九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

モミ・ツガが優占する温帯混交林の実生動態：九州大学宮崎演習林の長期森林動態モニタリングプロットにおける防鹿柵設置後の変化

榎木, 勉
九州大学大学院農学研究院環境農学部門森林環境科学講座

山内 , 康平
九州大学農学部附属演習林

緒方, 健人
九州大学農学部附属演習林

長, 慶一郎
九州大学キャンパス計画室保全緑地部門

他

https://doi.org/10.15017/7344015

出版情報：九州大学農学部演習林報告. 106, pp.7-10, 2025-03-24. The Kyushu University Forests
バージョン：
権利関係：

学術情報

モミ・ツガが優占する温帯混交林の実生動態：九州大学宮崎演習林の長期森林動態モニタリングプロットにおける防鹿柵設置後の変化

榎木　勉 *[1]，山内　康平 [2]，緒方　健人 [2]，長　慶一郎 [3]，中村　琢磨 [2]，
井上　幸子 [2]，南木　大祐 [2]，山内耕司朗 [2]，鍛治　清弘 [2]，市橋　隆自 [1]

九州大学農学部附属演習林宮崎演習林のモミ・ツガが優占する針広混交林に 2005 年に設定された 100 m × 100 m の森林長期モニタリングプロットの半分は 2013 年から防鹿柵で囲まれている。防鹿柵内外に実生調査枠を設定し，出現する木本種を 2016 年と 2021 年に測定した。出現種数は，柵外では 2016 年と 2021 年でほぼ同じであったが，柵内では 2021 年で多かった。2021 年の柵内には，コシアブラ，ナガバモミジイチゴ，ウリハダカエデ，タカノツメなどの先駆的な特性を持つ樹種が多く出現した。2021 年では柵内外で樹高 30 cm 以上の個体が見られ，その頻度やサイズは柵内で大きかった。実生群集の非類似度を Jaccard 指数を用いて評価すると，柵外よりも柵内での種組成の変化が大きかった。非計量多次元尺度 (NMDS) 解析の結果から，実生群集の空間的な違いは柵外で大きく，柵内で小さいことが示された。
キーワード：実生，モミ・ツガ林，シカ，下層植生，長期モニタリング

Half of a 100 m x 100 m forest long-term monitoring plot set up in 2005 in a mixed coniferous forest dominated by *Abies* and *Tsuga* in the Shiiba Research Forest of Kyushu University has been surrounded by a deer-proof fence since 2013. Seedling survey was conducted inside and outside the fence in 2016 and 2021. The number of species outside the fence was similar in 2016 and 2021, while greater inside the fence in 2021. Species with pioneer-like traits, such as *Chengiopanax sciadophylloides, Rubus palmatus, Acer rufinerve,* and *Gamblea innovans*, were observed inside the fence in 2021. Trees with a height taller than 30 cm were observed inside and outside the fence, and their frequency and size were greater inside the fence in 2021. Species composition was more variable inside the fence than outside when dissimilarity of the seedling communities was evaluated using the Jaccard index. Non-metric multi-dimensional scaling (NMDS) analysis indicated that spatial differences in seedling communities were greater outside the fence and smaller inside.

Keyeords: seedling, *Abies-Tsuga* forest, deer, understory vegetation, long-term monitoring

1．はじめに

九州大学農学部附属演習林宮崎演習林（以下宮崎演習林）では，宮崎演習林第 5 次森林管理計画書（九州大学農学部附属演習林 1996）において天然生林の動態を大面積かつ長期的にモニタリングすることの重要性が示され，2004 年度から 2006 年度の期間に 1ha の森林動態モニタリングプロットが 3 箇所設置された（榎木ら 2013; 緒方ら 2017）。プロット設置時に合戦原プロットは林床のスズタケが残存していたが，丸十プロットと広野プロットはスズタケが消失していた（村田ら 2009; Murata *et al*. 2009）。各プロットでは生育する胸高周囲長 15cm 以上の樹木を対象にした調査が 5 年に一度実施されている。それらのモニタリングや他の調査結果から，森林動態はニホンジカ（以下，シカ）の影響を強く受けていることが明らかにされた（Murata *et al*. 2009; 長ら 2016; 榎木ら 2017; 緒方ら 2017）。

丸十プロットはモミ・ツガが優占する冷温帯針広混交林に設置されている。モミ・ツガ林は台風等の自然撹乱や伐採などの人為撹乱によって更新され（Suzuki & Tsukahara 1987; 鈴木・薄田 1989），そのパターンについては稚樹密度やスズタケなどの下層植生との関係などから調べられている（荒上 1987; 水永ら 1998）。また，各樹種の空間分布と生育形に応じたギャップ撹乱後の更新パターンの違いがモミやツガの針葉樹と常緑広葉樹および落葉広葉樹の共存に寄与することが示されている（Kubota 2006）。しかし，近年のシカの食害を受け下層植生が衰退した森林の動態を詳細に検討した研究はない。

森林動態に及ぼすシカの影響を評価するために，2013 年に丸十プロットの半分を囲むように防鹿柵を設置した。本資料では，丸十プロットの防鹿柵内外に設定した実生調査枠に出現する木本種を 2016 年と 2021 年に測定した結果を報告する。

Tsutomu Enoki, Kouhei Yamauchi, Taketo Ogata, Keiichiro Cho, Takuma Nakamura, Sachiko Inoue, Daisuke Nanki, Koshiro Yamauchi, Kiyohiro Kaji, Ryuji Ichihashi.: Seedling dynamics in a temperate mixed forest dominated by *Abies* and *Tsuga*: changes after establishment of deer-proof fence in a monitoring plot for long-term forest dynamics in the Shiiba Research Forest, Kyushu University

* 責任著者 (Corresponding author): Email. enoki.tsutomu.929@m.kyushu-u.ac.jp 〒 089-3705 北海道足寄郡足寄町北 5 条 1 丁目 85
[1] 九州大学大学院農学研究環境農学部門森林環境科学講座
Division of Forest Environmental Sciences, Department of Agro-environmental Sciences, Faculty of Agriculture, Kyushu University
[2] 九州大学農学部附属演習林
University Forest, School of Agriculture, Kyushu University
[3] 現在：九州大学キャンパス計画室保全緑地部門
Present: Campus Planning Office, Conservation Area Management Division, Kyusyu University

2．調査地と方法

宮崎県東臼杵郡椎葉村大河内に所在する宮崎演習林の三方岳団地 35 林班に設置された丸十プロットは，シカによる食害の影響を評価するために 2013 年にプロットの半分を防鹿柵で囲み，シカなどの野生動物が侵入できない状態を維持している（図 1）。丸十プロットは北緯 32° 23′ 55″，東経 131° 10′ 21″，標高 1100 m に位置し，斜面方位は北北西で，平均傾斜角は 14.3 度である（榎木ら 2013）。高木層はツガ，モミ，ミズナラ，クリなどが優占している。林床はシカによる摂食の影響を強く受け，下層植生はほぼ消失していた。

調査プロットの斜面に沿って 10 個の 1m × 1m の調査枠を 10m 間隔で防鹿柵内外に 2 列ずつ設置した。柵外の実生調査枠の一つは予定場所への設置が困難であったため，10m 位置を移動して設置した（図 1）。2016 年 5 月と 2021 年 7 月に各調査枠に出現した木本実生の種を記録した。各樹種の学名は、植物和名ー学名インデックス YList（米倉・梶田「植物和名 - 学名インデックス」http://ylist.info 最終確認日 2024 年 9 月 11 日確認）に従った。また，調査枠に樹高 30cm 以上の稚樹個体があった場合はその樹高を測定した。

各調査枠に出現した実生の在 / 不在データをもとに種数累積曲線を描いて出現種数を検討した。群集構造を解析するため，Jaccard 指数を用いて群集間距離を求め，計量多次元尺度（NMDS）により 2 次元平面上に図示した。防鹿柵の内外および調査時期による群集の違いは Permutational Multivariate Analysis of Variance（PERMANOVA）によって検定した。各調査時期での防鹿柵内外の種組成の非類似度および防鹿柵内外での調査時期による種組成の非類似度を Jaccard 指数を用いて評価した。統計解析は R. 4. 3. 2（R development Core Team 2023）を用いた。種数累積曲線の描画には vegan パッケージ（Oksanen *et al*. 2024）の specaccum 関数を，NMDS による解析には metaMDS 関数，PERMANOVA による解析には adonis 関数，Jaccard の非類似度指数は vegdist 関数を用いた。

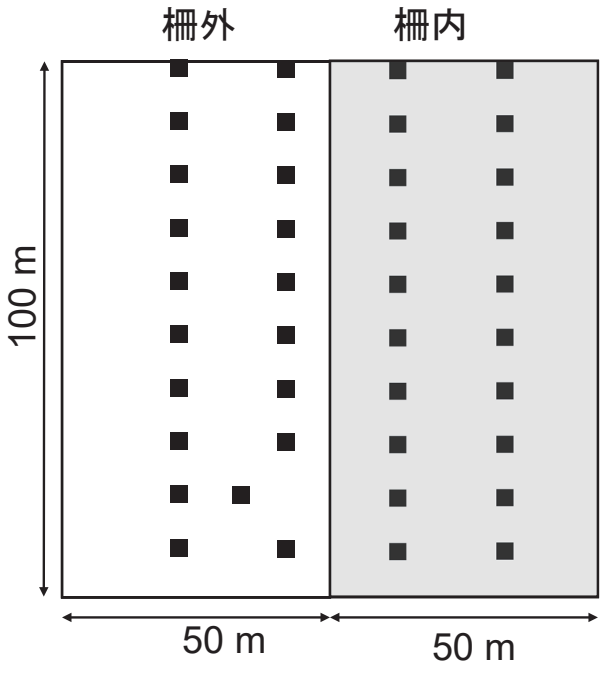

図 1．丸十プロットの防鹿柵および実生調査枠の配置。黒い四角が実生調査枠の位置。図中右半分（灰色）の0.5 haを2013年に防鹿柵で囲んだ。

3．結果と考察

調査枠内に出現した木本の種数は柵外では 2016 年，2021 年でそれぞれ 27 種，26 種，柵内では 2016 年，2021 年でそれぞれ 23 種，34 種であった。種数累積曲線上の調査枠数 20 個における種数も，柵外では 2016 年と 2021 年でほぼ同じであったが，柵内では 2021 年で多かった（図 2）。各種の出現頻度は，2016 年では柵内外で大きな違いがないが，2021 年では柵外で減少し，柵内外の差が大きくなった（表 1）。柵外における時間経過にともなう出現種数および出現頻度の減少はシカの食害による影響と考えられた。

2021 年では柵内外で樹高 30 cm 以上の個体が見られ，そ

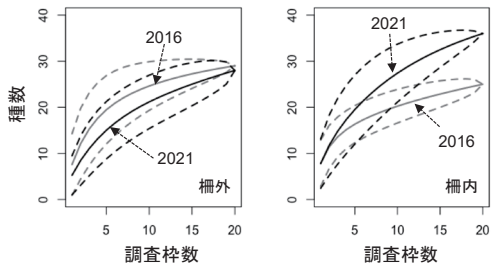

図2．防鹿柵内外の種数累積曲線の2016年から2021年の変化。破線は95%信頼区間を示す。

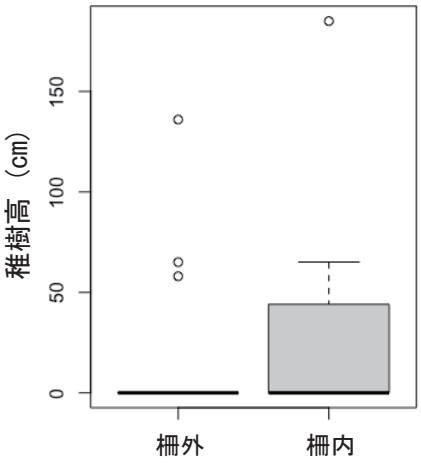

図3．2021年の稚樹高の防鹿柵内外での比較。 各調査枠（1m×1m）内での最大値をもとに作図した。○は外れ値，バーは外れ値を除いた最大値，箱の上辺は第３四分位数，太い横線は中央値を示す。

表1．林床で観察された実生の出現頻度。2016年および2021年の調査時に各種が防鹿柵外（外）および柵内（内）で観察された調査枠（1m × 1m）の数を示す。調査枠は柵内外でそれぞれ20個ずつ設置した。記号は図5の樹種を示すアルファベットと対応する。

樹種	学名	2016年 外	2016年 内	2021年 外	2021年 内	記号
モミ	*Abies firma*	14	20	14	20	a
ツタウルシ	*Toxicodendron orientale subsp. orientale*	6	11	6	13	b
コシアブラ	*Chengiopanax sciadophylloides*	7	12	4	12	c
ハリギリ	*Kalopanax septemlobus*	11	13	1	4	d
アオハダ	*Ilex macropoda*	3	9	5	11	e
ツガ	*Tsuga sieboldii*	11	11	2	2	f
イヌシデ	*Carpinus tschonoskii*	11	10		2	g
コハウチワカエデ	*Acer sieboldianum*	2	1	5	13	h
イロハカエデ	*Acer palmatum*	5	15			i
ミズナラ	*Quercus mongolica*	5	8		7	j
イワガラミ	*Schizophragma hydrangeoides*	8	4	6	1	k
ツルシキミ	*Skimmia japonica var. intermedia*	6	3	6	4	l
イヌツゲ	*Ilex crenata var. crenata*	6	3	3	5	m
アカシデ	*Carpinus laxiflora*	7	6		1	n
サルトリイバラ	*Smilax china*	4	1	3	4	o
ヒサカキ	*Eurya japonica var. japonica*	2		6	4	p
リョウブ	*Clethra barbinervis*	5	1	5	1	q
ミズメ	*Betula grossa*		1	4	4	r
ハイノキ	*Symplocos myrtacea*	3	2	1	2	s
アセビ	*Pieris japonica subsp. japonica*	2	1	2		t
エゴノキ	*Styrax japonicus*	2		1	2	u
ナガバモミジイチゴ	*Rubus palmatus var. palmatus*			2	3	v
シキミ	*Illicium anisatum*		2	1	1	w
タムシバ	*Magnolia salicifolia*	1	1		2	x
ヒメシャラ	*Stewartia monadelpha*	3		1		y
ウリハダカエデ	*Acer rufinerve*			1	2	z
コガクウツギ	*Hydrangea luteovenosa*			2	1	aa
タカノツメ	*Gamblea innovans*				3	ab
ミズキ	*Cornus controversa*	1	1		1	ac
アカマツ	*Pinus densiflora*	1		1		ad
イソノキ	*Frangula crenata*			1	1	ae
シロモジ	*Lindera triloba*				2	af
ミヤマガマズミ	*Viburnum wrightii var. wrightii*				2	ag
ヤマザクラ	*Cerasus jamasakura*				2	ah
アオダモ	*Fraxinus lanuginosa f. serrata*				1	ai
ウラジロガシ	*Quercus salicina*	1				aj
オトコヨウゾメ	*Viburnum phlebotrichum*			1		ak
クリ	*Castanea crenata*	1				al
コバノガマズミ	*Viburnum erosum*	1				am
シロダモ	*Neolitsea sericea*				1	an
ソヨゴ	*Ilex pedunculosa*				1	ao
ツリバナ	*Euonymus oxyphyllus var. oxyphyllus*			1		ap
マツブサ	*Schisandra repanda*		1			aq
ヤマウルシ	*Toxicodendron trichocarpum*				1	ar

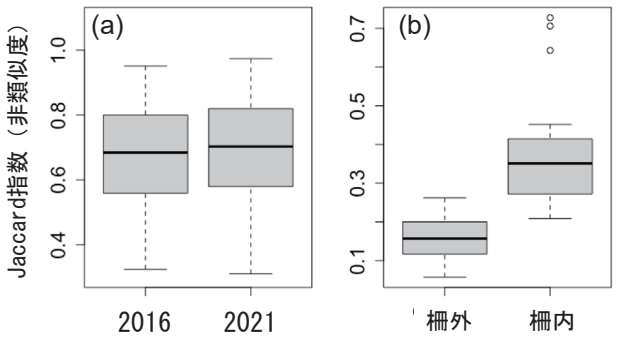

図4．実生群集の(a) 防鹿柵内外を比較したJaccard指数（2016年と2021年の値），(b)2016年と2021年を比較したJaccard指数（柵外，柵内での値）。

の頻度やサイズは柵内で大きかった（図3）。柵外ではそのほとんどはシカが採食しないアセビとツルシキミであった。一方，柵内ではアセビやツルシキミの他にコシアブラ，タカノツメ，コハウチワカエデなどの個体が見られた。これらの植生構造の変化もシカの食害による影響を反映していると考えられた。

柵内外の種組成の違いをJaccardの非類似度指数で評価すると，2016年，2021年とも0.7程度であった（図4a）。2013年の柵設置時に柵内外で種組成が同じだったと仮定すると，柵設置後3年で種組成が変化し，さらに5年後の2021年でも柵内外での種組成の違いは維持されていたことを示す。ただし，柵外，柵内とも5年間で種組成はそれぞれ変化し（図4b），その変化は柵外よりも柵内で大きかった（図4b）。この柵内の種組成の変化は新たな種の侵入が多く起きたことが主な原因だと考えられる。

2016年，2021年とも実生群集の種組成は柵内外で有意に異なった（PERMANOVA , $p < 0.05$）。柵外では5年間の種組成の変化が柵内よりも小さかったが（図4b），NMDSの2次元配置図では2016年と2021年の違いが柵内よりも大きかった（図5）。この結果は，柵外では実生群集の空間的な違いが大きいことを示し，その要因としてシカによる食害が寄与していることが考えられる。一方で，NMDS二次元配置図において2016年の柵内の調査枠は2021年の調査枠が配置される範囲内に収まっていた。この結果は，柵内ではシカの食害がないことで実生群集の空間的なばらつきが減少した可能性を示唆している。また，二次元配置図の2021年の柵内の中心付近には，ツガ，シキミに加えコシアブラ，アオハダ，ナガバモミジイチゴ，ウリハダカエデ，タカノツメなどの先駆的な特性を持つ樹種が位置した。

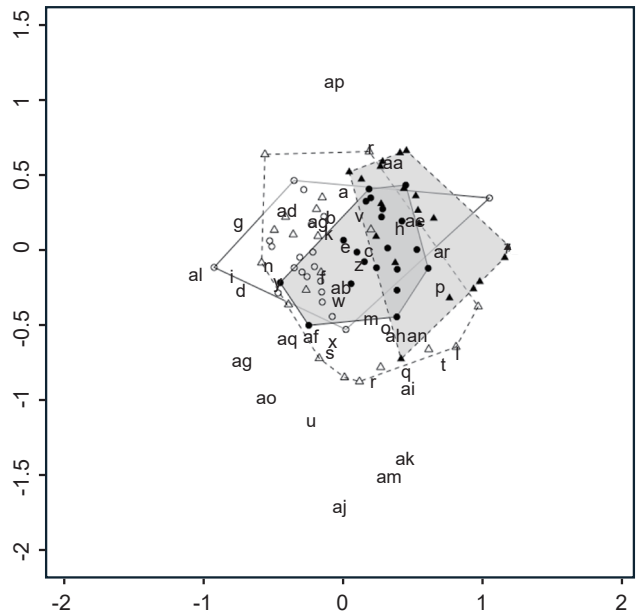

図5．NMDS平面上に示した調査枠と出現種。2016年の防鹿柵内（○），柵外（△），2021年の柵内（●），柵外（▲）の調査枠を記号で示し，樹種をアルファベット（表1参照）で示す。

これらの種は林冠がある程度開いた場所に多く見られたが，柵設置 8 年後では耐陰性の高い樹種を多く含む群集に移行していないことを示唆している。以上のような柵内外の種組成の変化が今後どのように推移していくか，継続して観測していく必要がある。

謝辞

本調査地の丸十プロットは九州大学農学部附属演習林の多くの職員により維持管理されてきた。ここに感謝の意を表します。

引用文献

荒上和利（1987）九州中部山岳地帯におけるモミ・ツガ天然林の成立過程に関する研究．九州大学農学部演習林報告 57: 17–108

長慶一郎・榎木勉・鍛治清弘・山内康平・緒方健人・椎葉康喜（2016）ニホンジカの摂食圧増加にともなうスズタケの動態―九州大学宮崎演習林における 2003 年と 2014 年の比較―．九州大学農学部演習林報告 97 : 7–10

榎木勉・久保田勝義・鍛治清弘・壁村勇二・椎葉康喜・井上幸子・内海泰弘（2013）九州大学宮崎演習林の長期森林動態モニタリングプロット．九州大学農学部演習林報告 94: 40–47

榎木勉・久保田勝義・鍛治清弘・長慶一郎・山内康平・椎葉康喜・緒方健人・菱拓雄・田代直明（2017）九州山地におけるモミ・ツガ林の長期動態にシカが及ぼす影響 . 九州大学農学部演習林報告 98: 17–24

Kubota Y（2006）Spatial pattern and regeneration dynamics in a temperate *Abies-Tsuga* forest in southwestern Japan. J For Res 11: 191–201

九州大学農学部附属演習林（1996）宮崎演習林第５次森林管理計画書

水永博己・石井弘・辻野聡・原口曜江・川畑佳子（1998）霧島モミ・ツガ林における種子生産量と稚樹密度の年変動 . 鹿児島大学農学部演習林研究報告 26: 23–31

村田育恵・井上幸子・矢部恒晶・壁村勇二・鍛治清弘・久保田勝義・椎葉康喜・内海泰弘（2009）九州大学宮崎演習林におけるニホンジカの生息密度と下層植生の変遷 . 九州大学農学部演習林報告 90: 13–24

Murata I, Saruki S, Kubota K, Inoue S, Tashiro N, Enoki T, Utsumi Y, Inoue S (2009) Effects of sika deer (*Cervus nippon*) and dwarf bamboo (*Sasamorpha borealis*) on seedling emergence and survival in cool-temperate mixed forests in the Kyushu Mountains. J For Res 14: 296–301

緒方健人・菱拓雄・田代直明・榎木勉・内海泰弘・鍛治清弘・長慶一郎・山内康平・久保田勝義・壁村勇二・井上幸子・椎葉康喜・馬淵哲也・長澤久視・村田育恵（2017）九州大学宮崎演習林における長期森林動態モニタリングプロット 8 年間の推移．九州大学農学部演習林報告 98: 25–32

Oksanen J, Simpson G, Blanchet F, Kindt R, Legendre P, Minchin P, O'Hara R, Solymos P, Stevens M, Szoecs E, Wagner H, Barbour M, Bedward M, Bolker B, Borcard D, Carvalho G, Chirico M, De Caceres M, Durand S, Evangelista H, FitzJohn R, Friendly M, Furneaux B, Hannigan G, Hill M, Lahti L, McGlinn D, Ouellette M, Ribeiro Cunha E, Smith T, Stier A, Ter Braak C, Weedon J (2024) vegan: Community Ecology Package. R package version 2.6-8 <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>

R Development Core Team (2023) R: a language and environment for statistical computing. Vienna, Austria. https://www. r-project.org

鈴木英治・薄田二郎（1989）屋久島瀬切川流域の温帯針葉樹林の齢構成と更新過程．日本生態学会誌 39: 45–51

Suzuki E, Tsukahara J (1987) Age structure and regeneration of old growth Cryptomeria japonica forests on Yakushima Island. Bot Mag (Tokyo) 100: 223–241