

栃木県の針葉樹人工林皆伐跡地に植栽されたコナラの斜面位置別の成長状況 Growth status of planted *Quercus serrata* trees after clear cutting of conifer plantation on different slope positions in Tochigi Prefecture

荒井 美香¹・逢沢 峰昭²・西尾 孝佳³・大久保 達弘²
Mika ARAI¹, Mineaki AIZAWA², Takayoshi NISHIO³, Tatsuhiro OHKUBO²

¹ 宇都宮大学大学院農学研究科森林科学専攻 〒 321-8505 栃木県宇都宮市峰町 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 栃木県宇都宮市峰町 350
Department of Forest Science, Faculty of Agriculture, Utsunomiya University,
350 Mine-machi, Utsunomiya, Tochigi 321-8505 Japan

³ 宇都宮大学雑草と里山の科学教育研究センター 〒 321-8505 栃木県宇都宮市峰町 350
Center for Weed and Wildlife management, Utsunomiya University,
350 Mine-machi, Utsunomiya, Tochigi 321-8505 Japan

はじめに

我が国の針葉樹人工林は、戦後の拡大造林政策によって造成されて以来、最初の造林転換期を迎えている。しかし、これらの針葉樹人工林の中には、不採算地にあることに加え、材価の低迷や林業従事者の高齢化等により管理不足となっているところも多く、その解決が急務となっている。これに対し、2011年7月に森林・林業基本計画の改訂がなされ、森林の有する多面的機能の発揮や、地域主導の森林計画立案などが推進された。このような中、栃木県では2006年から2013年にかけて、生育不良等の問題を抱える条件不利地の針葉樹人工林を広葉樹林へと転換する事業が促進された。これらを契機に、栃木県の一部では針葉樹人工林を皆伐し、広葉樹の単層林（林冠構成が単層もしくは単層に近いもの）へと転換する動きがあった。これまでの研究によると、広葉樹は針葉樹より伸長成長速度が遅く、植栽した場合、伸長成長の速い周囲の雑草木の影響を受けやすいとされる（岡山県農林水産部林政課 2004）。

また、針葉樹造林木の成長量は、一斉植栽した同じ樹種でも斜面位置により異なることが知られており（丹下 1987；石川県林業試験場 2004）、植栽した広葉樹でも成長量が斜面位置によって異なる可能性がある。しかし、針葉樹人工林皆伐後に造成した広

葉樹人工林の第1世代において、広葉樹植栽木の成長状態や、周囲の雑草木との関係を研究した例はごく少ない。そこで本研究では、針葉樹人工林皆伐跡地に造成され、下刈り期間を終えた若齢コナラ人工林において、植栽コナラの成長および周囲の雑草木の繁茂状況について調べた。

調査地と方法

調査地の概要

本研究は、栃木県那珂川町大那地大月沢地区（以下、大月沢）、大山田上郷原沢地区（原沢）および矢板市長井株次地区（株次）の3つの民有林でおこなった（図-1）。大月沢から北東10 km、原沢から西北西10 kmに位置する茨城県大子気象観測所（北緯36°46.7'、東経140°20.7'、標高120 m）における1981～2010年の年平均気温は12.2°C、暖かさの指数（WI）は97.1°C・月、年平均降水量は1435.1 mmである（気象庁 2015）。また、株次から北北西9 kmに位置する栃木県塩谷気象観測所（北緯36°45.4'、東経139°53.0'、標高225 m）における1981～2010年の年平均気温は12.3°C、WIは96.1°C・月、年平均降水量は1624.2 mmである（気象庁 2015）。本調査地の概要と概況をそれぞれ表-1に示した。植栽広葉樹種は、大月沢と株次ではすべてコナラ、原沢

表-1 調査地の概要

調査地	所在地	標高 (m)	面積 (ha)	植栽本数 (本/ha)	斜面 位置	地形	前世代林樹種	前世代林 伐採時林齢	皆伐・地 拵え	植栽	下刈り
大月沢	那珂川町	267~ 360m	2.9	3,000	上	北向斜面	スギ				
					中	北向斜面	スギ	80~100年	2010年	2010年	2010・11・12年 1回/年、計3回
					下	北向斜面 沢沿い	スギ				
原沢	那珂川町	219~36 3m	6.58	3,000	上	北向尾根	スギ				
					中	北向斜面	スギ	50~60年	2006年	2007年	2007・08・09・10・11 年 1回/年、計5回
					下	東向斜面 沢沿い	スギ				
株次	矢板市	293~ 408m	0.74	3,000	上	北向斜面	スギ				
					中	北向斜面	スギ・ヒノキ	50年	2005年	2006年	2006・07・08・09・ 10・11・12年 2回/年、計14回
					下	平坦地	ヒノキ				

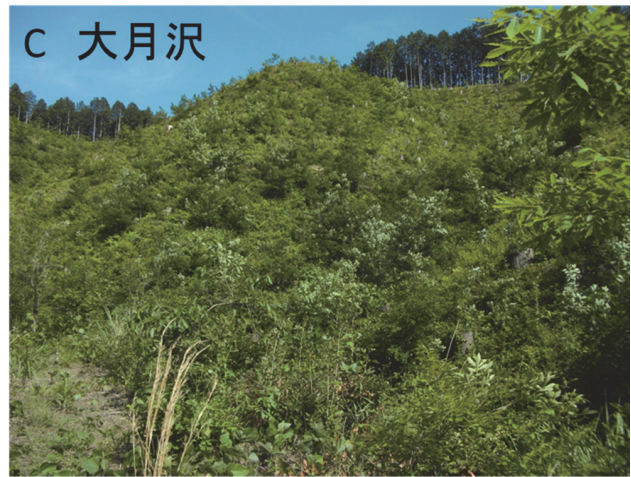
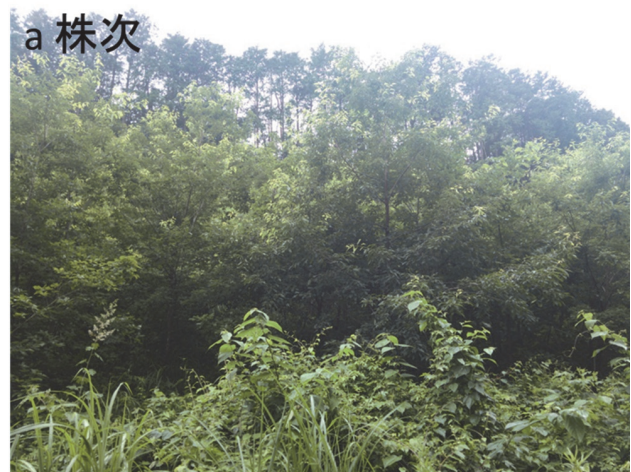
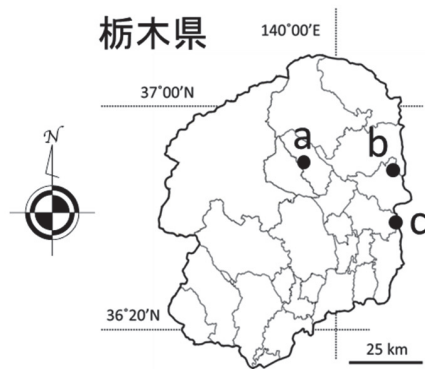


図-1 調査地の位置と外観

ではコナラが9割、クヌギが1割であり、いずれも植栽本数は3,000本/haである。前世代に植栽されていた主要樹種は、大月沢と原沢でスギ、株次では調査地斜面下部から中部にスギ、中部から上部にヒノキである。下刈りは、いずれの林分も完了しており、大月沢では年1回(6月初旬)を3年間、計3回、原沢では年1回(6月初旬)を5年間、計5回、株次では年2回(6月下旬および8月下旬)を7年間、計14回行われた。全調査地とも植栽後に補植や除伐等の保育作業は行われていない。

植栽されたコナラの諸特性

立地別にコナラ植栽木の成長の違いを検討するため、各調査地の斜面を尾根部に位置する上部、斜面中腹に位置する中部、谷筋および沢沿いに位置する下部に区分した。植栽コナラの生残密度は、ベルトトランセクト(4m×25m)を各斜面位置でそれぞれ3本ずつ等高線に沿って設置し、トランセクト内のコナラ植栽木の個体数を記録した。この際、実生由来のコナラでないことを植栽時の目印テープや齢から判断した。なお、株次の上部は地形の関係上、4m×25mのトランセクトを1本、4m×20mのトラン

セクトを2本設置した。コナラ植栽木の成長量は、斜面上部、中部、下部でそれぞれ任意に選択したコナラ植栽木各15個体に個体識別用タグをつけ、胸高直径、自然高（山際から測定した際の樹幹の根元から樹幹の頂端までの垂直の高さ）を、2014年と2015年の2回測定した。自然高が400cm以下のコナラ植栽木については芽鱗痕を基に最近4～6年間の年伸長成長量を測定した。周囲の植物によるコナラ植栽木への被圧程度を評価するために、成長量を測定した各コナラ植栽木に隣接し、目視によりそのコナラの樹冠に接触、もしくは幹に巻き付き、コナラの成長に支障をきたす可能性のある雑草木（以下、競争雑草木と呼ぶ）の自然高を2014年と2015年の2回測定した。また、斜面上部、中部、下部それぞれで任意に選択したコナラ植栽木3個体を中心とした2m×2mのプロットを設置し、全維管束植物を対象に、種名、最大自然高（cm）、被度（%）を2015年に測定・記録した。被度はBraun-Blanquet（1964）に基づき、6段階（+、1、2、3、4および5）で評価した。

解析方法

コナラ植栽木の成長量として、斜面ごとに2015年に得られた胸高直径（DBH、cm）、自然高（H、cm）および単木材積の平均値を求め、一元配置分散分析および多重比較検定（Steel-Dwass 検定）を行った。幹材積は以下の式（林野庁1970；鈴木2010）によって算出した。

$$\text{幹材積 (m}^3\text{/ha)} = 0.00009 \times \text{DBH}^{1.81163} \times (\text{H} \times 0.01)^{0.90953}$$

また、林分材積は、幹材積に調査地におけるコナラ林分密度を乗じることで求め、長野県林業総合センター（2008）、長野県林業総合センター育林部（2014）および甲斐（2006）のデータと比較した。長野県林業総合センター（2008）のデータは、同センターが配布しているExcelファイル「簡易林分収穫予想表＜長野県民有林コナラ人工林＞」に樹齢と

生残密度を入力することで得られる、地位級別の林分幹材積を用いた。その際に用いた本研究の各調査地の樹齢は、2015年調査時の林齢に植栽時の苗の樹齢（3年生）を足したものとした。

コナラ植栽木周囲の植生

植生調査によって得られた出現種の6段階の被度を、それぞれ平均優占度百分率（%；0.1、5.0、17.5、37.5、62.5および87.5）に置換した。これに基づき、各種の優占度を以下の式によって算出した。

$$\text{優占度 (Hi} \times \text{Ci; m}^3\text{/m}^2\text{)} = \text{各種最大植生高 (m)} \times \text{各種の3プロット} \text{の平均被度 (\%)/100}$$

また、ある種の優占度の比率を相対優占度（%）とし、各調査地の斜面位置ごとに算出した。

$$\text{相対優占度 RD}_i \text{ (\%)} = \text{Di} \times 100 / \sum (\text{Hi} \times \text{Ci})$$

算出した相対優占度を用いて、斜面位置ごとの優占種をOhsawa（1984）の優占構成種法に基づいて判定した。また、競争雑草木調査において確認された、競争雑草木個体数を各調査地の斜面位置別に合計し（調査コナラ15本当たりの合計出現競争雑草木数）、ある競争雑草木種の割合（CD、%）を求めた。

結果

植栽コナラの諸特性

植栽コナラの諸特性を表-2に示した。ha当たりのコナラ生残個体密度は、大月沢で1,667本、原沢で2,111本、株次で2,314本で、斜面位置によって大きくばらついた。斜面位置別にみると、コナラ生残個体の直径、高さ、および単木幹材積は全調査地で斜面上部から下部に向って大きくなる傾向がみられた。また、ha当たりのコナラ林分幹材積は大月沢、原沢、株次でそれぞれ1.75、10.74、53.43m³であり、調査地による違いが大きかった。大月沢および原沢における年伸長成長量の累積を図-2に示した。両調査地で斜面上部から下部に向かって年伸長成長量の増加率（線の傾き）が大きくなる傾向がみられた。

表-2 各調査地における斜面位置別のコナラ植栽木の密度、生残率および幹材積

調査地	斜面位置	斜面別密度 (本/ha)	林分密度 (本/ha)	樹齢*	植栽時からの生残率 (%)#	平均胸高直径(cm)§	平均自然高 (cm)§	平均単木幹材積 (m ³)§	単木幹材積 (m ³)	林分幹材積 (m ³ /ha)	各樹齢と密度における地位別材積(m ³ /ha)				
											I	II	III	IV	V
大月沢	上	1,500				0.7 (0.5) a	148.1 (36.5) a	1.1×10 ⁻⁴ (1.6×10 ⁻⁴) a							
	中	1,133	1,667	9	55.6	1.5 (0.6) b	251.2 (59.3) b	5.4×10 ⁻⁴ (5.2×10 ⁻⁴) b	0.0010	1.75	48	43	33	24	17
	下	2,367				3.0 (1.1) b	360.9 (68.4) c	2.5×10 ⁻⁴ (2.0×10 ⁻⁴) b							
原沢	上	2,633				2.2 (1.7) a	206.5 (31.5) a	1.1×10 ⁻³ (1.7×10 ⁻³) a							
	中	2,067	2,111	12	70.4	3.2 (1.4) ab	327.1 (73.0) b	2.7×10 ⁻³ (2.2×10 ⁻³) ab	0.0051	10.74	88	79	63	48	35
	下	1,633				6.4 (2.1) b	446.6 (76.6) c	1.1×10 ⁻² (0.8×10 ⁻²) b							
株次	上	2,731				5.6 (1.4) a	533.4 (116.4) a	1.0×10 ⁻² (0.6×10 ⁻²) a							
	中	1,933	2,314	13	77.1	7.2 (1.7) b	725.7 (117.1) b	2.1×10 ⁻² (1.0×10 ⁻²) b	0.023	53.43	102	93	75	58	43
	下	2,333				8.9 (1.7) c	933.7 (152.3) c	1.5×10 ⁻² (2.3×10 ⁻²) c							

* 樹齢は林齢+植栽時の樹齢（3年）で求めた。# 植栽時の密度は3,000本/haとした。§ 括弧内は標準偏差（N=15）を示す。異なるアルファベットは多重比較検定の結果、有意な違いがあることを示す。

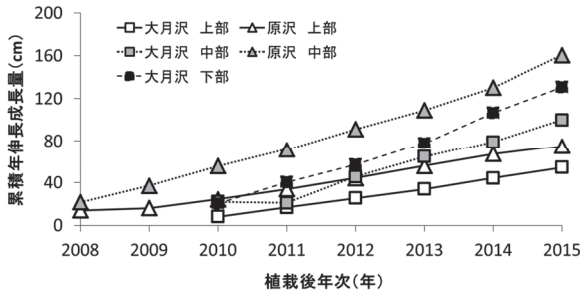


図-2 各調査地における斜面位置別の累積年伸長成長量

コナラ植栽木周囲の植生との関係

各調査地の植生の優占種を表-3に示した。大月沢の斜面上部と中部では、植栽したコナラ以外に、多種が優占しており、ニガイチゴ、コゴメウツギといった低木のほか、ヌルデ、リョウブといった高木、クマヤナギ、ミツバアケビなどのツル植物がみられた。原沢では、斜面上部や中部ではリョウブが優占し、斜面下部ではクズが優占していた。株次では、アズマネザサの中に植栽コナラのみが優占していた。コナラ植栽木と競争雑草木との自然高の関係を図-3に、主要な競争雑草木の組成を表-3に示した。いずれの調査地においても、斜面上部から下部に向ってコナラ植栽木および競争雑草木の自然高は大きくなるとともに、競争雑草木の出現数は減少する傾向がみられた。大月沢の斜面上部や中部のコナラ植栽木の中には、競争雑草木より自然高の低いものも少なくなかった。斜面下部では、2014年は競争雑草木とコナラ植栽木の高さが同程度であったが、2015年にはコナラ植栽木はそれより高くなっていた。原沢では、斜面上部と中部では、コナラ植栽木

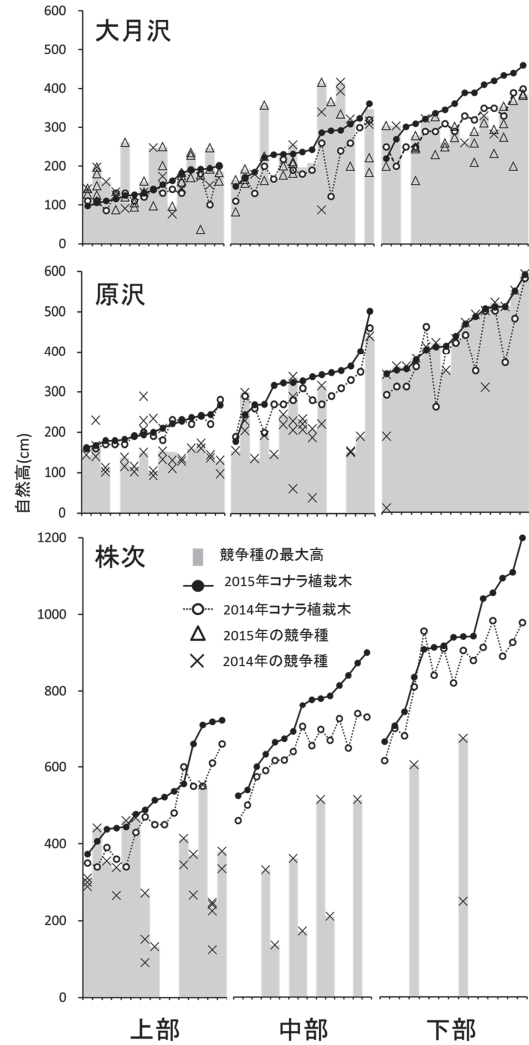


図-3 各調査地の斜面位置別のコナラ植栽木および競争種の自然高

表-3 各調査地における斜面位置別の植生および主要競争種

調査地	斜面位置	$\Sigma H \times C$ (m^3/m^2)	優占種(RD%)	調査コナラ15本 当たりの合計出 現競争雑草木数	主要競争雑草木 (CD*>10% かつ合計出現競争木数>10)
大月沢	上	2.8	コナラ(14.9)、ニガイチゴ(10.7)、コゴメウツギ(8.4)、マルバアオダモ(7.8)、タガネソウ(7.7)、クマヤナギ(6.0)、リョウブ(5.2)、ムラサキシキブ(3.8)、ヤブレガサ(3.5)、コウヤボウキ(2.6)、サルトリイバラ(2.3)、ミツバアケビ(2.2)	46	ミツバアケビ(17.4)、クマヤナギ(13.0)
	中	3.5	コゴメウツギ(20.8)、コナラ(14.6)、ヌルデ(8.0)、リョウブ(7.1)、ヤマボウキ(6.6)、ニガイチゴ(4.6)、ヤマコウバシ(4.3)、ヤマノイモ(3.4)、ハナイカダ(2.9)、イヌザンショウ(2.8)、モミジイチゴ(2.7)	28	ヌルデ(25.0)、ヘクソカズラ(14.3)
	下	4.9	コナラ(59.1)	15	ヌルデ(20.0)、ヘクソカズラ(20.0)、サルナシ(20.0)
原沢	上	1.5	コナラ(39.7)、リョウブ(17.9)、アオハダ(7.7)、ヒノキ(5.8)	34	リョウブ(29.4)、ヤマウルシ(14.7)、ヒノキ(11.8)
	中	3.6	コナラ(54.2)、リョウブ(10.3)	26	リョウブ(26.9)、サンカクズル(11.5)
	下	8.0	コナラ(54.2)、クズ(31.2)	18	クズ(83.3)
株次	上	5.1	コナラ(68.5)	24	サンカクズル(33.3)
	中	8.0	コナラ(77.5)	7	-
	下	8.3	コナラ(77.6)	3	-

*CD (%) = ある競争雑草木種の出現数 × 100 / 調査コナラ 15 本当たりの合計出現競争雑草木数

の高さを上回る競争雑草木はほとんどみられなかったが、斜面下部では、クズが植栽コナラに巻きつき、コナラの高さに達していた。株次では、コナラ植栽木の自然高を下回る競争雑草木が多く、特に斜面中部と下部では競争雑草木数が少なかった。

考察

調査地および斜面位置別の植栽コナラの成長状況

生残しているコナラの林分密度は大月沢、原沢、株次の順で大きかった(表-3)。コナラ植栽時の3,000本/haに対する生残率は、大月沢、原沢、株次でそれぞれ、55.6%、70.4%、77.1%であった。甲斐(2006)では、3年生コナラ苗を3,086本/haの密度で植栽し、施肥および年1~2回の下刈りを6年間行った樹齢10年時のコナラ生残率は80.0%であった。本調査地ではいずれも施肥が行われていないため、甲斐(2006)の値とは単純には比較できないが、株次ではほぼ同程度であったものの、大月沢と原沢では低かった。株次で比較的高い生残率を示したのは、年2回という高頻度の下刈りを7年間、計14回行ったためと考えられる。大月沢と原沢では下刈り回数が株次や甲斐(2006)と比べて少ない。大月沢と原沢のコナラ生残密度が低いのは、下刈り時に植栽木にテープを巻いて誤伐防止の目印にしていた(那須南森林組合 私信)ことを考慮すると、下刈り時の誤伐が原因である可能性は低く、下刈り期間完了後に出現した植栽木周囲の雑草木が関与していると考えられる。

コナラ植栽木の胸高直径、自然高などの累積成長量は斜面上部から下部に向かって大きくなる傾向がみられた(図-3;表-2)。これは、コナラ植栽木の成長が斜面下部ほど良好であり、斜面下部ほどコナラの生育に関わる水分、養分などの土壌条件がそろっているため(藤森2006)と考えられる。しかし、haあたりのコナラ林分幹材積を長野県林業総合センター(2008)のデータと比較したところ、大月沢および原沢の林分幹材積はそれぞれ1.75 m³、10.74 m³と、地位級Vの17 m³、35 m³よりも顕著に小さかった(表-2)。また、株次は53.43 m³と、地位級IVの58 m³と地位級Vの43 m³の中間の値を示した。本研究のコナラ植栽木の単木幹材積を甲斐(2006)の10年生の植栽コナラの幹材積0.037 m³と比較すると、全調査地がこれを下回る値となった。大月沢は甲斐(2006)との樹齢差が1年であるにも拘らず、甲斐(2006)の値を大きく下回った(大月沢0.0010 m³;表-2)。原沢は、樹齢は甲斐(2006)より2年大きいにも拘らず、幹材積は著しく小さかった(原沢0.0051 m³;表-2)。これらのことから、下刈り回数が少ないと、コナラ植栽木の成長が顕著に低下することが明らかになった。また斜面上部においては、大月沢のように、雑草木の種類も多く(表-3)、植栽コナラが周囲雑草木の高さで負けて、成長が著しく悪かったところと、原沢のように尾根上にあるため、植栽コナラの成長は小さいものの、競争種の丈は植栽コナラより低く(図-3)、雑草木も少ない(優占度=1.5 m³/m²;表-3)ところがあった。このこと

から、下刈り回数の少ない影響は、植栽木周辺雑草木の増加・被圧・巻きつきというかたちで、特に尾根地形にない斜面上部で密度・成長に顕著に現われると考えられる。

以上のように、生残密度と同様に植栽木の成長に対しても周囲雑草木による被圧・巻きつきは、特に大きな影響をもたらしていることが明らかになった。下刈りは、人工林における保育の中でもっとも比重が高く、重要性が高い分、労力および費用もかかる(行武2000;Fujimori2001;藤森2006)。しかし、植栽コナラが競争雑草木の高さを越えるか、あるいは可能ならば林冠閉鎖までは斜面位置ごとに回数を変えた下刈りが必要と考えられる。下刈りの方法として、全刈が難しい場合は、樹冠周囲のみの雑草木を刈払う坪刈が適しているかもしれない。この方法では、樹冠下以外では雑草木が繁茂している状態を作るため、陽性の先駆性樹種であるキイチゴ類(渡邊1994;長谷川2009)を他の雑草木により被圧する効果も期待される。

謝辞

本研究を行うに当たり、栃木県那須南森林組合、たかはら森林組合の方々には調査地の提供および調査許可を頂いた。栃木県林業振興課の方々には情報提供にご協力頂いた。長野県林業総合センター育林部の大矢信次郎氏には、簡易林分収穫予想表のデータ提供および修正に際して懇切なご対応をいただいた。宇都宮大学森林科学科森林生態学・育林学研究室の皆様には、調査・論文作成に際して多くのご協力を頂いた。以上の方々に、心より御礼申し上げます。

引用文献

- Braun-Blanquet J (1964) Pflanzensoziologie Grundzüge der Vegetationskunde. Springer-Verlag.
- Fujimori T (2001) Ecological and silvicultural strategies for sustainable forest management. Elsevier.
- 藤森隆郎(2006) 森林生態学 持続可能な管理の基礎. 全国林業改良普及協会.
- 長谷川幹夫(2009) 下刈り期間を変えたブナ人工林の若齢期における下層植物群落の構造とその変化. 富山森研報 1: 1-9.
- 石川県林業試験場(2004) ミズナラ林の育成技術. 石川県.
- 甲斐重貴(2006) コナラ人工林育成試験-25年間の成績-. 九州森林研究 59: 128-131.
- 気象庁(2015) <http://www.data.jma.go.jp/> (2015/11/2アクセス)
- 長野県林業総合センター(2008) Excel版 簡易林分収穫予想表<長野県民有林コナラ人工林>. (2015/12/18ダウンロード)
- 長野県林業総合センター育林部(2014) Excel版 簡易収穫予測表. 長野県林業総合センター ミニ技術情報 44: 1-2.
- Ohsawa M (1984) Differentiation of vegetation zones and species strategies in the subalpine region of Mt. Fuji.

- Plant Ecology 57:15-52.
- 岡山県農林水産部林政課 (2004) 21世紀おokayまの新しい森育成指針. 岡山県.
- 林野庁 (1970) 立木幹材積表 — 東日本編 —. (福島、栃木、群馬、新潟地方. 林野庁編, 日本林業調査会). 181-220.
- 鈴木由希 (2010) 大型ビオトープの有する生態系機能に関する基礎研究. 群馬大学社会情報学部卒業論文.
- 丹下 健 (1987) 19年生スギ人工林の斜面上部, 中部, 下部における年蒸散量の推定. 東大演報 76: 177-196.
- 渡邊定元 (1994) 樹木社会学. 東京大学出版会.
- 行武 潔 (2000) 早生樹による地域振興 — 中国江蘇省のポプラ造林をみて —. 林業技術 701: 8-11.