

短 報 (Short communication)

東大雪天然林における風倒後 60 年間の林分動態

石橋 聰^{1)*}、古家 直行¹⁾、佐々木 尚三¹⁾、高橋 正義²⁾

要旨

北海道中央部東大雪の三股風害跡試験地において、風倒後 60 年間の林分動態を検討した。風倒 60 年後の林分状況は、立木本数 1,230 本/ha、胸高断面積合計 46.15m²/ha、林分材積 423.4m³/ha の針葉樹林で、林分材積は風倒前の 1.8 倍になっていた。立木本数は風倒後増加を続け、37 年後をピークに減少に転じた。風倒後の本数増加には前生樹の進界が大きく寄与し、その後の減少過程は個体間競争による枯死と進界木の減少によると考えられた。これらより、当林分の発達段階は風倒後 40 年前後で林分成立段階から若齢段階に移行したと考えられた。

キーワード：針葉樹天然林、更新、林分発達段階、風倒

1. はじめに

1954 (昭和 29) 年 9 月に北海道に來襲した台風 15 号 (洞爺丸台風) は、北海道中央部大雪山系の天然林を中心に甚大な風倒被害をもたらした。その被害量は同年 5 月の低気圧の暴風による被害とあわせ 2,500 万 m³、当時の年間伐採量の 3.8 年分とされる (北海道風害森林総合調査団 1959)。北海道国有林の各営林局では、この風倒後の林分推移を調べるため、固定調査地を設置し調査を行ってきた (北海道営林局 1982) が、風倒後 60 年目となった 2014 年まで継続調査が行われてきたのは 3 カ所 (苫小牧、定山溪、十勝三股) のみである。この内、苫小牧および定山溪調査地はすでに報告 (Kosugi et al. 2016) されたので、本報では残りの北海道中央部東大雪に位置する十勝三股調査地における調査データを用いて、風倒後 60 年間の林分再生経過を明らかにする。このことにより、北方天然林における風倒による大規模攪乱後の林分動態の解明に資するとともに、今後の施業管理の一助としたい。

2. 調査地およびデータ

2.1 調査地

調査地は北海道森林管理局十勝西部森林管理署東大雪支署管内十勝三股国有林 184 林班は小班 (北緯 43° 32' 00"、東経 143° 10' 14") にある三股風害跡試験地 (以下「試験地」という) である。当地は 1954 年の風倒被害の実態を調べるため、1956 年に北海道風害総合森林調査の調査区画 (50 m × 100 m) が設置された場所だったが、調査団が調査資料を持ち帰ったため、1960 年 6 月に同所とみられる場所に新たに調査区画を設定

し、この区画を含む周囲林分を試験地とした。試験地は当時の風倒被害地の代表的な場所であることに加え、他の被害地で行われた被害木の搬出がないことが特長である。

試験地全体の面積は 20.18ha であり、調査区は 50 m × 100 m の長方形で、面積は 0.5ha である。標高 710 m、方位は北西、傾斜は 0 ~ 5° で山麓河岸段丘上のほぼ平坦地にある。近隣のぬかびら源泉郷のアメダスデータ (1981 年 ~ 2010 年の平均値) によると、年平均気温 3.7℃、年降水量 1,315mm、最深積雪深 103cm である。地質は火山灰、土壌型は B_D 型である。林床の大部分はスゲ類、シダ類、コケ類に覆われているが、一部の疎開地ではクマイザサが疎生している。調査区および周囲では今日まで伐採は行われていない。

1960 年の設定以降、調査地の調査は旧帯広営林局、旧北海道営林局帯広営林支局、旧北海道森林管理局帯広分局によって行われてきたが、2005 年からは森林総合研究所北海道支所が引き継ぎ、北海道森林管理局の協力を得ながら調査を行っている。

2.2 調査データと算出方法

2.2.1 毎木調査

毎木調査は 1960 年 6 月の設定時以降、1976 年 6 月、1981 年 6 月、1991 年 9 月、2001 年 10 月、2005 年 6 月、2010 年 6 月、2014 年 9 月の 8 回実施した。調査区内の胸高直径 (山側地際から 1.3m) 5cm 以上の全生立木について、番号札による個体識別のうえ樹種の同定および直径巻尺による胸高直径の測定を行った。ただし、各調査時における樹種同定の際、エゾヤマザクラとミ

原稿受付：平成 29 年 9 月 22 日 原稿受理：平成 29 年 12 月 25 日

1) 森林総合研究所 北海道支所

2) 森林総合研究所 森林災害・被害研究拠点

* 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

ヤマザクラは樹種区別していないため、これらは「サクラ類」とした。なお、調査年の表記は、成長期間年数を反映させるため秋を基準とし、春に調査が実施された場合は前年の表記とした。

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2010年に調査区内で樹高を抽出調査し、トドマツ、エゾマツ（アカエゾマツ含む）、広葉樹別に作成した。

樹高曲線式は Näsund 式を使用した。

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

ここで、H: 樹高 (m)、D: 胸高直径 (cm)、a、b は定数である。

樹種区分ごとのパラメータは Table 1 に示す。

Table 1. 樹種区別樹高曲線パラメータ

樹種区分	a	b	決定係数
トドマツ	1.48953	0.18425	0.87
エゾマツ (アカエゾマツ含む)	1.85053	0.17016	0.92
広葉樹	1.38093	0.18429	0.84

2.2.3 胸高直径階の定義

本報では立木の胸高直径を6cmごとにくくり「胸高直径階」とする。たとえば、胸高直径階8cmは5cm以上11cm未満、14cmは11cm以上17cm未満を示し、62cm ≤ は59cm以上を示す。

2.2.4 風倒前後の林分状況

1960年の調査区設定時に風倒被害木について胸高直径、樹種（アカエゾマツはエゾマツに含む）、被害形態（根返り、幹折れ、立枯れ）を記録するとともに、風倒木位置図を作成した（帯広営林局計画課試験調査係 1961）。ただし、被害形態については1954年の風倒発生から5成長年経過しており、形態が変化したり（例えば「立枯れ」→「幹折れ」）この間の自然枯死木が含まれている可能性がある。

風倒被害量は風倒被害木の胸高直径から上記2.2.2の方法により幹材積を算出し、集計した。また、風倒前の立木本数、林分材積を以下の手順により推計した。設定調査時の各生立木について、①1959年の胸高直径とその次の調査である1975年の胸高直径との差から年平均直径成長量を計算、②その数値に1954年から1959年の成長期間である5年を乗じて直径成長量を計算、③その数値を1959年の胸高直径から減じて風倒前の各立木の胸高直径を計算、④これらのうち5cm以上のものを生立木とし、これらの胸高直径から上記2.2.2

の方法により幹材積を算出した。そしてこれらの生立木と風倒被害木を集計し、風倒前の立木本数、林分材積とした。これらの数値は推計値であるが、風倒前の林相と被害強度の推定に利用した。

3. 結果と考察

3.1 風倒被害の状況

風倒前の林分は、材積割合がエゾマツ、アカエゾマツが58%、トドマツが41%、広葉樹が1%の針葉樹林で、林分材積は234m³/haと推計された。風倒による被害材積は208m³/haで、調査区内の被害率は89%だった。また、風倒被害木の形態をみると、8割が根返りであり、倒れた方向をみると、多くは北～東方向で、南～西方向からの暴風によって被害が発生したとみられた（帯広営林局計画課試験調査係 1961）。調査区付近で調査された北海道風害森林総合調査団の音更風害林固定標準地の調査結果（北海道風害森林総合調査団 1959）では、生立木と被害木を合計した林分材積は224m³/ha、被害材積は180m³/haで被害率は80%とされており、今回の推計値と大きな差はなかった。

3.2 林分の再生経過

Fig.1 に立木本数と林分材積の60年間の推移を示した。立木本数は風倒後増加を続けたが、1991年に最大となりその後減少に転じたことがわかる。一方、林分材積は風倒後2009年まで一貫して増加し、風倒前の1.8倍となったが、2014年には横ばいとなった。しかし、調査区内では2013年秋に湿雪による幹折れ被害木が発生し、これが主要因となり林分材積は横ばいになったとみられ、今後林分材積は再び増加傾向を示す可能性がある。Fig.2 には胸高直径階本数分布の変化を示した。風倒発生後5年後の1959年には針葉樹を主体に8cm階の本数が多かった。また、立木本数が最大となった1991年には、20cm階以下の小径木が大きく増加して逆J字型の分布形状になっていた。これはこの間に針葉樹主体の多数の進界木があらわれ、これらが

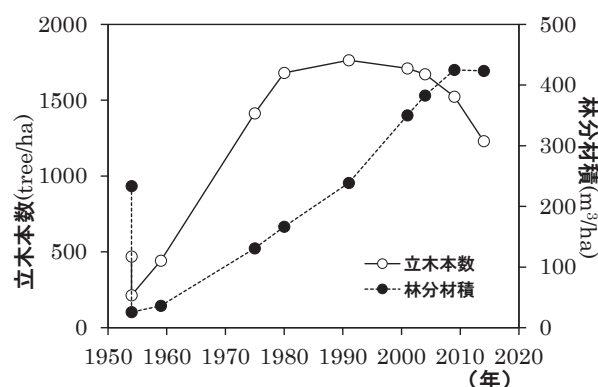


Fig. 1. 立木本数および林分材積の推移

1954年の風倒前後の値は推計値である。

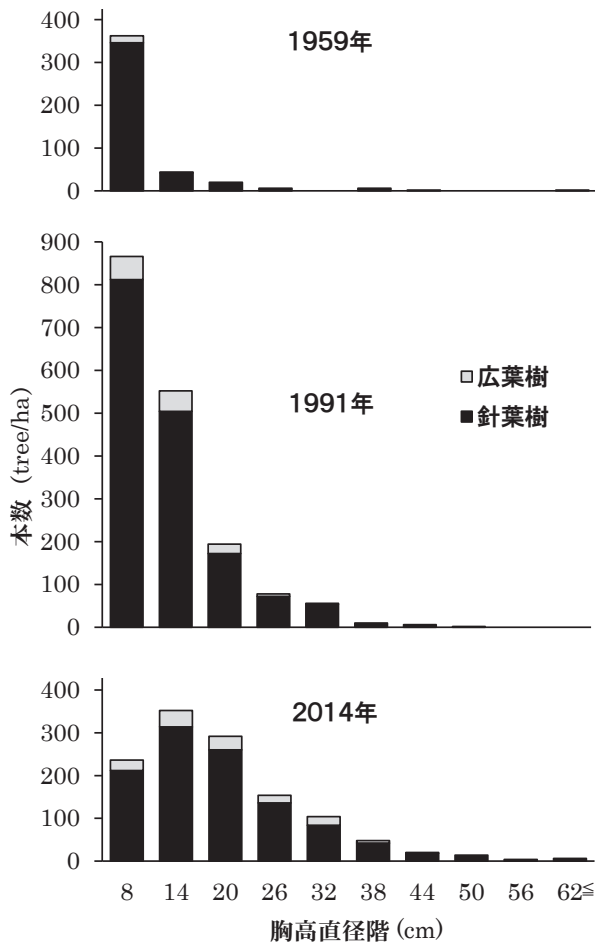


Fig. 2. 胸高直径階本数分布の変化

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

成長して上位に進階していることを示している。一方、風倒発生後 60 年目となった 2014 年をみると、8cm 階、14cm 階では立木本数が大きく減少し、逆 J 字型の分布形状が崩れてきていた。林冠の閉鎖にともなう進界木の減少、小径の直径階を中心とした個体間競争による枯死木の発生、および個体の直径成長が分布形状の変化に影響していると考えられる。

Oliver (1981) などをもとにした藤森 (2002) による林分発達段階では、大きな攪乱を受けた後の天然林の林分発達段階を、林分成立段階、若齢段階、成熟段階、老齢段階に区分しており、本調査地は風倒後進界により密度が増加する林分成立段階を経て、37 年前後で個体間競争により密度が減少する若齢段階に入り、現在に至っていると考えられる。このような大規模な風倒攪乱後 40 年前後で立木密度が減少し若齢段階に移行する現象は、更新後の林相が広葉樹林の苫小牧調査地、針広混交林の定山溪調査地 (Kosugi et al. 2016) のほか、トドマツ主体の針葉樹林である支笏湖畔シシャモナイ調査地 (石橋ら 2015) でも同様にあらわれており、樹種構成によらない北海道内天然林での一般的な現象の可能性があり、今後も調査例を増やすなど検証を進める必要がある。

Table 2 には樹種構成の変化を示した。1959 年から 2014 年の針葉樹比率の変化をみると、本数 (95 % → 88 %)、胸高断面積 (98 % → 89 %)、材積 (99 % → 89 %) とともにやや減少する傾向がみられるが、針葉樹主体の林分という点では 60 年間の大きな変化はなかった。ただし、少数ではあるが先駆樹種のシラカンバ、バッコヤナギが増える傾向がみられた。これらの樹種については、設定時には稚幼樹がみられなかった (帯広営林局計画課試験調査係 1961) ことや、1954 年の風倒による根返り木のマウンド上に多くみられることなどから、設定当時に存在した 3 本のシラカンバを除き、風倒を契機に更新が起きたと考えられる。一方、設定当時に針葉樹の前生稚幼樹が多数存在したとの記

Table 2. 樹種構成の変化

樹種	本数 (tree/ha)			胸高断面積 (m ² /ha)			材積 (m ³ /ha)		
	1959	1991	2014	1959	1991	2014	1959	1991	2014
トドマツ	364 (82)	1350 (77)	846 (69)	2.58 (56)	20.63 (70)	26.79 (58)	18.0 (50)	164.1 (69)	238.9 (56)
エゾマツ	6 (1)	20 (1)	18 (1)	0.79 (17)	0.45 (2)	0.49 (1)	8.5 (23)	3.9 (2)	4.7 (1)
アカエゾマツ	54 (12)	262 (15)	226 (18)	1.14 (25)	6.36 (21)	13.64 (30)	9.4 (26)	54.4 (23)	134.1 (32)
ミズナラ	2 (0)	4 (0)	6 (0)	0.01 (0)	0.07 (0)	0.10 (0)	0.0 (0)	0.5 (0)	0.8 (0)
シナノキ	-	2 (0)	2 (0)	-	0.03 (0)	0.06 (0)	-	0.2 (0)	0.5 (0)
シラカンバ	6 (1)	46 (3)	58 (5)	0.02 (0)	0.99 (3)	3.29 (7)	0.1 (0)	7.8 (3)	30.5 (7)
イタヤカエデ	6 (1)	16 (1)	28 (2)	0.04 (1)	0.21 (1)	0.49 (1)	0.2 (1)	1.4 (1)	3.7 (1)
サクラ類*	-	2 (0)	2 (0)	-	0.05 (0)	0.12 (0)	-	0.4 (0)	1.1 (0)
ナナカマド	4 (1)	4 (0)	-	0.02 (0)	0.05 (0)	-	0.1 (0)	0.3 (0)	-
バッコヤナギ	-	58 (3)	44 (4)	-	0.82 (3)	1.15 (2)	-	5.8 (2)	9.2 (2)
計	442	1764	1230	4.60	29.66	46.15	36.3	238.8	423.4

* エゾヤマザクラまたはミヤマザクラ

注 1) 端数処理のため計の値が一致しない場合がある。

2) () 内は調査区計に占める割合。単位：%

録（帯広営林局計画課試験調査係 1961）や、標準的なトドマツ進界木の樹齢を調べた結果、風倒前から存在した前生樹だった（佐々木・西村 1992）こと、さらに風倒被害木の搬出がなくこれら前生樹の損壊がなかったことから、調査期間前半の針葉樹進界木の多くは風倒前の前生樹由来とみられる。これらのことから、この風倒林分の再生には針葉樹前生樹が大きく寄与しており、一部に先駆樹種のマウンド更新などが加わっていると考えられる。風倒後の再生林分の樹種構成については、苫小牧調査地、定山溪調査地はそれぞれ針葉樹林から広葉樹林、針広混交林から広葉樹林へと再生しており（Kosugi et al. 2016）、針葉樹林から針葉樹林へと再生した今回の調査地とは異なる。この要因としては、それぞれの立地条件や前生樹の状態などが考えられるが、他の調査例を含めた今後の検討が必要である。

4. おわりに

今回、東大雪天然林における風倒による大規模攪乱後 60 年間の林分再生経過を明らかにしたが、長期にわたる森林動態の中では短期間に過ぎないといえる。そのため、今後も調査を継続してさらに追跡するとともに、倒木更新などの詳細な調査による更新機構の解明を進める必要がある。このことにより、今後も起こりうる大規模風倒後の施業管理方法の検討に貴重な知見を提供できると思われる。

本調査地の設定と長年にわたり調査を継続してきた旧帯広営林局、旧北海道営林局帯広営林支局、旧北海道森林管理局帯広分局、北海道森林管理局の職員各位に敬意を表するとともに感謝申し上げる。また、調査

等に協力頂いた鷹尾元、八巻一成、立花敏、倉本恵生、飯田滋生各氏の他、森林総合研究所北海道支所職員各位に感謝申し上げる。

引用文献

- 藤森 隆郎（2002）新たな森林管理技術の構築—多様な機能の発揮に向けて—。森林計画学会誌, 36 (2), 99-112.
- 北海道営林局（1982）風害森林試験地調査報告（中間報告）。北海道営林局, 56pp.
- 北海道風害森林総合調査団（1959）北海道風害森林総合調査報告。日本林業技術協会, 535pp.
- 石橋 聡・佐野 真琴・鷹尾 元（2015）支笏湖畔シシヤモナイ天然林における風倒被害後の森林再生。北方森林研究, 63, 13-14.
- Kosugi, R., Shibuya, M. and Ishibashi, S. (2016) Sixty-year post-windthrow study of stand dynamics in two natural forests differing in pre-disturbance composition. *Ecosphere*, 7 (11), e01571.10.1002/ecs2.1571
- 帯広営林局（1961）立木幹材積表。帯広営林局, 22pp.
- 帯広営林局計画課試験調査係（1961）帯広営林局管内試験地の概要第 4 報計画課担当分（風害試験林の部）。樹氷, 11 (11), 82-91.
- Oliver, C. D. (1981) Forest development in north America following major disturbances. *Forest Ecology and Management*, 3, 153-168.
- 佐々木 信彦・西村 栄三（1992）昭和 29 年台風被害跡地の現況。平成 3 年度帯広営林支局業務研究発表集, 7-16.



Photo 1. 風倒 60 年後の林相 (2014 年 9 月)

現況は針葉樹中小径木主体の林分で、林冠は閉鎖し枯立木がみられる。右のシラカンバはマウンド上に更新し 1975 年の調査時に進界した個体で、2014 年の胸高直径は 34.3cm である。



Photo 2. 地表の状況 (2014 年 9 月)

倒木の幹表面はコケ類などに覆われているが、実生はみられるものの稚幼樹は少ない。中央上および手前右の傾斜木はマウンド上に更新したバッコヤナギである。

Sixty-year stand dynamics of a forest stand damaged by Typhoon Toyamaru in Higashitaisetsu natural forest, central Hokkaido, Japan

Satoshi ISHIBASHI^{1)*}, Naoyuki FURUYA¹⁾, Shozo SASAKI¹⁾ and
Masayoshi TAKAHASHI²⁾

Abstract

The stand dynamics of a natural coniferous forest during 60 years after severe wind damage in 1954 was examined in the Higashitaisetsu area, central Hokkaido. This stand had a standing tree density of 1,230 trees/ha, a basal area of 46.15 m²/ha, and a stand volume of 423.4 m³/ha in 2014, 60 years after the wind damage. The stand volume was 1.8 times greater than before the wind damage. The number of trees increased in the first 37 years after the wind damage, probably largely due to the growth of advance regeneration; however, subsequently the number of trees began to decrease, probably due to the competition among trees and the decrease in ingrowth rate. Based on a stand development stage after a replacing disturbance, we considered that the forest stand was in the stand initiation stage about 40 years after the wind damage and then moved to the stem exclusion stage.

Key words: natural coniferous forest, regeneration, stand development stage, wind damage

Received 22 September 2017, Accepted 25 December 2017

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

2) 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