあった。

表-2. 出現樹種一覧

和名	学名	分類群	生活型	種子 散布型	シカ 嗜好性	出現 プロット数 (n=8)	立木 密度 (本/ha)*2	平均 樹高 (m)*2	平均胸高 直径 (cm)*2
アラカシ	<i>Quercus glauca</i>	常緑広葉樹	林冠優占種	重力散布	+	5	50~175	2.9~7.7	3.3~7.6
イスノキ	<i>Distylium racemosum</i>	常緑広葉樹	林冠優占種	重力散布	-	2	50~650	2.1~5.3	1.3~4.9
イチイガシ	<i>Quercus gilva</i>	常緑広葉樹	林冠優占種	重力散布	+	5	25~225	3.6~9.0	2.6~11.8
ウラジロガシ	<i>Quercus salicina</i>	常緑広葉樹	林冠優占種	重力散布	+	2	75	6.4~9.5	5.4~10.9
シラカシ	<i>Quercus myrsinaefolia</i>	常緑広葉樹	林冠優占種	重力散布	+	1	25	6.4	5.3
ツクバネガシ	<i>Quercus sessilifolia</i>	常緑広葉樹	林冠優占種	重力散布	+	2	50	4.8~12.3	3.5~21.0
カゴノキ	<i>Litsea coreana</i>	常緑広葉樹	高木種	被食散布	-	2	25~50	2.7~3.2	3.0~3.4
イヌガシ	<i>Neolitsea aciculata</i>	常緑広葉樹	亜高木種	被食散布	-	7	50~400	2.4~5.8	1.1~4.5
クロキ	<i>Symplocos lucida</i>	常緑広葉樹	亜高木種	被食散布	-	1	25	3.6	2.8
クロバイ	<i>Symplocos prunifolia</i>	常緑広葉樹	亜高木種	被食散布	+	2	25~50	1.7~4.3	1.0~3.0
サカキ	<i>Cleyera japonica</i>	常緑広葉樹	亜高木種	被食散布	+	3	50~175	2.6~3.7	1.6~2.2
シキミ	<i>Illicium anisatum</i>	常緑広葉樹	亜高木種	被食散布	-	2	25~200	3.6~6.3	2.9~4.0
シロダモ	<i>Neolitsea sericea</i>	常緑広葉樹	亜高木種	被食散布	-	7	50~300	1.3~7.4	0.3~6.0
トキワガキ	<i>Diospyros morrisiana</i>	常緑広葉樹	亜高木種	被食散布	±	1	75	5.0	3.6
ハイノキ	<i>Symplocos myrtacea</i>	常緑広葉樹	亜高木種	被食散布	-	3	25~50	2.0~4.4	0.4~4.3
バリバリノキ	<i>Litsea acuminata</i>	常緑広葉樹	亜高木種	被食散布	-	7	50~975	2.6~6.6	1.9~7.7
ヒサカキ	<i>Eurya japonica</i>	常緑広葉樹	亜高木種	被食散布	+	6	25~275	1.9~3.9	1.2~4.0
ヒメズリハ	<i>Daphniphyllum teijsmannii</i>	常緑広葉樹	亜高木種	被食散布	-	1	25	2.3	1.4
ヤブツバキ	<i>Camellia japonica</i>	常緑広葉樹	亜高木種	被食散布	±	4	25~225	1.3~5.0	0.4~4.6
ヤマビワ	<i>Meliosma rigida</i>	常緑広葉樹	亜高木種	被食散布	±	1	25	2.3	0.8
ユズリハ	<i>Daphniphyllum macropodum</i>	常緑広葉樹	亜高木種	被食散布	-	6	50~250	1.7~6.2	0.9~6.6
マンリョウ	<i>Ardisia crenata</i>	常緑広葉樹	低木種	被食散布	-	2	50~75	1.5	0.9~1.0
アカメガシワ	<i>Mallotus japonicus</i>	落葉広葉樹	高木種	被食散布	-	1	25	18.3	17.7
ムクロジ	<i>Sapindus mukorossi</i>	落葉広葉樹	高木種	被食散布	±	1	25	6.0	3.0
リュウキュウマメガキ	<i>Diospyros japonica</i>	落葉広葉樹	高木種	被食散布	±	2	25	7.5~17.0	3.8~9.5
イヌビワ	<i>Ficus erecta</i>	落葉広葉樹	亜高木種	被食散布	+	2	75	4.6~6.4	5.9~8.5
エゴノキ	<i>Styrax japonica</i>	落葉広葉樹	亜高木種	被食散布	+	1	25	5.8	8.5
ネジキ	<i>Lyonia ovalifolia</i>	落葉広葉樹	亜高木種	風散布	±	2	25	1.6~4.4	1.0~2.8
ハマクサギ	<i>Premna microphylla</i>	落葉広葉樹	亜高木種	被食散布	+	2	25	5.0~6.6	2.4~12.9
コバノガマズミ	<i>Viburnum erosum</i>	落葉広葉樹	低木種	被食散布	+	1	25	4.3	2.8
マルバウツギ	<i>Deutzia scabra</i>	落葉広葉樹	低木種	風散布	+	1	175	3.4	1.8
ミツマタ	<i>Edgeworthia chrysantha</i>	落葉広葉樹	低木種	被食散布	-	1	225	1.6	0.7
ムラサキシキブ	<i>Callicarpa japonica</i>	落葉広葉樹	低木種	被食散布	+	1	25	3.0	2.5
ヤブムラサキ	<i>Callicarpa mollis</i>	落葉広葉樹	低木種	被食散布	+	1	25	3.7	2.2
スギ*1	<i>Cryptomeria japonica</i>	針葉樹	高木種	風散布	+	1	25	3.6	2.2
モミ	<i>Abies firma</i>	針葉樹	高木種	風散布	+	1	25	1.4	0.4

*1 植栽木を除く天然更新個体を記載した

*2 出現したプロットのうち、最小および最大の値を示した

各プロットにおける生活型ごとの種数、立木密度、平均樹高、平均胸高直径および胸高断面積合計を表-4に示す。

林冠優占種はアラカシ、イスノキ、イチイガシ、ウラジロガシ、シラカシ、ツクバネガシの計6種(表-2)で、プロットごとで1~4種出現した(表-4)。立木密度は0~700本/haであり、出現しなかったプロットが2か所あった。一方、亜高木種は、プロットごとで3~11種出現し、立木密度は225~2,075本/haと開きがみられたが、全てのプロットに出現した。高木種および低木種は出現頻度が低かった。

高木類(林冠優占種と高木種の合計)と亜高木種および低木種

の種数、立木密度および胸高断面積合計を多重比較した結果、種数および立木密度については、亜高木種が高木類および低木種よりも有意に多かった(それぞれ $p < 0.05$, $p < 0.10$)。胸高断面積合計については、低木種が高木類および亜高木種より有意に小さかった(それぞれ $p < 0.05$, $p < 0.01$)が、高木類と亜高木種の間に有意差はなかった。

生活型ごとの樹高階分布を図-2に示す。植栽木であるスギと同まで樹高成長し、林冠を構成している常緑広葉樹は少なく、最大でも15m以下であった。

表-3. 分類群別の出現傾向

Plot No.	林小班	植栽木 (スギ)						常緑広葉樹				
		種数	立木密度 (本/ha)	平均樹高 ±標準偏差 (m)	平均胸高直径 ±標準偏差 (cm)	胸高断面積合計 (m ² /ha)	種数	立木密度 (本/ha)	平均樹高 ±標準偏差 (m)	平均胸高直径 ±標準偏差 (cm)	胸高断面積合計 (m ² /ha)	
1	2048に1	1	800	22.8 ± 1.7	31.3 ± 7.1	64.6	5	500	3.4 ± 1.5	3.3 ± 1.7	0.5	
2	2048る1	1	925	19.4 ± 2.3	26.7 ± 7.6	56.0	10	1,975	2.8 ± 1.1	2.4 ± 1.7	1.3	
3	2049わ	1	625	21.3 ± 3.4	36.2 ± 11.6	71.0	14	2,400	4.5 ± 2.5	3.6 ± 3.1	4.2	
4	2050い3	1	825	16.7 ± 1.8	30.6 ± 5.3	62.4	3	225	3.5 ± 1.9	3.0 ± 1.6	0.2	
5	2052と	1	800	13.8 ± 1.7	23.8 ± 3.4	36.2	13	975	4.8 ± 3.4	4.7 ± 5.2	3.8	
6	2053は	1	850	26.4 ± 3.0	39.1 ± 10.5	109.4	14	1,375	5.2 ± 2.8	4.4 ± 3.4	3.4	
7	2052り	1	1,175	15.6 ± 1.9	25.8 ± 6.7	65.4	10	1,050	4.2 ± 2.8	3.6 ± 3.0	1.8	
8	2052る	1	625	24.0 ± 2.2	39.2 ± 9.9	80.3	3	350	5.8 ± 1.8	6.1 ± 2.5	1.2	

Plot No.	林小班	落葉広葉樹					針葉樹				
		種数	立木密度	平均樹高 ±標準偏差	平均胸高直径 ±標準偏差	胸高断面積合計	種数	立木密度	平均樹高 ±標準偏差	平均胸高直径 ±標準偏差	胸高断面積合計
1	2048に1	4	150	8.2 ± 4.7	9.9 ± 4.5	1.4					
2	2048る1										
3	2049わ	4	150	5.3 ± 1.1	5.4 ± 2.0	0.4	1	25	3.6	2.2	0.0
4	2050い3	3	75	7.8 ± 6.5	4.6 ± 3.5	0.2					
5	2052と	1	25	1.6	1.0	0.0					
6	2053は										
7	2052り	3	75	4.1 ± 0.3	2.6 ± 0.3	0.0	1	25	1.4	0.4	0.0
8	2052る	1	175	1.6 ± 0.2	0.7 ± 0.3	0.0					

表-4. 生活型別の出現傾向

Plot No.	林小班	林冠優占種					高木種				
		種数	立木密度 (本/ha)	平均樹高 ±標準偏差 (m)	平均胸高直径 ±標準偏差 (cm)	胸高断面積合計 (m ² /ha)	種数	立木密度 (本/ha)	平均樹高 ±標準偏差 (m)	平均胸高直径 ±標準偏差 (cm)	胸高断面積合計 (m ² /ha)
1	2048に1	1	25	4.3	7.0	0.1	2	50	12.2 ± 6.2	10.4 ± 7.4	0.6
2	2048る1	2	700	2.2 ± 0.9	1.5 ± 1.1	0.2	1	50	3.2 ± 0.8	3.4 ± 2.2	0.1
3	2049わ	4	350	5.6 ± 3.6	5.5 ± 5.7	1.7	2	50	5.1 ± 2.4	3.4 ± 0.4	0.0
4	2050い3						1	25	17.0	9.5	0.2
5	2052と	4	375	7.4 ± 4.1	8.7 ± 6.4	3.4					
6	2053は	3	175	6.9 ± 3.3	8.5 ± 4.9	1.3					
7	2052り	3	475	6.0 ± 3.2	5.6 ± 3.3	1.6	1	25	1.4	0.4	0.0
8	2052る										

Plot No.	林小班	亜高木種					低木種				
		種数	立木密度	平均樹高 ±標準偏差	平均胸高直径 ±標準偏差	胸高断面積合計	種数	立木密度	平均樹高 ±標準偏差	平均胸高直径 ±標準偏差	胸高断面積合計
1	2048に1	6	575	3.8 ± 1.9	4.2 ± 3.0	1.2					
2	2048る1	6	1,175	3.2 ± 1.1	2.9 ± 1.7	1.0	1	50	1.5 ± 0.1	1.0 ± 0.4	0.0
3	2049わ	11	2,075	4.5 ± 2.1	3.5 ± 2.2	2.9	1	75	1.5 ± 0.1	0.9 ± 0.2	0.0
4	2050い3	3	225	3.5 ± 1.9	3.0 ± 1.6	0.2	2	50	3.2 ± 0.2	2.2 ± 0.4	0.0
5	2052と	10	625	3.1 ± 1.4	2.1 ± 1.5	0.3					
6	2053は	11	1,200	4.9 ± 2.6	3.8 ± 2.7	2.0					
7	2052り	8	600	2.9 ± 1.2	1.9 ± 1.3	0.3	2	50	4.0 ± 0.3	2.5 ± 0.3	0.0
8	2052る	3	350	5.8 ± 1.8	6.1 ± 2.5	1.2	1	175	1.6 ± 0.2	0.7 ± 0.3	0.0

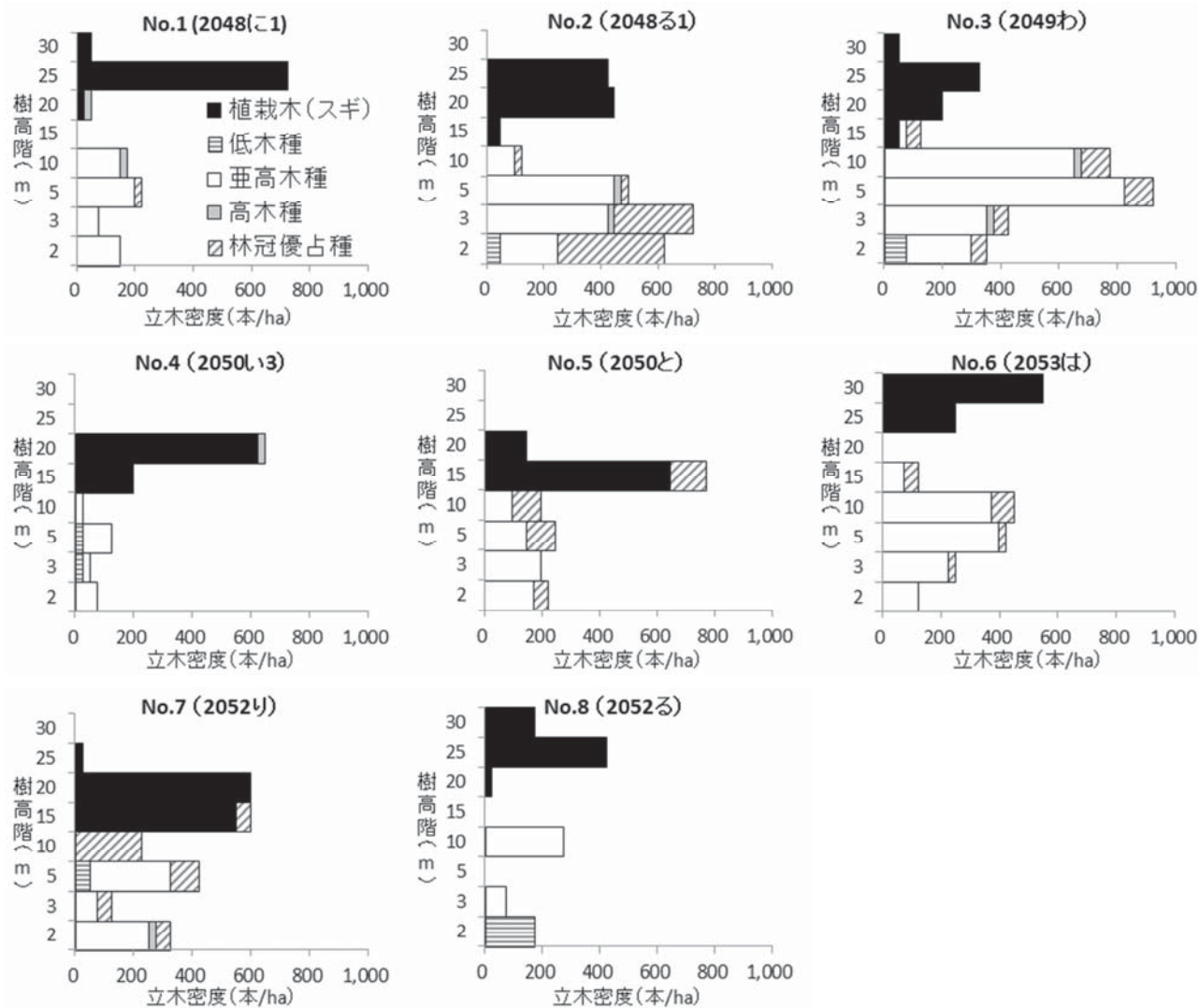


図-2. 生活型別の樹高階分布

3. 種子散布型およびシカの採食嗜好性別の出現傾向

種子散布型別の出現種数は、プロットごとで重力散布型が0~4種、被食散布型が4~14種、風散布型が0~2種であった。種子散布型別の立木密度および胸高断面積合計を図-3に示す。多重比較の結果、種数および立木密度については、重力散布型および風散布型に比べ、被食散布型が有意に多かった(被食散布型と重力散布型で $p < 0.05$ 、被食散布型と風散布型で $p < 0.01$)。胸高断面積合計については、重力散布型と被食散布型に有意差はなかった。

シカの採食嗜好性別の出現種数は、プロットごとで、採食されやすい(+)が0~8種、状況次第では採食される(±)が0~5種、採食されない(-)が2~7種であった。シカの採食嗜好性別の立木密度および胸高断面積合計を図-4に示す。多重比較の結果、種数、立木密度および胸高断面積合計ともに、状況次第では採食される(±)が採食されやすい(+)および採食されない(-)より有意に少なかった(±と+で $p < 0.10$ 、±と-で $p < 0.01$)が、採食されやすい(+)と採食されない(-)の間は有意差がみられなかった。

一方、シカの採食圧が大きいことが予想される樹高2m以下

の個体において、採食嗜好別の立木密度を比較したところ、採食されない(-)が採食されやすい(+)および状況次第では採食される(±)より有意に多かった(図-5、それぞれ、 $p < 0.10$ 、 $p < 0.01$)。

4. 更新木と林況、施業履歴の関係

更新木の多寡が林況や施業履歴に影響されるか検討するため、更新木(常緑広葉樹、林冠優占種)の種数、立木密度および胸高断面積合計について、林齢、植栽密度、標高、傾斜、間伐等の伐採回数、最終伐採からの経過年数、広葉樹林からの距離、周囲の広葉樹林率、現在の植栽木の立木密度、植栽木の平均樹高および植栽木の胸高断面積合計との相関係数をそれぞれ計算した。

計算の結果、有意水準10%以下となる相関はいずれの組み合わせでも得られなかった(表-5)。

5. 林分構造の類似性

階層的クラスター分析を用いて林分構造の類似性を検討した。緩プロは照葉樹林の復元を目的としていることから、現況において、どの程度常緑広葉樹が更新しているのか、とりわけ林冠優占

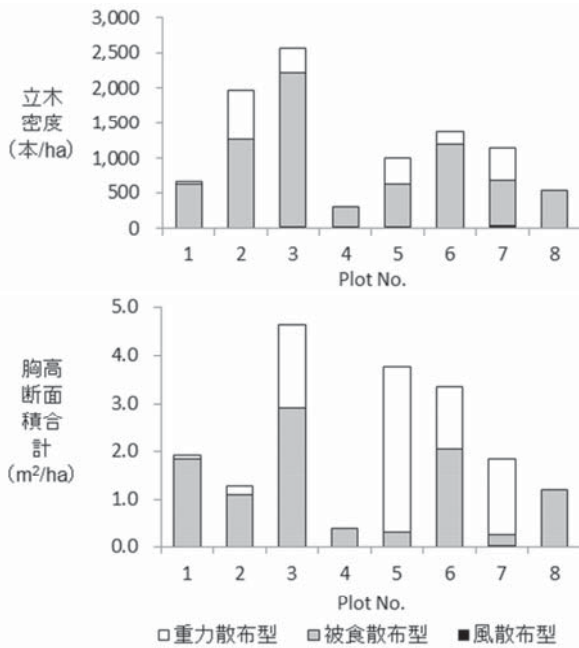


図-3. 種子散布型別の出現傾向

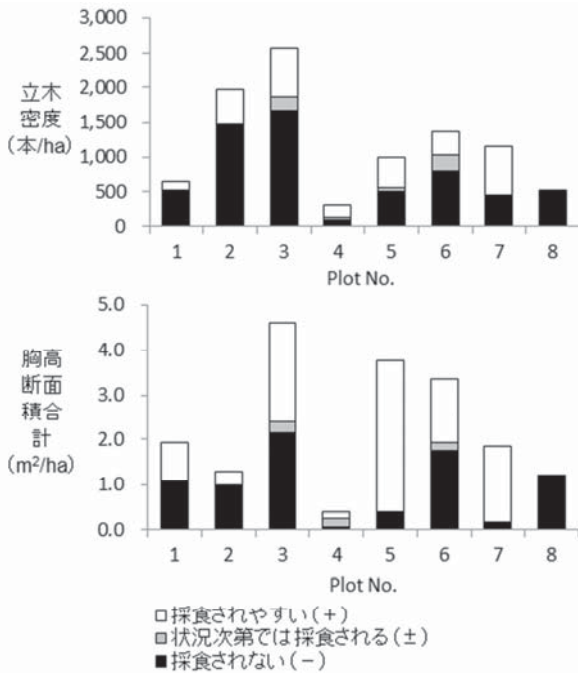


図-4. シカの採食嗜好性別の出現傾向

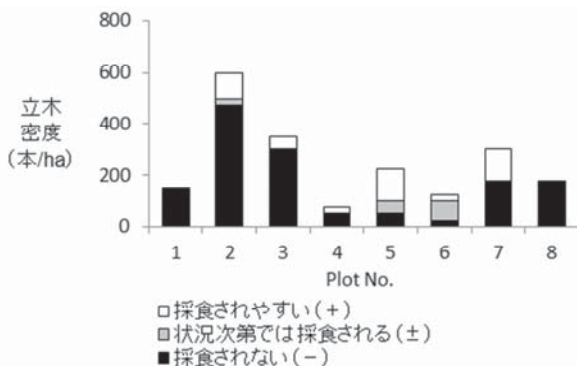


図-5. 樹高2m以下における採食嗜好性別の出現傾向

表-5. 相関係数一覧

常緑広葉樹	種数		立木密度		胸高断面積合計	
	ρ	p 値	ρ	p 値	ρ	p 値
林齢	0.582	0.130	0.619	0.115	0.571	0.151
植栽密度	-0.145	0.731	-0.167	0.703	0.071	0.882
標高	0.327	0.429	0.000	1.000	0.381	0.360
傾斜	-0.109	0.797	0.071	0.882	-0.238	0.582
間伐等の伐採回数	0.167	0.693	0.327	0.429	0.436	0.280
最終伐採からの経過年数	0.000	1.000	0.132	0.756	0.072	0.866
広葉樹林からの距離	-0.413	0.310	-0.381	0.352	-0.209	0.620
周囲の広葉樹林率	0.402	0.323	0.204	0.629	0.206	0.629
植栽木の立木密度	0.074	0.863	0.181	0.668	-0.120	0.776
植栽木の樹高	0.036	0.932	0.071	0.882	-0.119	0.793
植栽木の胸高断面積合計	0.182	0.667	0.143	0.752	0.143	0.752

林冠優占種	種数		立木密度		胸高断面積合計	
	ρ	p 値	ρ	p 値	ρ	p 値
林齢	0.424	0.295	0.120	0.778	0.335	0.417
植栽密度	0.036	0.932	-0.132	0.756	0.084	0.844
標高	0.303	0.466	0.060	0.888	0.323	0.435
傾斜	-0.073	0.864	0.132	0.756	-0.084	0.844
間伐等の伐採回数	0.278	0.505	0.274	0.511	0.274	0.511
最終伐採からの経過年数	-0.110	0.796	-0.102	0.809	-0.139	0.744
広葉樹林からの距離	-0.194	0.646	0.167	0.693	-0.080	0.850
周囲の広葉樹林率	0.220	0.601	-0.319	0.441	0.102	0.809
植栽木の立木密度	0.018	0.966	0.552	0.157	0.067	0.875
植栽木の樹高	-0.315	0.447	-0.479	0.230	-0.431	0.286
植栽木の胸高断面積合計	-0.073	0.864	-0.383	0.349	-0.168	0.692

種がどの程度更新しているのかが重要である。さらに更新木は比較的サイズが小さいものが多いため(表-3, 4), 胸高断面積合計だけでは評価しきれないと考え、生活型の胸高断面積合計と立木密度を用いて、それぞれクラスターを作成した。

胸高断面積合計で作成したクラスターを図-6、立木密度で作成したクラスターを図-7に示す。胸高断面積合計でクラスター分析をおこなった結果、3つのグループに分類された(グループA: Plot No. 1, 2, 4, 8, グループB: 同3, 6, グループC: 同5, 7)。また、立木密度でクラスター分析をおこなった結果、2つのグループに分類された(グループa: Plot No. 1, 4, 5, 7, 8, グループb: 同2, 3, 6)。これら2通りのクラスター分析の結果から、4つのタイプに分類した(表-6)。

IV. 考察

1. 出現樹種の傾向およびシカの影響

本調査地では、常緑広葉樹 22 種を含む 36 種の本木類が出現した。亜高木種が種数の半数を占め、約 7 割が被食散布型であった(表-2)。また、亜高木種の種数は高木類(林冠優占種と高木

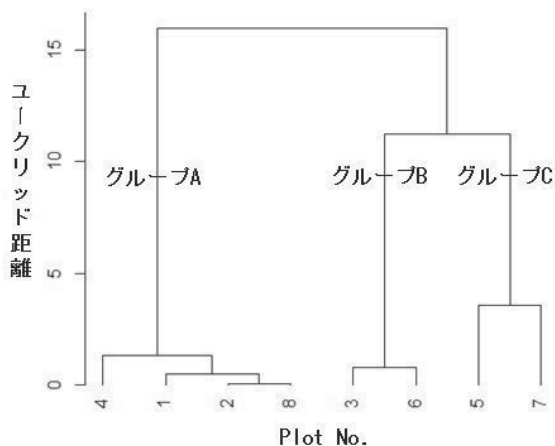


図-6. 生活型の胸高断面積合計を用いたクラスター

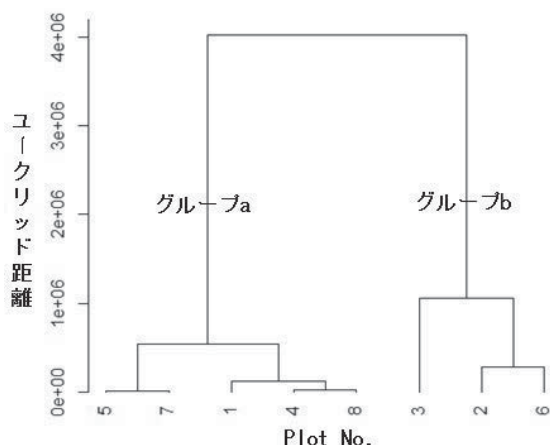


図-7. 生活型の立木密度を用いたクラスター

表-6. 2通りのクラスター分析による分類結果

タイプ	胸高断面積合計 による分類	立木密度 による分類	Plot No.
I	グループA	グループ a	1, 4, 8
II	グループB	グループ b	3, 6
III	グループC	グループ a	5, 7
IV	グループA	グループ b	2

種(合計)および低木種よりも有意に多く、被食散布型の種数も重力散布型および風散布型よりも有意に多かった(図-3)。この結果は、照葉樹林帯で行われた既往の研究(例えば、小南ほか、1995; 齊藤ほか、2004)と同様の傾向である。

最も出現頻度の高かった樹種は、イヌガシ、シロダモおよびバリバリノキで、いずれもクスノキ科樹種であった(表-2)。クスノキ科樹種は、綾地域において多数更新してくることが知られている(小南ほか、2001)。特に上記3種については、シカの嗜好性植物である(小南ほか、2001; 橋本・藤木、2014)ことから、相対的に出現頻度が高くなったと考えられる。林冠優占種の中では、アラカシおよびイチイガシが比較的多くのプロットで確認され、更新木の中でも平均樹高が高い傾向にあった。この2種は常緑カシ類の中でも攪乱(Ito *et al.*, 2007)や環境の変化(香山ほか、2007)に強いとされ、前生稚樹や造林初期に侵入した個体が

下刈りや除伐後も萌芽で生残するなど、早くから定着してきたものと考えられる。

一方で、綾の照葉樹林を構成する主要木本類の中でも、シイ類やタブ類といった林冠優占種(永松ほか、2002)が欠如していた。本調査地は、母樹となり得る広葉樹林から20~40mの距離に位置していた(表-1)。しかし、シイ類やカシ類など林冠優占種の堅果は自然落下種子から実生になる確率が被食等による影響で非常に小さく(小南ほか、1997)、その散布範囲も被食者による二次散布を含めても母樹から20m程度と限定的(平田ほか、2007; 山川ほか、2010)であることから、天然下種更新は期待しづらい状況にあったと考えられる。また、タブノキ(*Persea thunbergii*)は樹冠下では更新が難しい(永松ほか、2002)ことも知られているように、樹種によっては、スギ樹冠下での更新が期待しづらい状況にもあったと考えられる。さらに、本調査地は、綾プロ開始以前の造林初期において、下刈りや雑灌木の除伐が繰り返されており、前生樹からの萌芽更新も抑制されていた。したがって、林冠優占種が限定的であった理由は、アラカシやイチイガシなどの一部の樹種が萌芽などで更新できただけであり、天然下種更新による種数や個体数の増加は限定的であったためと考えられる。

他方、服部ほか(2003)によれば、綾の照葉樹林の種多様性は低木層で高く、原生林での照葉樹林構成種は一調査区(15m×15m)だけでも60種に及ぶとされている。また、シカの影響は低木層で強く影響する(服部ほか、2010)ことも知られている。本研究では、全個体を対象とした場合、シカに採食されやすい(+)および採食されない(-)の間で、種数や立木密度および胸高断面積合計に有意な差はみられなかった(図-4)ものの、シカの採食圧が大きいと予想される樹高2m以下の個体と比較したところ、採食されない(-)の立木密度が高い傾向にあった(図-5)。また、亜高木種の中で最も多く出現した樹種はクスノキ科樹種(表-2)であったが、クスノキ科樹種のうち綾地域において一般に多く生育し、小南ほか(2001)によるとシカの採食嗜好性が「採食されやすい」とされるヤブニッケイ(*Cinnamomum insularimontanum*)が全く出現せず、低木種も不嗜好性のマンリョウ1種を除いて全く出現しなかった。本研究は、シカの影響を排除した対照区がないため正確なところは言えないが、下層ではシカの採食の影響を受けた種構成となっている可能性が示唆される。

2. 林分構造の特徴

立木密度は高木類(林冠優占種と高木種の合計)より亜高木種が大きく、重力散布型より被食散布型の立木密度が大きかった(表-4, 図-3)。一方で、胸高断面積合計については、高木類と亜高木種、重力散布型と被食散布型の間に有意差はみられず、高木類や重力散布型は立木本数は少ないが、比較的サイズが大きいたことが示唆される。図-2の生活型ごとの樹高階分布をみても、植栽木であるスギの樹高階の直下層に分布する更新木は林冠優占種(重力散布型)であることが多く、個体数がわずかながらも林冠層に達する可能性のある更新木も存在することが確認できた。

しかしながら、綾プロでは人工林をかつての照葉樹林、すなわち、シイ・カシ・タブやイスノキが林冠を構成するような照葉樹林への復元を目標としている。調査地から数km離れた綾町の中尾国有林2093林班には、綾プロの復元の目標となるような原生

的な照葉樹林が残されており、永松ほか（2002）の調査では、胸高直径5 cm以上の高木種だけでも22種、約600本/haの立木密度があり、直径100 cmを超えるような大径木も記録されている。このような森林を目標とするならば、本調査地の林冠優占種は、直径1 cm程度の個体からカウントして、最大でも700本/ha（表-4）であり、種数も最大で4種であることなどからも、このまま年数を経過させても、かつての照葉樹林に遷移することは難しいと考えられる。

3. 更新の多寡を決める要因

更新木（常緑広葉樹および林冠優占種）の種数や立木密度および胸高断面積合計と林況や施業履歴、植栽木のサイズなどとの相関関係を調べたところ、いずれも有意な相関は得られなかった（表-5）。一般的に、更新木の多寡はさまざまな要因が複雑に作用している（例えば、長池、2000）とされ、さらに今回の調査地8か所は林齢や立地条件が多様であったことも影響していると考えられる。

ただし、クラスター分析の結果（表-6）から、タイプI（Plot No.1, 4, 8）は更新木のサイズと立木密度が小さく、高木類が占める割合が小さい特徴があり、その背景には、以前の土地利用が広葉樹林ではないことや不安定なれき地であるなど（表-1）、前生稚樹等が少なかった可能性（長池、2000；清和、2013）が考えられた。次に、タイプII（同3, 6）は、更新木のサイズと立木密度が大きく、亜高木類が占める割合が高い特徴があり、林齢が高い（齊藤ほか、2006）ことや、植栽木サイズが大ききことによる光環境の利点（長池、2000）、広葉樹林から近いことによる鳥類による被食散布を中心により多くの種子供給を受けられた（山川ほか、2013）という可能性が考えられた。続いて、タイプIII（同5, 7）は、更新木の立木密度は小さいが、サイズが大きく林冠優占種の割合が大きい特徴があり、上部斜面に位置し、更新木が侵入しやすい環境にあったと考えられた。最後に、タイプIV（同2）は、林冠優占種の本数が多いがサイズが小さい特徴があった。同林分は、林冠優占種の中でもイヌノキが圧倒的に多かったが、イヌノキがシカの嗜好性樹木であることから、サイズが小さいながらも着実に更新できているものと推察される。本研究では調査林分数が8林分と少ないが、これらのクラスター分析の結果は既往の研究と合致するところが多く、今後追加調査等で検証していきたい。

V. 綾プロの今後について

本研究により、スギ人工林内に照葉樹林の林冠優占種は更新しているものの、現時点では、将来の林冠を構成できるほどの個体数が更新していないこと、シカの影響を受けた種構成になりつつあること、更新木の多寡は、立地環境等により大きな変動があることが確認された。

特にシカによる更新阻害は、現時点の種構成や林分構成を改変するのみならず、採食が繰り返されることによる埋土種子の枯渇や種子散布者である鳥類やげっ歯類のハビタットや行動パターンを変えてしまうような生物間相互作用（奥田ほか、2012）の影響によって、さらに長期間の更新阻害となる可能性がある。

そこで、今後の綾プロにおける取組みでは、現在おこなわれて

いる間伐等による復元の取り組みについては、近隣の植生等を加味した上で実行場所を選択し、経過年数による変化を観測していくとともに、現時点でも更新が良くない場所については、シカの影響の排除（例えば、植生保護柵の設置）を検討する必要（島田・野々田、2009；田村、2014）があると考えている。また、本研究により、間伐等による復元だけでは林冠優占種の更新を十分に確保できていない可能性が示唆されたため、より積極的な復元手法を検討すべきだと考えている。具体的には、林縁効果を加味した上で、人工林を小面積皆伐するとともに、対象地周辺で採取した遺伝的攪乱の小さい種子でポット苗を生産し、それを植樹するという更新補助も検討してもよいかもしれない。その際には、綾プロが市民参加型のプロジェクトであるという性格を活かし、ボランティア活動や森林環境教育の場を活用して進めていくことも可能であると考えている。

引用文献

- 綾の照葉樹林プロジェクト連携会議（2015）綾の照葉樹林プロジェクト10年の歩み、九州森林管理局
 藤木佳延・藤木大介（2014）人と自然25：133-160
 服部保ほか（2003）植生学会誌20：31-42
 服部保ほか（2010）植生学会誌27：35-42
 平田令子ほか（2007）日林誌89：113-120
 Ito S *et al.* (2007) Veg Sci 24：53-63
 北村四郎・村田 源（1971）原色日本植物図鑑 木本類〔I〕、538 pp, 保育社, 大阪
 北村四郎・村田 源（1979）原色日本植物図鑑 木本類〔II〕、630 pp, 保育社, 大阪
 香山雅純ほか（2007）九州森林研究60：75-78
 「広葉樹林化」研究プロジェクトチーム（2010）広葉樹林化ハンドブック2010-人工林を広葉樹林へと誘導するために-, 36 pp, 森林総研
 「広葉樹林化」研究プロジェクトチーム（2012）広葉樹林化ハンドブック2012-人工林を広葉樹林へと誘導するために-, 48 pp, 森林総研
 小南陽亮ほか（1995）日林九支研論48：111-112
 小南陽亮（1997）日林九支研論50：85-86
 小南陽亮ほか（2001）日林九支研論54：85-87
 小南陽亮ほか（2004）九州森林研究57：87-93
 長池卓男（2000）日林誌82：407-416
 永松 大ほか（2002）九州森林研究55：50-53
 奥田 圭ほか（2012）日林誌94：236-242
 R Development Core Team（2017）<https://www.r-project.org/>
 齊藤 哲ほか（2004）九州森林研究57：83-86
 齊藤 哲ほか（2005）九州森林研究58：166-168
 齊藤 哲ほか（2006）日林誌88：482-488
 清和研二（2013）日生態会誌63：251-260
 島田博匡・野々田稔郎（2009）日林誌91：46-50
 田村 淳（2014）日林誌96：333-341
 山川博美ほか（2010）日林誌92：157-161
 山川博美ほか（2013）日生態会誌63：219-228
 （2017年12月11日受付；2018年1月9日受理）