

研究資料 (Research record)

北海道東部弟子屈天然林における長期林分成長モニタリング

石橋 聰^{1)*}、古家 直行¹⁾、鷹尾 元²⁾、高橋 正義³⁾、佐々木 尚三⁴⁾

要旨

北海道東部弟子屈^{てしかが}天然林における林分成長を 69 年間モニタリングした。その結果、期間内の林分材積はおおむね横ばい傾向を示し、成長量と枯損量がほぼ釣り合っていた。一方、広葉樹を主体に立木本数は増え、直径階本数分布は逆 J 字型が強まった形状に変化していた。これらのことから、本林分のような老齢林では、長期間林分材積が一定の水準で推移して安定しているようにみえても、その内部では樹種構成や林型といった林分構造に変化が起きていることが示された。

キーワード：長期モニタリング、老齢林、林分構造、林分材積

1. はじめに

北海道の天然林においては、開拓以来、木材生産のための施業方法として択伐が行われてきた。この天然林択伐施業を行っていくためには、保続を目標とした収穫調整のための成長量や枯死量の把握などが必要であるが、戦前まではその把握が十分ではなかった。そのため、北海道の森林面積の 55% を占め、天然林択伐施業を主に担ってきた国有林では、1950 年代から当時の北海道内 5 営林局が天然林成長量把握などを目的とした固定試験地を各管内に設定し、調査を行ってきた。その後、1990 年代までにほとんどの試験地は廃止されたが、その一部は森林総合研究所北海道支所が引き継ぎ、調査を続けている (石橋 2011)。本報では、そのうち旧帯広営林局管内にある弟子屈天然林成長量固定試験地における 69 年間の調査結果を報告する。

2. データと方法

2.1 試験地の概要

弟子屈天然林成長量固定試験地は、北海道森林管理局根釧西部森林管理署弟子屈国有林 4047 林班い小班 (北緯 43°27'52"、東経 144°14'32") にある。この試験地は、旧帯広営林局が天然林の成長量、枯死量および林分構造の推移を把握検討し、施業計画樹立の基礎資料とするため、管内に 1950 年から 1954 年にかけて設けた 30 か所の試験地 (帯広営林局 1974) のうちの 1 か所である。

試験地は 1950 (昭和 25) 年秋に設定され、面積は 1 ha、形状は 100 m × 100 m の正方形で、標高 520 m、平均傾斜 20° の山腹南斜面にある (Fig. 1)。近隣の弟子屈のアメダスデータ (1991 年～2020 年の平均値) によると、年平均

気温 5.2°C、年降水量 1092 mm である。地質は凝灰角礫岩、土壌型は B₀ 型で、林床は桿高 130 cm 前後のクマイザサが繁茂している。なお、過去、試験地設定以前を含め、試験地内では伐採などの施業は行われておらず、原生状態を保っている。

1950 年の試験地設定以降、調査は旧帯広営林局、旧北海道営林局帯広営林支局によって行われてきたが、1989 年の調査を最後に試験地は廃止された。しかしながら、長期にわたり調査が継続され、原生状態を保った貴重な天然林であることから、今後の天然林動態や施業研究に資するため、森林総合研究所北海道支所が調査を引き継ぐこととし、2000 年から調査を行ってきた。

2.2 調査データと集計方法

2.2.1 毎木調査

毎木調査は 1950 年秋の設定時以降、1959 年秋、1965 年秋、1974 年 9 月、1979 年 9 月、1989 年 9 月、2000 年 3 月、2004 年 9 月、2010 年 5 月、2015 年 5 月、2019 年 9

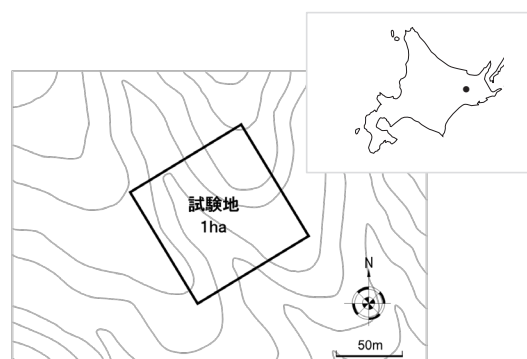


Fig. 1. 位置図

原稿受付：令和 4 年 5 月 12 日 原稿受理：令和 4 年 7 月 5 日

1) 森林総合研究所 北海道支所

2) 森林総合研究所 関西支所

3) 森林総合研究所 森林災害・被害研究拠点

4) 元森林総合研究所 北海道支所

* 森林総合研究所 北海道支所 〒062-8516 北海道札幌市豊平区羊ヶ丘 7

月の11回実施した。試験地内の胸高直径(山側地際から1.3 m)5 cm以上の全生立木について、1989年の6回目調査以前は2 cm括約単位(輪尺)、2000年の7回目調査以降は1 mm単位(直径巻尺)で、個体識別のうえ胸高直径の測定を行った(本報の集計では2 cm括約単位に統一した)。ただし、1回目から3回目調査までは、調査木個体ごとのデータは失われ、トドマツ、エゾマツ、広葉樹別の2 cm括約胸高直径階ごとの本数データのみ現存する。また、4回目から6回目調査までは、調査木個体データはあるものの、広葉樹の中に樹種判別されていない調査木があり、さらに森林総合研究所北海道支所が行った7回目調査において、番号札が剥落し個体番号が不明な調査木があったため、全ての調査木の個体識別が引き継げなかった。これらのことから、本試験地においては、現地区画は明瞭であり調査回ごとの試験地区画全体についてトドマツ、エゾマツ、広葉樹別に集計した立木本数、林分材積は使用可能であるが、6回目調査以前のデータでは、詳細な樹種構成や枯死量、進界量の把握ができないという制約がある。

なお、本報では各調査回のうち春に調査が行われた場合の調査年表記は、成長期間と一致させるため前年の表記とした。

2.2.2 幹材積

立木の幹材積は、毎木調査により得られた胸高直径と、樹高曲線により算出した樹高により2変数幹材積表(帯広営林局1961)から求めた。樹高曲線は2004年の8回目調査時に樹高を抽出調査し、トドマツ、エゾマツ、広葉樹別に作成した。

樹高曲線式は、人工林、天然林ともに良く適合するNäslund式(北方林業会1983)を使用した。

$$H = 1.3 + \frac{D^2}{(a + bD)^2}$$

ここで、 H : 樹高(m)、 D : 胸高直径(cm)、 a 、 b は定数である。樹種区分ごとのデータ数およびパラメータをTable 1、樹高曲線をFig. 2に示す。

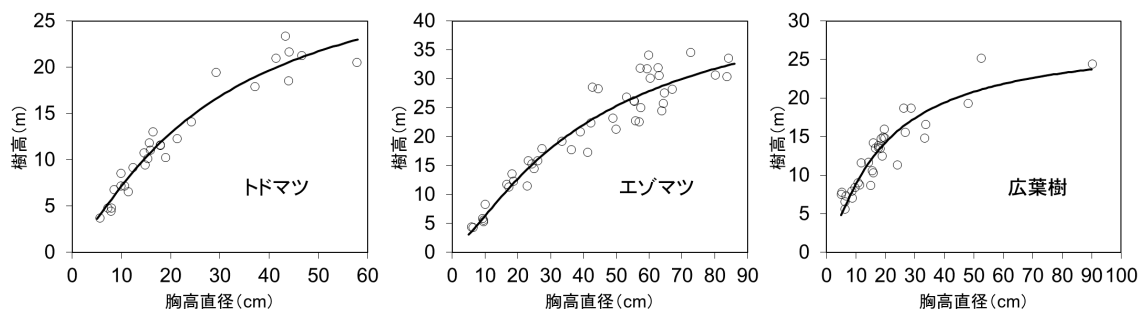


Fig. 2. 樹種区分別の樹高曲線

Table 1. 樹種区分別樹高曲線パラメータ

樹種区分	データ数	a	b	決定係数
トドマツ	29	2.4117814	0.1731209	0.95
エゾマツ	45	3.0500394	0.1431978	0.91
広葉樹	34	1.7158221	0.1920916	0.85

2.2.3 枯死木の形態調査

7回目から11回目調査においては、4つの各調査期間内に発生した胸高直径35 cm以上(調査期間期首の生立時)の大径枯死木について、期間末における枯死形態を記録した。枯死形態は「立枯れ」「幹折れ」「根元折れ」「根返り」の4区分とした。立木状態で幹全部が残っている枯死木を「立枯れ」、幹が折れているもののうち幹折れ部位が高さ1 m以上の枯死木を「幹折れ」、1 m未満を「根元折れ」とした。なお、「立枯れ」は調査期間末での状況であり、その期間内で枯死当初「立枯れ」であっても、その後「幹折れ」等に変化している可能性がある。

2.3 用語の定義

本報では立木の胸高直径を6 cmごとにくくり「胸高直径階」とし、各階をその中央値で呼称する。たとえば、胸高直径階8 cmは5 cm以上11 cm未満、14 cmは11 cm以上17 cm未満を示し、62 cmは59 cm以上を示す。また、径級区分として「小径木」は胸高直径階8 cm、14 cm、20 cm、「中径木」は胸高直径階26 cm、32 cm、「大径木」は胸高直径階38 cm以上とする。さらに、各調査時に新たに胸高直径が5.0 cm以上となった生立木を「進界木」と呼ぶ。

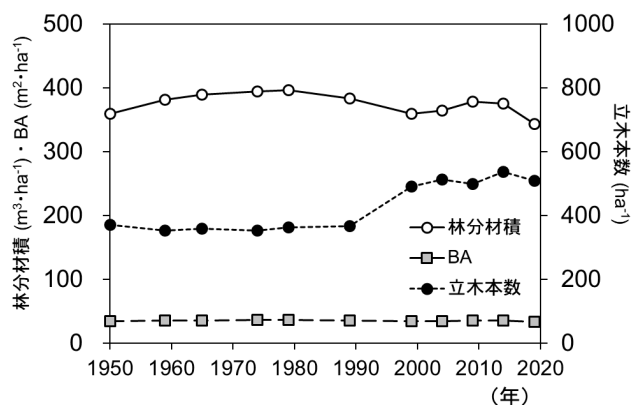


Fig. 3. 林分材積、BA と立木本数の推移

3. 結果と考察

69 年間の林分材積、胸高断面積合計（以下 BA とする）と立木本数の推移を Fig. 3、胸高直径階本数分布を Fig. 4

に示した。また、7 回目調査以降の林分諸因子を Table 2、69 年間の樹種構成の変化を Table 3 に示した。

Table 2. 林分諸因子 (1999 年～2019 年)

		1999		2004		2009		2014		2019	
立木本数 (ha ⁻¹)	針葉樹	229	(47)	245	(48)	257	(52)	305	(57)	294	(58)
	広葉樹	262	(53)	268	(52)	241	(48)	232	(43)	214	(42)
	計	491		513		498		537		508	
BA (m ² ・ha ⁻¹)	針葉樹	27.0	(79)	27.0	(78)	28.0	(78)	27.6	(77)	24.7	(74)
	広葉樹	7.1	(21)	7.7	(22)	7.8	(22)	8.1	(23)	8.5	(26)
	計	34.2		34.7		35.8		35.8		33.2	
林分材積 (m ³ ・ha ⁻¹)	針葉樹	303.1	(84)	303.5	(83)	316.7	(84)	310.6	(83)	275.2	(80)
	広葉樹	55.9	(16)	60.3	(17)	61.6	(16)	64.5	(17)	68.1	(20)
	計	359.0		363.8		378.3		375.1		343.3	
成長量 * (m ³ ・ha ⁻¹)	針葉樹			25.3	(81)	20.7	(84)	22.4	(80)	20.6	(84)
	広葉樹			5.8	(19)	4.1	(16)	5.8	(20)	4.0	(16)
	計			31.2		24.8		28.2		24.6	
枯死木本数 (ha ⁻¹)	針葉樹			26	(43)	22	(38)	16	(42)	36	(64)
	広葉樹			35	(57)	36	(62)	22	(58)	20	(36)
	計			61		58		38		56	
枯死量 (m ³ ・ha ⁻¹)	針葉樹			25.4	(93)	7.9	(73)	29.1	(91)	56.1	(99)
	広葉樹			1.9	(7)	2.8	(27)	3.0	(9)	0.5	(1)
	計			27.3		10.7		32.1		56.6	
進界木本数 (ha ⁻¹)	針葉樹			42	(51)	34	(79)	64	(83)	25	(93)
	広葉樹			41	(49)	9	(21)	13	(17)	2	(7)
	計			83		43		77		27	

* 枯死量を差し引かない粗成長量。期末の進界木材積は含まない。

注) 端数処理のため計の値が一致しない場合がある。

() 内は調査地計に占める割合。単位：%

Table 3. 樹種構成の変化

樹種	本数 (ha ⁻¹)				BA (m ² ・ha ⁻¹)				材積 (m ³ ・ha ⁻¹)			
	1950	1974	1999	2019	1950	1974	1999	2019	1950	1974	1999	2019
トマツ	84 (23)	56 (16)	75 (15)	140 (28)	6.6 (19)	4.5 (12)	4.2 (12)	3.3 (10)	59.0 (16)	40.7 (10)	38.0 (11)	26.0 (8)
エゾマツ	159 (43)	158 (45)	154 (31)	154 (30)	22.6 (67)	25.7 (71)	22.8 (67)	21.4 (64)	261.8 (73)	302.6 (77)	265.2 (74)	249.2 (73)
針葉樹計	243 (66)	214 (61)	229 (47)	294 (58)	29.2 (86)	30.2 (83)	27.0 (79)	24.7 (74)	320.8 (89)	343.3 (87)	303.1 (84)	275.2 (80)
ミズナラ	-	-		1 (0)	-	-		0.0 (0)	-	-		0.1 (0)
ハリギリ	-	-	6 (1)	6 (1)	-	-	0.3 (1)	0.4 (1)	-	-	2.0 (1)	3.6 (1)
シノキ	-	-	29 (6)	28 (6)	-	-	2.4 (7)	2.9 (9)	-	-	20.7 (6)	24.8 (7)
カツラ	-	-	6 (1)	4 (1)	-	-	0.3 (1)	0.3 (1)	-	-	2.2 (1)	2.4 (1)
ウダイカンパ	-	-	10 (2)	7 (1)	-	-	0.4 (1)	0.5 (2)	-	-	2.8 (1)	4.1 (1)
キハダ	-	-	21 (4)	14 (3)	-	-	0.2 (0)	0.3 (1)	-	-	0.8 (0)	1.8 (1)
ヒヨウ	-	-	18 (4)	9 (2)	-	-	1.5 (4)	1.6 (5)	-	-	12.9 (4)	13.8 (4)
シウリザクラ	-	-	6 (1)	5 (1)	-	-	0.3 (1)	0.2 (1)	-	-	1.9 (1)	1.8 (1)
イタヤカエデ	-	-	1 (0)	3 (1)	-	-	0.0 (0)	0.1 (0)	-	-	0.3 (0)	0.7 (0)
ハウチワカエデ	-	-	23 (5)	32 (6)	-	-	0.2 (1)	0.3 (1)	-	-	1.0 (0)	1.7 (1)
オガクハナ	-	-	24 (5)	8 (2)	-	-	0.2 (1)	0.1 (0)	-	-	1.0 (0)	0.3 (0)
サクラ類 ^{*1}	-	-	1 (0)		-	-	0.0 (0)		-	-	0.0 (0)	
ダケカンパ	-	-	65 (13)	75 (15)	-	-	1.0 (3)	1.4 (4)	-	-	7.9 (2)	9.6 (3)
ケヤマンノキ	-	-	19 (4)	5 (1)	-	-	0.2 (1)	0.2 (1)	-	-	1.1 (0)	1.6 (0)
ミヤマノキ	-	-	7 (1)	5 (1)	-	-	0.0 (0)	0.1 (0)	-	-	0.2 (0)	0.4 (0)
ナカマト	-	-	3 (1)	5 (1)	-	-	0.0 (0)	0.1 (0)	-	-	0.1 (0)	0.3 (0)
ハッコヤナギ	-	-	23 (5)	7 (1)	-	-	0.2 (1)	0.2 (0)	-	-	0.8 (0)	1.1 (0)
広葉樹計 ^{*2}	127 (34)	138 (39)	262 (53)	214 (42)	4.8 (14)	6.2 (17)	7.1 (21)	8.5 (26)	38.9 (11)	50.5 (13)	55.9 (16)	68.1 (20)
合計	370	352	491	508	34.0	36.4	34.2	33.2	359.7	393.8	359.0	343.3

*1 エゾヤマザクラ, ミヤマザクラ

*2 1950 年は広葉樹樹種の記載がなく、1974 年は広葉樹のうち樹種名不明の個体が混在しているため、広葉樹合計のみとした。

注 1) 端数処理のため計の値が一致しない場合がある。

2) () 内は占有割合。単位：%

1) 現在の林況

2019年の立木本数は508本・ha⁻¹、BAは33.2m²・ha⁻¹、林分材積は343.3m³・ha⁻¹だった(Table 2)。このBAと林分材積の数値は、原生状態の北方天然林としては既報(石橋 2011)の林分より小さいが、これは本林分では上層林冠の疎開度合いが大きいためと思われる(Photo 1)。樹種構成は材積率で73%をエゾマツが占め、トドマツとあわせ80%を針葉樹が占めているが、立木本数でみるとエゾマツ30%、トドマツ28%のほか、ダケカンバを筆頭に広葉樹が42%を占め、針葉樹、広葉樹がほぼ半々の林分である(Table 3)。北海道の針広混交林は、標高が高くなるにつれミズナラ、シナノキなどの温帯性広葉樹が減少し、エゾマツを主体に針葉樹が増加して亜寒帯性針葉樹林に移行する(柳沢 1971)が、本林分は林分材積で2割弱の温帯性広葉樹が混交しており、針広混交林域の上部に位置しているとみられる。

2) 林分構造の変化

69年間の林分材積の推移をみると、ゆるやかな上下はあるものの、300～400m³・ha⁻¹の間を推移しており、期間全体でみればおおむね横ばい傾向で、成長量と枯死量がほぼ釣り合っているといえる(Fig. 3、Table 2)。また、BAは最大値36.8m²・ha⁻¹(1979年)から最小値34.0m²・ha⁻¹(1950年)の間の値で、横ばい傾向に推移した(Fig. 3)。立木本数も全般的に変化は小さいが、1989年から1999年にかけては増加した(Fig. 3)。これは、試験地内の沢沿いに生じた崩壊地に更新したバコヤナギ、ケヤマハンノキ等や、試験地内斜面の枯死木跡に集団状に更新したダケカンバが進界したことが主要因であり、1999年の胸高直径階本数分布における広葉樹小径木の増加にあらわれている(Fig. 4)。

69年間のトドマツ、エゾマツ、広葉樹別の樹種構成の変化をみると、エゾマツは立木本数、BA、林分材積の構成割合に大きな変化はみられないのに対し、トドマツは立木本数が増加する一方、BA、林分材積は減少しており、広葉樹は立木本数、BA、林分材積すべてで増加していた(Table 3)。これは、トドマツ、広葉樹ともに進界木による立木本数の増加があるものの、トドマツは大径木を主体とした枯死木が多数発生しているためである。

胸高直径階本数分布の変化をみると、エゾマツの小径木が安定的に現れており、択伐施業林(石橋 2021)とは異なる傾向である(Fig. 4)。これは、択伐施業林では倒木が減少し、主に倒木更新に更新を依存するエゾマツ(夏目 1984)はほとんど更新できないが、本林分ではトドマツ、エゾマツ大径木の枯死が続いて倒木が供給されており、これらの倒木上や根回りマウンド上にエゾマツが更新し、進界しているためとみられる(Photo 2)。また、69年間の林分全体の胸高直径階分布の変化をみると、小中径木が増加して逆J字型の分布形状が強まってきており、林型が変化していた(Fig. 4)。

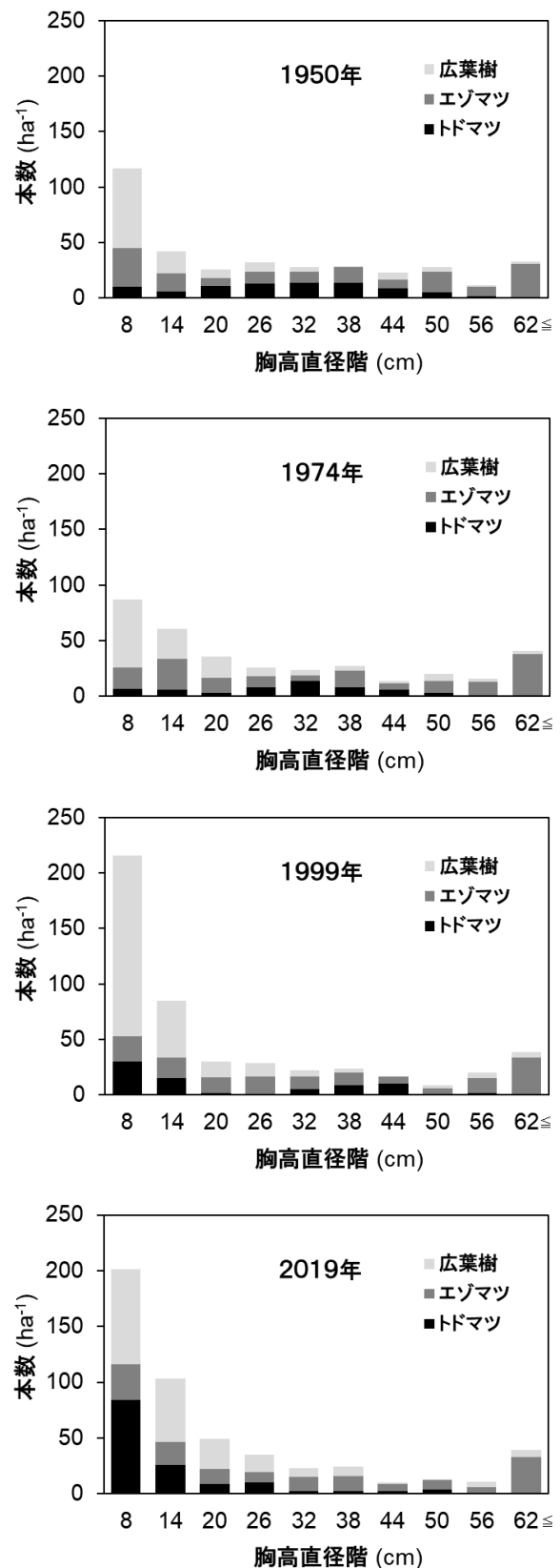


Fig. 4. 胸高直径階本数分布

胸高直径階8 cmは5 cm以上11 cm未満、14 cmは11 cm以上17 cm未満を示す。以降同じ。62 cm ≦ は59 cm以上である。

このように、本林分のような老齢林 (藤森 2003) においては、長期間でみると、林分全体での材積や BA には大きな変動がなく安定しているようにみえても、樹種構成や林型といった林分構造に変化が起きていることが、既報 (石橋 2011) と同様、本林分においても示された。

3) 大径枯死木の発生とその形態

Table 4 には 7 回目調査以降の各調査期間におけるトドマツ、エゾマツ、広葉樹別の大径 (胸高直径 35 cm 以上) 枯死木の本数とその形態を示した。大径枯死木は、各調査期間において 10 ~ 16 本発生しており、その形態は全期間全樹種込みでみると、立枯れが 62%、幹折れ (根元折れを含む) が 26%、根返りが 12% で、立枯れが最も多かった (Table 4)。ただし、立枯れの本数が多くなったのは、2014 ~ 2019 年の調査期間に試験地内のエゾマツが集団状に立枯れたことが大きな要因である (Photo 3)。このようなエゾマツ大径木の集団状の立枯れは、エゾマツが優占する天然林にしばしばみられ (渡邊 1933)、立木の生理的衰弱を誘因としたヤツバキクイムシ等の穿孔虫の寄生によるとされる (山口・小泉 1962) が、本林分については不明である。今回の調査結果から、本林分のような老齢林においては、本数の変動はあるものの、大径の枯死木は様々な形態で間断なく発生していることが示された。枯死木のうち、たとえば立枯れ木は樹洞営巢性鳥類をはじめとして様々な動物に利用され (松岡・高田 1999)、ま

Table 4. 大径枯死木の形態別本数

調査対象期間 (年)		1999- 2004	2004- 2009	2009- 2014	2014- 2019	計
立枯れ *	トドマツ	2	2	5	2	11 (65)
	エゾマツ	3			10	13 (59)
	広葉樹	1	1			2 (67)
	計	6	3	5	12	26 (62)
幹折れ	トドマツ	1	1	1		3 (18)
	エゾマツ			3		3 (14)
	広葉樹			1		1 (33)
	計	1	1	5	0	7 (17)
根元折れ **	トドマツ					0 (0)
	エゾマツ			1	3	4 (18)
	広葉樹					0 (0)
	計	0	0	1	3	4 (10)
根回り	トドマツ	2			1	3 (18)
	エゾマツ	1	1			2 (9)
	広葉樹					0 (0)
	計	3	1	0	1	5 (12)
全体	トドマツ	5	3	6	3	17
	エゾマツ	4	1	4	13	22
	広葉樹	1	1	1	0	3
	計	10	5	11	16	42

* 立木状態で幹全部が残っている枯死木

** 幹折れ部位が高さ 1 m 未満の枯死木

注) 調査期間期首において胸高直径 35.0 cm 以上 (大径木) の生立木を対象とした。

() 内は樹種ごとの形態割合。単位: %

た倒木はエゾマツなどの亜寒帯性針葉樹にとっては重要な更新床である (夏目 1984)。そのため枯死木の形態を観察、記録していくことは森林生態研究を進めるうえでも重要であり、今後もデータの蓄積が必要である。

4. おわりに

北海道における天然林択伐施業を今後も進めていくためには、択伐施業が天然林の動態に及ぼす影響を解明し、その結果をもとに施業管理技術を向上させることが必要である。そのためには施業が行われている林分だけでなく、本試験地のようなその対照となる施業が行われていない自然攪乱下での天然林動態を明らかにして、両者を定量的に比較、検討できるようにする必要があり、両者の長期林分成長モニタリングデータは必須である。今後もこれらの試験地の調査が継続されることを望みたい。

本試験地の設定と長年にわたり調査を行ってきた旧帯広営林局、旧北海道営林局帯広営林支局および現在当地を維持管理している北海道森林管理局根釧西部森林管理署の職員各位に感謝申し上げる。また、調査等に協力頂いた森林総合研究所北海道支所職員各位に感謝申し上げます。

引用文献

- 藤森 隆郎 (2003) 新たな森林管理—持続可能な社会に向けて. 全国林業改良普及協会, 428pp.
- 北方林業会 (1983) 北海道林業技術者必携 下巻. 北方林業会, 544pp.
- 石橋 聡 (2011) 北方系針広混交林の林分構造と成長の長期推移. 日本森林学会誌, 93, 64-72.
- 石橋 聡 (2021) 松川実験林が教えてくれること—天然林択伐施業試験 70 年の成果—. 森林技術, 952, 24-27.
- 松岡 茂・高田 由紀子 (1999) キツツキ類にとっての立枯れ木と森林管理における立枯れ木の扱い. Jpn. J. Ornithol, 47, 33-48.
- 夏目 俊二 (1984) エゾマツ更新の立地条件と初期生長に関する研究. 北海道大学農学部演習林研究報告, 42, 47-107.
- 帯広営林局 (1961) 立木幹材積表. 帯広営林局, 21pp.
- 帯広営林局 (1974) 帯広営林局の林業諸試験. 帯広営林局, 215pp.
- 山口 博・小泉 力 (1962) 天然生林における針葉樹枯損木の発生について. 日本林学会北海道支部講演集, 11, 17-20.
- 柳沢 聡雄 (1971) トドマツ・エゾマツ・アカエゾマツの新しい天然更新技術. 柳沢 聡雄・山谷 孝一・中野 實・前田 禎三・宮川 清・加藤 亮・尾方 信夫著 “新しい天然更新技術”, 創文, 1-78.
- 渡邊 兵左衛門 (1933) 北海道に於けるトドマツ、エゾマツを主林木とせる天然林の作業種に関する一考察. 林學會雑誌, 12, 78-89.



Photo 1. 弟子屈天然林成長量固定試験地の林相(2019年9月)

エゾマツを主体にトドマツ、広葉樹が混交する林分である。林冠が疎開し明るいため、林床の大部分にクマイザサが密生している。

Photo 2. 林床の倒木更新(2019年9月)

林床には過去の枯死木由来の倒木があり、古い倒木上にはエゾマツ、トドマツの更新がみられる。



Photo 3. エゾマツ大径木の集団状の立枯れ(2019年9月)

これらは2015年5月以降に枯死し、集団状の立枯れとなった。

Long-term stand growth of an old-growth forest in Teshikaga, eastern Hokkaido

Satoshi ISHIBASHI^{1)*}, Naoyuki FURUYA¹⁾, Gen TAKAO²⁾,
Masayoshi TAKAHASHI³⁾ and Shozo SASAKI¹⁾

Abstract

The stand growth of an old-growth forest in Teshikaga, eastern Hokkaido (northern Japan), was monitored over 69 years. There was little change in stand volume throughout the period; growth and stand mortality were almost balanced. However, the number of broad-leaved trees increased and the diameter-at-breast height class distribution changed to an inverted J shape. These results suggest that, in old-growth forest stands, the species composition and stand type change despite long-term stability in terms of the overall stand volume.

Key words : long-term monitoring, old-growth forest, stand structure, stand volume

Received 12 May 2022, Accepted 5 July 2022

1) Hokkaido Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

2) Kansai Research Center, FFPRI

3) Center for Forest Damage and Risk Management, FFPRI

* Hokkaido Research Center, FFPRI, 7 Hitsujigaoka, Toyohira, Sapporo, Hokkaido, 062-8516 JAPAN; E-mail: sa9267@ffpri.affrc.go.jp

