コナラの伐採時林齢と伐採株の状態が萌芽枝の発生と成長に及ぼす影響 —高齢なコナラ林の萌芽更新の可能性—

荻原 謙^{*、1}・後藤 晋²

高齢・大径木化した雑木林を萌芽再生させるための条件を明らかにするために、本研究では、12年生から76年生までの幅広い林齢のコナラ林を対象に、環境要因（標高、傾斜）と株自体の要因（伐採時の林齢、株直径、伐採高、幹本数）の調査を行った。伐採から1～3成長期経過後に萌芽発生率、萌芽枝の発生本数、萌芽枝のサイズを調べ、これらに環境要因と株自体の要因が及ぼす影響を一般化線形混合モデルで調べた。伐採から3成長期が経過した後の萌芽発生率は林齢が高くなるほど低下し、40年生の林分で62%、50年生で46%、60年生で32%と推定された。伐採から3成長期が経過した時点では、伐採高が高く幹本数が多い株ほど、萌芽枝の発生本数が多くなった。また、林齢が高くなると萌芽枝の最大高と最大直径は小さくなったが、幹本数が多い株ほど、萌芽枝のサイズは大きくなった。全体として、60年生を超えると萌芽更新は難しいものの、40～50年生程度では萌芽が発生する可能性があり、その際、伐採株1株当たりの幹本数が成否を検討する指標となりうると考えられた。

キーワード：コナラ、萌芽更新、高齢林、幹本数、一般化線形混合モデル

Ken Ogiwara,^{*、1} Susumu Goto² (2020) Effects of Cutting Age and Stump Conditions on Probability of Sprouting and Growth of Shoots in *Quercus serrata*: Possibility of Regeneration by Coppicing in Old *Q. serrata* Stands. J Jpn For Soc 102: 115–119 To identify conditions for coppicing and to regenerate old and large-sized *Quercus serrata* stands, we investigated both environmental factors (such as altitude and slope) and stump conditions (such as cutting age, stump diameter, stump height, and number of trunks per stump) from 12-years old to 76-years-old stands. We used a generalized linear mixed model (GLMM) to evaluate the effects of environmental factors and stump conditions on the probability of sprouting, number of shoots per stump, and the maximum height and the maximum diameter of shoot per stump. As cutting age increased, the probability of sprouting decreased: 68, 46, and 32% in 40-, 50-, and 60-years old stands, respectively. The number of shoots per stump was positively affected by the number of trunks per stump and stump height. Both the maximum height and the maximum diameter of shoot per stump were also positively influenced by the number of trunks per stump but negatively influenced by cutting age. This study suggests that it is difficult to regenerate old and large-sized *Q. serrata* stands (more than 60-years old) by coppicing. However, there is a possibility of regenerating stands that are 40–50 years old by coppicing, if stem conditions are suitable. Our data also indicate that the number of trunks per stump may be a good indicator for considering the possibility of regeneration success.

Key words: *Quercus serrata*, coppicing, old trees, stem number, GLMM

I. は じ め に

関東地方において里山林や平地林と呼ばれる雑木林は、昭和30年ごろまで、農用林として利用され、人為による利活用によりその景観が維持されてきた。しかし、農用林としての利用や薪炭材の供給源としての利用がなくなると、荒れるにまかされるようになった（守山 1988）。こうした平地林は、産業廃棄物等の不法投棄場所となり環境保全上の問題も深刻化していると指摘されている（犬井 1996）。埼玉県では、雑木林は主にコナラで構成され、一部の地域ではシイタケ原木として利用するために、20年前後で伐採される萌芽更新作業が今もなお継続して行われている。しかし、大径木になってしまうとその需要がないために、放置されているところも少なくない。雑木林が適切に管理されずに放置されると、例えば、アズマネザサが優占して林床が暗くなって生育する植物がまばらになったり（中静・飯田 1996）、やがては林がシイ類やカシ類からなる常緑広葉樹林に変化してしまったりする（石井 1993）。維持・管理されて、植物の種構成も多様であり、

多くの野生動物が生息できる場所（高槻 1996）であったかつての雑木林のようにするためにも、放置されたコナラ林の更新は社会的な課題であるといえる。

コナラの萌芽能力は高く（植杉 1955）、発生した萌芽枝の成長が早いため、他の植生との競争にさらされる伐採地での更新に有利である（大住 2015）。一般に、コナラの萌芽能力は幼齢林で高く（植杉 1955；田中ら 2011；小谷 2012）、伐根20～30 cm以上、樹齢40～45年以上になると萌芽しにくくなる（韓・橋詰 2011；山瀬 2012）。しかし、高齢コナラ林でも萌芽が起こったとする報告も少なくない（伊東 2013；松本・倉本 2015）。既存研究では、伐採地の明るさ（松浦ら 2002；Dinh *et al.* 2018）や斜面方位（山瀬 2012）などの環境要因に加えて、伐採株の年齢や直径・高さなど伐採株自体の要因（小谷 2012；清水ら 2017；Dinh *et al.* 2018）が萌芽枝の発生に影響を与えるとされている。また、伐採高が高いほど萌芽本数が多いという報告（松本・倉本 2015）がある一方で、伐採高が高いほど萌芽率は低いとするもの（松浦ら 2002）、伐採高が高くなると萌芽発生率は高くなるが、萌芽枝の枯死率が高いために結

*連絡先著者（Corresponding author）E-mail: ogisan11@apricot.ocn.ne.jp

¹ 元埼玉県寄居林業事務所森林研究室 〒369-1203 埼玉県大里郡寄居町寄居 1587-1（Formerly Forestry Research Division, Saitama Prefecture Yorii Forestry Promotion Office, 1587-1 Yorii, Yorii, Osato, Saitama 369-1203, Japan）

² 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林教育研究センター 〒113-8657 東京都文京区弥生 1-1-1（Education and Research Center, The University of Tokyo Forests, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, the University of Tokyo, 1-1-1 Yayoi, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8657, Japan）

（2019年9月3日受付；2020年1月16日受理）

果的に更新につながらないとするもの(山瀬 2012)もある。また、株立ち木が多い調査林分に比べて、単幹木が大部分の調査林分の方が株の枯死率が高いという報告(韓・橋詰 1991)もある。これは、伐採株が単幹か複数幹(株立ち)かによって萌芽枝発生が異なる、すなわち、幹の本数が萌芽枝発生に影響を与える一つの要因であることを示唆している。

そこで、本研究では、萌芽枝発生の要因として既報になかった伐採株の幹本数を新たに加え、コナラの伐採株の林齢、幹直径、伐採高、幹本数が萌芽枝の発生と成長に及ぼす影響について調査・分析し、高齢で大径木化したコナラ林の萌芽更新の可能性を検討した。

II. 調査地と測定方法

1. 調査地

埼玉県内の県北部から県南部に位置し、2016年1月から2018年2月までに伐採されたコナラ林伐採地13カ所でランダムに選定した合計425の伐採株を調査した(表-1)。調査地IDは、アルファベットに林齢をつけて、A12, B17などと表記した。調査地の環境要因として標高と傾斜を求めた。伐採時の林齢は各調査地における伐採株の年輪数の平均値を四捨五入して整数値にした。

2. 測定方法

伐採後の生育期間が始まる前に、伐採株の直径、伐採高を計測した。また、図-1のように伐採株が複数幹(株立ち)の場合は、株を構成する幹本数、幹の最大伐採断面の高さ、それぞれの幹直径を計測した。幹の直径は伐採断面の短径と長径の平均値とした。伐採株の直径は、単幹の場合はその幹の直径とし、複数幹の場合は、各幹の直径の平均値とした。既伐採地を調査したため直径の測定位置は統一せず、伐採断面での測定とした。また、伐採高は地際から伐採断面までの高さとし、調査地に傾斜がある場合は斜面上部と下部で測定してその平均値とした。

萌芽調査は、表-1に示した伐採後の生育期間が始まる前から2019年1月まで1成長期経過後ごとに行い、2016年伐採地は3成長期が経過した後まで、2017年伐採地は2

成長期が経過した後まで、2018年伐採地は1成長期が経過した後に萌芽の発生の有無を調査した。調査した伐採株当たり1本以上萌芽があった場合には萌芽あり(1)、萌芽が全くなかった場合には萌芽なし(0)として、調査地ごとに萌芽発生率(%)を求めた。なお、2016年伐採地の12年生伐採地(A12)は、所有者の意向により3成長期が経過した後の測定は行わなかった。萌芽が見られた伐採株について、伐採株1株当たりの萌芽枝の発生本数、萌芽枝の最大高(cm)、萌芽枝基部の最大直径(mm)を調べた。なお、基部直径4mm未満の脆弱な萌芽枝は無視した。

3. 統計解析

伐採から1成長期、2成長期、3成長期が経過した後の萌芽発生率に林齢が及ぼす影響を調べるために、伐採株ごとの萌芽の有無を応答変数、林齢を説明変数とするロジスティック回帰を行った。また、同じ調査時点における伐採株1株当たりの萌芽枝の発生本数、萌芽枝の最大高、萌芽枝の最大直径に及ぼす環境要因(標高、傾斜)と株自体の影響(林齢、株直径、伐採高、幹本数)を説明変数の固定効果、調査地を変量効果とする一般化線形混合モデル

図-1. 伐採株が複数幹の例(調査地 E33)

Example of multi-stem stump (E33 stand).

一つの元株から4本の幹の伐採断面があるので、幹本数は4本。
Four stems have been harvested in this picture.

表-1. 対象林分の林齢、標高、傾斜、伐採年、調査株数と伐採から1, 2, 3成長期経過後の萌芽発生率
Cutting age, altitude, slope, harvest year, number of stumps, and the proportion of sprouting after 1, 2, and 3 growing seasons postharvest.

林分 ID	所在地	林齢 (年)	標高 (m)	傾斜 (°)	伐採年	調査 株数	萌芽 発生率 ¹	萌芽 発生率 ²	萌芽 発生率 ³
A12	寄居町富田	12	130	18	2016	31	100	93.5	—
B17	本庄市児玉	17	410	23	2016	29	100	100	96.6
C18	秩父市田村	18	290	15	2016	32	93.8	93.8	93.8
D21	長瀬町井戸	21	200	25	2016	16	100	100	93.8
E33	寄居町秋山	33	190	18	2016	37	89.2	89.2	89.2
F37	小川町角山	37	90	21	2016	30	93.3	93.3	76.7
G46	秩父市栃谷 ^a	46	290	9	2016	35	54.3	45.7	42.9
H48	秩父市栃谷 ^b	48	270	20	2016	31	25.8	12.9	12.9
I60	嵐山町千手堂	60	90	18	2016	22	72.7	68.2	59.1
J66	三芳町上富	66	50	0	2017	41	26.8	26.8	—
K67	新座市平林寺 ^a	67	45	10	2016	31	41.9	35.5	35.5
L68	新座市平林寺 ^b	68	50	0	2017	42	14.3	11.9	—
M76	新座市平林寺 ^c	76	50	0	2018	48	10.4	—	—

萌芽発生率^{1, 2, 3}は伐採から1, 2, 3成長期が経過した後の萌芽枝が発生した株の割合(%)。—は伐採からの経過年数が達していないため、調査対象外(A12のみは、所有者の意向で調査しなかった)。

(Generalized Linear Mixed Model; GLMM) を構築し、各説明変数の効果を評価した。萌芽枝の発生本数の誤差分布はポアソン分布、萌芽枝の最大高と最大直径の誤差分布はガンマ分布とした。すべての統計解析は統計ソフト R ver 3.5.2 (R Core Team 2018) を用いた。

III. 結 果

1. 調査地の林齢と伐採株の株直径・伐採高・幹本数

伐採株 1 株当たりの株直径、伐採高、幹本数の分布を図-2 に示す。株直径の中央値は 12 cm (B17) から 53 cm (L68) の範囲で、林齢が大きくなるほど直径が大きくなる傾向があった ($r=0.735$, $p<0.001$)。伐採高の中央値は 12 cm (J66) から 107 cm (F37) の範囲で、林齢が大きくなるほど伐採

図-2. 調査地ごとの伐採株 1 株当たりの株直径、伐採高、幹本数の分布

Distribution of number of stump diameter, and stump height, trunks per stump.

箱中の中央付近の太い横線は中央値、箱の下側の線は第一四分位線、上側の線は第三四分位線、ひげの上下両端の短い横線は、箱の長さの 1.5 倍内にある最大値および最小値、その線を越えた白丸 (○) は外れ値を示す。The bold horizontal lines within the box represent median. The lower line and upper lines of box represent lower quartile and upper quartile, respectively. The lower and upper whiskers are maximum and minimum values within 1.5 times the box length. The open circles represent outliers.

高が低くなった ($r=-0.173$, $p<0.01$)。なお、所有者からの聴き取りにより、調査地 F37 の中央値が 107 cm と特に高かったのは、急傾斜に残置された伐採木の落下を防止するため伐採株を杭として活用したものであることが判明している。幹本数は林分当たりの中央値は 1 (I60, J66, K67, L68, M76) から 5.5 (D21) の範囲で、21 年生が最大で、それ以上だと年齢が大きくなるほど、それ以下では年齢が小さくなるほど少なくなった。

2. 萌芽発生率

林分ごとの調査株数と各調査時点での萌芽発生率を表-1 に示した。13 調査地合計 425 株の萌芽を調査した結果、1 成長期経過後の萌芽発生率は全体で 57.6% (245/425 株) であった。調査地ごとにみると、萌芽発生率は、40 年生以下の調査地では平均 96% であったが、40 年生以上の調査地では平均 35% と低くなった。ロジスティック回帰の結果、3 成長期が経過した後の萌芽発生率は、40 年生では 62%, 50 年生では 46%, 60 年生では 32% に低下することが推定された (図-3)。

3. 萌芽枝の発生本数とそれに影響する要因

伐採から 1 成長期、2 成長期、3 成長期が経過した後の萌芽枝の発生本数、萌芽枝の最大高、最大直径のヒストグラムを図-4 に示した。萌芽枝の発生本数については、伐採からどの時点でも、萌芽枝数が少ない株の数が最も多く、萌芽枝数が多くなるにつれて急激に株の数が少なくなる L 字型分布を示した。40 年生以上の高齢林分もこの傾向は一致していたが、萌芽枝の発生本数が少ない方に偏っていた。

一般化線形混合モデルを用いた解析の結果、萌芽枝の発生本数に対する影響は、1 成長期・2 成長期を経過した後は、株直径、伐採高、幹本数が有意な正の効果を示し、3 成長期経過後には伐採高と幹本数のみが有意な正の効果を示した。また、いずれの時点でも、林齢は萌芽枝の発生本数に有意な影響を及ぼしていなかった (表-2)。

図-3. ロジスティック回帰で推定した林齢と萌芽発生率の関係
Relationship between stand age and probability of sprouting revealed by logistic analysis.

1 成長期から 3 成長期を経過した後の全てのデータがそろっている 9 調査地で解析を行った。

Nine stands with available data for three years were used in this analysis.

図-4. 伐採から1成長期, 2成長期, 3成長期を経過した後の伐採株1株当たりの萌芽枝の発生本数, 萌芽枝の最大高, 萌芽枝の最大直径のヒストグラム
Histograms of number of stems per stump; maximum height of shoots per stump; and maximum diameter of shoots per stumps after 1, 2, and 3 growing seasons postharvest.
40年生以上の調査地の株はグレーで示した。
Stumps more than 40-years old are shown in gray.

表-2. 一般化線形混合モデルで求めた萌芽枝の発生本数に及ぼす環境要因と株状態の効果

Effects of environmental factors and stump conditions on number of shoots per stumps revealed by generalized linear mixed model (GLMM).

説明変数	萌芽枝の発生本数					
	1成長期後		2成長期後		3成長期後	
y切片	1.828	***	1.802	***	1.631	***
林齢	0.001	ns	-0.003	ns	-0.004	ns
標高	0.001	ns	0.000	ns	0.000	ns
傾斜	0.000	ns	-0.001	ns	0.021	ns
株直径	0.005	*	0.011	***	-0.001	ns
伐採高	0.009	***	0.006	***	0.004	***
幹本数	0.168	***	0.174	***	0.167	***

誤差構造はポアソン分布を用い, 変量効果は調査地とした。ns, 有意差なし, *5%, **1%, ***0.1%レベルで有意であることを示す。

4. 萌芽枝の成長とそれに影響する要因

萌芽枝の最大高と最大直径は, いずれも一山型の分布を示した(図-4)。萌芽枝の最大高と最大直径は, 伐採からの経過時間が長くなるほど, すそ野が長い分布となった。40年生以上の高齢林分に着目すると, 最大高はやや小さい方に偏っていた。

一般化線形混合モデルを用いた解析の結果, 最大高については, いずれの時点でも, 林齢が有意に負の, 幹本数が正の影響を与えていた。最大直径については, いずれの時点でも, 林齢が有意に負, 株直径が正, 幹本数が正の影響

を与えていた(表-3)。

IV. 考 察

1. 林齢と萌芽の関係

コナラは, 林齢が高くなると萌芽発生率が低くなるとされ(小谷 2012; 松本・倉本 2015), 高齢・大径木化したコナラ林では萌芽更新のみの更新は期待できないとする報告も多い(韓・橋詰 1991; Dinh *et al.* 2018)。例えば, 伊東(2013)は64年を経過した萌芽再生林を伐採した結果, 伐採から3成長期経過した後に生残していた株の割合は7%だったとした。また, 40~45年生以上になると, コナラは萌芽しにくくなるという報告も認められる(韓・橋詰 2011; 山瀬 2012; 松本・倉本 2015)。

本研究でも, ロジスティック回帰の結果, 林齢が上がるにつれて萌芽発生率が低下し, また, 伐採からの経過年数が大きくなるほど, 萌芽発生率が低下した(図-3)。また, 萌芽枝の最大高と最大直径には, 林齢は負の影響が認められた(表-3)。しかし, 萌芽枝の発生本数について検討した結果, 林齢は有意な影響が認められなかった(表-2)。本研究の結果では, 50年生の壮齢林でも萌芽発生率は46%とそれほど低下しておらず, 萌芽更新の可能性は否定できないと考えられた(図-3)。

2. 伐採高・株直径と萌芽の関係

萌芽再生林では, 再生部分で伐採すると株の枯損率は低

表-3. 一般化線形混合モデルで求めた萌芽枝の最大高と最大直径に及ぼす環境要因と株状態の効果

Effects of environmental factors and stump conditions on number of shoots per the maximum height and the maximum diameter of shoot per stump revealed by generalized linear mixed model (GLMM).

説明変数	萌芽枝の最大高						萌芽枝の最大直径					
	1 成長期後		2 成長期後		3 成長期後		1 成長期後		2 成長期後		3 成長期後	
y 切片	5.373	***	5.911	***	6.664	***	3.274	***	3.353	***	4.179	***
林齢	-0.010	*	-0.009	*	-0.014	*	-0.011	*	-0.006	*	-0.011	*
標高	-0.001	ns	-0.001	ns	-0.001	ns	0.000	ns	0.000	ns	-0.001	ns
傾斜	0.003	ns	-0.003	ns	-0.016	ns	-0.005	ns	0.005	ns	-0.006	ns
株直径	0.006	ns	0.006	ns	0.003	ns	0.010	*	0.013	***	0.013	**
伐採高	-0.001	ns	0.000	ns	0.001	ns	0.000	ns	0.000	ns	0.000	ns
幹本数	0.049	***	0.039	***	0.032	**	0.038	**	0.043	***	0.030	*

誤差構造はガンマ分布、変量効果として調査地を用いた。

ns, 有意差なし, *5%, **1%, ***0.1%レベルで有意であることを示す。

いことから（韓・橋詰 1991）、伐採を繰り返すうちに伐採高が高くなり、萌芽枝の発生本数が多くなった可能性がある。一方、既存研究では、高い位置で萌芽した枝の死亡率が高いことが挙げられている（山瀬 2002; Dinh *et al.* 2018）。しかし、本研究で最も伐採高が高かった F37 の萌芽発生率は、伐採から 3 成長期が経過した後でも 76.7% と高かった（表-2）。本研究の場合、伐採高が低い調査地が高齢林分に集中していたことも、伐採高が大きいほど萌芽枝の発生本数が多かった結果と関係している可能性がある。マテバシイでは、根株サイズが大きいほど萌芽枝の発生本数が多いことが見出され、その理由として根株の貯蔵養分が大きいためではないかと指摘されている（伊藤 1996）。本研究においても、株直径が大きくなるほど、萌芽枝の最大直径が大きくなる関係が認められた。伊藤（1996）は、繰り返し伐採が行われている一斉萌芽林を対象としたため、このような傾向が検出できたとしている。以上のことから、調査地が萌芽再生林であるかどうかなど、どのような林分を調査の対象とするかによって、伐採高・株直径と萌芽枝の本数や大きさとの関係は異なってくる可能性があると考えられた。

3. 幹本数と萌芽の関係

幹本数は萌芽枝の発生本数、最大高、最大直径にも有意な正の影響を及ぼしており、単幹になるような萌芽整理をせずに複数の萌芽枝を残すと、次代が複数幹になり多数の萌芽枝の発生が期待できると考えられた。60 年生以上の調査地はほとんどの伐採株が単幹であった（図-2）。このため、60 年生以上の伐採株が複数幹の場合に、幹本数がどの程度萌芽に影響を及ぼすかを明らかにすることは今後の課題である。

V. 結 論

コナラの萌芽発生率は高齢化するにしたがって低くなり、伐採から 3 年が経過すると 60 年生の林分では萌芽発生率が 32% と推定され、萌芽枝のサイズも小さくなることが推測された。一方、40~50 年生の壮齢林では、萌芽発生率、萌芽枝の発生本数、萌芽枝のサイズともに萌芽更新の可能性が感じられる林分も認められた。特に、元の伐採株が複数幹の場合、萌芽枝の発生本数が明らかに多くなり、かつ萌芽枝の最大高も大きくなった。つまり、対象林分の林齢が 50 年生以下で、複数幹からなっている林分であることが、萌芽更新の成否を考える上で有効な指標とな

ると考えられた。今後、萌芽更新の未解明な部分の検討を進めるとともに、特に 60 年生以上の高齢化したコナラ林では、萌芽・実生・植栽を組み合わせた更新方法を確立していく必要がある。

謝 辞

本研究の実施にあたり、調査地の森林所有者の方々には快くご協力いただいた。新座市教育委員会の川畑隼人氏、埼玉県寄居林業事務所森林研究室の森田厚氏、福島和孝氏には現地調査に多大なご協力をいただいた。また、埼玉県寄居林業事務所森林研究室の原口雅人氏には研究の遂行に際し有用な助言をいただくとともに草稿に有益なご助言をいただいた。以上の皆様に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- Dinh TT, Akaji Y, Matsumoto T, Toribuchi T, Makimoto T, Hirobe M, Sakamoto K (2018) Sprouting capacity of *Quercus serrata* Thunb. and *Quercus acutissima* Carruth. after cutting canopy trees in an abandoned coppice forest. J For Res 23: 287-296
- 犬井 正 (1996) 関東平野の平地林の歴史と利用. 森林科学 18: 15-20
- 石井 実 (1993) 里山が危ない. (里山の自然をまもる. 石井 実・植田邦彦・重松敏則著, 築地書館). 1-23
- 伊東宏樹 (2013) 前回の萌芽更新から 64 年を経過したコナラ二次林の萌芽試験. 森林総合研究所研究報告 12: 105-109
- 伊藤 哲 (1996) 樹木の萌芽の生理的機能の解明による適正な森林動態制御に関する研究. 宮崎大学農学部演習林報告 13: 1-76
- 韓 海榮・橋詰隼人 (1991) コナラの萌芽更新に関する研究(Ⅰ) 壮齢木の伐根における萌芽の発生について. 広葉樹研究 6: 99-110
- 小谷二郎 (2012) コナラの伐採高が萌芽再生に与える影響. 石川県林試研報 44: 18-22
- 松本 薫・倉本 宣 (2015) 40 年以上放置されたコナラ主体の雑木林における萌芽更新. 明治大学農学部研究報告 65: 23-28
- 松浦光明・小林達明・有田ゆり子 (2002) 大径木化したコナラ二次林の萌芽規定要因. 日緑工誌 28: 115-120
- 守山 弘 (1988) 自然を守るとはどういうことか. 農文協.
- 中静 透・飯田滋生 (1996) 雑木林の種多様性. (雑木林の植生管理. 亀山 章編, ソフトサイエンス社). 17-24
- 大住克博 (2015) 里山林の成立. (里山学講座. 村澤真保呂・牛尾洋也・宮浦富保編著, 晃洋書房). 111
- R Core Team (2018) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria <https://www.r-project.org/>
- 清水香代・大矢信次郎・岡田充弘 (2017) 高齢化した里山広葉樹林の萌芽等による早期更新技術の開発. 長野県林業総合センター研究報告 31: 1-6
- 高槻成紀 (1996) 普通種の保全と管理. (保全生物学. 樋口広芳編著, 東京大学出版会). 191-220.
- 田中一登・滝澤 伸・梅田久男・阿部鴻文・齋藤雄一 (2011) 身近な森林としての里山林の活用とその管理方法に関する調査. 宮城県林業技術総合センター成果報告 19: 1-11
- 植杉哲夫 (1955) 育林. (育林総論. 林野庁編集, 朝倉書店). 337
- 山瀬敬太郎 (2012) 暖温帯域での高齢化した里山構成種 7 種の萌芽能力. 日緑工誌 38: 109-114