

落葉広葉樹二次林における枯死木の動態

長池卓男¹¹山梨県森林総合研究所

要旨：山梨県北部のミズナラやシラカンバにより構成される落葉広葉樹二次林の 20 年間の調査から、生立木から枯死木（枯立木、倒伏木）へのプロセスや、枯立木から地面への供給された材積などについて明らかにした。立木密度、胸高断面積合計ともにシラカンバからミズナラに優占種が交代していた。胸高断面積成長は、ミズナラがシラカンバを大きく上回っていた。各調査期間中に発生した枯死木の多くをシラカンバが占め、発生した枯死木のほとんどは枯立木であった。各調査時のシラカンバの枯立木サイズは、樹高、胸高直径ともに大きくなっており、材積も増加していた。枯立木は、立ち枯れ後に高さを減じながら地面に供給されることが多かった。枯立木から地面に供給された材積は、1 年あたり、概ね 3.5 m³/ha 程度であった。

キーワード：枯死木、枯立木、シラカンバ

Dynamics of dead trees in a secondary deciduous broadleaf forest

Takuo NAGAIKE¹¹Yamanashi Forest Research Institute

Abstract: A 20-year survey of a deciduous broadleaf secondary forest in northern Yamanashi Prefecture, consisting of *Quercus crispula* and *Betula platyphylla*, revealed the process from live trees to dead trees (fallen trees and snags) and the volume of wood supplied from snags to the ground. The dominant species shifted from *B. platyphylla* to *Q. crispula* in terms of both tree density and total basal area at breast height. In terms of basal area growth at breast height, *Q. crispula* far exceeded *B. platyphylla*. *B. platyphylla* accounted for most of the dead trees that occurred during each survey period, and most of the dead trees that occurred as snags. The size of *B. platyphylla* snags at each survey period had increased in both tree height and diameter at breast height, and the snag volume had also increased. Snags were often supplied to the ground after dying, decreasing in height. The volume of wood supplied to the ground from snags was approximately 4 m³/ha per year.

Keywords: *Betula platyphylla*, Dead trees, Snags

I はじめに

枯死木は、生物相のハビタットや炭素循環のソースなど、生態的に重要な役割を果たしている (8)。枯死木は、「枯立木」と「倒伏木」に大きく二分され、それぞれの生態的機能も異なる (6)。前者に比較して、後者は地面に接しているために腐朽速度が速く、樹体からの炭素放出が速いとされる (3, 10, 14)。

また、枯立木も、枯死からの時間経過後、腐朽や物理的な損傷による折損や倒伏が生じ、地面に接することとなる。近年の気候変動、特に乾燥化は、枯立木の地際部を弱めることから倒伏を早めているとされ、枯立木の減少が炭素放出を加速化させることも指摘されている (1)。

森林の枯死量として、落葉・落枝量の定量化は進んできたが、幹部の枯死量や地面への供給速度などについてはまだ不明な点が多い (12, 15)。枯死木の林分内での枯立木の蓄積やサイズ構造 (5)、枯立木となってから倒伏

までの期間 (11, 13) などに関する研究は蓄積されてきた。しかしながら、枯立木は突然倒伏する場合もあれば、その高さを減じながら地面に供給される場合もある (2) が、枯立木の動態についてのデータはまだ多くはない。

本研究では、山梨県北部のミズナラやシラカンバにより構成される落葉広葉樹二次林の 20 年間の調査から、生立木から枯死木（枯立木、倒伏木）へのプロセスや、枯立木から地面への供給された材積などについて明らかにした。

II 材料と方法

1. 調査地 山梨県北杜市の標高 1330 m に位置する山梨県有林において調査を行った。当該地は、2003 年にシラカンバ観賞用の景観伐採 (低木の伐採) が実施された。2024 年には、約 1km 離れた場所でミズナラへのナラ枯れが確認されたが本調査地では確認されていない。

2. 調査項目 2004 年、30×150 m の調査区を設定し、胸高直径 3 cm 以上の生立木の毎木調査を実施した。その後、5 年ごと（2009、2014、2019、2024 年）に再測し、胸高直径 3 cm 以上の生立木・枯立木の毎木調査を実施した。2004 年以降発生した枯死木について、形態（倒伏木、枯立木）と、枯立木の樹高を記録した。2004 年当時の林齢は約 50 年生とされている。枯立木は、胸高直径 3cm 以上で樹高 1m 以上を対象とした。枯立木について、前回調査よりも樹高が減っていた場合、減じた部分が地面に供給されたとした。

枯立木および枯立木から地面に供給された材積は、（直径）²×長さ（15）で求めた。

III 結果と考察

調査区は、立木密度、胸高断面積合計ともに 2004 年にはシラカンバが優占していたが、2024 年にはミズナラが優占していた（表-1）。平均胸高直径においても、ミズナラの方がシラカンバよりも大きくなっていった。長池（9）は、この調査地の 2014 年時点でウワミズザクラやヒトツバカエデにニホンジカの剥皮が増加していることを示しているが、その後の剥皮の増加は顕著ではなかった。

表-1. 調査地の林分構造の概要

Table 1 Outline of stand structure in the study plot

立木密度(生立木) /ha					
	2004	2009	2014	2019	2024
シラカンバ	484.4	411.1	286.7	237.8	144.4
ミズナラ	237.8	237.8	233.3	228.9	224.4
その他	157.8	153.3	226.7	231.1	280.0
合計	880.0	802.2	746.7	697.8	648.9

胸高断面積合計(生立木) m ² /ha					
	2004	2009	2014	2019	2024
シラカンバ	13.3	12.3	9.9	9.1	6.2
ミズナラ	6.3	7.4	8.4	9.6	10.9
その他	5.2	5.7	6.2	6.3	6.9
合計	24.9	25.4	24.4	25.0	24.1

平均胸高直径(生立木) cm					
	2004	2009	2014	2019	2024
シラカンバ	18.2	19.0	20.5	21.6	23.0
ミズナラ	17.6	19.1	20.5	22.1	23.9
その他	16.0	17.7	16.7	13.8	15.5
全体	18.0	19.0	18.6	19.3	19.0

胸高断面積成長で見ると、ミズナラがシラカンバを大きく上回っていた（図-1）。各調査期間中に発生した枯死木は、ほとんどをシラカンバが占めており（図-2）、また、発生した枯死木のうち、ほとんどは枯立木であった。これらのことから、遷移初期種であるシラカンバの衰退と遷移後期種であるミズナラの発達（7）がこの林分では見られていた。

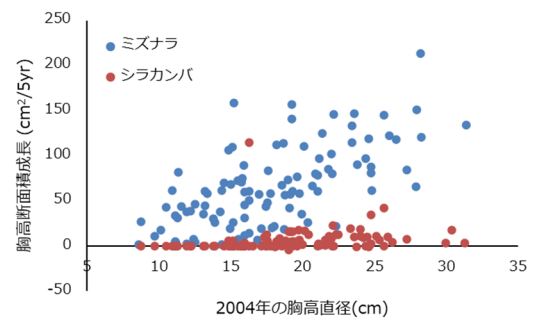


図-1. ミズナラとシラカンバの 2019-2024 年の胸高断面積成長

Fig.1 Basal area growth of *Quercus crispula* and *Betula platyphylla* between 2019 and 2024

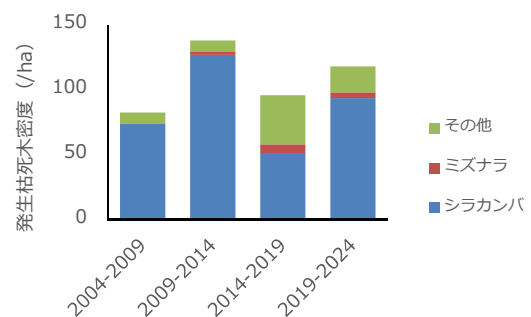


図-2. 各調査期間に発生した枯死木密度

Fig.2 Density of newly occurred dead wood in each census period

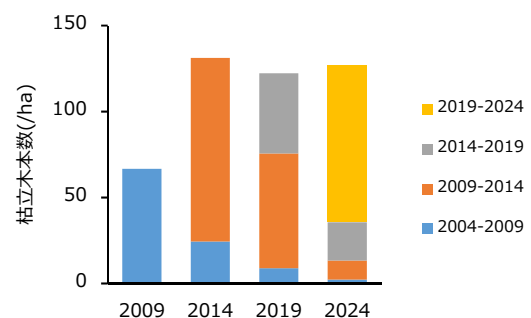


図-3. 各調査時における発生時別の枯立木本数（シラカンバ）

Fig.3 Snags density of *Betula platyphylla* by time of occurrence in each census time

各調査時における発生時別のシラカンバ枯立木本数は、2014、2019、2024 年とも、ha あたり約 140 本程度であった（図-3）。各調査時の枯立木は、発生時期が異なる枯立木で構成されており、発生からの年数が経過するほど減少していたが、新たに発生した枯立木が加わっていた。

シラカンバの枯立木サイズは、樹高、胸高直径ともに大きくなっており（図-4）、調査初期では小径被圧木の枯死であったものが、上層でのミズナラとの競争による枯死に推移してきたものと思われる。サイズの増大化に伴い、枯立木の材積も増加していた（図-5）。

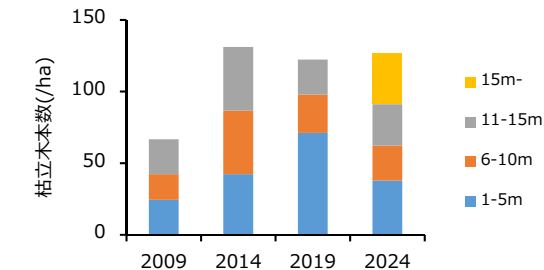


図-4. 各調査時の枯立木の樹高と胸高直径（シラカンバ）
Fig.4 Height and diameter at breast height of snags of *Betula platyphylla* in each census time

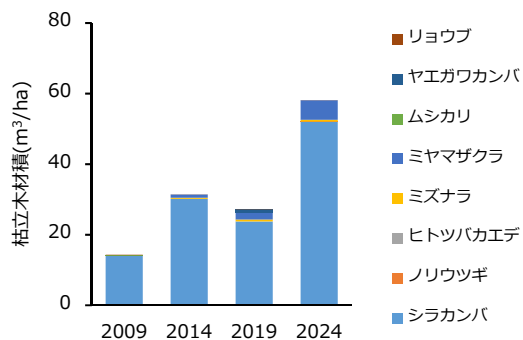


図-5. 各調査時の枯立木材積
Fig.5 Stem volume of snags

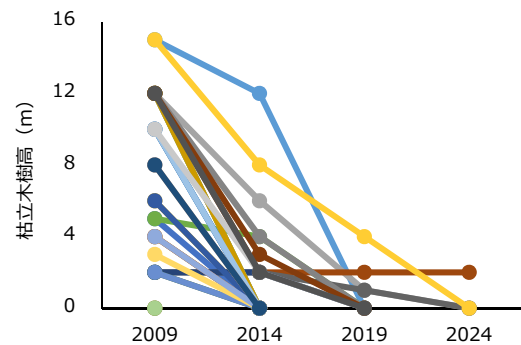


図-6. 2009年に発生していた枯立木樹高の変化（シラカンバ）
Fig. 6 Changes of height of *Betula platyphylla* snags occurred in 2009

発生した枯立木は、樹高を減じながら地面に供給されていた（図-6）。枯死後すぐに倒伏するも見られるが、立ち枯れ後に高さを減じながら地面に供給される枯立木が本調査地では多かった。

枯立木から地面に供給された材積は、1年あたり、概ね $3.5 \text{ m}^3/\text{ha}$ （平均±標準偏差： $3.5 \pm 1.2 \text{ m}^3/\text{ha}$ ）程度であることが明らかとなった（図-7）。本研究では、地面に供給された幹の腐朽度を調べていないため、枯立木から地面への炭素供給量を計算できないが、材積としての供給量を概算することができた。一方、本研究では枯死木として遷移初期種であるシラカンバを中心として解析したが、枯立木へのなりやすさや枯立木の倒伏しやすさは樹種により異なる（2, 13）。今後は、他樹種と比較することで、枯立木の森林生態系での役割のさらなる解明につながるものと思われる。

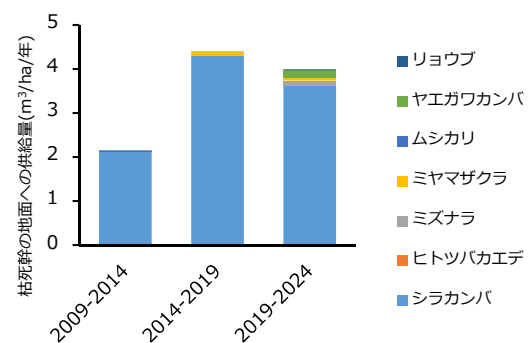


図-7. 各調査期間に枯立木から地面に供給された材積
Fig. 7 Volume provided on ground surface from snags in each census period

引用文献

- (1) Aakala T, Storaunet KO, Jonsson BG, Korhonen KT (2024). Drivers of snag fall rates in Fennoscandian boreal forests. *Journal of Applied Ecology* 61: 2392–2404
- (2) Barrett TM (2014) Storage and flux of carbon in live trees, snags, and logs in the Chugach and Tongass national forests. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station General Technical Report PNW-GTR-889.
https://www.fs.usda.gov/pnw/pubs/pnw_gtr889.pdf
(2024.11.1 参照)
- (3) Hararuk O, Kurz WA, Didion M (2020) Dynamics of dead wood decay in Swiss forests. *Forest Ecosystems* 7: 36
- (4) Kawanishi A, Sakai Y, Ishizuka S, Hashimoto S, Komatsu M, Imaya A, Yamashita N, Hirai K, Furusawa H, Aizawa S (2024) Increased deadwood carbon stocks through planted forestry practices: insights from a Forest Inventory Survey in Japan. *Carbon Management* 15: 2315087
- (5) Lutz JA, Struckman S, Germain SJ, Furniss TJ (2021) The importance of large-diameter trees to the creation of snag and deadwood biomass. *Ecological Processes* 10: 28
- (6) McComb W, Lindenmayer D (1999) Dying, dead, and down trees. In *Maintaining biodiversity in forest ecosystems*. Cambridge Univ. Press 335-372 Edited by Hunter ML.
- (7) 溝口康子・山野井克己・宇都木玄 (2021) 老齡シラカンバを含む落葉広葉樹林の枯死率の変化-個体数及び現存量をもとにした枯死率の違い. *日本森林学会誌* 103: 291-296
- (8) 長池卓男 (2014) 森林生態系の多様性維持における枯死木の役割と管理. *樹木医学の基礎講座* 海青社 60-65 樹木医学会編
- (9) 長池卓男 (2015) 整理伐されたシラカンバ二次林における 10 年間の林分動態. *山梨県森林総合研究所研究報告* 34: 5-8
- (10) Oberle B, Ogle K, Zanne AE, Woodall CW (2018) When a tree falls: Controls on wood decay predict standing dead tree fall and new risks in changing forests. *PLoS ONE* 13(5): e0196712
- (11) Oettel J, Zolles A, Gschwantner T, Lapin K, Kindermann G, Schweinzer KM, Gossner MM, Essl F (2023) Dynamics of standing deadwood in Austrian forests under varying forest management and climatic conditions. *Journal of Applied Ecology* 60: 696–713
- (12) 大塚俊之 (2005) 生態学的手法による植物の生産と枯死の定量. *日本生態学会誌* 55: 117-124
- (13) Onodera K, Tokuda S (2015) Do larger snags stand longer? –snag longevity in mixed conifer–hardwood forests in Hokkaido, Japan. *Annals of Forest Science* 72: 621-629
- (14) Strukelj M, Brais S, Quideau SA, Angers VA, Kebli H, Drapeau P, Oh SW (2013) Chemical transformations in downed logs and snags of mixed boreal species during decomposition. *Canadian Journal of Forest Research* 43: 785-798
- (15) 依田恭二 (1971) 森林の生態学. 築地書館, 東京, 331pp