

奥日光の森林植生の 50 年間の変化 – 過去と現在の植生調査記録の比較 –
Change in forest vegetation over the last 50 years
in the mountainous region of Nikko revealed
by a comparison between past and present vegetation data

坂本 祥乃¹・逢沢 峰昭²・横溝 康志³・大久保 達弘²

Yoshino SAKAMOTO¹, Mineaki AIZAWA², Yasushi YOKOMIZO³, Tatsuhiro OHKUBO²

¹ 宇都宮大学大学院農学研究科森林科学専攻 〒 321-8505 宇都宮市峰町 350

Department of Forest Science, Graduate School of Agriculture, Utsunomiya University,

350 Mine-machi, Utsunomiya, Tochigi 321-8505, Japan

² 宇都宮大学農学部森林科学科 〒 321-8505 宇都宮市峰町 350

Department of Forest Science, School of Agriculture, Utsunomiya University,

350 Mine-machi, Utsunomiya, Tochigi 321-8505, Japan

³ 元栃木県庁林務観光部

Former Forestry and Tourism Department, Tochigi Prefectural Government

要 旨

館脇ら (1966) は、1958 年から 1964 年にかけて奥日光の 73 箇所の様々なタイプの森林植生の調査を行い、詳細な記録を残した。1990 年代より奥日光ではシカが増加し、森林植生に大きな影響を与えているが、シカが増加する以前のデータはほとんどないため、館脇ら (1966) の記録は貴重である。本研究では約 50 年前に館脇ら (1966) が植生調査を行った地点と同一の地点を探索・再調査し、両者を比較することで約 50 年間の森林植生の変化とその要因の解明を行うことを目的とした。館脇ら (1966) の調査林分のうち 35 林分を探索した結果、14 林分において館脇ら (1966) と完全に同一の調査地点を発見できた。そこに同一の調査区を復元し、毎木調査と植生調査を行った。その結果、12 林分では林冠層を構成する樹種の著しい変化はみられなかった。一方、志津のコメツガ・ダケカンバ林および三岳のトウヒ林の 2 林分においては、林冠の著しい疎開や林冠層の樹種組成の大きな変化がみられ、成長錐解析や過去の災害記録から 1970 年代に起きた伐採や台風起因すると推察された。林床植生は、刈込湖のオオバヤナギ林、丸山のミズナラ林および千手ヶ原のハルニレ林において優占種がササ型からシロヨメナ型に大きく変化していた。一方、2001 年に設置されたシカ柵内にある 5 林分では林床植生に大きな変化はみられなかった。これらのことから、奥日光の 50 年間に於いては稀に大きな攪乱による林冠の疎開や林冠層の樹種組成の大きな変化があるものの、シカの採食が林床植生に大きな影響を与えていることが明らかとなった。

キーワード：林冠層、シカ、館脇ら (1966)、樹種組成、林床植生

ABSTRACT

Tatewaki *et al.* (1966) previously reported detailed data about past forest vegetation, collected from 73 sites of various types of forests between 1958 and 1964 in the mountainous region of Nikko. Since the 1990s, the sika deer population has substantially increased in this region. This increase is thought to impact forest vegetation; however, as few studies were conducted before sika deer population in this region increased, their impact on forest vegetation has never been adequately examined. In this respect, the data of Tatewaki *et al.* (1966) is particularly valuable—it was collected before the sika deer population increased. Therefore, we located 14 of the previously surveyed points and resurveyed the forest vegetation there. Then, we compared past and present forest vegetation data to reveal forest dynamics and to assess the impact of sika deer on vegetation over the last 50 years. We collected species identity data of the trees and understory vegetation at each survey point. Ordination analyses using past and present vegetation data revealed that tree species composition of the canopy layer did not change significantly in 12 forests, but in two forests where considerable changes occurred owing to forest logging and a possible typhoon occurred in the 1970s, estimated from tree-ring cores and past disaster record. Understory vegetation species composition and abundance was unchanged in forests within the deer fence, installed in 2001. However, outside the deer fence, the composition changed substantially owing to an increase in plants unpalatable to sika deer and with the disappearance of *Sasa* species in these forests. Thus, canopy layer destruction and change in tree species composition owing to strong disturbance is episodic; however, sika deer browsing strongly impacted forest understory vegetation over the last 50 years in this region.

Key words: canopy layer, sika deer, Tatewaki *et al.* (1966), tree species composition, understory vegetation

1. はじめに

栃木県日光市の中禅寺湖の北岸 (1270m) から男体山 (2484m) および女峰山 (2463m)、太郎山 (2367m)、日光白根山 (2577m) などの諸山および戦場ヶ原や西ノ湖を含む一帯を「奥日光」という。奥日光の植物相や森林植生について、古くは Mayr (1890)、村松 (1894)、Sargent (1894)、Miyoshi (1899)、矢部 (1903) および Wilson (1916) の記録がある。その後、薄井 (1955, 1958)、館脇ら (1966)、および長谷川 (1982, 2008) により奥日光地域における森林植生の詳細な記録がなされた。このうち、館脇ら (1966) は 1958 年から 1964 年にかけて奥日光の 73 箇所の森林植生を調査し、詳細な植生断面図、樹冠投影図および毎木調査記録を残している。

奥日光の森林植生については、以上のように数々の研究がなされてきた。その一方で、奥日光の森林群落の経時的変化、すなわち森林動態を扱った研究は少ない。佐藤・谷本 (2003) や石田ら (2013) によると、奥日光の森林では台風や山火事など様々な攪乱が起こっており、それらが林分構造や森林動態に影響を与えていると推察される。しかし、いずれの研究も数少ない林分調査の結果から推定したものであり、同一林分の追跡による長期的な変化を多点で観測した例は奥日光ではない。

近年、日本各地でニホンジカ (以下、シカと呼ぶ) の増加が森林植生を大きく改変し、森林生態系を構成する動植物に影響を与えている (小金澤・佐竹 1996)。奥日光では、1990 年代よりシカの個体数が増加しており、生息密度は 11.5 ~ 37.4 頭 / km² とされる (小金澤・佐竹 1996)。その増加要因として、地球温暖化に伴う暖冬に起因する積雪深の減少による死亡率の低下や、シカの越冬が可能になったことが指摘されている (小金澤 2015)。そして、密度の増加に伴って、樹幹がシカに剥皮され、枯死する樹木が確認されるなど、森林植生へのシカの影響が顕在化してきた (神崎ら 1998; 佐藤・谷本 2003; 長谷川 2008)。さらに、林床植生はシカの嗜好性の強い植物の消失と不嗜好性の増加が顕著にみられるようになった (小金澤・佐竹 1996; 小林・濱道 2001; 長谷川 2008)。これに対し、栃木県は 1994 年よりシカ保護管理計画を策定し、狩猟や有害駆除による個体数調整の推進を始めた (栃木県 2017)。その結果、2015 年の奥日光におけるシカの平均生息密度は 4.9 頭 / km² と減少した (栃木県 2017)。また、環境省は、2001 年に戦場ヶ原の湿原を中心に、周辺の森林植生等を一体的に保全するためのシカ侵入防止柵 (以下、シカ柵と呼ぶ) を設置した (環境省 2015)。しかし、シカ柵外においては、シカによる採食影響は未だ進行しており (栃木県 2017)、シカの採食により生じた林床植生の衰退は、鳥類 (奥田ら 2012, 2013)、昆虫類 (長谷川 2008; 奥田ら 2014)、土壤動物類 (関・小金澤 2010; 敦見ら 2015) に対して、間接的に負の影響を与えている。このような中で、シカの影響を加味した森林植生の長期的変化を捉えることは、奥日光における森林植生の保全・保護を行う上で重要と考えられる。しかし、山岳地域におけるシカによる森林

植生の変化を、シカの増加の前後で比較した研究は少ない。とりわけ、シカの増加前のデータが乏しいのが現状である。この点で、シカの増加前に奥日光の森林植生を調べた館脇ら (1966) の詳細な植生調査記録は貴重である。そこで、本研究では、約 50 年前に館脇ら (1966) が森林植生の調査を行った林分と同一の林分を探索し、そこで再調査を行い、両者を 2001 年に設置されたシカ柵の内外と合わせて比較することで、奥日光における 50 年間の攪乱に伴う森林動態と森林植生に与えるシカの影響を解明することを目的とした。

2. 調査地と方法

2.1 調査地

本研究の野外調査は、栃木県日光市の奥日光国有林 (林野庁日光森林管理署管轄)、光徳園地 (環境省日光自然環境事務所管轄) および男体山 (日光二荒山神社境内林) で行った (図-1)。奥日光地域は山地帯上部から亜高山帯を経て高山帯に至る幅広い森林が広がっている。奥日光の地質は、第三紀地質の男体山および第四紀地質である日光白根山と三岳の火山噴出物からなる (薄井 1958)。最寄りの日光市中宮祠の日光特別地域気象観測所 (気象庁 2015、統計期間 1981 ~ 2010) における過去 30 年間の年平均気温は 6.9°C、年平均降水量は 2176.3 mm、平均最大積雪深は 45 cm である。また、奥日光地域は、日本海型気候と太平洋型気候の移行帯となっている。

2.2 調査林分の探索と概況

本研究では、館脇ら (1966) の記録した植生断面図および樹冠投影図を基に、特徴的な樹種、樹形 (樹幹の曲りなど) および樹木位置をもつ 35 林分を選出して探索を行った (図-1)。この際、館脇ら (1966) の共著者の 1 人で、本論文の著者である横溝康志の所有する当時の資料や記憶を参考にした。その結果、14 林分 (A ~ N; 図-1; 附図) において館脇ら (1966) の調査地点と完全に同一の地点を発見できた。本研究の探索によって発見できた林分の概要を表-1 に示した。なお、調査林分名については館脇ら (1966) に準拠した。館脇ら (1966) の調査からの経過年は 51 ~ 58 年で、いずれも 50 年以上経ている。

A 志津コメツガ (*Tsuga diversifolia*)・ダケカンバ (*Betula ermanii*) 林

二荒山神社境内林である男体山の北斜面、志津小屋から南西約 300 m の登山道 2 合目付近にある、コメツガとダケカンバを主体とした亜高山帯の針広混交林分である。シカ柵外に位置する。

B 三岳トウヒ (*Picea jezoensis* var. *hondoensis*) 林

奥日光国有林 1095 林班い小班の湯元と光徳を結ぶ旧歩道 (廃道) が三岳南側の鞍部を越える地点にあるトウヒの優占林であったところである。シカ柵外に位置する。

C 刈込湖オオバヤナギ (*Salix cardiophylla* var. *urbaniana*) 林

奥日光国有林 1097 林班い小班の刈込湖北岸の沖積土上に成立するオオバヤナギ林であり、純林は奥日光でも少ない (館脇ら 1966)。シカ柵外に位置する。

D 光徳ミズナラ (*Quercus crispula*) 林

光徳園地にあり、過去に択伐を受けたミズナラの二次林である(館脇ら 1966)。シカ柵外に位置する。

E 西ノ湖ブナ (*Fagus crenata*) 林

奥日光国有林 1001 林班い小班の西ノ湖の南岸近くにみられるブナ林である。シカ柵外に位置し、ブナ林周辺のウラジロモミ、カエデ類、シウリザクラ(*Padus ssiiori*)には防鹿ネットが巻かれている。

F 野州原ダケカンバ林

奥日光国有林 1130 林班ろ小班の志津越から野州原林道を東に約 1.3 km のダケカンバ林中にある。シカ柵外に位置する。

G 中山ヒメコマツ (*Pinus parviflora* var. *parviflora*) 林

奥日光国有林 1001 林班い小班の西ノ湖南東にある

中山(1529 m)の尾根上にみられる。日本のゴヨウマツ(広義:*Pinus parviflora*)には、南方系のヒメコマツ(*Pinus parviflora* var. *parviflora*)と北方系のキタゴヨウ(*Pinus parviflora* var. *pentaphylla*)がある(Yamazaki 1995)。中部日本では低標高域にヒメコマツが、高標高域にキタゴヨウが分布する。前者は球果が小型で種子翼は種子長より短く質が薄い。一方、後者は球果が大型で種子翼は種子長より長く質が堅い(林 1969)。林(1954)に示された奥日光のキタゴヨウの分布標高から判断すると、館脇ら(1966)にある“ヒメコマツ”はキタゴヨウである可能性が高い。しかし、球果形態の調査が不十分であること、また、館脇らの別の文献(館脇ら 1964)では、両者を別分類群として認識していることから、本論中では館脇ら(1966)

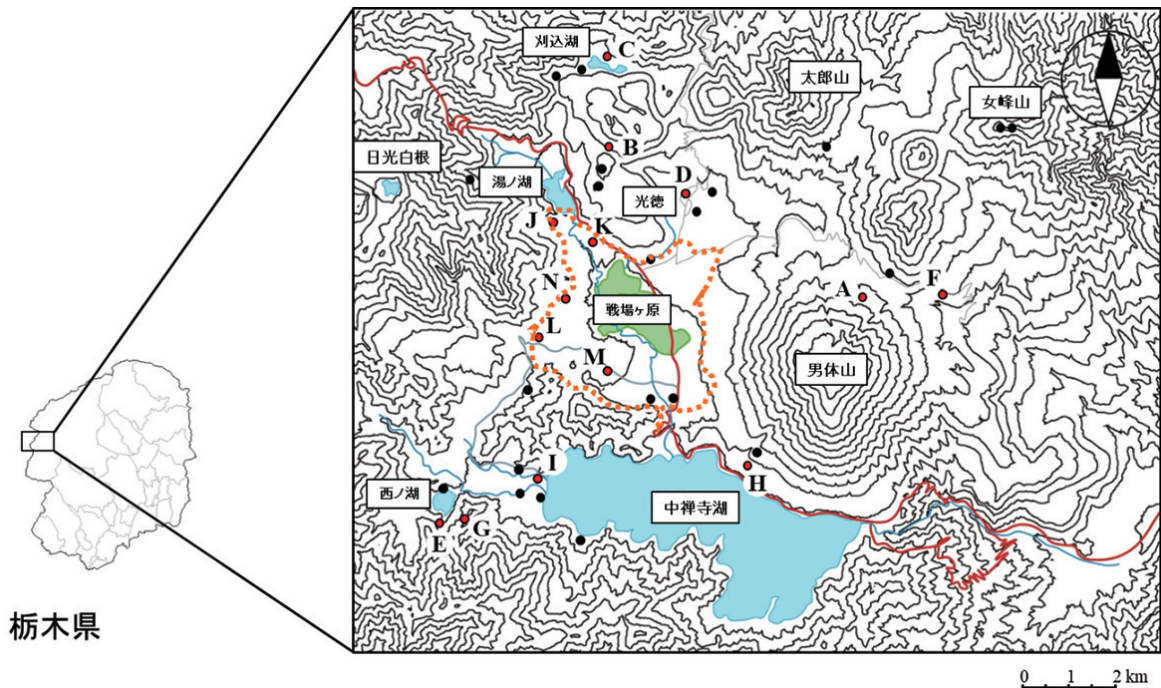


図-1 奥日光における館脇ら(1966)の調査林分のうち本研究で探査した林分(丸印)と調査した林分(赤丸印)の位置
黒丸印は探査したが発見できなかった林分、オレンジの点線は環境省が2001年に設置したシカ柵を示す。

表-1 調査林分の概要

調査林分	館脇ら(1966)調査年	本調査年	経過年	標高(m)	位置		帯状区面積(m ² ×m)	小区面数(面積m ² ×m)	傾斜(°)	方位	林床型	シカ柵内外
					緯度(N)	経度(E)						
A 志津コメツガ・ダケカンバ林	1964	2017	53	1830	36°46'51.31"	139°29'50.56"	30×5	6(5×5)	18	SW	コケ	
B 三岳トウヒ林	1964	2015	51	1680	36°48'26.25"	139°26'15.66"	25×10	5(5×10)	0	NW	ササ	
C 刈込湖オオバヤナギ林	1958	2015	57	1620	36°49'31.31"	139°26'02.68"	35×5	7(5×5)	0	ENE	草本(シロヨメナ)	
D 光徳ミズナラ林	1963	2016	53	1450	36°47'54.07"	139°27'13.51"	50×5	10(5×5)	3	NW	ササ	
E 西ノ湖ブナ林	1959	2016	57	1360	36°44'21.85"	139°23'47.89"	50×5	10(5×5)	30	SW	なし	外
F 野州原ダケカンバ林	1963	2017	54	1740	36°47'00.70"	139°30'48.20"	35×5	7(5×5)	22-28	NW	ササ	
G 中山ヒメコマツ林	1958	2015	57	1500	36°44'25.41"	139°24'12.32"	21×5	4(5×5)	0-25	ENE	シャクナゲ	
H 丸山ミズナラ林	1963	2017	54	1350	36°44'59.40"	139°27'57.45"	55×5	11(5×5)	4	WNW	草本(シロヨメナ)	
I 千手ヶ原ハルニレ林	1959	2017	58	1275	36°44'52.29"	139°25'10.37"	50×5	10(5×5)	0	NE	草本(シロヨメナ)	
J 湯ノ湖ブナ林	1959	2015	56	1520	36°47'46.35"	139°25'26.50"	40×5.5	8(5×5)	30	N	ササ	
K 湯滝平ウラジロモミ林	1963	2015	52	1405	36°47'35.53"	139°25'46.84"	50×5	10(5×5)	3	NE	ササ	
L 小田代ミズナラ林	1963	2016	53	1410	36°46'22.34"	139°25'16.52"	65×10	13(5×5)	4	SE	ササ	内
M 幕張峠ミズナラ林	1963	2016	53	1400	36°46'04.76"	139°26'12.73"	55×10	11(5×5)	0	NW	ササ	
N 泉門池ミズナラ林	1959	2016	57	1400	36°46'59.49"	139°35'57.18"	40×5	8(5×5)	0	SSE	ササ	

に従い“ヒメコマツ”として扱った。シカ柵外に位置する。

H 丸山ミズナラ林

奥日光国有林 1106 林班は小班の中禅寺湖北岸の古雑木に位置する。シカ柵外に位置する。

I 千手ヶ原ハルニレ (*Ulmus davidiana* var. *japonica*) 林

奥日光国有林 1112 林班は小班の外山沢川と柳沢川に挟まれた、千手ヶ原の東端近くに位置する。シカ柵外に位置する。

J 湯ノ湖ブナ林

奥日光国有林 1063 林班は小班の湯ノ湖南西岸に近く、外山から東に走る尾根の末端付近にある。シカ柵内に位置する。

K 湯滝平ウラジロモミ林

奥日光国有林 1074 林班は小班の湯滝南側の湯滝平にある小群状のウラジロモミ林である。シカ柵内に位置するが、ウラジロモミにはシカによる樹幹剥皮を防ぐための防鹿ネットが巻かれている。ここでは、館脇ら (1966) の带状区の中央部に 50 年前から存在していたと考えられるミズナラの大径木が現在みられるが、館脇ら (1966) の樹冠投影図にはなかった。そのため、当該のミズナラを除くように中央部で屈折した带状区を設置した。

L 小田代ミズナラ林

奥日光国有林 1054 林班は小班の小田代原の南西端に位置しており、調査区をシカ柵が分断している。

M 幕張峠ミズナラ林

奥日光国有林 1048 林班は小班の日光市道 1002 号線ゲートから約 1.3 km 西のカラマツ (*Larix kaempferi*) が混生するミズナラ林である。シカ柵内に位置する。

N 泉門池ミズナラ林

奥日光国有林 1062 林班は小班の泉門池から南方約 300 m、戦場ヶ原と小田代へ続く遊歩道の分岐地点にある。シカ柵内に位置する。

2.3 調査方法

2.3.1 带状区作成

発見した 14 箇所の林分において、レーザーコンパス TruPulse 360° (LASER TECHNOLOGY 社製) を用いて測量し、生存木の配置が館脇ら (1966) のものと一致するように带状区を設置した。さらに、館脇ら (1966) と同様に、带状区を 5 m×5 m の小区画 (一部は 5 m×5.5 m および 5 m×10 m) に分割した (表-1)。なお、いくつかのプロットではコンパス測量の結果得られた带状区のサイズが館脇ら (1966) のサイズと数メートルの範囲で一致しないことがあった。当時、館脇ら (1966) の調査はクリノメーターと巻尺を用いて行われた (横溝康志の記憶による) ことから、これらの不一致は使用測量器具の違いによる誤差と判断して、带状区のサイズを数メートルずらすなどして対応した。

2.3.2 植生調査

胸高位置 (高さ 1.3 m) 以下の林床植生について、館脇ら (1966) の方法に準拠して、带状区の一方向の末端 (0 起点) から 5 m の距離 (0 ~ 5 m, 5 ~ 10 m など)

ごとに設置された小区画において全維管束植物の出現種および被度を記録した。被度は Braun-Blanquet の優占度階級を用い、6 段階 (+、1、2、3、4 および 5) で判定した。本稿に記載する植物和名および学名は 邑田・米倉 (2012) または植物和名-学名インデックス YList (<http://ylist.info/>) に準拠した。なお、一部の林分の林床のササを、館脇ら (1966) はニッコウザサ (*Sasa chartacea* var. *nana*) と同定しているが、本調査では小林・濱道 (2001) や最近の奥日光地域での調査報告に基づいて、ミヤコザサ (*S. nipponica*) あるいはクマイザサ (*S. senanensis*) と同定した。また、館脇ら (1966) では、志津コメツガ・ダケカンバ林、三ツ岳トウヒ林、湯滝平ウラジロモミ林の林床植生として藓類も調べているが、本調査では調査対象から除いた。

2.3.3 毎木調査、植生断面図および樹冠投影図の作成

带状区内の胸高直径 (以下、DBH と呼ぶ) が 5 cm 以上の全幹を対象として毎木調査を行った。なお、館脇ら (1966) は、一部の林分 (湯滝平のウラジロモミ林など) で胸高直径 0 cm 以上の幹を測定対象としているが、本論では、5 cm 以上に統一して行った。また、各幹の樹高を超音波デジタル測高計 Vertex III (Haglof 社、Sweden) で計測した。なお、同じ株内で枝分かれた幹については、同株で根元から 1.3 m 以下で分枝したものは、それぞれ別の幹として測定を行った。各幹にシカ食痕がある場合は記録した。また、带状区において、館脇ら (1966) と同様に、植生断面図および樹冠投影図を作成した。樹冠投影図は、レーザーコンパスの測量で得た樹木位置図と各幹の樹冠の 4 方向の位置座標を測量ポールで計測したデータを基に作成した。なお、館脇ら (1966) において明らかに同定ミスがあったと考えられるもの (中山ヒメコマツ林のコメツガ 1 幹) については、館脇ら (1966) のデータを修正した。

なお、館脇ら (1966) は志津のコメツガ・ダケカンバ林の带状区に限って稚樹調査を行っているため、本調査においても DBH10 cm 未満のものを稚樹と定義して、小区画 (5 m×5 m) ごとに樹高を計測し、稚樹本数分布表を作成した。

2.3.4 成長錐コアを用いた攪乱年の推定

館脇ら (1966) の調査以降に生じた倒木や消失木の多かった林分においては、その攪乱年を調べるため、成長錐 (Haglof 社製、Sweden) を用いてコアを採取した。コアはできるだけ地際に近い高さ (0.1 ~ 0.3 m) で採取した。サンプルは実験室に持ち帰り、木工用ボンドで木片に固定し、乾燥させた。その後、年輪幅について実体顕微鏡 SZX10 (OLYMPUS 社製) および年輪測定器 (Mitsutoyo AT111) を用いて年輪幅を読みとり、肥大成長を累積半径によって評価した。成長錐コアの解析の際に、採取したコアサンプルが幹の中心から大きくずれていた場合には、澤田ら (1995) の手法を基に樹齢の簡易補正を行った。樹齢は、調査年 (2015 ~ 2017; 表-1) 時点のもので示した。

2.4 解析方法

2.4.1 樹種組成表および林床植生一覧表

館脇ら (1966) には、各林分の DBH の生データの表示はなく、2 cm 括約の胸高直径階表が示されているだけである。各階級の各幹がその胸高直径階の最小値を取るものと仮定して (例えば、10 ~ 12 cm の胸高直径階に 3 幹あった場合、これらの 3 幹の DBH がすべて 10 cm と仮定する)、当該林分における各樹種の胸高断面積 (BA) 合計 (m²/ha) を求め、その値を基に相対胸高断面積合計 (RBA; %) を求めた。本論文の毎木調査データについても、測定生データからではなく、上と同様の方法で BA 合計と RBA を求めた。また、帯状区において、本調査時点で枯死している幹や倒木のほか、切株や枯死株が残っているだけであっても館脇ら (1966) の樹木位置図と照合することで樹種名が確定できた場合は、“枯死”として集計した (これ以外を“消失”と呼ぶ)。また、枯死木や倒木で胸高位置あるいはその付近で直径を測定できるものについては、できるだけ測定した。

林床植生については、出現種ごとの常在度 (F) と平均百分率 (%) を用いて種の平均優占度を算出し、総合優占度 (C.V.) を以下の式で求めた。

総合優占度 = 種の平均優占度 × 100 / 植生調査の区画数

この時、平均百分率は被度 (+、1、2、3、4 および 5) を、0.1、5.0、17.5、37.5、62.5 および 87.5 (%) に置き換えた。

館脇ら (1966) から本研究までの 50 年間にみられるシカ柵内外の林分の種組成の変化および林床植生の総合優占度の変化については、各調査林分間の Bray-Curtis の非類似度を基にした序列化分析 (PCO および DCA) を用いて評価した。主座標分析 (PCO) は、線形的な種の反応を仮定した序列化法であり、除歪対応分析 (DCA) の第 1 軸の gradient length 値が小さく (4 以下)、ゼロ項を多く含むデータを解析する際により有効な方法である (Ter Braak and Prentice 1988; 小林 1955)。DCA の第 1 軸の gradient length に応じて本研究の林分の種組成 (RBA) では PCO (gradient length = 1.00) を、林床植生の総合優占度では DCA (gradient length = 12.19) を用いた。なお、DCA および非類似度の算出には R の vegan パッケージ (Oksanen et al. 2017) 中の decorana 関数および vegdist 関数を用いた。PCO には labdsv パッケージ (Roberts 2017) 中の pco 関数を用いた。また、林床植生の総合優占度の解析では、葉裏に軟毛が密生する点でよく類似し、館脇ら (1966) と同定上の不一致があると予想されたミヤコザサ、ニッコウザサ、クマイザサおよびこれらの推定種間雑種は総合優占度を合計して 1 種として解析した。また、館脇ら (1966) にある蘚類については解析から除いた。

2.4.2 シカの嗜好性植物および被食耐性植物の評価

林床植生データから、既存文献 (小金澤・佐竹 1996; 村上 2007; 長谷川 2008; 田村 2009; 神奈川県自然環境保護センター 2016) において、①シカの不

嗜好性植物と判断されている植物、②シカの採食に耐性をもつとされている植物、③シカの採食に不適合とされる小型の植物、④刺などの物理的防御により採食を免れている植物を抽出し、各林分におけるシカの嗜好性植物および被食耐性植物の量を評価した。

3. 結果

3.1 林分構造および林床植生の変化

A 志津コメツガ・ダケカンバ林

1964 年には DBH 約 25 ~ 50 cm、樹高 12 ~ 18 m のコメツガ・ダケカンバが林冠層を構成する林分であったが、約 50 年の間にコメツガは伐採によって枯死 (切り株 7、枯死株 4、倒木 1) したと考えられ、2017 年には DBH 約 40 cm、樹高 13 ~ 17 m のダケカンバ 2 幹のみが林冠層に残る林分に大きく変化していた (図-2; 表-2)。林分全体の BA も半分以下に減少していた。2017 年時点では、樹高 10 m 程度のコメツガ、シラビソ (*Abies veitchii*) およびオオシラビソ (*A. mariesii*) が新規加入して亜高木層を形成するとともに、DBH10 cm 未満の 3 ~ 7 m のコメツガ稚樹が密生していた (表-3)。2017 年の林床植生は 1964 年から大きく減少し、コメツガの稚樹の優占からシノブカグマ (*Arachnioides mutica*) の優占に変わっていた (表-4)。シカの剥皮痕は、特に DBH10 cm 前後のシラビソやオオシラビソ稚樹が目立った。林分には、剥皮の影響で立枯れしている幹もみられた。

B 三岳トウヒ林

1964 年には DBH62 ~ 86 cm、樹高 18 ~ 34 m のトウヒが林冠層で優占する林分であったが、2015 年には、DBH75 cm、樹高 32 m のトウヒ 1 幹および DBH45 cm のコメツガ 1 幹が生残するのみで、それ以外のトウヒ 8 幹とカラマツ 1 幹はこの約 50 年の間に根返っていた (図-3、表-5)。そして、オガラバナ (*Acer ukurunduense*)、ナナカマド (*Sorbus commixta*) およびニシキウツギ (*Weigela decora*) が根返りマウンド上で更新し、15 m 以下の亜高木層から低木層を構成しており、林冠層は 9 ~ 14 m と低かった。優占種はこの約 50 年の間にトウヒからオガラバナに変化していた (表-5)。シカの食痕は、ニシキウツギ以外のほぼ全樹種の樹幹で確認された。2015 年の林床植生は 1964 年と同様ササ型林床で変わりはないが、2015 年にはミヤマタニタデ (*Circaea alpina*) やヤマミズ (*Pilea japonica*) などの総合優占度が大きかった (表-6)。

C 刈込湖オオバヤナギ林

1958 年と 2015 年で林冠層の優占種に大きな変化はなく、樹高 20 ~ 28 m のオオバヤナギが優占していた。オオバヤナギの DBH は 1958 年には 28 ~ 48 cm であったが、2015 年には 38 ~ 76 cm と成長しており、BA も増加していた (図-4; 表-7)。一方、この約 50 年の間にオオバヤナギ 6 幹が枯死したためにギャップが形成され、サワグルミ (*Pterocarya rhoifolia*) の BA が大きく増加していた。シカの剥皮痕はサワグルミ、シウリザクラの合計 3 幹で確認され、そのうちのサワグルミ 1 幹は枯死していた。林床植生は、1958 年にはササ林床であったが、2015 年にはササは

ほぼ完全に消失し、シロヨメナ (*Aster ageratoides* var. *ageratoides*) 優占の林床に変わっていた (表-8)。

D 光徳ミズナラ林

1963 年と 2016 年で林冠層の優占種に大きな変化はなく、樹高 20 ~ 30 m のミズナラが林冠層を構成するとともに、10 ~ 20 m の亜高木層にもミズナラが優占する林分であった。1963 年には DBH40 cm 前後のミズナラが多かったが、2016 年には DBH46 ~ 48 と 80 cm 前後の幹が比較的多かった。この約 50 年の間に带状区の一部に光徳園地ができたことにより、一部のミズナラが枯死ないし消失していたが、ミズナラの BA には大きな変化はみられなかった (図-5; 表-9)。シカの食痕はみられなかった。2016 年の林床植生には大きな変化はみられず、ミヤコザサが優占していた (表-10)。

E 西ノ湖ブナ林

1959 年と 2016 年で林冠層の優占種に大きな変化はなく、樹高 20 m 以上のブナが優占していた。この約 50 年の間に带状区斜面最下部の DBH100 cm クラスのブナ 1 幹と斜面中部の DBH50 cm クラスのブナ 1 幹が倒木したことにより林冠層の BA が減少していた。また、この倒木によって大きなギャップが形成され、樹高 10 m 以下のハウチワカエデ (*Acer japonicum*) が新規加入し、亜高木層を構成していた (図-6; 表-11)。本带状区内ではシカの食痕はみられなかったが、区画外に生育するウラジロモミやカエデ類、シウリザクラの樹幹にシカによる剥皮痕がみられた。林床植生は 1959 年にはササ林床であったが、2016 年にはササはほぼ完全に消失し、ほぼ裸地化していた (表-12)。

F 野州原ダケカンバ林

1963 年および 2017 年で林冠層の優占種に大きな変化はなく、ダケカンバが優占していた。1963 年にはダケカンバは DBH40 cm 未満、樹高 14 m 以下であったが、2017 年には DBH40 ~ 52 cm、樹高 13 ~ 21 m になっていた。また、この約 50 年の間に 3 幹が枯死ないし消失したものの、BA は増加していた (図-7; 表-13)。シカの食痕はみられなかった。2017 年の林床植生は 1963 年と同様にミヤコザサ林床で変化はみられなかった (表-14)。

G 中山ヒメコマツ林

1958 年と 2015 年で林冠層の優占種に大きな変化はなく、樹高 20 ~ 25 m、DBH46 ~ 76 cm のヒメコマツが優占する林分であった (図-8; 表-15)。館脇ら (1966) の調査では 5 幹のヒメコマツが記録されていたが、今回の調査によりそのうちの 1 幹はコメツガ (すでに枯死していたが樹皮で同定) であった。1958 年と比べ、2015 年にはタカノツメ (*Gamblea innovans*)、コミネカエデ (*Acer micranthum*)、ホンシャクナゲ (*Rhododendron japonoheptamerum* var. *hondoense*)、ナナカマドといった樹高 10 m 以下の亜高木から低木層の構成種の増加がみられた。この約 50 年の間に林分全体の BA も増加していた。シカの剥皮痕はコメツガ 1 幹でみられた。2015 年の林床植生は、1958 年と同様にホンシャクナゲが優占しており、大きな変化はみられなかった (表-16)。

H 丸山ミズナラ林

1963 年と 2017 年で林冠層の優占種に大きな変化はなく、樹高 22 ~ 28 m、DBH70 ~ 152 cm のミズナラが優占する林分であった。1963 年において低木層から亜高木層の発達は悪く、2017 年においてもこれらの層を欠いていた (図-9; 表-17)。また、この約 50 年の間に大径のミズナラ 1 幹が伐採され、もう 1 幹は倒木枯死したことにより、BA は減少していた。带状区内のミズナラにはシカによる食痕はみられなかったが、带状区周辺のカエデ類の樹幹や草本層にシカの採食痕が顕著にみられた。林床植生は、1963 年にはスズタケが優占していたが、2017 年にはほとんど消失し、シロヨメナが優占していた (表-18)。

I 千手ヶ原ハルニレ林

1959 年と 2017 年で林冠層の優占種に大きな変化はなく、DBH50 ~ 110 cm の大径のハルニレが優占する林分で、低木層から亜高木層を欠いていた (図-10; 表-19)。1959 年の樹高は 20 m 以下であったが、2017 年には 25 ~ 30 m に成長していた。また、この約 50 年の間にハルニレ 1 幹が消失したものの、BA はやや増加していた。带状区のハルニレにはすべて防鹿ネットが巻かれていたが、樹幹に剥皮痕が残っているハルニレ 2 幹がみられた。2017 年の林床植生は、1959 年に優占していたクマイザサが完全に消失し、シロヨメナやエナシヒゴクサ (*Carex aphanolepis*) が優占していた (表-20)。

J 湯ノ湖ブナ林

1959 年と 2015 年で林冠層の優占種に大きな変化はなく、樹高 15 ~ 26 m のブナが林冠層で優占する林分であった (図-11; 表-21)。ブナの DBH は 1959 年には 40 ~ 60 cm クラスであったものが、2015 年には 50 ~ 70 cm クラスに増加していた。この約 50 年の間に带状区下部のブナが幹折れ枯死ないし消失することでギャップが生じ、コミネカエデやコハウチワカエデ (*Acer sieboldianum*) などのカエデ類が新規加入し、樹高 15 m 以下の亜高木層を形成していた。シカの剥皮痕は、コミネカエデ 6 幹およびコハウチワカエデ 2 幹でみられた。林床植生は 1959 年と 2015 年で変化はみられず、クマイザサが優占していた (表-22)。

K 湯滝平ウラジロモミ林

1963 年と 2015 年で林冠層の優占種に変化はみられず、樹高 25 m 以上のウラジロモミが優占する林分であった。ウラジロモミは 1963 年には DBH が 52 ~ 114 cm であったが、2015 年には 74 ~ 130 cm に成長していた。また、この約 50 年の間に 2 幹が枯死したものの、BA は増加していた (図-12; 表-23)。1963 年に樹高 5 m 以下の低木層にみられたハウチワカエデが成長し、亜高木層を形成していた。ウラジロモミの幹に防鹿ネットが巻かれていたが、2 幹でシカの剥皮痕が確認された。林床植生はミヤコザサが優占しており、1963 年と 2015 年で変化はみられなかった (表-24)。

L 小田代ミズナラ林

1963 年と 2016 年で林冠層の優占種に大きな変化はなく、樹高 25 m 前後のミズナラが林冠層を構成する

林分であった。1963年にはDBH44 cm以上、樹高18 m以上のミズナラがほとんどであったが、2016年にはDBHが20 cm以下で、樹高10 m以下のミズナラの新規加入がみられた。この約50年の間にミズナラ4幹が枯死したことにより、BAは減少していた。亜高木層から低木層にシラカンバ (*Betula platyphylla* var. *japonica*) とズミ (*Malus toringo*) が新規加入していた(図-13; 表-25)。带状区ではシカによる食痕はみられなかった。林床植生は1963年と2016ともにササ型林床で変化はみられなかった(表-26)。

M 幕張峠ミズナラ林

1963年と2016年で林冠層の優占種に大きな変化はなく、樹高20~26 mのDBH70~110 cmクラスのミズナラが林冠を構成する林分であった(図-14; 表-27)。この約50年の間に、1963年にはみられなかったDBH25 cm以下のミズナラの新規加入がみられ、全階層でミズナラが優占していた。亜高木層にシウリザクラおよびシラカンバの新規加入がみられ

たが、本数は少なかった。また、この約50年の間にミズナラ3幹が枯死したことにより、林分全体のBAは減少していた。本带状区では、シカによる食痕はみられなかった。林床植生は1963年にはニッコウシダ (*Thelypteris nipponica*) が優占していたが、2016年にはミヤコザサ・ニッコウシダが優占していた(表-28)。

N 泉門池ミズナラ林

1959年と2016年で林冠層の優占種に大きな変化はなく、樹高15~28 mのDBH60~90 cmクラスのミズナラが優占していた(図-15; 表-29)。この約50年の間にミズナラ1幹が枯死したものの、ミズナラのBAは増加していた。樹高5~10 mの亜高木層にはミヤマザクラ (*Cerasus maximowiczii*) とサワフタギ (*Symplocos sawafutagi*) の新規加入がみられた。シカによる剥皮痕は、ミヤマザクラ1幹で確認された。林床植生は、1959年と2016年で大きな変化はなく、ミヤコザサとニッコウシダが優占していた(表-30)。

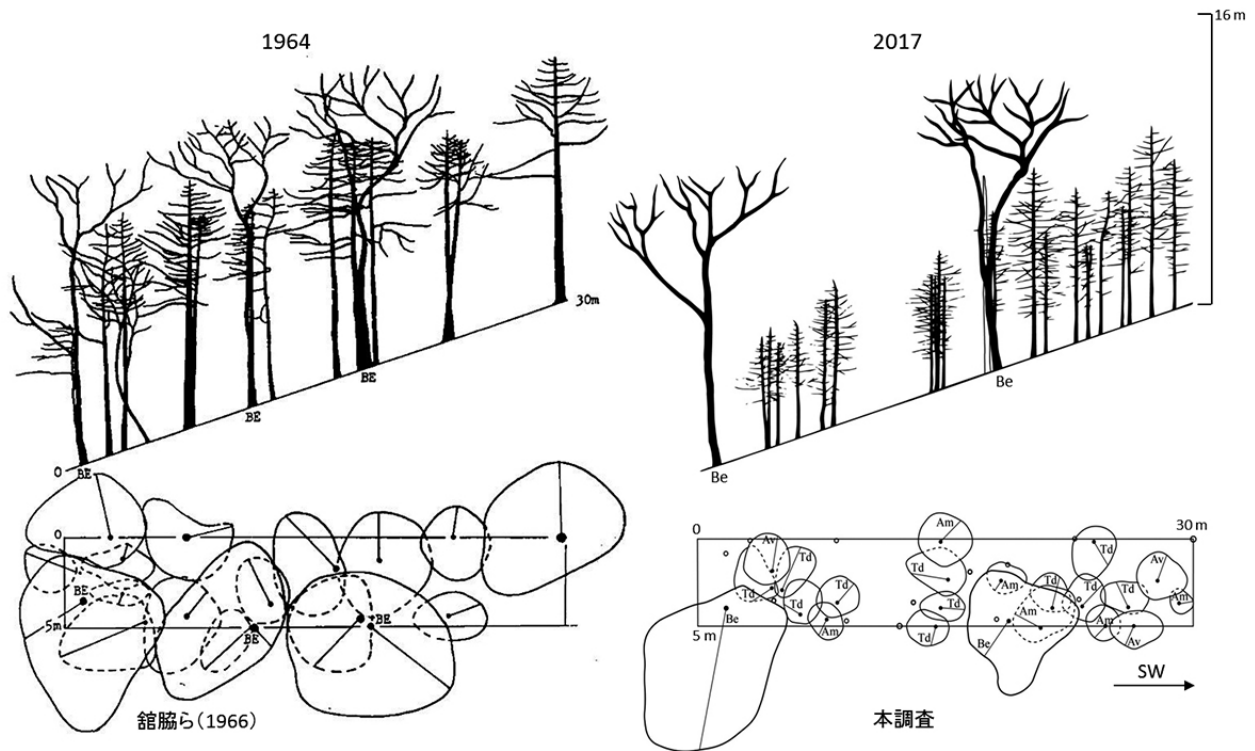


図-2 志津コメツガ・ダケカンバ林の帯状区における植生断面図および樹冠投影図の変化
Am, シラビソ; Av, オオシラビソ; Be (BE), ダケカンバ; Td, コメツガ

表-2 志津コメツガ・ダケカンバ林の帯状区の胸高直径階および樹高階分布の変化

年	種	胸高直径階	10	12	14	16	18	24	26	28	30	34	40	42	44	46	50	合計	BA (m ² /ha)	RBA (%)
			12	14	16	18	20	26	28	30	32	36	42	44	46	48	52			
1964	コメツガ	<i>Tsuga diversifolia</i>	.	.	.	2	.	2	4	1	2	1	1	.	.	2	.	15	73.0	71.2
	ダケカンバ	<i>Betula ermanii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	1	.	3	29.6	28.8
	合計		.	.	.	2	.	2	4	1	2	1	2	.	1	3	.	18	102.6	100
2017	ダケカンバ	<i>Betula ermanii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	2	22.3	55.9
	コメツガ	<i>Tsuga diversifolia</i>	7	2	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	11	9.7	24.4
	オオシラビソ	<i>Abies mariesii</i>	1	1	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	4.0	10.0
	シラビソ	<i>Abies veitchii</i>	2	2	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	3.9	9.7
	合計		10	5	2	1	1	.	1	.	.	.	.	1	.	.	1	22	40.0	100
	枯死																			
	コメツガ	<i>Tsuga diversifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	11	-	-
	ダケカンバ	<i>Betula ermanii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	-	-
年	種	樹高階	6	7	8	9	10	12	13	14	16	17	合計							
			7	8	9	10	11	13	14	15	17	18								
1964	コメツガ	<i>Tsuga diversifolia</i>	.	1	.	1	1	5	4	3	.	.	15							
	ダケカンバ	<i>Betula ermanii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	3							
	合計		.	1	.	1	1	5	4	3	.	3	18							
	ダケカンバ	<i>Betula ermanii</i>	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	2							
2017	コメツガ	<i>Tsuga diversifolia</i>	3	6	.	1	.	.	.	1	.	.	11							
	オオシラビソ	<i>Abies mariesii</i>	.	.	3	.	.	1	.	.	.	.	4							
	シラビソ	<i>Abies veitchii</i>	.	2	.	2	.	1	.	.	.	.	5							
	合計		3	8	3	3	.	2	1	1	1	.	22							
	枯死																			
	コメツガ	<i>Tsuga diversifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	11							
	ダケカンバ	<i>Betula ermanii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1							

—: 未調査

表-3 志津コメツガ・ダケカンバ林の帯状区の針葉樹の稚樹本数

種	距離階	1964						2017							
		0	5	10	15	20	25	0	5	10	15	20	25		
		合計	合計	合計	合計	合計	合計								
	樹高階	5	10	15	20	25	30	5	10	15	20	25	30		
コメツガ	0-1	73	31	114	105	149	68	540	8	1	1	1	4	14	
<i>Tsuga diversifolia</i>	1-2	3	1	2	2	4	15	27	3	1	1	1	4	10	
	2-3	.	.	1	.	1	1	3	2	2	1	4	5	7	21
	3-4	.	.	.	1	.	.	1	2	6	10	1	13	7	39
	4-5	.	.	.	.	.	.	.	7	2	17	7	4	4	41
	5-6	.	.	.	.	.	.	.	8	3	18	12	5	3	49
	6-7	.	.	.	.	.	.	.	4	2	8	8	5	3	30
	7-8	.	.	.	.	.	.	.	2	1	1	1	2	2	9
	8-9	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1
	合計	76	32	117	108	154	84	571	36	19	55	35	35	34	214
シラビソ	0-1	3	5	3	3	.	1	15	.	.	.	.	.	.	.
<i>Abies veitchii</i>	1-2	5	4	.	2	.	1	12	1	.	.	.	.	.	1
	2-3	.	.	1	.	1	1	3	.	.	.	.	.	.	.
	3-4	.	.	1	.	2	.	3	.	.	.	.	.	.	.
	4-5	.	.	1	.	.	1	2	1	.	.	.	1	.	2
	5-6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1
	6-7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	7-8	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1
	合計	8	9	6	5	3	4	35	2	1	1	.	1	.	5
オオシラビソ	0-1	4	1	.	2	7	2	16	.	.	.	.	.	.	.
<i>Abies mariesii</i>	1-2	.	1	1	1	1	5	9	.	.	.	.	.	.	.
	2-3	.	.	.	.	.	2	2	.	.	.	.	.	.	.
	3-4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	4-5	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1
	5-6	.	.	.	.	.	.	.	2	1	.	.	.	.	3
	6-7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	7-8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	8-9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1
	合計	4	2	1	3	8	9	27	3	1	.	.	1	.	5

表-4 志津コメツガ・ダケカンバ林の帯状区の林床植生の変化

生活型	種	年	1964						2017										
			距離 (m)						距離 (m)										
			0	5	10	15	20	25	0	5	10	15	20	25					
			5	10	15	20	25	30	5	10	15	20	25	30					
	コメツガ <i>Tsuga diversifolia</i>		4	3	5	5	5	4	V	7083	1	1	.	+	+	+	IV	172	
	オオシラビソ <i>Abies mariesii</i>		1	1	1	+	1	2	V	625	+	.	+	+	+	+	+	IV	8
	シラビソ <i>Abies veitchii</i>		+	+	+	+	1	2	V	375
	ナナカマド <i>Sorbus commixta</i>		+	+	.	+	+	+	IV	8	+	.	.	.	+	+	+	III	7
高木・	ウラジロノキ <i>Aria japonica</i>		+	I	2	+	.	.	.	+	+	+	III	5
亜高木	ダケカンバ <i>Betula ermanii</i>		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	.	III	5
	ミネカエデ <i>Acer tschonoskii</i>		.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	+	+	III	7
	オガラバナ <i>Acer ukurunduense</i>		.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	+	III	5
	イタヤカエデ <i>Acer pictum</i>		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	I	2
	ウリハダカエデ <i>Acer rufinerve</i>		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	I	2
	オオカメノキ <i>Viburnum furcatum</i>		+	.	.	.	.	.	I	2	.	.	.	.	.	.	.	.
小高木	コヨウラクツツジ <i>Rhododendron pentandrum</i>		.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	+	+	III	7
・低木	アオジクスノキ <i>Vaccinium yatabei</i>		.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	+	+	III	7
	ハクサンシャクナゲ <i>Rhododendron brachycarpum</i>		.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	I	2
つる性	ツルツゲ <i>Ilex rugosa</i>		+	+	+	+	+	+	V	10	+	+	+	+	+	+	V	10	
	コミヤマカタバミ <i>Oxalis acetosella</i>		+	+	+	+	+	+	V	10	+	+	.	+	+	+	IV	8	
	コセリバオウレン <i>Coptis japonica</i> var. <i>japonica</i>		.	+	.	.	+	+	III	5	.	.	.	+	.	+	III	5	
	ゴゼンタチバナ <i>Cornus canadensis</i>		+	.	.	.	.	+	II	3	+	.	.	.	.	+	II	3
	マイヅルソウ <i>Maianthemum dilatatum</i>		.	+	+	.	.	.	II	3	.	+	.	.	.	.	I	2
	コバノイチヤクソウ <i>Pyrola alpina</i>		.	.	.	+	+	+	II	3	.	.	.	.	.	.	.	.
草本	タケシマラン <i>Streptopus japonicus</i>		.	.	.	.	.	.	I	2	+	.	+	+	+	+	IV	8
	ジンヨウイチヤクソウ <i>Pyrola renifolia</i>		.	.	.	.	+	.	I	2	+	.	.	.	.	.	I	2
	ミヤマアオスゲ <i>Carex sachalinensis</i> var. <i>longiuscula</i>		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	+	III	5
	ミツバオウレン <i>Coptis trifolia</i>		.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	+	II	3
	ヒメスゲ <i>Carex oxyandra</i>		.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	I	2
	アキノキリンソウ <i>Solidago virgaurea</i> var. <i>asiatica</i>		.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	I	2
シダ	シノブカグマ <i>Arachniodes mutica</i>		1	+	+	+	+	+	V	83	1	1	+	+	+	+	V	173	
	コケシノブ <i>Hymenophyllum wrightii</i>		+	.	+	.	+	.	III	5	.	.	.	.	.	.	.	.
コケ	蘚類		+	1	+	3	3	5	V	2792	-	-	-	-	-	-	-	-	
	合計									8221								450	

F: 常在度、C.V.: 総合優占度、-: 未調査

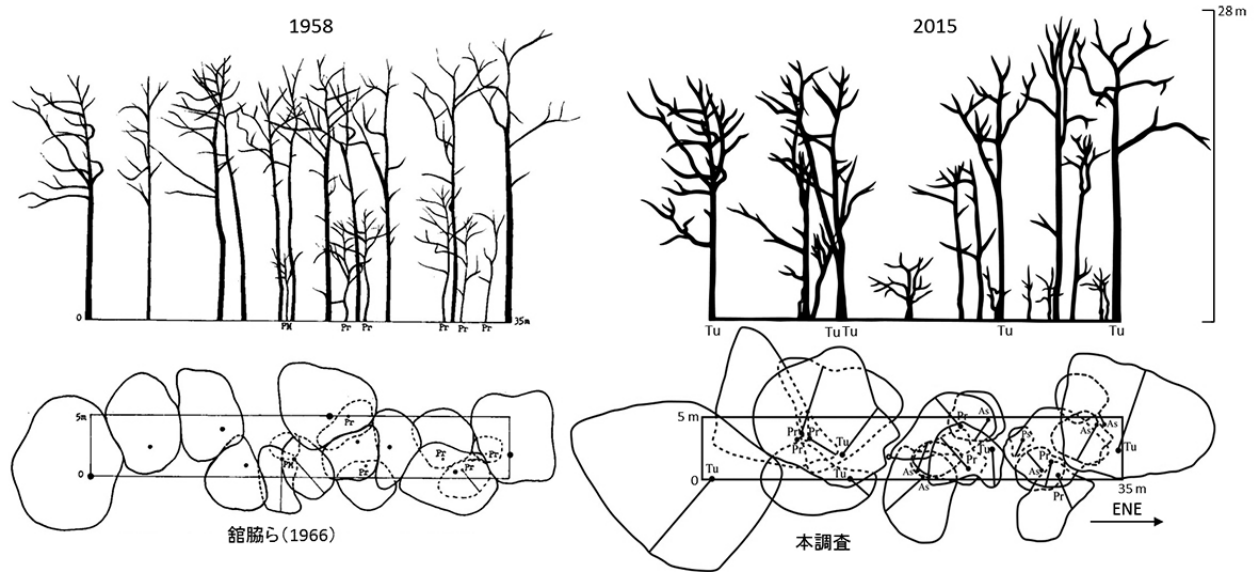


図-4 刈込湖オオバヤナギ林の帯状区における植生断面図および樹冠投影図の変化
AS, オオイタヤメイゲツ; PM, ミヤマザクラ; Pr, サワグルミ; Ps, シウリザクラ; Tu, オオバヤナギ

表-7 刈込湖オオバヤナギ林の帯状区における胸高直径階および樹高階分布の変化

年	種		胸高直径階																					合計	BA (m ² /ha)	RBA (%)			
			6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	44	46	52				56	60	74
1958	オオバヤナギ	<i>Salix cardiophylla</i> var. <i>urbaniana</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	11	65.3	94.4
	サワグルミ	<i>Pterocarya rhoifolia</i>	.	1	.	2	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	3.6	5.2
	ミヤマザクラ	<i>Cerasus maximowiczii</i>	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0.3	0.4
	合計		.	2	.	2	1	1	.	.	.	.	.	1	3	1	1	1	.	1	2	1	.	.	.	.	17	69.2	100
2015	オオバヤナギ	<i>Salix cardiophylla</i> var. <i>urbaniana</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	73.4	73.7
	サワグルミ	<i>Pterocarya rhoifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	2	1	1	.	.	1	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	6	23.8	23.9
	オオイタヤメイゲツ	<i>Acer shirasawanum</i>	2	2	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	2.2	2.2
	シウリザクラ	<i>Padus ssiroi</i>	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0.2	0.2
	合計		3	2	1	.	1	.	.	.	2	1	1	.	.	1	1	.	1	1	1	1	1	1	1	1	18	99.7	100
	枯死																												
	オオバヤナギ	<i>Salix cardiophylla</i> var. <i>urbaniana</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	-	-
	サワグルミ	<i>Pterocarya rhoifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	(1)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	-	-
	ミヤマザクラ	<i>Cerasus maximowiczii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	(1)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	-	-
年	種		樹高階															合計											
			4	5	6	9	11	15	16	17	20	21	22	23	25	27													
1958	オオバヤナギ	<i>Salix cardiophylla</i> var. <i>urbaniana</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	11		
	サワグルミ	<i>Pterocarya rhoifolia</i>	.	.	.	4	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5		
	ミヤマザクラ	<i>Cerasus maximowiczii</i>	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1			
	合計		.	1	.	4	1	.	.	.	2	3	3	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	17			
2015	オオバヤナギ	<i>Salix cardiophylla</i> var. <i>urbaniana</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	1	.	1	1	.	.	.	.	.	5			
	サワグルミ	<i>Pterocarya rhoifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	2	1	1	.	.	1	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	6			
	オオイタヤメイゲツ	<i>Acer shirasawanum</i>	1	4	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6			
	シウリザクラ	<i>Padus ssiroi</i>	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1			
	合計		1	5	1	.	.	2	1	1	.	3	1	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	18				
	枯死																												
	オオバヤナギ	<i>Salix cardiophylla</i> var. <i>urbaniana</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6			
	サワグルミ	<i>Pterocarya rhoifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2			
	ミヤマザクラ	<i>Cerasus maximowiczii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1			

枯死木で胸高直径が測定できたものは括弧で示した。-: 未調査

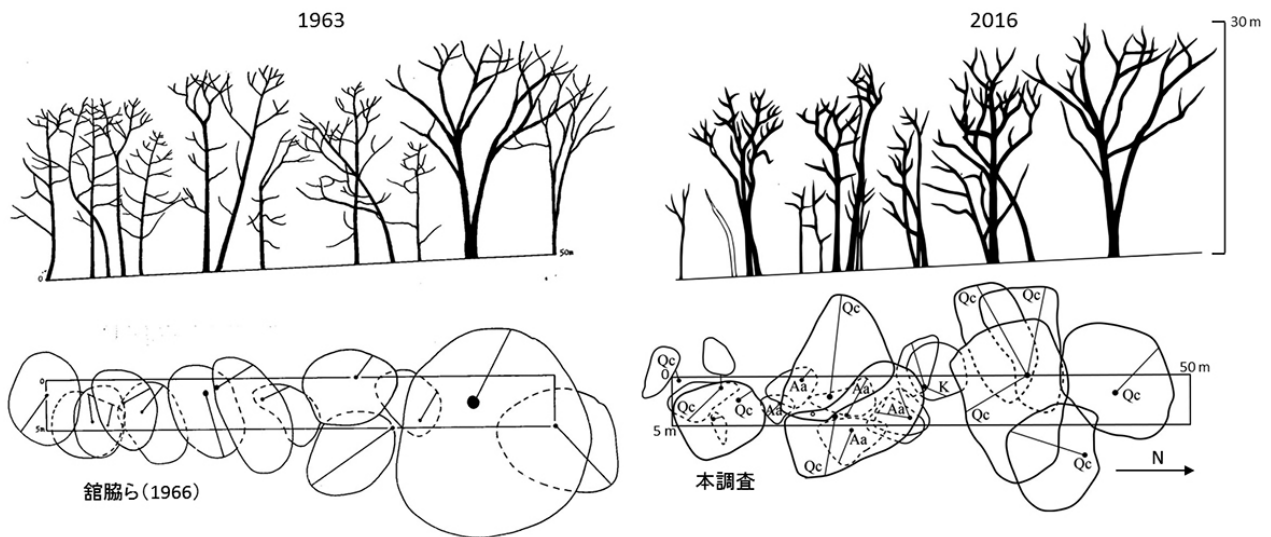


図-5 光徳ミズナラ林の帯状区における植生断面図および樹冠投影図の変化
Aa, アズキナシ; Qc, ミズナラ; K, ハリギリ

表-9 光徳ミズナラ林の帯状区における胸高直径階および樹高階分布の変化

年 種	胸高直径階	直径階 (cm)																	合計	BA (m ² /ha)	RBA (%)			
		6	10	12	14	16	18	24	26	28	34	36	38	40	46	48	58	76				78	88	124
1963	ミズナラ <i>Quercus crispula</i>	8	12	14	16	18	20	26	28	30	36	38	40	42	48	50	60	78	80	90	126	13	104.8	100
	合計	8	12	14	16	18	20	26	28	30	36	38	40	42	48	50	60	78	80	90	126	13	104.8	100
2016	ミズナラ <i>Quercus crispula</i>	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	11	100.3	93.2
	ハリギリ <i>Kalopanax septemlobus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	5.4	5.1
	アズキナシ <i>Aria alnifolia</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	1.9	1.8
	合計	1	1	3	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	19	107.6	100
	枯死																							
	ミズナラ <i>Quercus crispula</i>																					2		

年 種	樹高階	樹高階 (m)																	合計			
		7	9	10	11	12	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	28	31		32		
1963	ミズナラ <i>Quercus crispula</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13
	合計	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13
2016	ミズナラ <i>Quercus crispula</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
	ハリギリ <i>Kalopanax septemlobus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
	アズキナシ <i>Aria alnifolia</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6
	合計	1	1	2	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	19
	枯死																					
	ミズナラ <i>Quercus crispula</i>																					2

—: 未調査

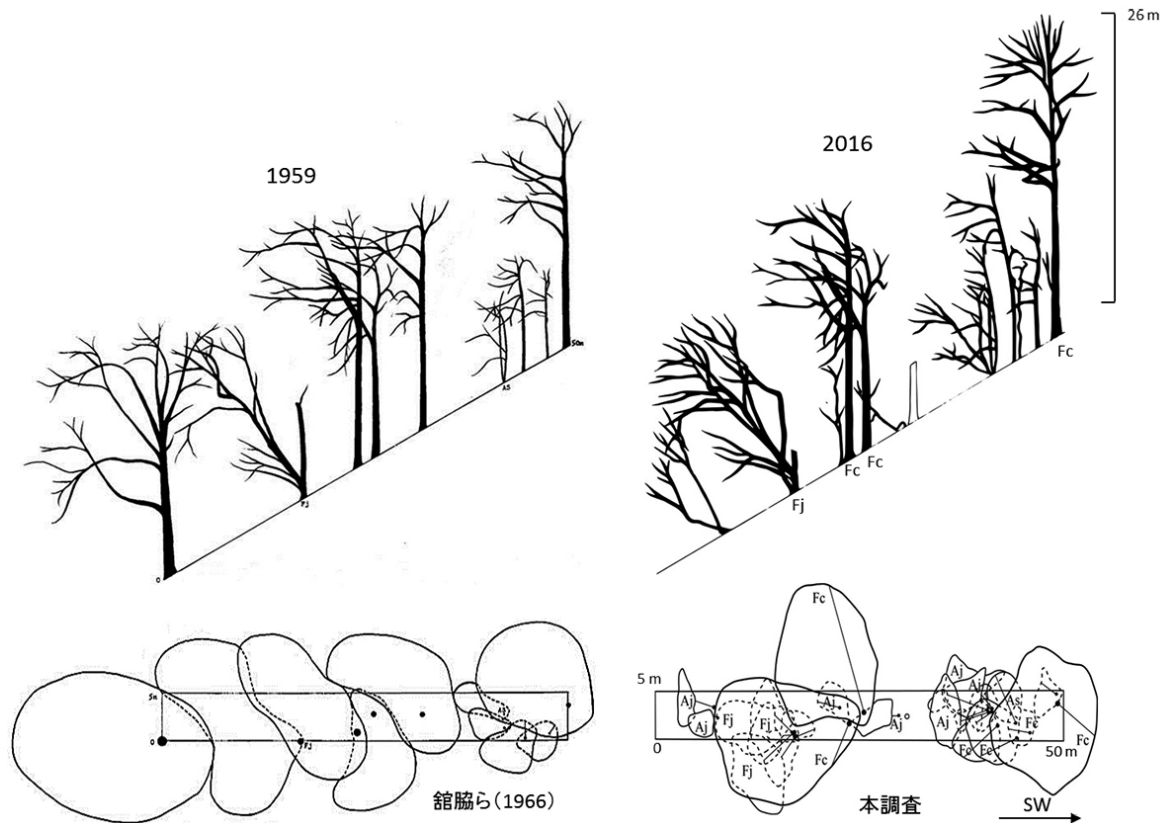


図-6 西ノ湖ブナ林の帯状区における植生断面図および樹冠投影図の変化
Aj, ハウチワカエデ; As, コハウチワカエデ; Fc, ブナ; Fj, イヌブナ

表- 11 西ノ湖ブナ林の帯状区における胸高直径階および樹高階分布の変化

年	種	胸高直径階	胸高直径階														合計	BA (m ² /ha)	RBA (%)					
			6	8	10	12	14	22	24	44	48	50	56	66	76	102								
1959	ブナ	<i>Fagus crenata</i>	2	1							1	1	2			1	8	68.2	91.6					
	イヌブナ	<i>Fagus japonica</i>									1						1	6.1	8.2					
	コハウチワカエデ	<i>Acer sieboldianum</i>	1														1	0.2	0.3					
	合計		3	1							1	1	1	2		1	10	74.5	100					
2016	ブナ	<i>Fagus crenata</i>	1			1	1							2	1		6	47.9	87.1					
	イヌブナ	<i>Fagus japonica</i>	1	1		1	1	1									5	4.5	8.1					
	ハウチワカエデ	<i>Acer japonicum</i>	5	1	1	3											10	2.4	4.4					
	コハウチワカエデ	<i>Acer sieboldianum</i>	1														1	0.2	0.4					
	合計		5	4	2	3	2	2	1					2	1		22	55.0	100					
	ブナ	<i>Fagus crenata</i>															2	-	-					
	イヌブナ	<i>Fagus japonica</i>			(1)												1	-	-					
年	種	樹高階	樹高階																	合計				
			4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	18	19	20	22	25		26	28		
1959	ブナ	<i>Fagus crenata</i>								2				1					1	1		3	8	
	イヌブナ	<i>Fagus japonica</i>																	1				1	1
	コハウチワカエデ	<i>Acer sieboldianum</i>						1															1	1
	合計							1	2				1			1		1	1	1		3	10	
2016	ブナ	<i>Fagus crenata</i>						2					1	1		1			1			6	6	
	イヌブナ	<i>Fagus japonica</i>		1		1		1	1	1													5	5
	ハウチワカエデ	<i>Acer japonicum</i>	1	1	3	3	1					1											10	10
	コハウチワカエデ	<i>Acer sieboldianum</i>				1																	1	1
	合計		1	2	3	5	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1		1		1		22	22	
	ブナ	<i>Fagus crenata</i>																					2	2
	イヌブナ	<i>Fagus japonica</i>																					1	1

枯死木で胸高直径が測定できたものは括弧で示した。- : 未調査

表- 12 西ノ湖ブナ林の帯状区の林床植生の変化

生活型	種	1959															2016														
		年															年														
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	F	C.V.	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	F	C.V.						
		距離 (m)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50									
	ウラジロモミ	<i>Abies homolepis</i>	+	.	.	.	.	+	.	+	.	.	II	3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	V	10	
	コバノネリコ	<i>Fraxinus lanuginosa</i>	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	I	2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	V	10	
	ハウチワカエデ	<i>Acer japonicum</i>	1	+	+	+	.	.	.	.	.	+	III	50	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	ウリハダカエデ	<i>Acer rufinerve</i>	+	.	1	+	.	.	.	.	.	.	II	50	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	タカノツメ	<i>Gamblea innovans</i>	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	I	50	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	コハウチワカエデ	<i>Acer sieboldianum</i>	.	.	.	+	.	+	+	.	.	.	II	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	ミヤマザクラ	<i>Cerasus maximowiczii</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	I	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	ブナ	<i>Fagus crenata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	V	10
高木・垂高木	ハリギリ	<i>Kalopanax septemlobus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	V	10
	ミズメ	<i>Betula grossa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	+	+	III	5
	シナノキ	<i>Tilia japonica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	+	+	+	+	+	II	4
	ハルニレ	<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	+	.	.	.	.	.	II	3
	サウグルミ	<i>Pterocarya rhoifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	I	2
	アスナロ	<i>Thujopsis dolabrata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	I	1
	ハウチワカエデ	<i>Acer japonicum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	III	6
	ウリハダカエデ	<i>Acer rufinerve</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	V	10
	イタヤカエデ	<i>Acer pictum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	+	.	II	3
	シウリザクラ	<i>Padus ssiiori</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	+	.	.	.	II	3
小高木・低木	クロモジ	<i>Lindera umbellata</i>	1	.	.	.	.	1	1	3	2	2	III	875	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	I	1
	ツリバナ	<i>Euonymus oxyphyllus</i> var. <i>oxyphyllus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	I	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	コシアブラ	<i>Chengiopanax sciadophylloides</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	+	+	+	+	+	IV	7
	イワガラミ	<i>Schizophragma hydrangeoides</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	V	59
	サルナシ	<i>Actinidia arguta</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	V	10
つる性	ヤマブドウ	<i>Vitis coignetiae</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	V	9
	イケマ	<i>Cynanchum caudatum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	+	.	+	.	.	.	.	II	4
	ウチワドコロ	<i>Dioscorea nipponica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	1
ササ	クマイザサ	<i>Sasa senanensis</i>	3	3	4	4	4	4	3	4	4	4	V	5500	.	+	+	I	2				
	Carex sp.		.	.	.	+	.	.	.	.	+	+	+	II	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	ヤブレガサ	<i>Syneilesis palmata</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	I	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Carex sp.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	+	+	+	+	III	6
	シロヨメナ	<i>Aster ageratoides</i> var. <i>ageratoides</i>	.	.	.	シロ	ヨメ	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	+	+	+	+	+	III	5
	タニギキョウ	<i>Peracarpa carnosae</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	2
草本	ヒトリシズカ	<i>Chloranthus quadrifolius</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	1
	タチツボスミレ	<i>Viola grypoceras</i> var. <i>grypoceras</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	1
	オオバコ	<i>Plantago asiatica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	1
	タケシマラン	<i>Streptopus japonicus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	I	1
	ハルカラマツ	<i>Thalictrum baicalense</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	I	1
	マイヅルソウ	<i>Maianthemum dilatatum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	I	1
	シノブカゲマ	<i>Arachniodes mutica</i>	+	1	I	51	+	+	+	+	II	4				
	ミヤマイタチシダ	<i>Dryopteris sabae</i>	.	+	.	+	.	+	.	+	+	+	III	50	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
シダ	ナライシダ	<i>Arachniodes miqueliana</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	II	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	オシダ	<i>Dryopteris crassirhizoma</i>	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	I	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	ゼンマイ	<i>Osmunda japonica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.	II	3
	合計													6646											196						

F: 常在度, C.V.: 総合優占度

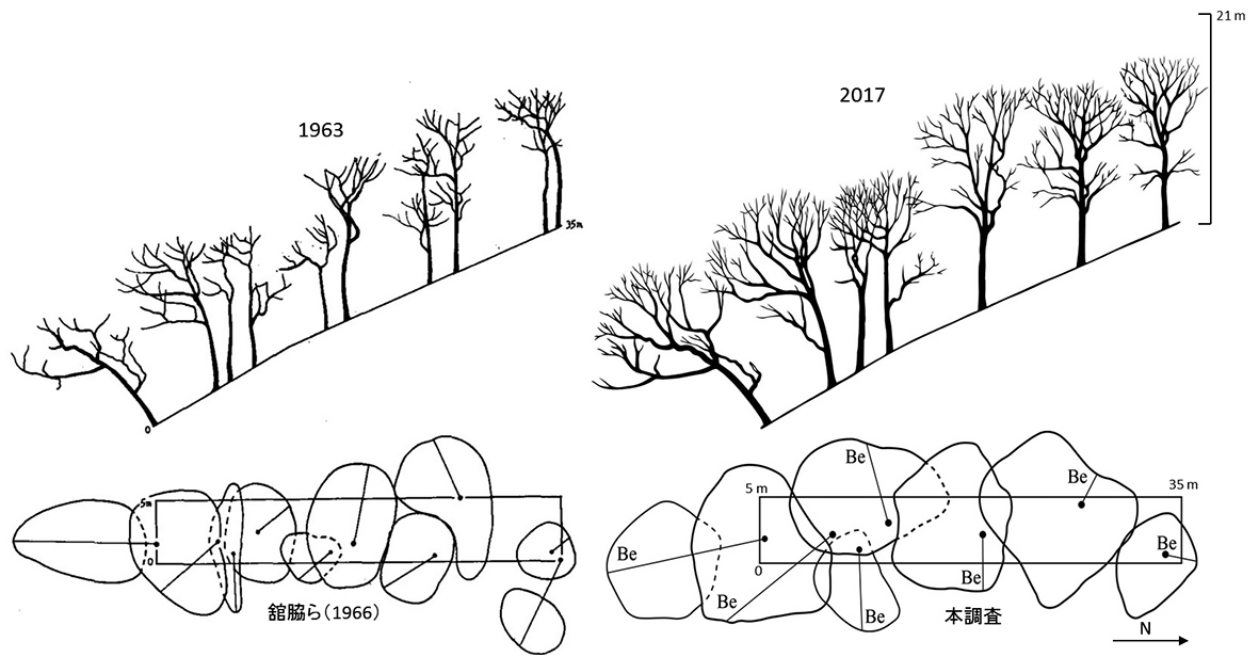


図-7 野州原ダケカンバ林の帯状区における植生断面図および樹冠投影図の変化
Be, ダケカンバ

表-13 野州原ダケカンバ林の帯状区における胸高直径階および樹高階分布の変化

年	種	胸高直径階	24	28	30	34	38	40	42	44	48	50	合計	BA (m ² /ha)	RBA (%)
			26	30	32	36	40	42	44	46	50	52			
1963	ダケカンバ	<i>Betula ermanii</i>	1	3	3	2	1	・	・	・	・	・	10	42.1	100
	合計		1	3	3	2	1	・	・	・	・	・	10	42.1	100
2017	ダケカンバ	<i>Betula ermanii</i>	・	・	・	2	・	1	1	1	1	1	7	55.7	100
	合計		・	・	・	2	・	1	1	1	1	1	7	55.7	100
	枯死													-	-
	ダケカンバ	<i>Betula ermanii</i>	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	1	-	-

年	種	樹高階	9	10	11	12	13	16	18	19	20	21	合計
			10	11	12	13	14	17	19	20	21	22	
1963	ダケカンバ	<i>Betula ermanii</i>	1	2	3	2	2	・	・	・	・	・	10
	合計		1	2	3	2	2	・	・	・	・	・	10
2017	ダケカンバ	<i>Betula ermanii</i>	・	・	・	・	1	1	1	2	1	1	7
	合計		・	・	・	・	1	1	1	2	1	1	7
	枯死												
	ダケカンバ	<i>Betula ermanii</i>	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	1

一：未調査

表- 14 野州原ダケカンバ林の帯状区の林床植生の変化

生活型	種	年	1963								2017									
			距離 (m)							F	C.V.	距離 (m)							F	C.V.
			0	5	10	15	20	25	30			0	5	10	15	20	25	30		
			5	10	15	20	25	30	35			5	10	15	20	25	30	35		
	ウラジロノキ	<i>Aria japonica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	.	.	.	III	4
高木・	ダケカンバ	<i>Betula ermanii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	II	3
垂高木	コメツガ	<i>Tsuga diversifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	I	1
	オガラバナ	<i>Acer ukurunduense</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	I	1
低木	コヨウラクツツジ	<i>Rhododendron pentandrum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	II	3
つる性	ツルウメモドキ	<i>Celastrus orbiculatus</i> var. <i>orbiculatus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	I	1
ササ	ミヤコザサ	<i>Sasa nipponica</i>	5	5	5	5	5	5	5	V	8750	5	5	5	5	5	5	5	V	8750
草本	タニギキョウ	<i>Peracarpa carnosus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	I	1
	合計																		8766	

F: 常在度、C.V.: 総合優占度

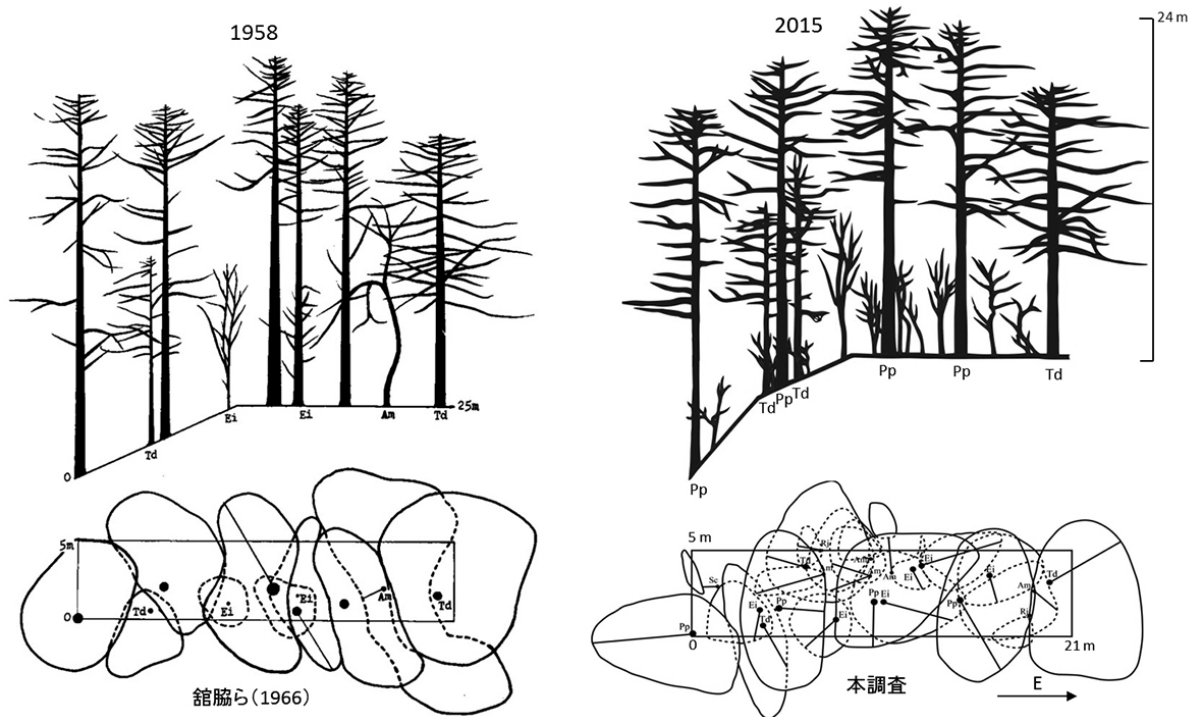


図-8 中山ヒメコマツ林の帯状区における植生断面図および樹冠投影図の変化
Am, コミネカエデ; Ei, タカノツメ; Pp, ヒメコマツ; Rj, ホンシャクナゲ;
Td, コメツガ; Sc, ナナカマド

表-15 中山ヒメコマツ林の帯状区における胸高直径階および樹高階分布の変化

年 種	胸高直径階																合計	BA (m ² /ha)	RBA (%)					
	4	6	8	16	18	20	22	26	28	30	33	38	46	48	54	60				62	70	74		
1958	ヒメコマツ <i>Pinus parviflora</i> var. <i>parviflora</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	108.2	76.4
	コメツガ <i>Tsuga diversifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	.	1	1	.	.	2	26.9	19.0
	コミネカエデ <i>Acer micranthum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	5.9	4.1
	タカノツメ <i>Gamblea innovans</i>	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	0.7	0.5
	合計	.	1	1	.	.	.	.	1	1	.	.	1	.	1	1	1	1	.	.	9	141.6	100
2015	ヒメコマツ <i>Pinus parviflora</i> var. <i>parviflora</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	1	1	1	.	4	122.2	69.0
	コメツガ <i>Tsuga diversifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	3	39.3	22.2
	タカノツメ <i>Gamblea innovans</i>	.	1	2	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	11.0	6.2
	ホンシャクナゲ <i>Rhododendron japonheptamerum</i> var. <i>hondoense</i>	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	2.0	1.1
	コミネカエデ <i>Acer micranthum</i>	.	2	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	2.0	1.1
	ナナカマド <i>Sorbus commixta</i>	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0.5	0.3
	アカヤシオ <i>Rhododendron pentaphyllum</i> var. <i>nikoense</i>	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0.1	0.1
	合計	2	3	6	1	1	1	1	.	.	1	.	1	.	1	.	1	1	1	.	22	177.1	100	
	枯死																							
	コメツガ <i>Tsuga diversifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	(1)	.	(1)	.	.	.	.	.	2	-	-
	コミネカエデ <i>Acer micranthum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	-	-
	カバノキ属 <i>Betula</i> sp.	.	(1)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	-	-
	不明種 unknown	.	(1)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	-	-
年 種	樹高階																合計							
	2	4	5	7	9	11	12	13	15	16	17	20	21	22	24									
1958	ヒメコマツ <i>Pinus parviflora</i> var. <i>parviflora</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4		
	コメツガ <i>Tsuga diversifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	2		
	コミネカエデ <i>Acer micranthum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1		
	タカノツメ <i>Gamblea innovans</i>	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2		
	合計	.	.	.	2	.	1	1	.	.	1	.	2	1	1	.	.	.	.	.	9		
2015	ヒメコマツ <i>Pinus parviflora</i> var. <i>parviflora</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	1	.	1	.	.	.	.	4		
	コメツガ <i>Tsuga diversifolia</i>	.	.	.	.	.	1	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	3		
	タカノツメ <i>Gamblea innovans</i>	.	2	.	2	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6		
	ホンシャクナゲ <i>Rhododendron japonheptamerum</i> var. <i>hondoense</i>	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2		
	コミネカエデ <i>Acer micranthum</i>	1	2	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5		
	ナナカマド <i>Sorbus commixta</i>	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1		
	アカヤシオ <i>Rhododendron pentaphyllum</i> var. <i>nikoense</i>	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1		
	合計	3	5	1	3	3	1	.	.	1	1	.	2	1	.	1	.	.	.	.	22		
	枯死																							
	コメツガ <i>Tsuga diversifolia</i>	2		
	コミネカエデ <i>Acer micranthum</i>	1		
	カバノキ属 <i>Betula</i> sp.	1		
	不明種 unknown	1		

枯死木で胸高直径が測定できたものは括弧で示した。-：未調査

表- 16 中山ヒメコマツ林の帯状区の林床植生の変化

生活型	種	年	1958						2015								
			距離 (m)					F	C.V.	距離 (m)					F	C.V.	
			0	5	10	15	20			0	5	10	15	20			
			5	10	15	20	25			5	10	15	20	25			
高木・亜高木	コメツガ	<i>Tsuga diversifolia</i>	+	+	+	+	I	IV	100	+	+	+	+	-	IV	8	
	コミネカエデ	<i>Acer micranthum</i>	.	.	1	.	.	I	100	1	+	+	+	-	IV	133	
	ナナカマド	<i>Sorbus commixta</i>	+	+	.	.	.	II	4	.	+	+	+	-	IV	8	
	タカノツメ	<i>Gamblea innovans</i>	.	.	.	.	+	I	2	+	+	+	+	-	IV	10
	ウラジロモミ	<i>Abies homolepis</i>	.	.	.	.	+	I	2	.	.	.	.	-	.	.
	ヒメコマツ	<i>Pinus parviflora</i> var. <i>parviflora</i>	+	+	.	+	-	III	8
	クロベ	<i>Thuja standishii</i>	+	.	.	-	I	3
小高木・低木	ホンシヤクナゲ	<i>Rhododendron japonheptamerum</i> var. <i>hondoense</i>	2	5	3	2	4	V	4450	5	5	3	4	-	IV	6875	
	アブラツツジ	<i>Enkianthus subsessilis</i>	1	.	1	1	+	IV	300	+	+	+	+	-	IV	10	
	アカヤシオ	<i>Rhododendron pentaphyllum</i> var. <i>nikoense</i>	1	.	.	+	1	III	200	.	.	+	+	-	II	5	
	コメツツジ	<i>Rhododendron tschonoskii</i>	1	.	.	.	.	I	100	1	+	+	+	-	IV	133
	ウスノキ	<i>Vaccinium hirtum</i> var. <i>pubescens</i>	+	+	.	.	.	II	4	+	+	.	.	-	II	5	
	トウゴクミツバツツジ	<i>Rhododendron wadanum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	-	II	5
	コヨウラクツツジ	<i>Rhododendron pentandrum</i>	+	.	.	+	-	II	5
ホツツジ	<i>Elliottia paniculata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	-	I	3
つる性	ツルツゲ	<i>Ilex rugosa</i>	.	.	.	.	+	I	2	.	+	.	.	-	I	3
草本	マイズルソウ	<i>Maianthemum dilatatum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	-	I	3
		<i>Tripterospermum</i> sp.	+	+	+	.	-	III	8
シダ	シノブカグマ	<i>Arachniodes mutica</i>	+	.	.	+	+	III	6	+	+	.	.	-	II	5	
合計									5270							7230	

F: 常在度、C.V.: 総合優占度、-: 未調査

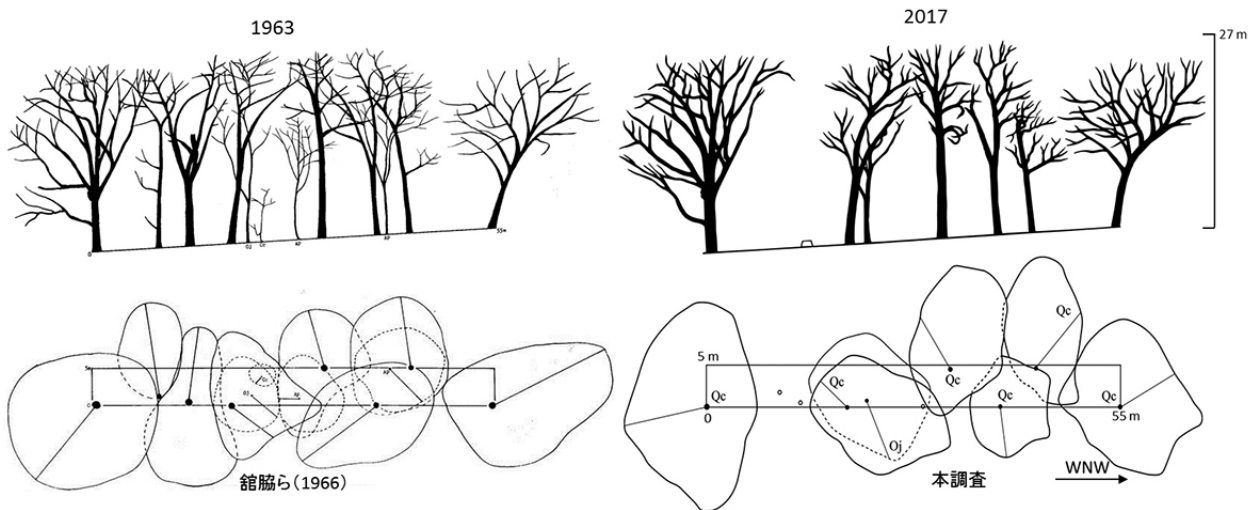


図-9 丸山ミズナラ林の帯状区における植生断面図および樹冠投影図の変化
Oj, アサダ; Qc, ミズナラ

表-17 丸山ミズナラ林の帯状区における胸高直径階および樹高階分布の変化

年	種	胸高直径階	直径階 (cm)														合計	BA (m ² /ha)	RBA (%)				
			18	32	36	40	52	70	78	82	88	90	96	98	106	108				110	124	134	150
1963	ミズナラ <i>Quercus crispula</i>		·	·	·	·	·	·	1	1	1	·	1	·	1	·	1	·	1	·	8	220.3	94.8
	ヤマモミジ <i>Acer amoenum var. matsumurae</i>		·	1	1	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	2	6.6	2.9
	アサダ <i>Ostrya japonica</i>		·	·	·	1	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	1	4.6	2.0
	サワシバ <i>Carpinus cordata</i>		1	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	1	0.9	0.4
	合計		1	1	1	1	·	1	1	1	·	1	·	1	·	1	1	·	1	·	12	232.4	100
2017	ミズナラ <i>Quercus crispula</i>		·	·	·	·	·	·	·	·	2	·	1	·	1	·	·	1	·	1	6	210.8	96.5
	アサダ <i>Ostrya japonica</i>		·	·	·	·	1	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	1	7.7	3.5
	合計		·	·	·	·	1	·	·	·	2	·	1	·	1	·	·	1	·	1	7	218.5	100
	枯死																						
	ミズナラ <i>Quercus crispula</i>		·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	2	-	-
	ヤマモミジ <i>Acer amoenum var. matsumurae</i>		·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	1	-	-

年	種	樹高階	樹高階 (m)										Total
			7	18	20	22	23	24	25	26	27	27	
1963	ミズナラ <i>Quercus crispula</i>		·	·	·	2	1	1	·	4	·	8	
	ヤマモミジ <i>Acer amoenum var. matsumurae</i>		·	2	·	·	·	·	·	·	·	2	
	アサダ <i>Ostrya japonica</i>		·	·	1	·	·	·	·	·	·	1	
	サワシバ <i>Carpinus cordata</i>		1	·	·	·	·	·	·	·	·	1	
	合計 Total		1	2	1	2	1	1	·	4	·	12	
2017	ミズナラ <i>Quercus crispula</i>		·	·	·	·	·	·	2	3	1	6	
	アサダ <i>Ostrya japonica</i>		·	·	·	·	·	1	·	·	·	1	
	合計 Total		·	·	·	·	·	1	2	3	1	7	
	枯死												
	ミズナラ <i>Quercus crispula</i>		·	·	·	·	·	·	·	·	·	2	
	ヤマモミジ <i>Acer amoenum var. matsumurae</i>		·	·	·	·	·	·	·	·	·	1	

—: 未調査

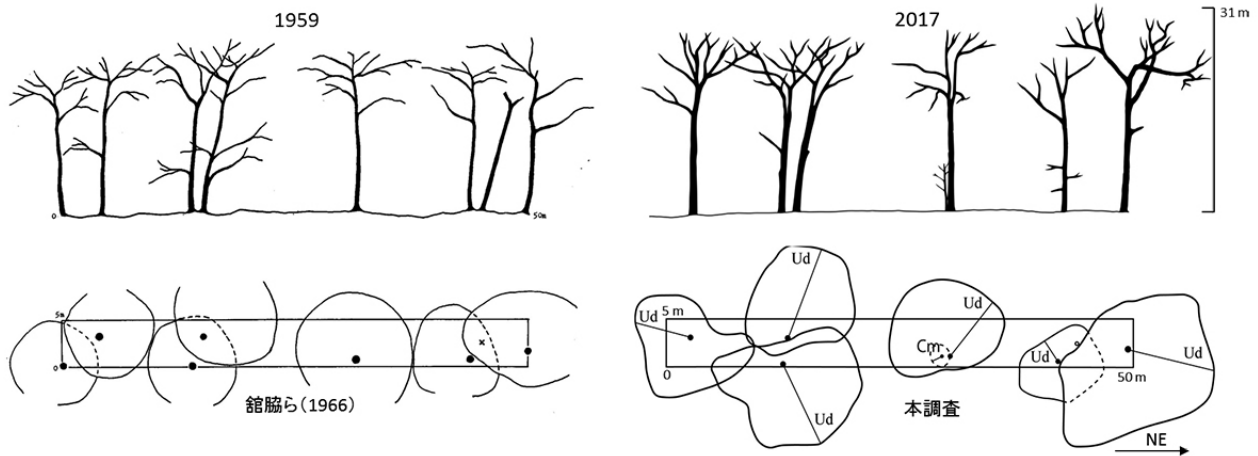


図- 10 千手ヶ原ハルニレ林の帯状区における植生断面図および樹冠投影図の変化
Cm, ミヤマザクラ; Ud, ハルニレ

表- 19 千手ヶ原ハルニレ林の帯状区における胸高直径階および樹高階分布の変化

年	種	胸高直径階	6	50	54	64	68	72	78	82	94	108	合計	BA (m ² /ha)	RBA (%)
			〳	〳	〳	〳	〳	〳	〳	〳	〳	〳			
1959	ハルニレ	<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	▪	1	1	1	1	1	1	▪	1	▪	7	107.6	100
	合計		▪	1	1	1	1	1	1	▪	1	▪	7	107.6	100
2017	ハルニレ	<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	▪	▪	1	1	▪	2	▪	1	▪	1	6	112.4	99.9
	ミヤマザクラ	<i>Cerasus maximowiczii</i>	1	▪	▪	▪	▪	▪	▪	▪	▪	▪	1	0.1	0.1
	合計		1	▪	1	1	▪	2	▪	1	▪	1	7	112.5	100

年	種	樹高階	8	16	17	18	19	24	27	28	29	31	合計
			〳	〳	〳	〳	〳	〳	〳	〳	〳	〳	
1959	ハルニレ	<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	▪	2	1	3	1	▪	▪	▪	▪	▪	7
	合計		▪	2	1	3	1	▪	▪	▪	▪	▪	7
2017	ハルニレ	<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	▪	▪	▪	▪	▪	1	2	1	1	1	6
	ミヤマザクラ	<i>Cerasus maximowiczii</i>	1	▪	▪	▪	▪	▪	▪	▪	▪	▪	1
	合計		1	▪	▪	▪	▪	1	2	1	1	1	7

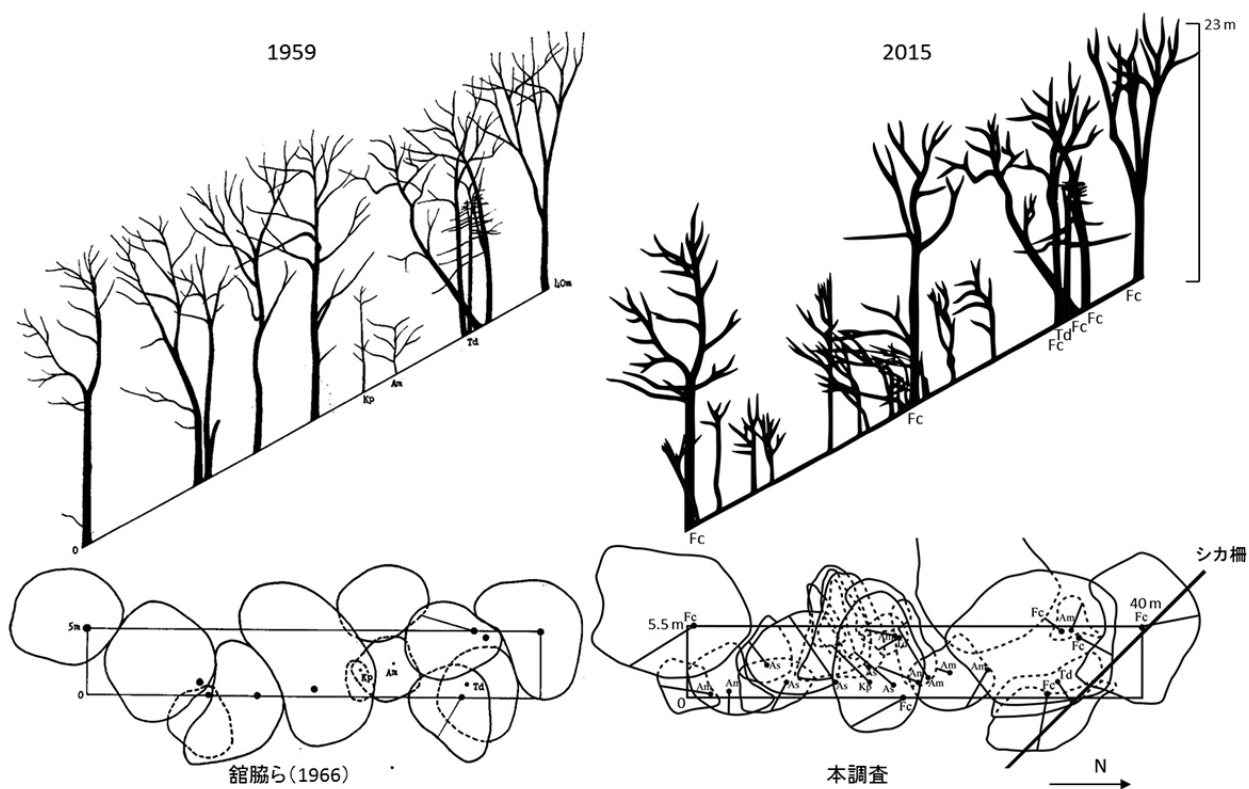


図- 11 湯ノ湖ブナ林の帯状区における植生断面図および樹冠投影図の変化

Am, コミネカエデ; As, コハウチワカエデ; Fc, ブナ; Kp, ハリギリ; Td, コメツガ

表- 21 湯ノ湖ブナ林の帯状区における胸高直径階および樹高階分布の変化

年 種		胸高直径階																	合計	BA (m ² /ha)	RBA (%)					
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38				40				
1959	ブナ	Fagus crenata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	2	1	2	1	9	80.3	95.2
	コメツガ	Tsuga diversifolia	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	3.7	4.3
	ハリギリ	Kalopanax septemlobus	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0.2	0.3
	コミネカエデ	Acer micranthum	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0.1	0.2
	合計		1	1	.	.	.	.	.	.	1	.	1	1	1	2	.	1	2	1	.	.	12	84.3	100	
2015	ブナ	Fagus crenata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	2	1	1	6	80.6	86.6
	コミネカエデ	Acer micranthum	1	.	1	3	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8	4.8	5.2
	コメツガ	Tsuga diversifolia	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	4.8	5.1
	コハウチワカエデ	Acer sieboldianum	.	2	1	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	2.4	2.6
	ハウチワカエデ	Acer japonicum	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0.2	0.2
	ハリギリ	Kalopanax septemlobus	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0.2	0.2
	合計		2	4	2	3	2	2	1	.	1	.	.	.	.	.	1	.	1	.	2	1	1	23	93.0	100
	枯死																									
	ブナ	Fagus crenata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	-	-
年 種		樹高階																	合計							
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		19	20	21	22	23	24	26
1959	ブナ	Fagus crenata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	2	1	3	.	9	
	コメツガ	Tsuga diversifolia	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1
	ハリギリ	Kalopanax septemlobus	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1
	コミネカエデ	Acer micranthum	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1
	合計		.	.	1	.	.	1	.	.	1	.	.	.	1	1	1	1	2	1	3	.	12			
2015	ブナ	Fagus crenata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	1	1	6		
	コミネカエデ	Acer micranthum	.	1	.	.	.	3	3	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8		
	コメツガ	Tsuga diversifolia	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2		
	コハウチワカエデ	Acer sieboldianum	.	.	1	1	1	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5		
	ハウチワカエデ	Acer japonicum	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1		
	ハリギリ	Kalopanax septemlobus	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1		
	合計		1	1	1	2	1	3	3	3	.	1	2	1	1	.	.	.	.	1	1	.	1	23		
	枯死																									
	ブナ	Fagus crenata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1		

一：未調査

表- 22 湯ノ湖ブナ林の帯状区的林床植生の変化

生活型	種	年	1959														2015													
			距離 (m)														距離 (m)													
			0	5	10	15	20	25	30	35	F	C.V.	0	5	10	15	20	25	30	35	F	C.V.								
高木・ 亜高木	コミネカエデ <i>Acer micranthum</i>		2	3	3	2	2	・	・	・	IV	1554	+	+	+	1	+	+	+	+	V	71								
	コハウチワカエデ <i>Acer sieboldianum</i>		+	2	1	+	1	+	・	・	IV	343	+	+	+	+	+	+	+	+	V	10								
	ウラジロモミ <i>Abies homolepis</i>		・	1	1	1	+	1	+	+	V	250	+	+	+	+	+	+	+	+	V	9								
	コンアブラ <i>Chengiopanax sciadophylloides</i>		1	+	1	・	・	+	+	・	III	11	+	+	+	+	+	+	+	+	IV	6								
	アオダモ <i>Fraxinus lanuginosa</i>		・	+	+	1	+	+	・	・	III	63	+	+	+	+	+	+	+	+	V	10								
	ハリギリ <i>Kalopanax septemlobus</i>		・	・	・	1	・	・	・	・	I	63	+	+	+	+	+	+	+	+	V	9								
	ハウチワカエデ <i>Acer japonicum</i>		+	1	・	・	・	+	+	+	III	63	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・								
	ミヤマザクラ <i>Cerasus maximowiczii</i>		・	・	+	1	・	・	・	・	II	63	・	・	・	・	+	+	+	+	I	1								
	ウリハダカエデ <i>Acer rufinerve</i>		・	・	・	1	・	・	・	・	I	63	+	+	+	+	+	+	+	+	IV	6								
	ナナカマド <i>Sorbus commixta</i>		+	+	+	・	+	・	・	・	III	5	・	・	・	+	+	+	+	+	IV	6								
	ブナ <i>Fagus crenata</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	III	5	+	+	+	+	+	+	+	+	V	9								
	コメツガ <i>Tsuga diversifolia</i>		・	・	・	+	・	・	・	・	I	1	・	・	・	+	+	+	+	+	・	・								
	ミズメ <i>Betula grossa</i>		・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+	+	+	+	V	9								
	アスナロ <i>Thuopsis dolabrata</i>		・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+	II	4								
	ハルニレ <i>Ulmus davidiana var. japonica</i>		・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+	+	+	+	II	3								
	ミズナラ <i>Quercus crispula</i>		・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+	+	+	+	II	3								
	イタヤカエデ <i>Acer pictum</i>		・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+	+	II	4								
	小高木 ・低木	オオカメノキ <i>Viburnum furcatum</i>		・	・	・	2	・	1	3	1	III	812	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・							
ヒロハツリバナ <i>Euonymus macropterus</i>			・	・	・	1	+	2	・	・	II	281	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・								
ベニサラサドウダン <i>Enkianthus campanulatus var. palibinii</i>			・	・	・	1	・	・	・	・	I	63	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・								
シヤクナゲ <i>Rhododendron japonoheptamerum var. hondoense</i>			・	・	・	・	・	・	・	1	I	63	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・								
ハクサンシヤクナゲ <i>Rhododendron brachycarpum</i>			・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	+	+	+	II	3								
ニフトコ <i>Sambucus racemosa</i>			・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+	+	+	+	II	4								
ノリウツギ <i>Hydrangea paniculata</i>			・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+	+	+	+	II	3								
コメツツジ <i>Rhododendron tschonoskii</i>		・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+	I	1									
ヤマウルシ <i>Toxicodendron trichocarpum</i>		・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+	+	I	1									
つる性	ツルアジサイ <i>Hydrangea petiolaris</i>		・	・	+	・	・	・	・	1	I	1	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・								
	サルナシ <i>Actinidia arguta</i>		・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+	+	+	+	IV	6								
	ツタウルシ <i>Toxicodendron orientale</i>		・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+	+	+	II	3								
	イワガラミ <i>Schizophragma hydrangeoides</i>		・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+	+	+	+	II	3								
	ツルウメモドキ <i>Celastrus orbiculatus var. orbiculatus</i>		・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+	+	+	+	II	3								
ヤマブドウ <i>Vitis coignetiae</i>		・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+	+	+	I	1									
ササ	クマイザサ <i>Sasa senanensis</i>		5	4	3	4	5	4	5	V	7187	4	4	4	4	4	4	4	2	V	6500									
草本	マイヅルソウ <i>Maianthemum dilatatum</i>		・	・	・	・	+	+	1	II	63	・	+	+	+	+	+	+	+	IV	8									
	タケシマラン <i>Streptopus japonicus</i>		・	・	・	・	・	+	・	I	1	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・									
	タニギキョウ <i>Peracarpa carnosae</i>		・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+	+	+	IV	68									
	シロヨメナ <i>Aster ageratoides var. ageratoides</i>		・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+	+	+	+	III	5								
	ククルマムグラ <i>Galium japonicum</i>		・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+	+	+	+	II	4								
	キオン <i>Senecio nemorensis</i>		・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+	+	+	+	II	3								
	オククルマムグラ <i>Galium trifloriforme</i>		・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+	+	+	+	II	3								
	キクムグラ <i>Galium kikumugura</i>		・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+	+	+	+	II	3								
	ワダソウ <i>Pseudostellaria heterophylla</i>		・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	+	+	I	1								
	オオヨモギ <i>Artemisia montana</i>		・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+	+	I	1								
	ミヤマカンスゲ <i>Carex multifolia var. multifolia</i>		・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+	+	I	1								
	エナンヒゴクサ <i>Carex aphanolepis</i>		・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+	+	I	1								
	モミジイチゴ <i>Rubus palmatus var. coptophyllus</i>		・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+	+	+	I	1								
ミヤマタニタデ <i>Circaea alpina</i>		・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+	+	+	+	I	1									
サワギク <i>Nemosenecio nikoensis</i>		・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+	+	+	+	I	1									
シダ	シノブカグマ <i>Arachniodes mutica</i>		・	・	・	+	・	・	・	1	I	1	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・								
	ハリガネワラビ <i>Thelypteris japonica</i>		・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+	+	+	+	II	3								
	ヘビノネゴザ <i>Athyrium yokoscense</i>		・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+	+	II	4								
	オンシダ <i>Dryopteris crassirhizoma</i>		・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	+	+	+	+	+	+	I	1								
	<i>Deparia</i> sp.		・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	+	+	I	1								
合計											10945										6798									

F: 常在度、C.V.: 総合優占度

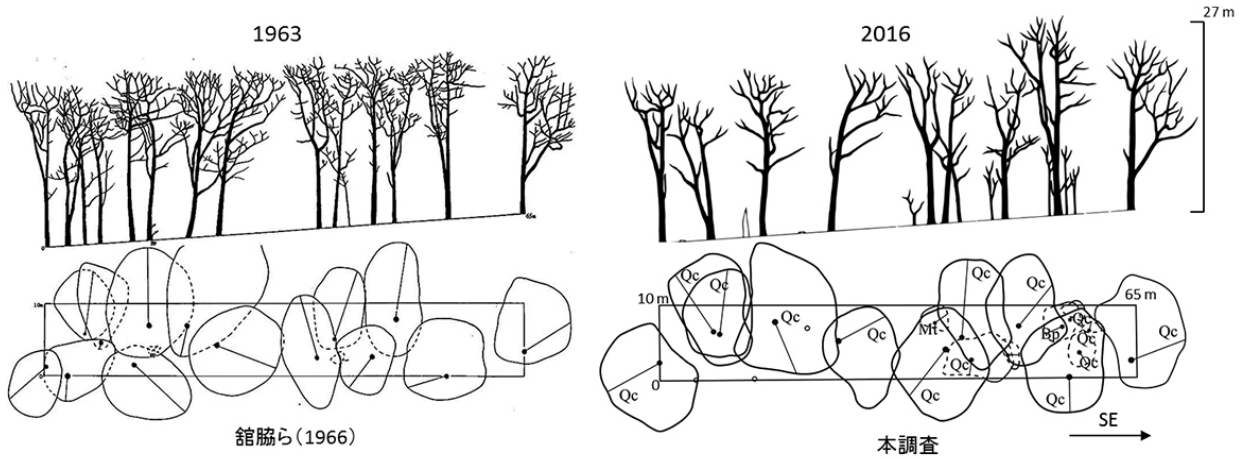


図-13 小田代ミズナラ林の帯状区における植生断面図および樹冠投影図の変化
Bp, シラカンバ; Mt, ズミ; Qc, ミズナラ

表-25 小田代ミズナラ林の帯状区における胸高直径階および樹高階分布の変化

年 種	胸高直径階	直径階																	合計	BA (m ² /ha)	RBA (%)				
		2	6	8	10	14	20	44	48	54	56	60	62	66	68	72	74	76				82	84	88	
1963	ミズナラ <i>Quercus crispula</i>	•	•	1	•	•	•	•	1	1	2	2	2	•	1	1	1	2	1	•	•	•	15	65.9	100.0
	シラカンバ <i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	0.0	0.0
	合計	1	•	1	•	•	•	•	1	1	2	2	2	•	1	1	1	2	1	•	•	•	16	65.9	100
2016	ミズナラ <i>Quercus crispula</i>	-	1	1	2	•	1	•	1	•	•	2	1	1	•	1	•	•	1	2	1	•	15	63.0	99.6
	シラカンバ <i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	-	•	•	•	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	0.2	0.4
	ズミ <i>Malus toringo</i>	-	•	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	0.0	0.0
	合計	-	1	2	2	1	1	•	1	•	•	2	1	1	•	1	•	•	1	2	1	•	17	63.3	100
	枯死	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ミズナラ <i>Quercus crispula</i>	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	4	-	-
	シラカンバ <i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	-	-

年 種	樹高階	樹高階																	合計			
		3	5	6	7	8	9	10	17	19	20	22	23	24	25	28						
1963	ミズナラ <i>Quercus crispula</i>	•	•	•	•	1	•	•	•	•	2	•	3	3	6	•	•	•	•	•	•	15
	シラカンバ <i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
	合計	1	•	•	•	1	•	•	•	•	2	•	3	3	6	•	•	•	•	•	•	16
2016	ミズナラ <i>Quercus crispula</i>	•	•	1	2	•	1	•	1	1	2	1	1	•	3	2	•	•	•	•	•	15
	シラカンバ <i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	•	•	•	•	•	•	•	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
	ズミ <i>Malus toringo</i>	•	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
	合計	•	1	1	2	•	1	1	1	1	2	1	1	•	3	2	•	•	•	•	•	17
	枯死	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ミズナラ <i>Quercus crispula</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	4
	シラカンバ <i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1

—: 未調査

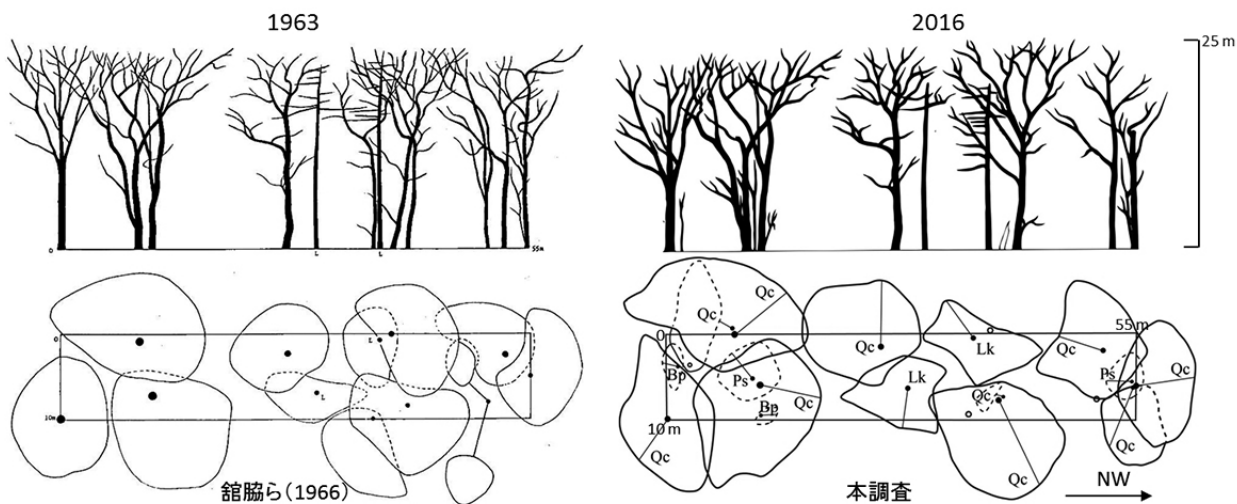


図- 14 幕張峠のミズナラ林の帯状区における植生断面図および樹冠投影図の変化
Bp, シラカンバ; Lk (L), カラマツ; Ps, シウリザクラ; Qc, ミズナラ

表- 27 幕張峠ミズナラ林の帯状区における胸高直径階および樹高階分布の変化

年 種	胸高直径階	胸高直径階																合計	BA (m ² /ha)	RBA (%)									
		4	8	12	22	24	44	46	48	52	58	64	66	68	70	72	74				76	80	86	94	96	98	112	114	
1963	ミズナラ <i>Quercus crispula</i>	1	1	2	.	1	1	1	.	.	.	1	1	.	1	.	.	10	77.2	89.3
	カラマツ <i>Larix kaempferi</i>	1	1	2	9.2	10.7
	合計	1	1	.	.	1	2	1	1	1	1	.	.	.	1	1	.	1	.	.	12	86.4	100	
2016	ミズナラ <i>Quercus crispula</i>	1	1	.	1	1	.	.	1	1	1	1	.	.	1	.	1	1	1	11	79.8	99.6
	カラマツ <i>Larix kaempferi</i>	1	1	2	0.2	0.2
	シラカンバ <i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	1	1	2	0.1	0.1
	シウリザクラ <i>Padus ssiiori</i>	.	1	1	2	0.0	0.0
	合計	2	3	1	1	1	.	.	1	1	1	1	1	1	.	.	1	.	1	1	17	80.1	100	
	枯死																												
	ミズナラ <i>Quercus crispula</i>	3	-	-
	シラカンバ <i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	1	-	-
年 種	樹高階	樹高階																合計											
		2	3	4	5	6	8	9	10	14	17	18	19	20	21	22	23		24	25									
1963	ミズナラ <i>Quercus crispula</i>	1	.	1	2	6	.	10								
	カラマツ <i>Larix kaempferi</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	2						
	合計	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2	2	7	.	12						
2016	ミズナラ <i>Quercus crispula</i>	1	1	.	.	.	1	.	1	1	.	1	1	.	1	1	1	.	1	11									
	カラマツ <i>Larix kaempferi</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	.	2						
	シラカンバ <i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2						
	シウリザクラ <i>Padus ssiiori</i>	.	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2						
	合計	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.	1	1	2	.	1	17									
	枯死																												
	ミズナラ <i>Quercus crispula</i>	3								
	シラカンバ <i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	1								

— : 未調査

表- 28 幕張峠ミズナラ林の帯状区の林床植生の変化

生活型 種	年													年													
	1963													2016													
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	F	C.V.	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	F	C.V.	
	距離 (m)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55				
高木・ 亜高木	ミズナラ <i>Quercus crispula</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	II	4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	III	
	ケヤマハンノキ <i>Alnus hirsuta</i> var. <i>hirsuta</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	I	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	シラカンバ <i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	I	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	I	
	カラマツ <i>Larix kaempferi</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
	ミヤマザクラ <i>Cerasus maximowiczii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	I		
小高木	クロミノウグイスカグラ <i>Lonicera caerulea</i> var. <i>emphylocalyx</i>	1	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	I	100	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
・低木	ミヤマウグイスカグラ <i>Lonicera gracilipes</i> var. <i>glandulosa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	I		
つる性	イワガラミ <i>Schizophragma hydrangeoides</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	I		
ササ	ミヤコザサ <i>Sasa nipponica</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	IV	7	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	V		
	<i>Carex</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	III	5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
草本	ミヤマアキノキリンソウ <i>Solidago virgaurea</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	I	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
	ヒメスゲ <i>Carex oxyandra</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	I	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
シダ	ニッコウシダ <i>Thelypteris nipponica</i>	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	V	8500	3	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	V		
	ヤマドリゼンマイ <i>Osmundastrum cinnamomeum</i> var. <i>fokiense</i>	+	+	+	+	+	+	1	+	+	+	+	I	50	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
	ミヤマノキシノブ <i>Lepisorus ussuriensis</i> var. <i>distans</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	I		
	合計													8670													13918

F : 常在度、C.V. : 総合優占度

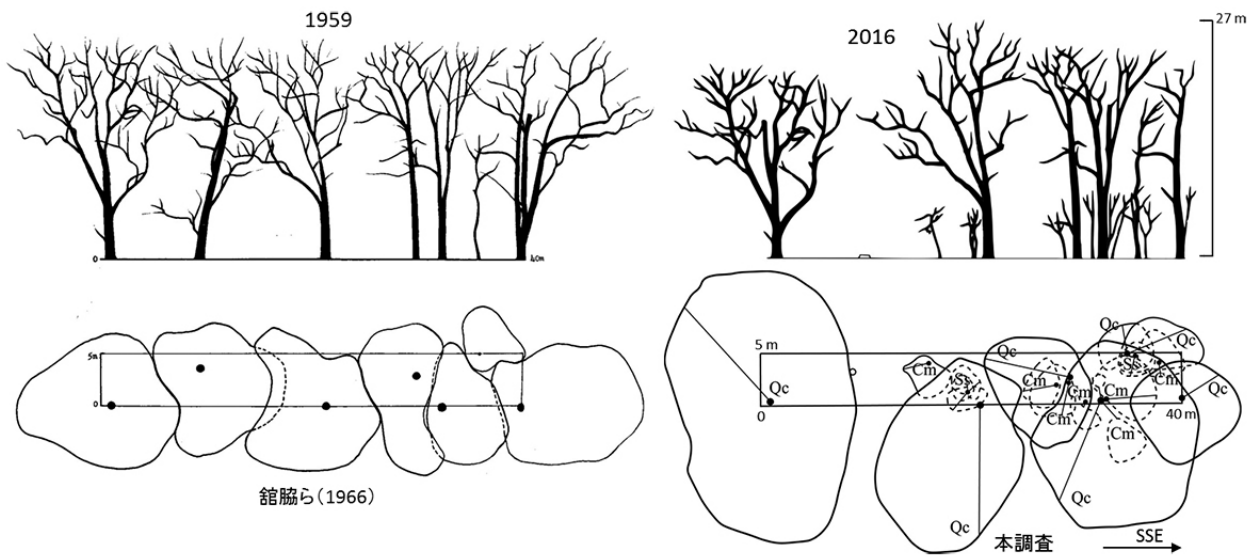


図-15 泉門池のミズナラ林の帯状区における植生断面図および樹冠投影図の変化
Cm, ミヤマザクラ; Qc, ミズナラ; Ss, サワフタギ

表-29 泉門池ミズナラ林の帯状区における胸高直径階および樹高階分布の変化

年 種	胸高直径階	直径階																合計	BA (m ² /ha)	RBA (%)
		4	6	8	10	20	32	62	66	68	74	76	80	84	96	98				
1959	ミズナラ <i>Quercus crispula</i>	·	·	·	·	1	·	·	·	1	1	1	2	1	·	·	7	141.9	100	
	合計	·	·	·	·	1	·	·	·	1	1	1	2	1	·	·	7	141.9	100	
2016	ミズナラ <i>Quercus crispula</i>	·	·	·	·	·	1	1	1	·	·	·	·	·	2	1	6	146.3	98.3	
	ミヤマザクラ <i>Cerasus maximowiczii</i>	1	2	3	2	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	8	1.9	1.3	
	サワフタギ <i>Symplocos sawafutagi</i>	1	1	2	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	4	0.7	0.5	
	合計	2	3	5	2	·	1	1	1	·	·	·	·	·	2	1	18	148.9	100	
	枯死																			
	ミズナラ <i>Quercus crispula</i>	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	1	-	-	

年 種	樹高階	樹高階											合計	
		4	5	7	12	15	18	19	20	21	22	25		27
1959	ミズナラ <i>Quercus crispula</i>	·	·	·	1	·	·	·	2	4	·	·	·	7
	合計	·	·	·	1	·	·	·	2	4	·	·	·	7
2016	ミズナラ <i>Quercus crispula</i>	·	·	·	·	1	1	1	·	·	1	1	1	6
	ミヤマザクラ <i>Cerasus maximowiczii</i>	1	4	3	·	·	·	·	·	·	·	·	·	8
	サワフタギ <i>Symplocos sawafutagi</i>	2	2	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	4
	合計	3	6	3	·	1	1	1	·	·	1	1	1	18
	枯死													
	ミズナラ <i>Quercus crispula</i>	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	1

—: 未調査

3.2 成長錐コアの解析

A 志津コメツガ・ダケカンバ林

コメツガ、シラビソおよびオオシラビソの計12幹のコアを解析した。1973年付近において、1964年（館脇ら1966の調査年）当時から生育するシラビソやオオシラビソの肥大成長の好転や、コメツガやシラビソの出現が起きていた（図-16）。

B 三ツ岳トウヒ林

根回りマウンド上に更新していたコメツガ、オガラバナ、ナナカマドおよびニシキウツギの計6幹のコアについて解析した。1964年（館脇ら1966の調査年）当時にあったコメツガは、1973年から年輪幅が著しく増加していた。また、この年を境にオガラバナ、ナナカマド、ニシキウツギおよびコメツガの出現と著しい肥大成長がみられた（図-16）。

E 西ノ湖ブナ林

带状区下部のブナの倒木で生じたギャップ周辺の1959年（館脇ら1966の調査年）当時からあるブナ1幹および1959年にはなかったハウチワカエデ2幹のコアを解析した。ブナおよびハウチワカエデいずれも1974年以降に肥大成長の増加がみられた（図-16）。

N 泉門池ミズナラ林

倒木枯死したミズナラ周辺のウラジロモミおよびキハダ（*Phellodendron amurense*）とともに、带状区右端の主枝が折れたミズナラ周辺のミズナラ、ミヤマザクラおよびアズキナシ（*Aria alnifolia*）のコアを解析した。ウラジロモミ、キハダは1969～1974年に肥大成長の急増がみられた。1984～1989年にはミズナラの成長の増加とミヤマザクラとアズキナシの出現が起きていた（図-16）。

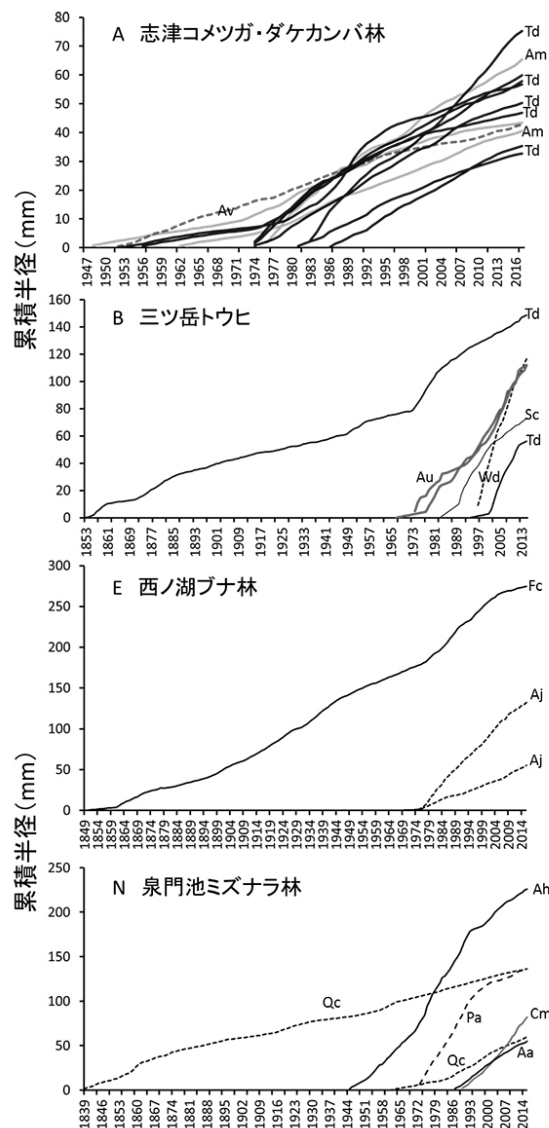


図-16 林冠の攪乱年推定のために成長錐コアで調べた累積半径

Aa, アズキナシ; Ah, ウラジロモミ; Aj, ハウチワカエデ; Am, オオシラビソ; Av, シラビソ; Au, オガラバナ; Cm, ミヤマザクラ; Fc, ブナ; Pa, キハダ; Qc, ミズナラ; Sc, ナナカマド; Td, コメツガ; Wd, ニシキウツギ。

3.3 序列化分析

樹種組成 (RBA) を基にした主座標分析および林床植生の総合優占度を基にした DCA の解析結果を、シカ柵内外に分けて図-17 に示した。樹種組成では、14 林分のうち 12 林分 (C ~ N) において館脇ら (1966) の調査時の座標点 (黒丸) と本調査の座標点 (白抜き丸) はほぼ重なっており、樹種組成に大きな変化が起きていないことを示した (図-17a)。一方、志津コメツガ・ダケカンバ林 (A) および三岳トウヒ林 (B)

の 2 林分の座標点は館脇ら (1966) と本調査で比較的大きく動いていた (図-17a)。また、シカ柵内外で大きな違いはみられなかった。林床植生は、館脇ら (1966) の調査時の座標点 (黒三角) と本調査の座標点 (白抜き三角) の動きをみると、特にシカ柵外で 2 座標点間の移動が大きかった。シカ柵内では、湯ノ湖ブナ林 (J) を除いて、ほとんど座標点間の動きはみられなかった (図-17b)。

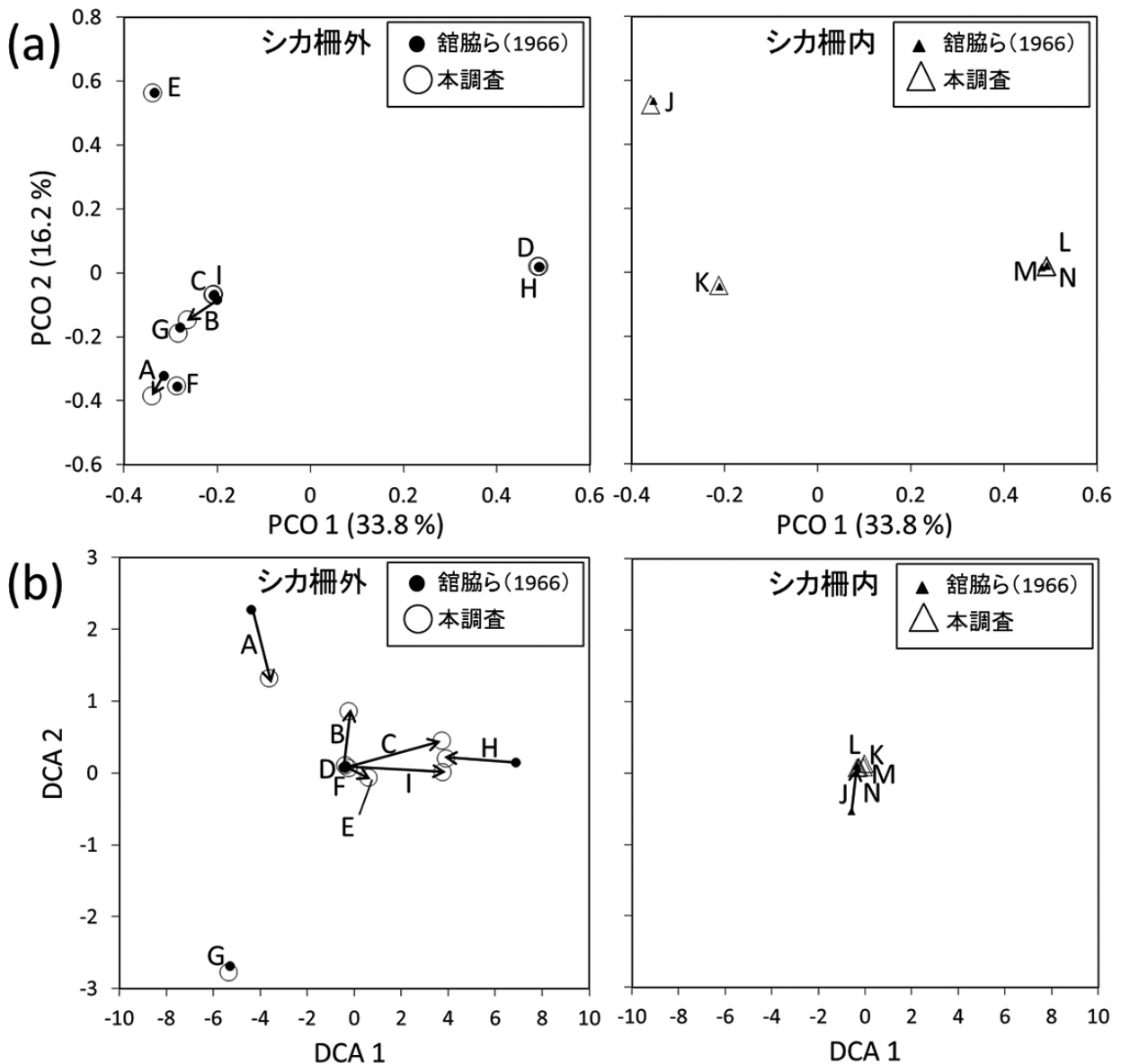


図-17 各調査林分の樹種組成 (RBA) の変化 (a) と林床植生の総合優占度の変化 (b) 解析結果をそれぞれシカ柵内外で分けて表示した。館脇ら (1966) と本調査で大きな変化がみられた林分については、館脇ら (1966) の座標点から本調査の座標点に向かって矢印 (→) で結んだ。

4. 考察

4.1 奥日光の 50 年間に於ける林相への攪乱の影響

本調査と館脇ら (1966) の毎木調査の結果を基にした主座標分析の結果、シカ柵の内外に拘らず調査した 14 林分中 12 林分では樹種組成に大きな変化はみられなかった。しかし、残りの 2 林分の志津のコメツガ・ダケカンバ林および三岳のトウヒ林では、主座標分析における本調査と館脇ら (1966) の 2 つの座標点の移動距離が大きいなど、林冠層の樹種組成が大きく変化したことを示した (図-17a)。また、植生断面図と樹冠投影図をみると、樹冠の著しい疎開といった林分構造の変化も生じていた (図-2、3；表-2、5)。志津のコメツガ・ダケカンバ林では、53 年前の館脇ら (1966) の調査当時に高木層や亜高木層にみられたすべてのコメツガが消失し、伐採によ

る切り株が多くみられた。森林所有者からは伐採年に関する情報を得られなかったが、成長錘コア解析の結果から 1973 年頃にダケカンバを残すような択伐が行われ (図-16)、人為的攪乱が生じたことが示唆される。この林分の近くにある宇都宮大学農学部附属日光演習林太郎山地区でも 1971 年の国有林からの移管前に択伐が行われていたことが示唆されている (田宝ら 2014)。よって奥日光地域では 1970 年代前半に天然林における伐採が行われたものと考えられる。三岳のトウヒ林では、51 年前の館脇ら (1966) の調査当時にみられた 9 本のうち 1 本以外のすべてのトウヒが倒木枯死し、優占種がオガラバナおよびナナカマドに変化していた (図-3；表-5)。著者らの踏査によると、この林分を含む峠一帯のおよそ 1.5 ha で根返りが発生しており、大規模攪乱が生じたことを

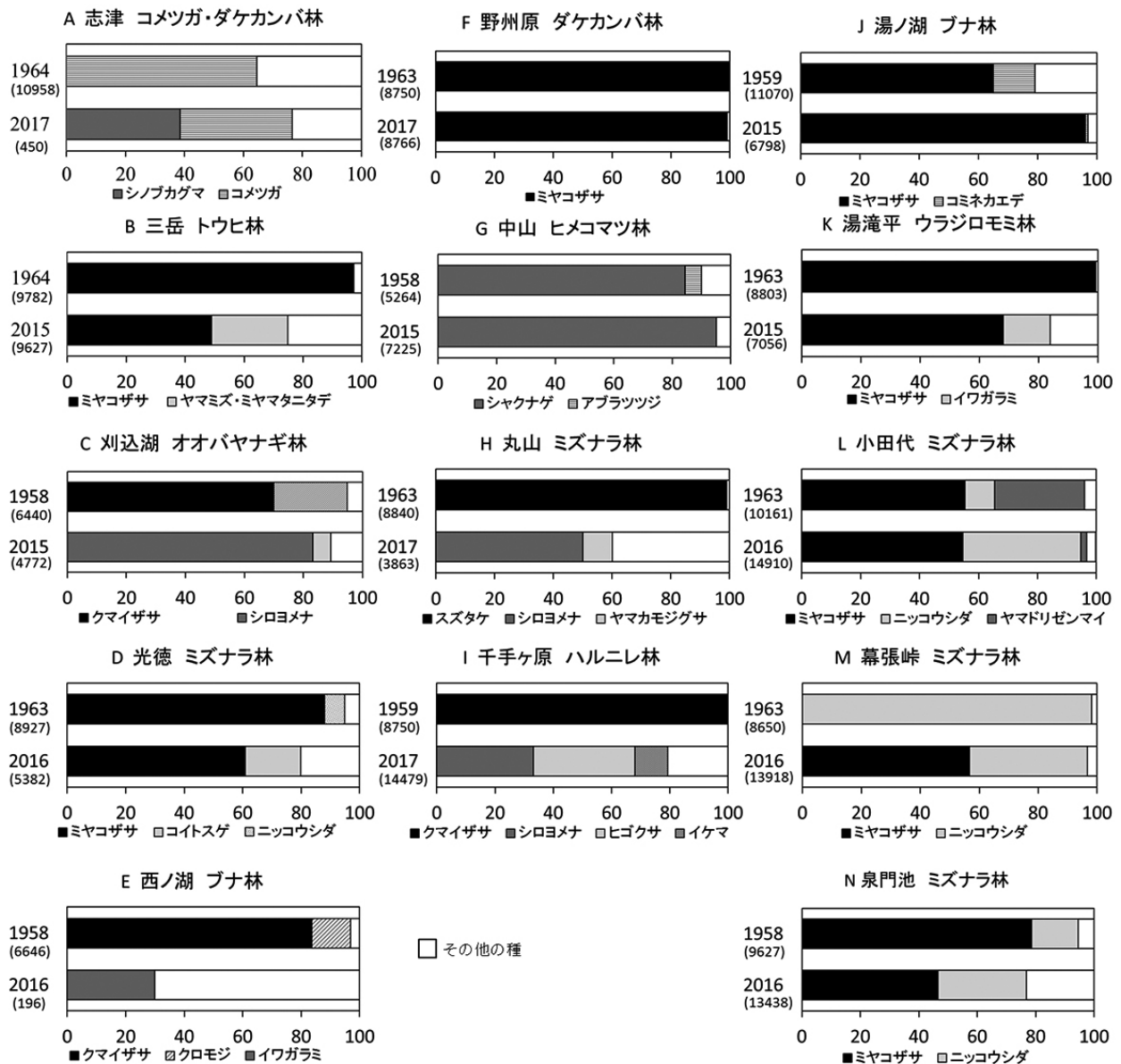


図-18 各調査林分における林床植生の総合優占度の割合の変化
A~Iはシカ柵外、J~Nはシカ柵内の林分。括弧内は総合優占度を示す。
ササ類は黒で示した。

示している。成長錘コア解析の結果（図-16）から、1973年頃にトウヒおよびカラマツが倒木し、これによって形成されたギャップの根張りマウンド上にオガラバナやナナカマドなどの広葉樹が更新したと考えられる。栃木県には1972年の台風20号による災害記録があり、日光（中宮祠）では降水量533mmの集中豪雨が発生したとされる（栃木県2018）。このことから、三ツ岳のトウヒおよびカラマツの倒木は1972年の台風20号により生じた可能性が示唆される。成長錘コア解析の結果（図-16）、西ノ湖のブナ林ではハウチワカエデが、泉門池のミズナラ林においては、ウラジロモミ、キハダが1972年頃に成長の増加がみられることから、奥日光一帯で台風による攪乱が生じた可能性が示唆される。

以上のように、奥日光の森林においては、伐採や台風による大規模攪乱が森林動態に影響を与えているものの、林冠層の樹種組成が大きく変化するような攪乱の頻度は50年間ではそれほど高くはないことが明らかとなった。ただ、今回の調査では、シカ柵内で大規模攪乱を受けた林分がなかったため、大規模攪乱の回復がシカ柵内外でどのように異なるかは検討できなかった。シカ柵内にある湯ノ湖のブナ林、湯滝平のウラジロモミ林、および泉門池のミズナラ林では、カエデ類やミヤマザクラなどの亜高木層への新規加入が目立つ林分もみられた（表-21、23、29）ことから、攪乱からの回復がシカ柵内外で異なることも予想され、今後の明らかにすべき課題といえるだろう。

表-31 調査地における不嗜好性植物および被食耐性植物の総合優占度

耐性区分	植物名	生活型	生育型	柵外										柵内					合計
				志津コメツガ・ダケカンバ林	三岳トウヒ林	別込湖オオハヤナギ林	光徳ミズナラ林	西ノ湖ブナ林	野州原ダケカンバ林	中山ヒメコマツ林	丸山ミズナラ林	千手ハルニレ林	湯ノ湖ブナ林	湯滝平ウラジロモミ林	小田代ミズナラ林	霧張峠ミズナラ林	泉門池ミズナラ林		
不嗜好性	シロヨメナ	多年生草本	直立型	・	6	3964	2	5	・	・	1932	4800	10709	5	9	・	・	284	298
	イケマ	多年生草本	つる型	・	・	・	・	4	・	・	186	1650	1840	・	・	・	・	・	・
	キオン	多年生草本	直立型	・	・	6	・	・	・	・	・	750	756	3	1	2	・	1	8
	ウリハダカエデ	落葉高木	高木型	2	・	・	・	10	・	・	3	・	14	6	8	3	・	194	211
	カリガネソウ	多年生草本	直立型	・	・	・	・	・	・	・	・	179	179	・	・	・	・	・	・
	テンニンソウ	多年生草本	直立型	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	50	・	・	・	50
	サワギク	多年生草本	直立型	・	・	10	・	・	・	・	・	3	13	1	9	・	・	・	10
	ニシキウツギ	落葉低木	低木型	・	8	・	・	・	・	・	1	・	9	・	・	1	・	10	11
	ヤマクワガタ	多年生草本	直立型	・	4	・	・	・	・	・	1	3	8	・	1	・	・	1	2
	トモエソウ	多年生草本	直立型	・	・	・	・	・	・	・	1	1	・	・	・	4	・	・	4
	ハルカラマツ	多年生草本	直立型	・	・	・	2	1	・	・	・	2	5	・	・	・	・	・	・
	テンナンショウ類	多年生草本	直立型	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	1	・	3	4
	ナギナタコウジュ	一年生草本	直立型	・	・	・	・	・	・	・	2	2	・	・	・	・	・	・	・
耐性	ヤマカモジグサ	多年生草本	叢生型	・	・	・	・	・	・	390	5	395	・	・	・	・	・	・	
	オオバコ	多年生草本	ロゼット型	・	・	・	301	1	・	・	1	5	308	・	・	・	・	・	
	オオバノヤエムグラ	多年生草本	分枝型	・	・	・	1	・	・	・	1	157	159	・	・	・	・	・	
	イヌトウバナ	多年生草本	直立型	・	・	・	・	・	・	7	108	115	・	・	1	・	・	1	
	タニソバ	一年生草本	分枝型	・	4	・	・	・	・	・	57	61	・	・	・	・	・	・	
	ヤマハタザオ	越年生草本	ロゼット型	・	・	・	2	・	・	・	10	12	・	・	・	・	・	・	
	ヒメノガリヤス	多年生草本	叢生型	・	・	・	2	・	・	・	2	4	・	2	・	2	・	2	
	クリンソウ	多年生草本	ロゼット型	・	・	・	・	・	・	・	3	3	・	・	・	・	・	・	
	ハナタデ	一年生草本	直立型	・	2	・	・	・	・	・	・	2	・	・	・	・	・	・	・
	小型耐性	ミヤマタニタデ	多年生草本	直立型	・	500	149	・	・	・	・	・	649	1	10	・	・	・	11
ヤマミズ		一年生草本	直立型	・	500	1	2	・	・	7	10	520	・	3	1	・	3	6	
ツボスミレ		多年生草本	ロゼット型	・	・	・	1	・	・	3	6	10	・	56	3	・	・	59	
タニギキョウ		多年生草本	直立型	・	8	3	2	1	・	4	9	27	68	5	1	・	3	76	
シロバナノヘビイチゴ		多年生草本	匍匐型	・	2	・	2	・	・	6	10	20	・	1	・	・	・	1	
セントウソウ		多年生草本	ロゼット型	・	・	・	・	・	・	10	10	・	10	・	・	・	・	10	
ヒメチドメ		多年生草本	匍匐型	・	・	・	・	・	・	2	2	4	・	・	・	・	・	・	
有刺性	サンショウ	落葉低木	低木型	・	・	・	・	・	・	3	3	・	・	・	・	・	・	・	
	アザミ類	多年生草本	直立型	・	・	・	・	・	・	1	1	・	・	1	・	・	・	1	
	モミジイチゴ	落葉低木	低木型	・	・	・	・	・	・	・	・	1	・	・	・	・	・	1	
C.V.合計				2	1034	4133	315	23	1	0	2548	7783	15839	85	163	19	0	498	764
出現総種数				1	9	6	9	6	1	0	16	23	29	7	12	11	0	8	19

F：常在度、C.V.：総合優占度

4.2 奥日光の 50 年間における林床植生へのシカの影響

山地帯におけるシカの増加が林床植生に与える影響については数多くの報告がある（例えば、高槻 1989；大橋ら 2007；田村 2008）。しかし、増加前後でデータに基づいた長期的な比較分析をした研究例はほとんどない。本調査と館脇ら(1966)の林床植生データの除歪対応分析の結果、2001 年に設置されたシカ柵外の林分では、9 林分中 5 林分で優占種の変化がみられ（図-18）、本調査と館脇ら（1966）の DCA の 2 座標点の移動距離も大きかった（図-17b）。このうち、刈込湖オオバヤナギ林（C）、丸山のミズナラ林（H）、および千手ヶ原のハルニレ林（I）では、優占種がササからシカの不嗜好性植物（高槻 2015）であるシロヨメナに変わり、三ツ岳ではミヤコザサ林床の中にヤマミズヤミヤマトタデなどの小型耐性種が増加するなど大きな変化がみられた。したがって、DCA の結果は、このような変化を反映したものと考えられる。志津のコメツガ・ダケカンバ林（A）も林床植生に大きな変化がみられ、53 年前は樹高 1 m 以下のコメツガ稚樹が繁茂していた林床が、現在はシノブカグマがわずかにみられる程度に変わっていた（図-18）。コメツガはシカが忌避する樹種とされる（神崎ら 1998）こともあるが、奥日光では剥皮されたコメツガも少なくなかった。したがって、このような林床植生の変化は、稚樹の成長にともなうコメツガの草本層から低・亜高木層への移行と林床の照度の低下などとともに、シカの被食の影響によるものと考えられる。一方、シカ柵内では、湯ノ湖ブナ林（J）を除いて、本調査と館脇ら（1966）の DCA の 2 座標点の移動距離はほとんどなかった。また、シカ柵外では、シカ柵内よりもシカの被食に対する耐性植物や小型耐性植物の総合優占度が大きかった（表-31）ことから、シカの採食の影響は、シカ柵外でより顕著に生じていることが明らかになった。ただし、シカ柵内であっても、湯ノ湖ブナ林（J）のように、コミネカエデやオオカメノキ（*Viburnum furcatum*）などの稚樹の減少に伴い、DCA の 2 座標点の移動距離が比較的大きなものがあった。奥日光でシカが増加しはじめたのは 1990 年代、環境省がシカ柵を設置したのは 2001 年であることから、この間のシカの被食の影響が林分によっては残っている可能性が考えられる。

以上より、奥日光のシカ柵外では、シカの不嗜好性植物や耐性植物の増加が顕著であることがデータに基づいて明らかとなった。また、ほとんどすべての調査林分から確認されたシカの食痕からも、奥日光におけるシカの増加に伴う採食がこの 50 年間で森林植生に大きな変化をもたらしていることが明らかとなった。

5. 結論

山岳地域において、長期的な森林動態を同一地点において研究した例は少なく、シカの増加データ前後で比較した報告はほとんどない。本研究において、館脇ら（1966）の記録を基に、50 年間で経過した同一の林分を発見し、奥日光の森林植生の変化をデー

タに基づいて比較した結果、50 年間では林冠層の樹種組成を大きく変えるような伐採や台風による大規模攪乱の頻度は低く、林相に大きな変化はみられなかった。しかし、林床植生の調査結果の比較から、当時みられなかったシカの採食が植生変化に大きな影響を与えていることが明らかとなった。このことは、本研究で用いた手法は当時予測できなかった外的攪乱による森林植生変化を把握する上で有効であることを示すとともに、長期森林動態調査区におけるモニタリング調査の重要性を示すものと考えられる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、日光森林管理署より奥日光国有林の調査許可をいただいた。また、日光二荒山神社社務所より、男体山麓北面境内地の調査許可をいただいた。北海道大学演習林研究報告編集委員長・北海道大学北方生物圏フィールド科学センター森林圏ステーション長の日浦勉教授より、館脇ら（1966）の図の利用許諾をいただいた。宇都宮大学雑草と里山の科学教育研究センターの小金澤正昭名誉教授には、奥日光のシカに関するご助言および資料提供をいただいた。また、同センターの西尾孝佳准教授より本研究に対する貴重なアドバイスをいただいた。宇都宮大学農学部森林科学科森林生態学・育林学研究室の先輩、同僚、後輩の皆様には野外調査に際して大変お世話になった。以上の方々はこの場を借りして、厚く御礼申し上げます。

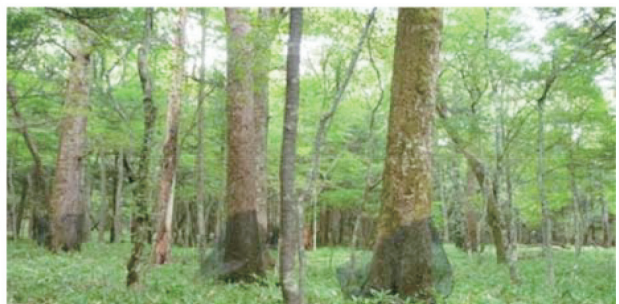
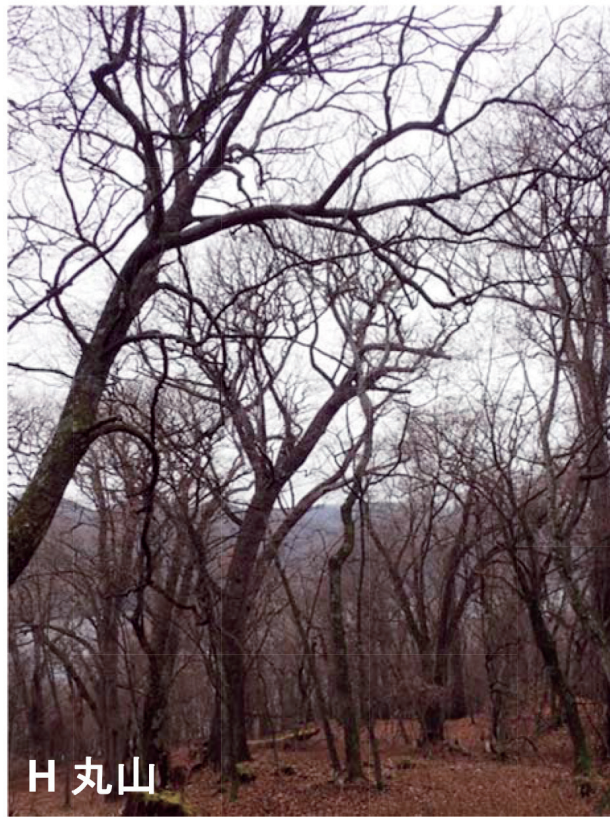
引用文献

- 長谷川順一（1982）栃木県の植物と花. 栃木の葉書房.
 長谷川順一（2008）栃木県の自然の変貌, 自然の保全はこれでよいのか. 自費出版.
 林 弥栄（1954）日本産重要樹種の天然分布（第 3 報）. 林試研報 75：3-173.
 林 弥栄（1969）有用樹木図説. 誠文堂新光社, 東京.
 石田泰成・逢沢峰昭・大久保達弘（2013）炭化片分析により証拠づけられた奥日光山域における明治期の山火事. 森林立地 55：1-8.
 神奈川県自然環境保護センター（2016）神奈川県シカ不嗜好性植物図鑑. 神奈川県自然環境保護センター.
 環境省（2015）奥日光・戦場ヶ原シカ対策（<http://www.env.go.jp>）
 神崎伸夫・丸山直樹・小金澤正昭・谷口美洋子（1998）栃木県日光のニホンジカによる樹木剥皮. 野生動物保護 3：107-117.
 気象庁（2015）過去の気象データ検索（<http://www.data.jma.go.jp>）
 小林四郎（1995）生物群集の多変量解析. 蒼樹書房.
 小林幹夫・濱道寿幸（2001）奥日光・小田代原南側山地林におけるササ類の生態とニホンジカによる選択的食害. 宇大演報 37：187-198.
 小金澤正昭・佐竹千枝（1996）奥日光におけるニホンジカの植生に及ぼす影響と生態系の保護管理. 第 5 期プロ・ナトゥーラ・ファンダ助成成果報告書：

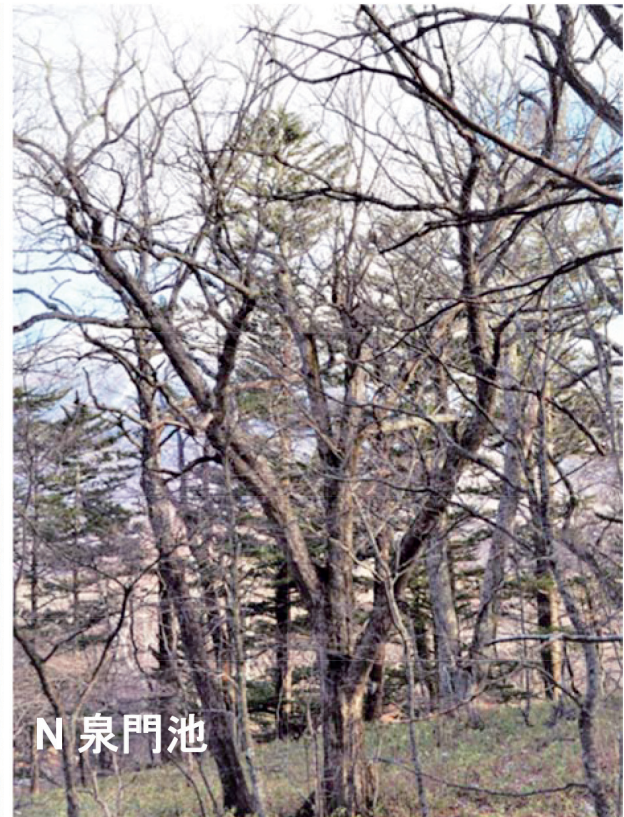
- 57-66.
- 小金澤正昭 (2015) 奥日光におけるシカの爆発的増加によって生じた森林生態系への影響と保護管理の課題. 日本の科学者 50 (9) : 5-11.
- Mayr H (1890) Monographie der Abietineen des Japanischen Reiches: Tannen, Fichten, Tsugen, Lärchen und Kiefern in systematischer, geographischer und forstlicher Beziehung. M.Riger'sche Universitäts-Buchhandlung, Muchen.
- Miyoshi M (1899) Botanische Mitteilungen aus Nikko. Bot Mag Tokyo 13 : 123-128.
- 村上雄秀 (2007) シカ食害下の丹沢山地の植生変遷について. 生態環境研究 14 : 19-33.
- 村松任三 (1984) 日光山植物目録. 敬業社.
- 邑田 仁・米倉浩司 (2012) 日本維管束植物目録. 北隆館.
- Oksanen J, Blanchet FG, Kindt R, Legendre P, Minchin PR, O'Hara RB, Simpson GL, Solyomos P, Stevens MHH, Wagner H (2017) vegan: Community Ecology Package. R package version 2. 4-3. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan> (2017年12月14日取得)
- 奥田 圭・關 義和・小金澤正昭 (2012) 栃木県奥日光地域におけるニホンジカの高密度化による植生変化が鳥類群集に与える影響. 日林誌 94 : 236-242.
- 奥田 圭・關 義和・小金澤正昭 (2013) 栃木県奥日光地域における繁殖期の鳥類群集の変遷-特にニホンジカの高密度化と関連づけて-. 保全生態学研究 18 : 121-129.
- 奥田 圭・田村宜格・關 義和・山尾 僚・小金澤正昭 (2014) ニホンジカの高密度下における防鹿柵の設置がマルハナバチ群集の回復に寄与する効果. 保全生態学研究 19 : 109-118.
- 大橋春香・星野義延・大野啓一 (2007) 東京都奥多摩地域におけるニホンジカ (*Cervus nippon*) の生息密度増加に伴う植物群落の種組成変化. 植生学会誌 24 : 123-151.
- Roberts DW (2017) labdsv: ordination and multivariate analysis for ecology. R package version 1.6-1. <http://ecology.mus.montana.edu/labdsv/R> (2018年2月2日取得)
- Sargent CS (1894) Forest flora of Japan, Notes on the forest flora of Japan. Houghton, Mifflin and Company. Boston.
- 佐藤顕信・谷本丈夫 (2003) 奥日光地域におけるウラジロモミ林の分布特性および年輪解析による更新パターンの予測. 森林立地 45 : 55-63.
- 澤田晴雄・梶 幹男・五十嵐勇治・大村和也 (1995) 秩父地方山地帯天然林の更新に関する基礎的研究 III - 約 145 年前に生じた人為攪乱がヒノキ林の更新に与えた影響 -. 東大演報 93 : 21-40.
- 關 義和・小金澤正昭 (2010) 栃木県奥日光地域の防鹿柵外におけるミミズ類の増加要因-シカによる植生改変の影響-. 日林誌 92 : 241-246.
- 田宝 遼・逢沢峰昭・大久保達弘 (2014) 日光演習林の林相タイプと過去の山火事. 宇大演報 50 : 85-90.
- 高槻成紀 (1989) 植物および群落に及ぼすシカの影響. 日林誌 39 : 67-80.
- 高槻成紀 (2015) 植物への影響. シカの脅威と森の未来 (前迫ゆり・高槻成紀 編). 文一総合出版, 31-41.
- 田村 淳 (2008) ニホンジカによるスズタケ退行地において植生保護柵が高木性樹木の更新に及ぼす影響-植生保護柵設置後7年目の結果から-. 日林誌 90 : 58-165.
- 田村 淳 (2009) シカの採食により退行した冷温帯自然林における植生保護柵による林床植生の回復. 神奈川県自然環境保護センター報告 7 : 1-108.
- 館脇 操・伊藤浩司・遠山三樹夫 (1964) コメツガ林の群落学的研究. 北大演報 23 : 83-146.
- 館脇 操・伊藤浩司・遠山三樹夫・横溝康志 (1966) 奥日光の森林植生. 北大演報 24 : 291-497.
- Ter Braak CJF, Prentice IC (1988) A theory of gradient analysis. Advan Ecol Res 18: 118-121.
- 栃木県 (2017) 平成 27 年度栃木県ニホンジカ管理計画モニタリング結果報告書. 栃木県自然環境課.
- 栃木県 (2018) 過去における災害一覧 (<http://www.pref.tochigi.lg.jp>)
- 敦見和徳・奥田 圭・小金澤正昭 (2015) ニホンジカの高密度化による林床環境改変が初夏期の土壌動物群集に与える影響. 森林立地 57 : 85-91.
- 薄井 宏 (1955) 奥日光の森林植生 第 1 報 男体山の部. 宇大農学報 3 : 18-30.
- 薄井 宏 (1958) 太平洋-日本海気候域境界における森林植生: 男体山をのぞく奥日光の山岳森林. 日林誌 40 : 332-342.
- Wilson EH (1916) The Conifers and Taxads of Japan. The University Press. Cambrige.
- 矢部吉禎 (1903) 日光附近新産地. 植物学雑誌 17 : 261-262.
- Yamazaki T (1995) Pinaceae. Iwatsuki K, Yamazaki T, Boufford DE, Ohba H (eds) Flora of Japan, vol. 1 Pteridophyta and Gymnospermae, Kodansha, 266-277.



附図-1 調査林分の概要



附図-1 調査林分の概要



附図-1 調査林分の概要