

長野市飯綱高原におけるカラマツ高齡人工林の樹木成長

尾関雅章¹・栗林正俊¹

1 はじめに

マツ科のカラマツ (*Larix kaempferi* (Lamb.) Carrère) は、本州中部以北の山地帯から亜高山帯に分布する落葉性の針葉樹である。カラマツは、長野県では、その冷涼な気候に適した樹種として県内広範囲に植林されており、カラマツ人工林は、長野県の森林面積の27%、針葉樹人工林面積では55%を占める(2018年4月現在)¹⁾。長野県に現存する最古のカラマツ人工林は1852年に小諸藩が植林したものとされる²⁾。しかし、現在のカラマツ人工林の多くは戦後の拡大造林期に植林されたもので、伐期の延長傾向もあり、2018年4月現在で11齢級(植栽年を1年生とする林齢で51~55年生)以上の高齡林の面積割合が77%と非常に高くなっている¹⁾。

2016年に閣議決定された「地球温暖化対策計画」では、温室効果ガスの排出量を2030年度に2013年度比で26%削減する中期目標が示され、2030年度のエネルギー起源のCO₂排出量を92700万tに抑えるとともに、森林のCO₂吸収量を2780万t確保することが定められた。森林吸収源対策として、森林管理の対象となるのは主に人工林のため、長野県の森林吸収源対策として、長野県の針葉樹人工林の多くを占めるカラマツ人工林について森林管理が炭素吸収(樹木成長)に与える効果の評価は重要である。高齡林の場合、森林吸収源対策としては、伐採後の再造林による森林の若返りが最も期待されるが、再造林が進まない長野県の現状では、カラマツ人工林の長伐期化が現在すすんでおり、高齡林においても森林管理が炭素吸収に与える効果の検討が必要と考えられる。

しかし、カラマツは、スギやヒノキといった他の主要な針葉樹人工林に比べると造林年代が新しく、今後、高齡級のカラマツ人工林においても間伐にともなう成長量の増加が期待されるものの、長伐期化に向けた高齡林での森林管理の体系化に関する検討

が十分に進んでおらず³⁾、高齡林での森林管理に向けて成長量に関する資料集積が必要となっている。

長野県環境保全研究所飯綱庁舎の敷地林のカラマツ高齡人工林では、2009年に間伐が実施され、こうした資料収集に適した林分となっている。そこで、同カラマツ林に2002年に設けられた森林調査区⁴⁾を用いて、2018年に森林植生を再調査した結果から、2018年現在の間伐後の林分構造とカラマツの成長量について報告する。

2 調査地と方法

2.1 調査地

調査は、長野県長野市の飯綱高原に位置する長野県環境保全研究所飯綱庁舎(標高1030m、北緯36°43'32"、東経138°9'13")の敷地林内で行った。同敷地内の植生は、カラマツ植林が卓越するが、湿潤地や流水縁にはハンノキ、ハルニレ、ヤチダモなどからなる湿性落葉広葉樹林がみられるほか、一部にはミズナラ林、ドイツウヒ植林もみられる。

調査区は、この敷地内のカラマツ植林内に2002年に設けられた、40m×40mの調査区2ヶ所(調査区A、調査区B)⁴⁾を用いた。

調査区Aの林齢は68年、調査区Bの林齢は61年で、両調査区では、2009年に間伐(本数調整伐、事業地全体での間伐率32%)が行われている。2002年のカラマツの平均胸高直径(DBH)は、調査区A:23.2±5.6(平均±標準偏差)cm、調査区B:22.4±5.8(平均±標準偏差)cmで有意差は認められなかった⁴⁾。林床植生は、両調査区とも2002年と同様にクマイザサが優占していたが、調査区Aでは、調査区のおよそ25%の範囲でクマイザサが枯死していた。

2.2 方法

毎木調査は、2002年と同手法とし、調査区内の胸高直径2cm以上の立木(立ち枯れ状の枯死木を

1 〒381-0075 長野市北郷 2054-120 長野県環境保全研究所 自然環境部

含む)を対象として行い、各立木の樹種を記録し、胸高(地表上130cm)における周囲長(GBH)を測定した。なお、2002年の調査⁴⁾は、調査区Bの毎木調査の結果からカラマツを173本としたが、調査区外のカラマツが含まれていたため、今調査では調査区内の169本を対象とした。胸高周囲長は、円周率で除して胸高直径に変換した。なお、複数の幹が胸高より下部から生じている株については、それぞれの幹を個別の立木として扱った。また、カラマツの樹高について、2018年に新たに調査区の中央部20m×20m内に出現したカラマツのうち梢端の枯損のないもの(調査区A:20本、調査区B:24本)について、光波距離計(LaserTechnology社、LT200)により計測した。

毎木調査の結果から、カラマツについて、林木の混み合い度の指標として用いられる相対幹距比(Sr)を算出した。Srは、上層木の平均樹高に対する平均立木間距離の比(百分率)で、17%を下回ると混み過ぎ、14%以下であればかなりの混み過ぎとされる⁵⁾。

林冠部の鬱閉状況を観察するとともに樹冠投影図を作成するため、クワッドコプター型の無人航空機(Unmanned aerial vehicle, UAV)であるPhantom4 Pro(DJI社)を用いて調査区を林冠部からの高度約30mから撮影した。UAV撮影画像から、SfM(Structure from Motion)ソフトウェアのPhotoScan Pro(Agisoft社)を用いてオルソ画像とデジタル表層モデル(Digital Surface Model, DSM)を作成し、林冠鬱閉状況を確認した。樹冠投影図は、DSMと国土地理院が提供する基盤地図情報(10m間隔の数値標高モデル)から林冠高モデル(Canopy Height Model, CHM)を求めた後、このCHMより、統計解析ソフトウェアR3.5⁶⁾とその機能追加パッケージForestTools⁷⁾を用いて作成した(目視でオルソ画像と照合し、一部修正した)。樹冠投影図より、地理情報システム(GIS)ソフトウェアのQGIS2.18.26⁸⁾を用いて調査区中心点から半径20mの円内に含まれる樹冠の面積を算出した。また、2002年から2018年までのカラマツの成長量の指標として、両年ともに測定されているDBHを用いて、2002年と2018年の差(直径成長量)を算出した。

調査区A・B間の胸高直径、樹高、樹冠面積、直径成長量の比較には、正規性ならびに等分散性を必要としない2群の検定方法であるBrunner-Munzel検定を用いた。

毎木調査および樹高計測は、2018年11月12日、12月4日、ドローンによる空中写真撮影は2018年10月22日に実施した。

3 結果と考察

3.1 間伐後の林分構造

2009年に行われた間伐では、胸高直径成長の劣る林木が主に間伐対象となっており(図1)、間伐されたカラマツの本数は調査区Aで47本、調査区Bで69本、2002年の生存カラマツに対する本数間伐率ではそれぞれ33%と41%と調査区Bで高かった。

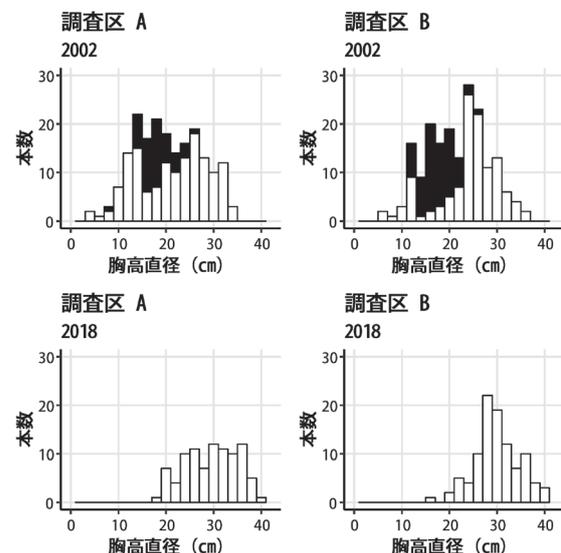


図1 調査区A・Bのカラマツの2002年と2018年の胸高直径別本数分布
2002年の黒塗り部分は、2009年に行われた間伐での間伐木。

2018年のカラマツの密度は調査区A:91本/1600m²(569本/ha)、調査区B:99本/1600m²(619本/ha)、断面積合計は調査区A:6.4m²/1600m²(40m²/ha)、調査区B:7.2m²/1600m²(45m²/ha)であった(表1)。

2018年のカラマツ以外の木本類については、出現種数は調査区A:12種類(2002年:12種類)、調査区B:18種類(2002年:15種類)で、2002年とほぼ同数であった。胸高断面積合計は、山地帯性落葉広葉樹のクリ、ミズキ、ウワミズザクラ、シラカンバ、同針葉樹のアカマツがそれぞれの調査区で上位5種を構成し、2002年に両調査区ともに胸高断面積合計で上位にあったミズナラはそれらに次いだ(表1)。

表1 調査区A・Bにおける出現樹種（胸高直径 ≥ 2 cm）の立木本数および胸高断面積合計（BA, m^2 ）. 2018年のBA合計の多い順に配列した

	調査区A				調査区B			
	2002		2018		2002		2018	
	本数	BA(m^2)						
カラマツ	142	6.3581	91	6.3981	169	7.1699	99	7.1600
クリ	5	0.0498	2	0.0795	9	0.2014	6	0.2491
シラカンバ	1	0.0442			2	0.0782	2	0.1082
ミズキ	4	0.0086	6	0.0542	3	0.0302	3	0.0459
ミズナラ	8	0.0389	2	0.0159	28	0.0771	9	0.0571
ウワミズザクラ	26	0.0176	51	0.0387	5	0.0350	3	0.0213
アカマツ					1	0.0559	1	0.0583
サワフタギ	1	0.0005			13	0.0081	20	0.0194
カスミザクラ					1	0.0040	5	0.0191
コシアブラ	1	0.0004	1	0.0017	1	0.0015	3	0.0147
リョウブ					4	0.0086	6	0.0163
ツノハシバミ	1	0.0010			4	0.0052	12	0.0154
ウリカエデ			3	0.0135				
ウリハダカエデ	1	0.0004	10	0.0124				
ミネカエデ	1	0.0008	1	0.0093				
ヤマグワ					1	0.0050	2	0.0085
ヤマウルシ	2	0.0011	2	0.0017	7	0.0073	6	0.0059
コナラ					3	0.0070	2	0.0059
ハイイヌガヤ			1	0.0006			1	0.0004
ハリギリ							2	0.0008
ホオノキ							1	0.0007
アオダモ			1	0.0005				
ノリウツギ							1	0.0004
キブシ			1	0.0004	2	0.0007		
ミヤマザクラ	1	0.0006						
合計	194	6.5221	172	6.6264	253	7.6951	184	7.8075
カラマツ以外合計	52	0.1640	81	0.2283	84	0.5252	85	0.6474

2018年のカラマツの胸高直径の平均は、調査区A:29.4cm, 調査区B:30.0cmで調査区Bでわずかに大きかったものの、有意な差は認められなかった ($P > 0.05$)。カラマツの平均樹高は、調査区A:26.1m, 調査区B:27.6mで有意な差が認められた ($P < 0.001$)。

林木の混み合い度の指標である相対幹距比 (Sr) は、調査区A:16.1%, 調査区B:14.6%で両調査区ともに、林業施業上やや過密から過密な状況にあるものと判断された。

また、林冠の鬱閉状況は、両調査区とも明瞭な林冠ギャップはみられず、ほぼ均質な鬱閉状況を示していた (図2)。林冠木の樹冠面積の平均は、調査区A:18.7 m^2 , 調査区B:17.1 m^2 で調査区Aが大きかったが、有意な差は認められなかった ($P > 0.05$)。

過密な林分では、衰弱木や枯死木が病虫害の発生源になることや、樹冠が小さくなることで風雪害が発生しやすくなるとされる⁹⁾。毎木調査の結果から、調査区内のカラマツ人工林は、2018年現在、カラマツの立木本数密度が依然として高く、森林被害抵抗性が低い状態にあることが示唆された。また、カラマツ以外の高木性の樹種では、調査地周辺の天然

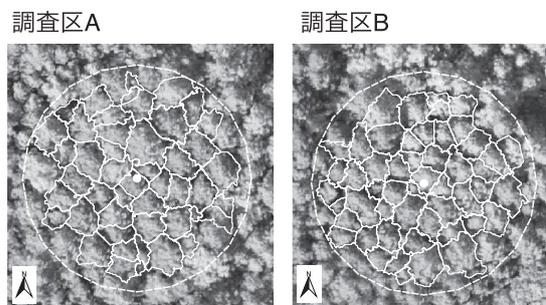


図2 調査区A・Bの樹冠部の空中写真と樹冠投影図（白線）。白点は調査区を中心点、白点線は調査区を中心点から半径20mの円を示す。

林に多いミズナラが減少していたが、これはカラマツ被陰による枯死や間伐時の伐採によるものと考えられる。

3.2 カラマツの成長

直径成長量の平均は、調査区A:3.17cm, 調査区B:3.71cmで、有意な差が認められた ($P < 0.05$, 図3)。

この結果および前項で示した調査区Bの樹高が有意に高かったことと、2009年の間伐率の違いから、間伐率のより高かった調査区Bでは、樹冠間隙が

相対的に大きく光環境が改善されたことにより、樹冠サイズが拡大しその結果として直径・樹高成長が促進された可能性が考えられる。

大矢・近藤(2013)¹⁰⁾は、若齢～壮齢な過密なカラマツ人工林の間伐と残存木の成長量を調査し、過密林であっても、全ての木が“ひよろひよろとした”形状に生育しているのではなく、立木間競争により優劣が生じていること、間伐、特に強度間伐によって優勢木のみならず中庸木も成長が促進されることを示した。

本調査地は、本数間伐率が50%以上のような強度間伐が行われてはいないが、今回の調査結果は、カラマツ高齢過密林であっても、劣勢木の間伐により優勢木・中庸木が成長する余地が生じること、間伐強度がより高い林分でそれら残存木の成長が促進される可能性を示唆するものと考えられる。

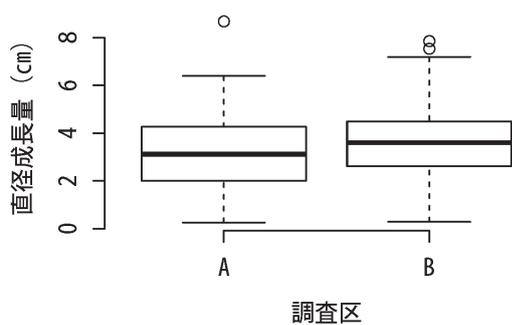


図3 調査区 A・B の2002年から2018年のカラマツの直径成長量。太線は中央値。

4 おわりに

本研究飯綱庁舎では、開設以来、今回調査した敷地林を、自然観察会や環境学習の場として利用している。今回の調査結果も、敷地林の大部分を占めるカラマツ高齢人工林についての環境学習上の資料となるものと考えられる。

謝 辞

毎木調査の実施にあたり、信州大学理学部の牧田直樹助教および研究室の学生みなさんにご協力をいただいた。また、長野県環境保全研究所敷地内のカラマツ人工林の施業履歴について、長野地域振興局林務課よりご教示をいただいた。また、本研究は、(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(2RF-1803)により実施された。ここに記して深謝致します。

文 献

- 1) 長野県林務部(2018)長野県民有林の現況(平成30年)。https://www.pref.nagano.lg.jp/rinsei/sangyo/ringyo/toukei/minyurin/h30.html(2018年12月確認)。
- 2) 大矢信次郎(2018)カラマツ人工林におけるカラマツ天然更新の誘導。森林技術 920: 12-15。
- 3) 中島耕平・保科孫恵・植木達人(2007)カラマツ人工林の長伐期大径材生産へ向けた疎植多間伐型施業に関する研究。森林計画学会誌 41: 221-235, DOI: http://dx.doi.org/10.20659/jjfp.41.2_221。
- 4) 尾関雅章・大塚孝一・浜田崇(2003)長野市飯綱高原のカラマツ人工林の森林構造。長野県自然保護研究所紀要 6: 45-48。
- 5) 林野庁(2018)平成30年度森林総合監理士(フォレストラー)基本テキスト。林野庁。
- 6) R Development Core Team(2018)R: A Language and Environment for Statistical Computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, URL: http://www.R-project.org。
- 7) Plowright, A.(2018)ForestTools: Analyzing Remotely Sensed Forest Data, URL: https://CRAN.R-project.org/package=ForestTools, R package version 0.2.0。
- 8) QGIS Development Team(2018)QGIS Geographic Information System, Open Source Geospatial Foundation, URL: http://qgis.osgeo.org。
- 9) 安藤貴(1992)閉鎖後の保育。川名明ら(編)「造林学 三訂版」, pp. 137-159. 朝倉書店。
- 10) 大矢信次郎・近藤道治(2013)過密人工林管理技術の開発。長野県林業総合センター研究報告 27: 1-24。

Tree growth of old man-made larch stands in Iizuna Heights,
Nagano Prefecture, central Japan

Masaaki OZEKI¹ & Masatoshi KURIBAYASHI¹

*1 Nagano Environmental Conservation Research Institute, Natural Environment Division,
2054-120 Kitago, Nagano 381-0075, Japan*