九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

北海道東部のミズナラ造林地における27 年間の林分成長量に与える育林作業の効果

村田, 秀介
九州大学農学部附属演習林

久保田, 勝義
九州大学農学研究院環境農学部門森林環境科学講座

南木, 大祐
九州大学農学部附属演習林

中村, 琢磨
九州大学農学部附属演習林

他

https://doi.org/10.15017/2232300

出版情報：九州大学農学部演習林報告. 100, pp.35-42, 2019-03. The Kyushu University Forests
バージョン：
権利関係：

学術情報

北海道東部のミズナラ造林地における 27 年間の林分成長量に与える育林作業の効果

村田秀介[1]，久保田勝義[1]，南木大祐[1]，中村琢磨[1]，壁村勇二[1]，扇　大輔[1]
井上幸子[1]，鍜治清弘[1]，長慶一郎[1]，山内康平[1]，緒方健人[1]，安田悠子[2]
岡野哲郎[3]，田代直明[4]，榎木　勉[4]，内海泰弘[*,4]

九州大学北海道演習林で実施されているミズナラ施業において，各育林工程が林分成長量に与える影響を評価し，費用対効果の高いミズナラ造林作業法を明らかにするために，刈払い，除伐，枝打ち，間伐作業計画の異なる３つの調査地を設置し評価を行った。各調査地では , ミズナラ造林木の胸高直径，樹高，枝下高，樹冠幅を 27 年間 , 毎年計測した。育林作業を全く行わなかった調査地ではシラカンバが優占し，ミズナラの生育が著しく阻害されていた。造林初期に雑木を除去する作業を行った調査地では，ミズナラの生育は良好であった。特に，造林初期の７年生時に刈払いを行い，雑木を除去した場合には，その後の除伐や枝打ち，間伐などの育林工程を省略できる可能性が示唆された。
キーワード：萌芽，除伐，造林，シラカンバ

Cost-effective treatment in *Quercus crispula* plantation was evaluated at three study sites in Ashoro Research Forest, Kyushu University. These sites had different treatment plans including weeding, clearing, pruning and thinning. The DBH, tree height, clear length of stem and crown width of *Q. crispula* were measured for 27 years. In the study sites with no forest treatments, the growth of *Q. crispula* was inhibited and that of *Betula platyphylla* was advanced. The growth of *Q. crispula* was remarkable in the study sites with weeding and clearing in the early stages of afforestation. In particular, our study suggested the weeding with shrub cutting after 7 years from the settlement could call off the following processes such as cutting, pruning and thinning.
Key words: sprouting, weeding, afforestation, *Betula platyphylla*

１．はじめに

北海道は日本の全森林面積の５分の１以上の約 554 万 ha を有する（林野庁 2017）。また，北海道の森林蓄積量約 7.9 億 m^3 の内，広葉樹が 3.8 億 m^3 で，全体の約半分を占めている（北海道水産林務部 2018）。この豊富な広葉樹資源の大半は，明治以降の開拓政策のための伐採や火入れ，戦前や戦時中の軍事目的としての伐採後に成立した二次林である（菅野 1984；滝谷 2012；坂東 2015）。かつて北海道では，広葉樹二次林は価値が低いものと考えられ，戦後の拡大造林政策の中でも広葉樹二次林の育林作業はあまり注目されてこなかった。しかし，拡大造林に伴う大規模伐採を継続することが次第に困難となり，1960 年代後半から広葉樹の施業法についても関心が持たれるようになった（菅野 1984）。1970 年代には豊富な広葉樹二次林をより生産性の高い用材生産林へ誘導しようとする考え方が広まり（今田 1973, 1976a; 菊沢・浅井 1979；菅野 1984；渋谷・増地 1991；小谷ら 2010），広葉樹に対する育林作業の有効性を検討する研究が行われてきた（渋谷・増地 1991；横井・山口 1996；横井 2004；長谷川ら 2007；小谷ら 2010；滝谷 2012）。しかし，主要造林樹種であるスギやヒノキなどの針葉樹と比較すると育林作業に関する知見が十分には蓄積されていないことが指摘されている（菊沢・浅井 1979；横井 2001；前田 2003；横井ら 2004；長谷川ら 2007；小谷ら 2010）。北海道の主要な有用広葉樹の１つであるミズナラにおいても，1900 年代から造林は行われていたものの（加藤 2003），1970 年代以前の造林事例は極めて少なく，施業体系が確立されていないのが実情である（今田 1972；滝谷 2012）。

北海道東部に位置する九州大学農学部附属演習林北海道演習林（以下，北海道演習林）では，林地を耕起した後，堅果を高密度に播種し，３年生稚樹の段階で全個体を台切りするという独自の作業法を用いたミズナラ造林試験が 1972 年から毎年行われてきた（今田 1974a，1976a）。この造林試験の目的は，既存のミズナラを主体とした二次林（柿原 1976）から，構造用素材が採材できる径級のミズナラ立木を毎年ほぼ均等に保続収穫できる人工林へと誘導することであった（今田 1972，1974a，1976a）。北海道

Murata S., Kubota K., Nanki D., Nakamura T., Kabemura Y., Ohgi D., Inoue S., Kaji K., Cho K., Yamauchi K., Ogata T., Yasuda Y., Okano T., Tashiro N., Enoki T., Utsumi Y: The effect of forest treatment on the growth of *Quercus crispula* plantation for 27 years in eastern Hokkaido
* 責任著者 (Corresponding author) : E-mail: utsumi@forest.kyushu-u.ac.jp 〒 089-3705 北海道足寄郡足寄町北５条１丁目 85
1 九州大学農学部附属演習林
University Forest, School of Agriculture, Kyushu University
2 九州大学大学院生物資源環境科学府環境農学専攻森林環境科学教育コース
Educational course of Forest Environmental Science, Department of Agro-environmental Sciences, Graduate School of Bioresoruce and Bioenvironmental Sciences, Kyushu University
3 信州大学農学部
School of Agriculture，Shinshu University
4 九州大学農学研究院環境農学部門森林環境科学講座
Division of Forest Environmental Science, Department of Agro-environmental Sciences, Faculty of Agriculture, Kyushu University

表１　北海道演習林におけるミズナラ造林地での施業体系（今田 1974a を一部改変）

施業工程	作業方法の摘要		
下種地拵	種子自然落下前（８月下旬～９月上旬）に，更新筋（幅 0.5 m）と放置筋（1.0 m）を等高線に沿って交互に想定し，更新筋の鉱物質土壌を裸出させる。		
補種	種子自然落下後（10 月上旬）に，種子を更新筋に集める（45 粒 / m以上）。		
種子覆土	更新筋表面上の種子を地中に埋める。		
更新伐	土壌凍結・積雪を利用して（翌３月上～中旬），上木を皆伐し，材を更新面外部へ搬出する。		
枝条整理	融雪後（４月上旬）に，更新面に散乱している伐採木の末木枝条を放置筋に堆積整理する。		
更新面組織化	５列の更新筋を１組とし，主伐候補木（150 本 /ha）の成立する主伐木プロット（3.0m × 3.5m）を設置。		
補植	成長が休止した後（９月下旬～ 10 月上旬）に，発生稚苗が疎立状態にある更新筋に苗間 35cm で苗木を秋植えする。		
2 年生稚樹刈出	放置筋のみ一律に刈払い，更新筋は大型植生のみの切除に留める。		
3 年生稚樹刈出	更新筋をミズナラ稚樹を含めて地際から一律に刈払うとともに，放置筋も一律に刈払う。		
7 年生稚樹刈出	２年生稚樹刈出と同様。		
15 年生除伐	主伐木プロット内の上層木を標示し，その内部と周囲のミズナラ以外の広葉樹を伐除する．樹種と位置に関わらず，暴領木を伐除する。		
20 年生除伐	主伐木プロット内の上層木と，その周囲の上層木の内，形質が極めて不良なミズナラを伐除する。下層木は全て保残する。		
25 年生枝打	主伐候補木（150 本 /ha）を選定し，6m 以下の主幹に着生している径 4.5cm 以下の生枝を切除する。		
30 年生枝打	前工程の枝打木の 7m 以下の主幹に着生している径 4.5cm 以下の生枝を切除する。		
	間伐前本数（本 /ha）	間伐木本数（本 /ha）	本数間伐率（%）
35 年生間伐	1,321	250	18.9
40 年生間伐	1,071	211	19.7
46 年生間伐	860	172	20.0
53 年生間伐	688	136	19.8
61 年生間伐	552	107	19.4
70 年生間伐	445	85	19.1
80 年生間伐	360	66	18.3
91 年生間伐	294	52	17.7
103 年生間伐	242	41	16.9
116 年生間伐	201	31	15.4
130 年生間伐	170	20	11.8
150 年生主伐	150	−	−

演習林におけるミズナラ造林試験区での施業体系を表１に示す。なお，当試験区では更新から 10 年を経過する前に，エゾヤマハギやエゾムラサキツツジ等の被圧によりミズナラ稚樹の消失が多くの造林地で見られたため（Imada 2005），1992 年以降，当初の作業工程（今田 1974a）に加えて７年生林分において刈払い（以下，７年生稚樹刈出）を必要に応じて実施してきた（表１）。しかし，当試験に要する労力と費用が時間の経過とともに増大したことから，1996 年以降は 15 年生除伐以降の作業工程が新規造林地では実施されていない。また，Imada（1996，2005）は，試験開始から 20 年後と 30 年後の報告の中で，当試験の純収益がこの 10 年で大きく減少していること，1980 年代以降，収支がほぼ等しいか，赤字に転じていることを報告している。なお，純収益は，年度内の主伐および間伐で得られた材の販売収入から，同じく年度内に行った種々の育林作業に要した費用を差し引いた値であるが，この作業費には九州大学職員の人件費と九州大学所有の機材費等が考慮されていない。そのため，実際に作業にかかった費用と労力はさらに大きくなる。さらに，2004 年以降はエゾシカの食害によりミズナラの稚樹が造林地から消失した（南木ら 2018）ことを受けて，2011 年以降，シカ避けの電気柵を試験区の周囲に敷設，管理する費用も加わった。このように今田（1974a, b）で示された作業法は費用の問題から全て実行することは困難であり，費用対効果のより高い作業工程を検討する必要がある。そこで本研究では，７年生稚樹刈出以降の作業履歴が異なる林分の実際の成長量と，一定の育林作業が正常に行われた時に達すると想定されてきた収穫予測値（今田 1976b）とを比較し，各育林作業が林分成長量に与える影響を評価し，費用対効果の高いミズナラ造林作業法を示すことを目的とする。

２．調査地と調査方法

2.1．調査地と作業履歴

九州大学農学部附属演習林北海道演習林（北海道足寄郡足寄町）８，９林班のミズナラ造林試験区（総面積 203.08ha，今田 1974b）において調査を行った。調査地は，ミズナラ造林試験区内において 1989 年時点でミズナラ造林木稚樹が優占していたＡ区（今田（1974b）による A1-1

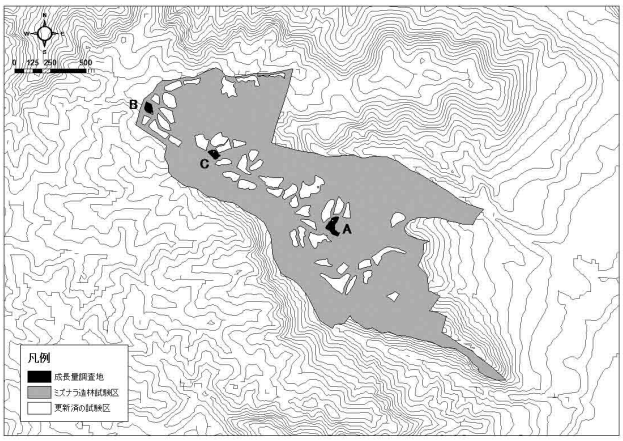


図１　成長量調査地位置図（43° 28′ N，143° 50′ E）

表２　各調査地の施業履歴

施業種	A区	B区	C区
７年生稚樹刈出	×	×	○
15 年生除伐	○	×	×
20 年生除伐	×	×	×
25 年生枝打	○	○	×
30 年生枝打	○	×	×
間伐	×	×	×

○実施を示す

伐区，1972 年設置），B 区（今田（1974b）による C1-2 伐区，1980 年設置），および当年更新が行われたC区（今田（1974b）による F1-3 伐区，1989 年設置）の３地点とした（図１，今田 1974b を改変）。1989 年にA区とB区，1990 年にC区にそれぞれ 10m × 10m の調査プロットを設置した。全ての調査地で２年生稚樹刈出，３年生稚樹刈出を実施し，これに加えてA区では 15 年生除伐と 25 年生枝打，30 年生枝打を実施した（表２）。15 年生除伐ではミズナラ以外の樹種を除伐対象木とした。B 区では 25 年生枝打のみ実施した（表２）。また，B 区では 2015 年の調査時点でシラカンバが優占していた。C 区では７年生稚樹刈出を実施した（表２）。

2.2. 調査方法

1989 年から 2015 年までの 27 年間，各プロット内の全ミズナラ個体の調査を毎年行った。したがってA区では 17 ～ 43 年生，B 区では 9 ～ 35 年生，C 区では 1 ～ 26 年生時の個体を計測した。プロット設置時にプロット内の全てのミズナラにナンバリングを行い，林分成長量の指標として毎年秋に樹高，枝下高，胸高周囲長（樹高 1.5m 未満の個体は地際直径），樹冠幅（長径と短径）を計測した。今田（1976b）の収穫予測値と比較するため，各調査地の上層木の個体密度（本 /ha），平均樹高（m），平均枝下高（m），平均胸高直径（cm），林分材積（m^3/ha），樹冠面積合計（m^2）を計測データから算出した。林分材積の算出には広葉樹材積表（林野庁計画課 1970）を参照した。なお本論文では樹高が平均樹高を上回っている個体を上層木として記述した。また，作業履歴の違いが林分成長量に与える影響を評価するため，３つの調査地で共通して得られた最高林齢である 26 年生個体の計測値を比較した。

2.3. モデル解析

林分構造の経年変化について，個体密度，平均樹高，平均枝下高，平均胸高直径，林分材積，樹冠面積合計を応答変数（Y），林齢を説明変数（X）とした下記の４つのモデルを比較して検討した。

(1)　$Y=a$

(2)　$Y=a+b\cdot X$

(3)　$Y=\exp(a+b\cdot \log X)$

(4)　$Y=\exp(a+b\cdot \log X+ c\cdot (\log X)^2)$

ただし，Y は応答変数，X は林齢，a，b，c は回帰係数である。(1)は応答変数が林齢に関係しないと仮定した Null モデル，(2)は応答変数が正規分布に従う一般線形モデル，(3)と(4)は今田（1976 b）の収穫予測値を表す成長モデルにならい，説明変数に対数を用いたモデルである .(3)と(4)は応答変数がガンマ分布に従い，リンク関数に対数を用いた一般化線形モデルを採用した。モデル選択は赤池情報基準量（AIC）を用い，AIC の値が最小のモデルを最適モデルとし , 試験区（A 区，B 区，C 区）ごとにモデルを構築した。すべてのモデルによる分析は統計解析ソフトウェア RStudio の glm 関数を用いて実施した（R Development Core Team（2018））。

各調査地の成長量を評価するため，比較対象として用いた今田（1976b）の収穫予測モデルは以下の通りである。

・個体密度 N　$\log N=5.5469-1.5712\cdot \log X$

・平均樹高 H　$\log H=-0.4626+1.4098\cdot \log X-0.2473\cdot (\log X)^2$

・平均胸高直径 D　$D=0.4+0.36X$

・林分材積 V　$\log V=2.7045-21.50/X$

これらの成長モデルは，今田（1972）におけるミズナラ天然生林に生育していた上層木の測定データから，各林齢段階の成長に関するパラメータの平均値を算出し，その平均値に対する回帰式を元に作成されたものである。なお，平均枝下高の収穫予測値は，25 年生から 30 年生までは６m，30 年生以降は７m と一律設定されており，樹冠面積合計に関しては記載されていなかった。

３．結果

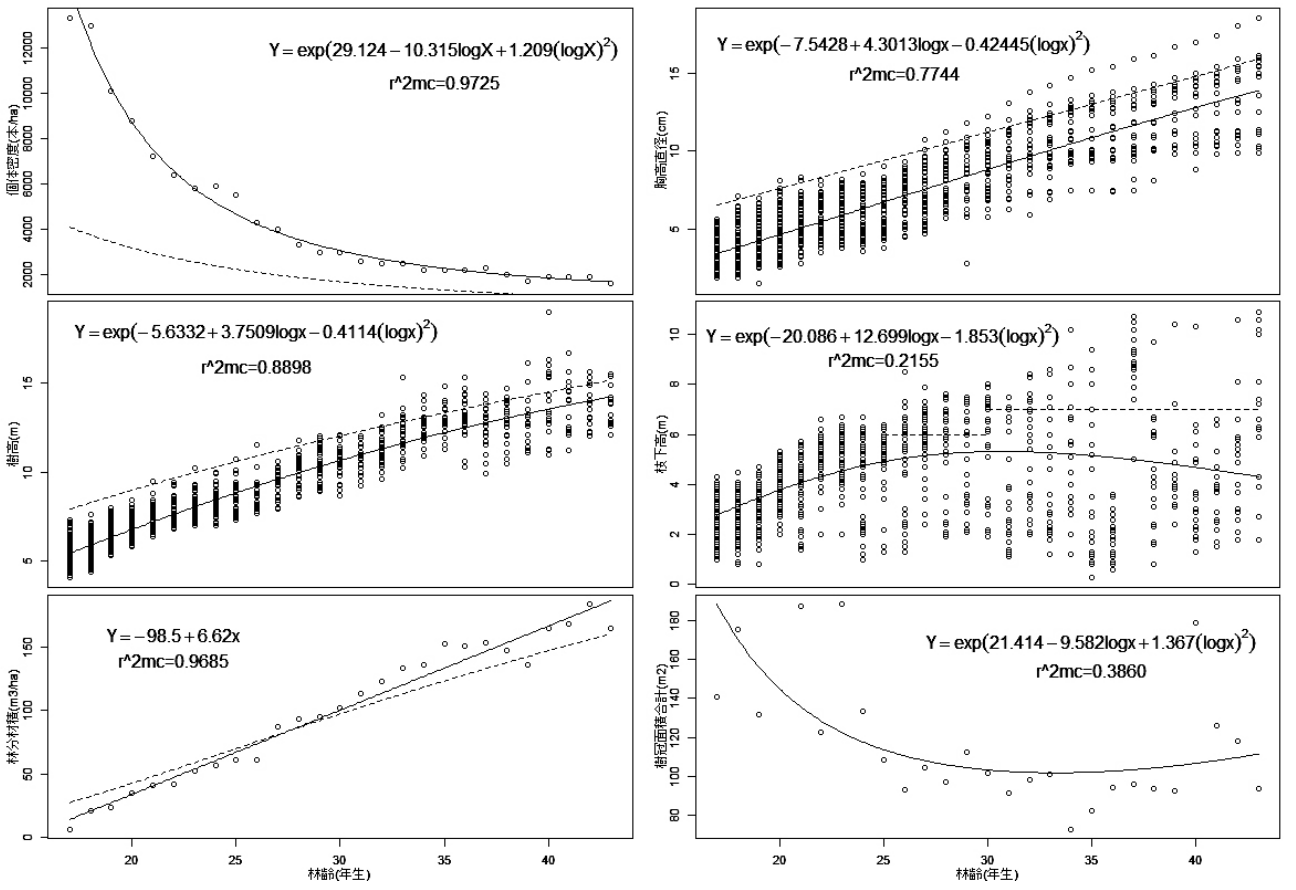
全調査地において，AIC により各応答変数の経年変化を表すモデルの良さを検証した結果，林分材積は線形モデル，その他の項目はガンマ分布の一般化線形モデル（二次式）が最適モデルとして選択された（表３）。

A 区では調査開始（17 年生）時には個体密度は予測値の３倍以上の値を示したが，2015 年（43 年生）時には 1.8 倍まで減少した（図２）。その他の項目は，はじめ予測値を下回り，平均樹高は予測値の７割，平均胸高直径と林分材積は５割以下であった。しかし，予測値との差は林齢とと

表３　各成長量の調査区ごとの最適モデルと AIC

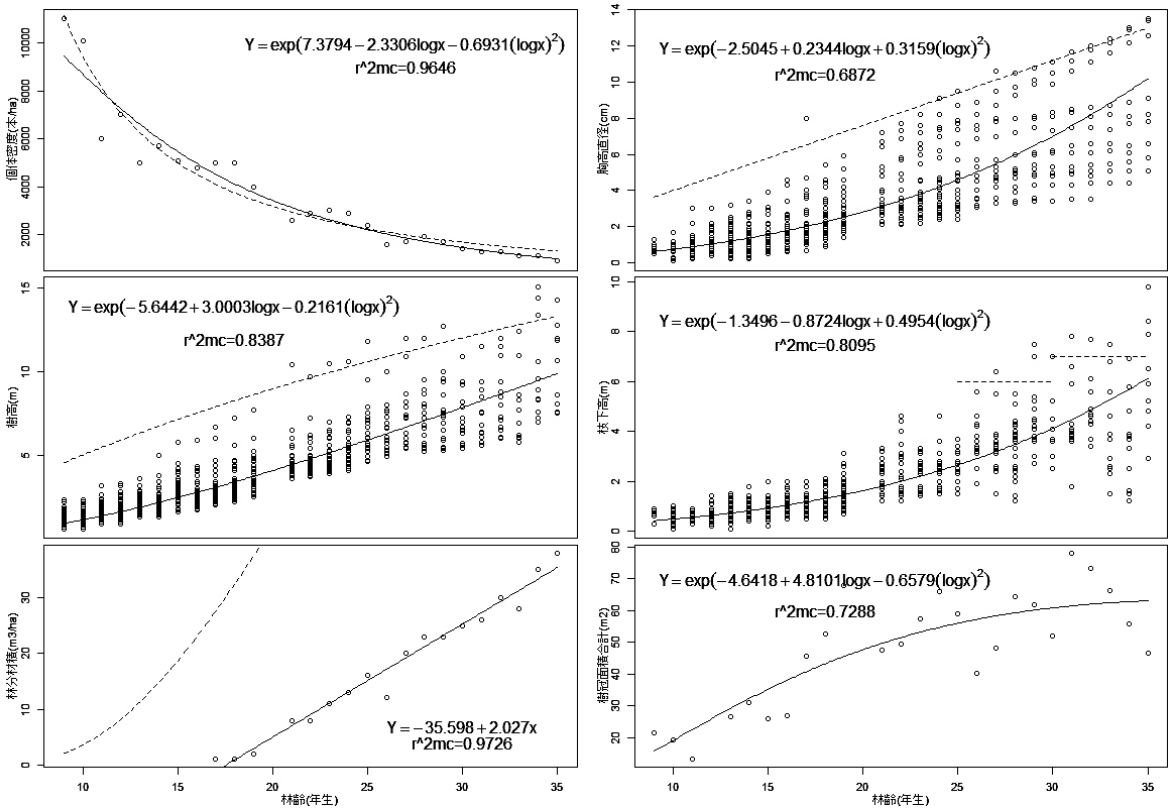
応答変数 Y	調査区	最適モデル	推定値 a	推定値 b	推定値 c	AIC 線形モデル	AIC GLM（一次式）	AIC GLM（二次式）	AIC Null モデル	McFadden の疑似決定係数 線形モデル	McFadden の疑似決定係数 GLM（一次式）	McFadden の疑似決定係数 GLM（二次式）
個体密度	A	Y = exp (a+b・logX+c・(logX)^2)	29.124	−10.315	1.209	481.8	405.7	385.2	518.3	0.760	0.973	0.973
	B		7.379	−2.331	−0.693	443.7	401.2	390.9	487.5	0.828	0.944	0.965
	C		10.943	0.391	−0.383	532.0	493.2	457.8	567.4	0.777	0.884	0.974
平均樹高	A	Y = exp (a+b・logX+c・(logX)^2)	−5.633	3.751	−0.411	3295.4	3156.1	3075.8	5908.2	0.885	0.882	0.890
	B		−5.644	3.000	−0.216	2961.6	2221.5	2213.3	4575.0	0.813	0.837	0.839
	C		−1.199	−0.320	0.447	12121.1	5150.4	923.0	22416.3	0.874	0.817	0.920
平均枝下高	A	Y = exp (a+b・logX+c・(logX)^2)	−20.086	12.699	−1.853	4803.6	4639.4	4235.8	4944.5	0.114	0.136	0.216
	B		−1.350	−0.872	0.495	1998.2	944.2	917.7	3166.3	0.732	0.804	0.810
	C		0.504	−2.631	0.951	3891.2	2498.4	1519.9	6443.4	0.783	0.782	0.877
平均胸高直径	A	Y = exp (a+b・logX+c・(logX)^2)	−7.543	4.301	−0.424	4382.8	4252.4	4235.8	6352.2	0.804	0.771	0.774
	B		−2.505	0.234	0.316	2650.6	2096.7	2093.6	3436.6	0.666	0.685	0.687
	C		−13.726	8.124	−1.001	3486.6	3138.8	3036.5	5692.5	0.828	0.818	0.832
林分材積	A	Y = a + b X	−98.500	6.620		203.9	244.0	221.6	294.4	0.968	0.864	0.945
	B		−35.598	2.027		79.2	110.1	88.8	142.0	0.973	0.836	0.954
	C		−160.436	9.982		64.3	95.6	80.1	111.3	0.988	0.778	0.954
樹冠面積合計	A	Y = exp (a+b・logX+c・(logX)^2)	21.414	−9.582	1.367	254.4	248.0	245.1	258.5	0.210	0.260	0.386
	B		−4.642	4.810	0.658	197.6	195.2	192.5	218.7	0.603	0.674	0.729
	C		2.008	−0.236	0.405	242.3	235.2	224.6	274.2	0.756	0.716	0.829

注）AIC の数値の下線は最小の AIC を示す



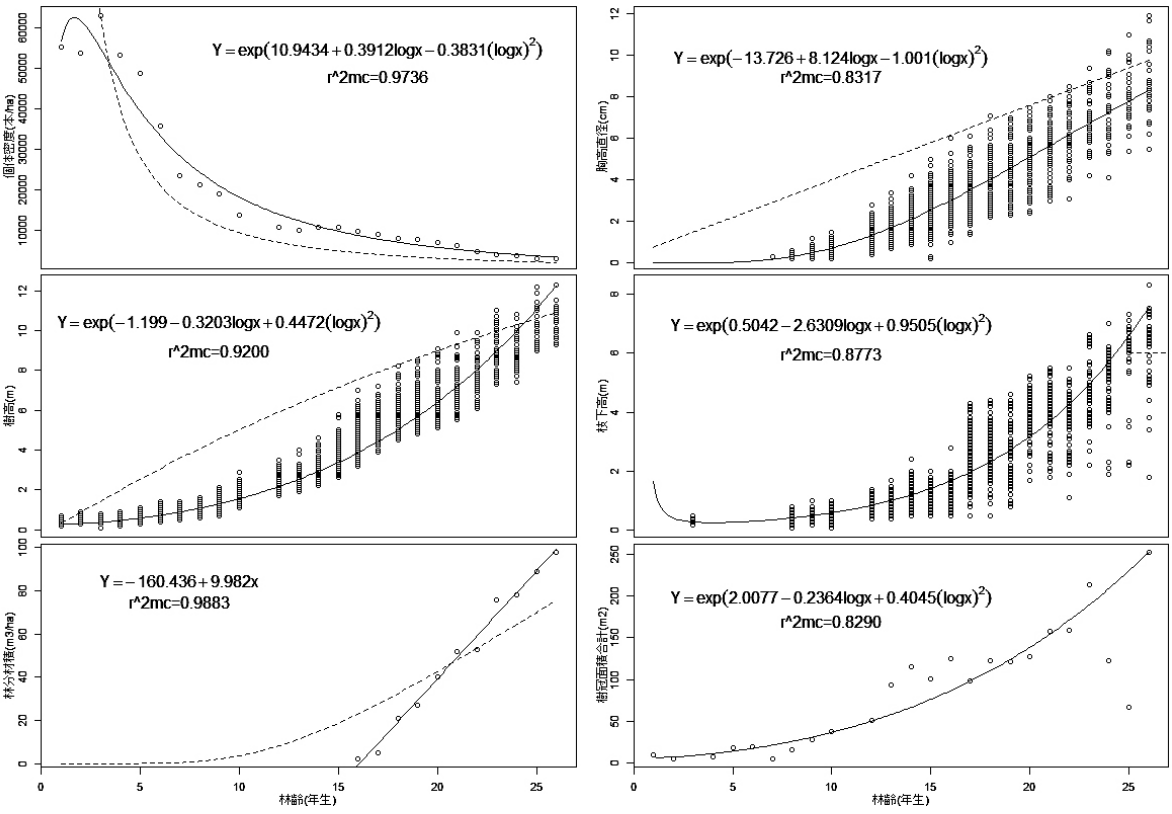
注）破線は今田（1976b）の収穫予測モデル，実線は本調査における最適モデル，表中の式は最適モデルの説明式を示す。
r^2mc, McFadden の疑似決定係数

図２　Ａ区における成長量の経年変化



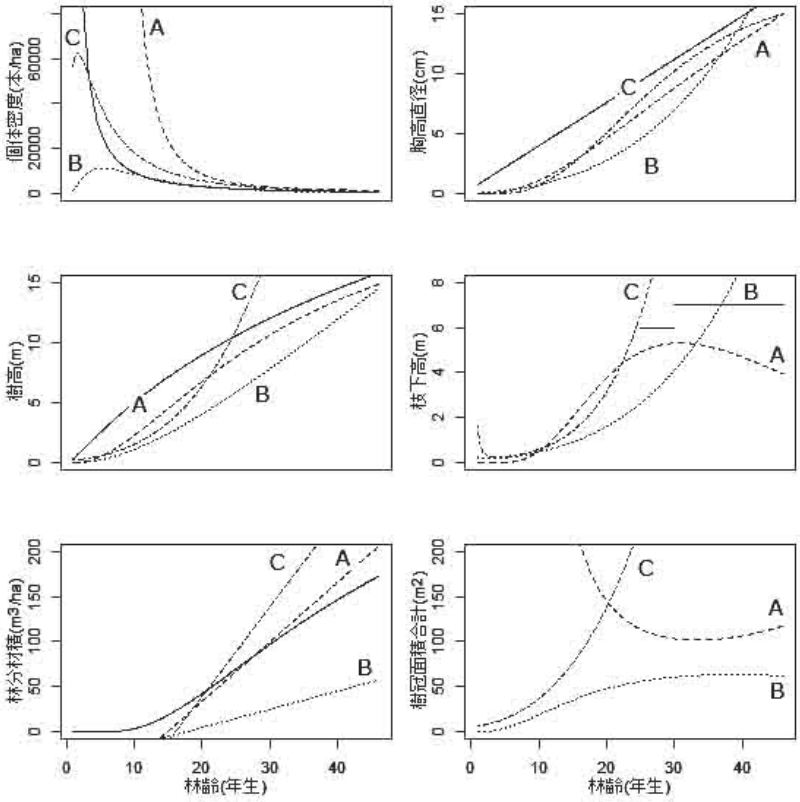
注）破線は今田（1976b）の収穫予測モデル，実線は本調査における最適モデル，表中の式は最適モデルの説明式を示す。r^2mc, McFadden の疑似決定係数

図３　Ｂ区における成長量の経年変化



注）破線は今田（1976b）の収穫予測モデル，実線は本調査における最適モデル，表中の式は最適モデルの説明式を示す。r^2mc, McFadden の疑似決定係数

図４　Ｃ区における成長量の経年変化



注）実線は今田（1976b）の収穫予測モデル，破線は各調査地の最適モデルを示す。

図５　各調査区における成長量の経年変化

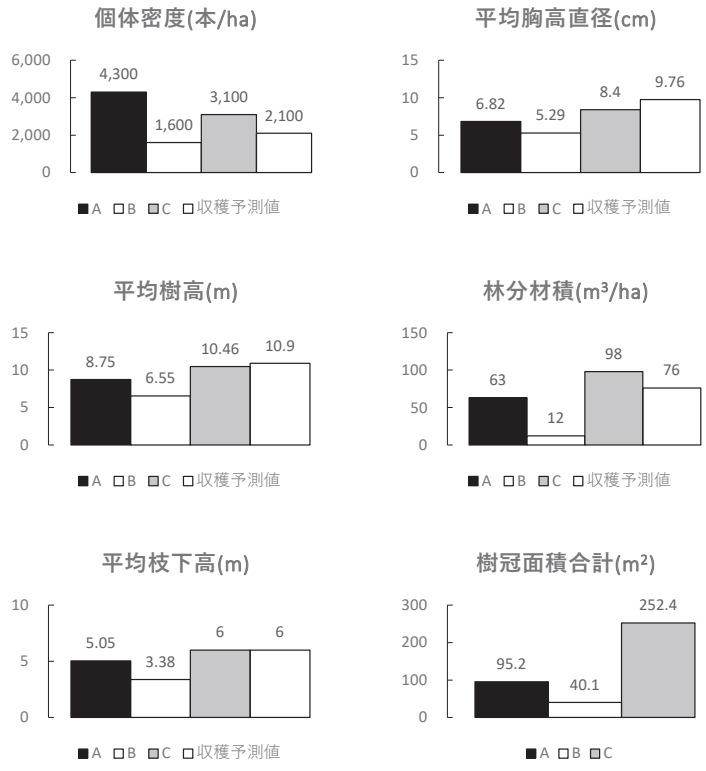


図６　26 年生時における各調査区の成長量

もに減少し，林分材積は28年生の時点で予測値を上回った（図２）。平均樹高と平均胸高直径においても，2015年時点で予測値の９割程であった。

Ｂ区では，全ての項目において予測値を終始下回り，2015年（35年生）時には，個体密度が予測値の８割，平均樹高が７割，平均胸高直径が８割，林分材積では３割程であった（図３）。

Ｃ区の個体密度は調査開始（１年生）時には予測値の５割以下だったものの，４年生以降は予測値を上回り，2015年（26年生）時には予測値の1.6倍となった（図４）。平均樹高は林齢とともに増加し，25年生時に予測値を上回った。胸高直径が計測可能なサイズまで達した個体は７年生時から出現し始め，2015年時の平均胸高直径は予測値の９割程であった（図４）。林分材積は16年生時から算出可能となり，21年生時には予測値を上回った（図４）。平均枝下高は３つの調査地の中で唯一予測値を上回った。

全調査地で林齢とともに個体密度は減少し，平均樹高，平均胸高直径，林分材積は増加した（図５）。平均枝下高と樹冠面積合計は，３つの調査地の中でＡ区のみ減少傾向を示した（図５）。

26年生時の計測値を調査地間で比較すると，個体密度はＡ区，Ｃ区，Ｂ区の順に高く，Ｂ区のみ予測値を下回った（図６）。平均樹高，平均枝下高，平均胸高直径，林分材積はいずれもＣ区，Ａ区，Ｂ区の順に高い値を示し，Ｃ区は全ての項目で予測値の８割以上，林分材積に関しては予測値を上回った（図６）。樹冠面積合計もまたＣ区，Ａ区，Ｂ区の順に高い値を示した（図６）。

４．考察

Ａ区では，個体密度が予測値を終始上回ったものの，林齢とともにその差は小さくなった（図２）。また，平均樹高，平均胸高直径ともに2015年（43年生）時には，予測値の９割程まで達していたことから，個体サイズは順調に増加しており，目標とする林分構造に近づいていると言える。この結果は，大津ら（2015）の報告とも一致する。菱（2013）は，当試験区の15年生以降の造林地において，密度依存的な個体間競争により各林齢の最多密度を保ちながらミズナラ造林木の自己間引きが生じていることを報告している。Ａ区では樹冠面積合計が減少傾向を示したことから，林冠は飽和状態にあると考えられる。また，大津ら（2015）は，当試験区のミズナラを主とする樹木の細根量が林齢とともに微増していること，土壌のC/N比が林齢に関わらず安定していることを報告している。これらのことから，Ａ区では，土壌養分の競争よりも，光競争に伴う自己間引きが生じていると考えられる。その結果，15年生除伐以降も個体密度が減少していく際に成長の悪いミズナラ造林木が淘汰され，各項目の増加につながったと考えられる。また，間伐では，強度に林冠が疎開されない限り成長量に大きな変化がなく（渋谷・増地 1991；菊沢・浅井 1979），伐採による光環境の変化が，不定芽の発生を促進させることが指摘されており（横井・山口 1996，宮本・岡村 2010），除伐では成長量への寄与はより限定的になるであろう。そのため，除伐は林分成長の促進という観点からは省略が可能だと考えられる。

一方，雑木除去や密度管理のための作業が３年生稚樹刈出以降全く行われていないＢ区では，全ての項目で予測値の８割に満たなかった（図３）。Ｂ区ではシラカンバが優占しており，ミズナラ造林木が被圧されたために成長が大きく阻害されたものと考えられる。菱（2013）によるとミズナラ造林試験区内の８年生から30年生までの林分の内，Ｂ区のようにシラカンバの混交率が25％を上回る林分が11ヶ所存在していた。このように，造林木が他の樹種により被圧されるような造林地では，早期の雑木の除去作業が必要だろう。カンバ類は，初期成長速度が速いため刈取り強度の低い造林地では優占する可能性が高く（長谷川ら 2007），20年生頃までに除伐する必要があることが指摘されている（宮本・岡村 2010）。当試験区においても造林初期での雑木除去作業が重要だと考えられる。

７年生稚樹刈出により早期に雑木の除去を行ったＣ区では，個体密度は予測値よりもやや高い値で推移したものの，平均樹高と林分材積は2015年（26年生）時には予測値を上回り，平均胸高直径も予測値の９割程まで達していた。また，26年生時の成長量を３つの調査地で比較すると，平均樹高，平均枝下高，平均胸高直径，林分材積のいずれもＣ区で最大となり，予測値に近い値を示した。したがって，早期に雑木を除去したＣ区は，最も目標に近い林分構造を形成していると考えられる。

Ａ区の平均枝下高は枝打ちを実施したにも関わらず減少傾向にあった。このことから，Ａ区では枝打ち後に不定芽が発生し，平均枝下高が減少したと考えられる。一方，Ｂ区とＣ区の平均枝下高は増加傾向にあり，Ｃ区では，枝打ちを実施していないにもかかわらず予測値を上回った。Imada（2005）も，枝打ち適期を迎えた林分のほとんどで平均枝下高が予測値を上回っていたこと，林齢とともに枝下高が増加することを報告している。これらのことから，枝打ちの効果ははっきりせず，実施したとしても必ずしも期待通りの効果を期待できるとは限らないことが示唆される。

以上の結果より，今田（1974a）の作業工程にある除伐，間伐，枝打ちなどの効果は明瞭ではなく，造林初期に雑木の除去を適切に行えば，目標とする林分構造を形成できる可能性が示された。また当試験では造林初期の雑木除去作業として，Ａ区では15年生除伐，Ｃ区では７年生稚樹刈出という異なる作業法が行われ，両調査地ともに造林木の成長は良好であった。除伐は，伐採木の選定から，伐倒，搬出といった一連の作業が必要になるが，当試験の７年生稚樹刈出は放置筋を刈払機で刈り払うだけであるため，作業効率は相対的に高くなる。また，26年生時の林分成長量はＡ区よりもＣ区の方が高い値を示しており，７年生稚樹刈出の成長量に対する効果が示されている。費用と労力の制約により高頻度の育林作業の実施が困難な場合は，７年生稚樹刈出を実施することで，作業の費用対効果を高められると考えられる。しかし，今回の調査は150年におよぶ

造林計画の未だ３分の１の段階での結果に過ぎない。育林作業の省略がミズナラ造林木の成長に今後どのように影響を与えるのかを，長期的に調査していく必要がある。

謝辞

1972 年に今田盛生博士がミズナラ造林試験地を設定され，以降 40 年以上にわたり九州大学農学部附属北海道演習林技術職員の皆様には林地の管理に大変お世話になりました。中井武司氏には本調査地の設定にご尽力いただきました。古賀信也博士，久米篤博士，菱拓雄博士，智和正明博士には様々なご助言をいただきました。ここに謝意を表します。

引用文献

坂東忠明（2015）北海道カラマツ林業構造の形成に関する史的研究．東京農業大学リポジトリ https://nodai.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=609&item_no=1 &page_id=28&block_id=60

長谷川幹夫・平英彰・吉田俊也（2007）積雪寒冷地のブナ人工林における下刈り期間の違いが林分構造に及ぼす影響．日林誌 89：14-20

菱拓雄（2013）九州大学のミズナラ人工林施業試験地．北方林業 65：359-363

北海道水産林務部：平成 28 年度 北海道林業統計　http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/sum/kcs/rin-toukei/28rtk.htm　2018 年８月 29 日参照

今田盛生（1972）ミズナラの構造材林作業法に関する研究．九州大学農学部附属演習林報告 45：81-225

今田盛生（1973）細胞式舌状皆伐作業法の基本とその応用．九州大学農学部演習林報告 47：147-164

今田盛生（1974a）ミズナラ構造材保続生産林への誘導試験：第１報 試験林の概況と誘導に基本試験．演習林集報 25：21-43

今田盛生（1974b）ミズナラ構造材保続生産林への誘導試験：第２報 林道網の開設と森林区画の設定．演習林集報 25：45-54

今田盛生（1976a）ミズナラ構造材保続生産林への誘導試験：第３報 第Ｉ誘導計画期の誘導実施計画．演習林集報 26：17-29

今田盛生（1976b）九州大学北海道地方演習林ミズナラ林分収穫予想表の調製．演習林集報 26：31-50

Imada Morio(1996)Management System for Japanese Oak on the Kyushu University Forest in Hokkaido:20-year Report. Japan Society of Forest Planning2:43-50

Imada Morio(2005)Management System for Japanese Oak on the Kyushu University Forest in Hokkaido-Experiment for the 30-year Period-.Reprint from Journal of Forest Planning11:33-44

柿原道喜（1976）ミズナラ老令林の林分構成ならびに生長量．日本林學會北海道支部講演集 24：87-90

菅野高穂（1984）広葉樹林の施業に関する基礎的研究：主として北海道における広葉樹林の分析．北海道大学農学部演習林研究報告 41：１-91

加藤義明（2003）優良な種苗の確保のための育苗技術．林木育種技術ニュース 16：10-11

菊沢喜八郎・浅井達弘（1979）日高地方における広葉樹林の林分構造と生長量．北海道林業試験場報告 16

小谷二郎・山本福壽・谷口真吾・橋詰隼人（2010）ミズナラとブナを主とする二次林に対する間伐が幹の肥大成長や後生枝の発達に与える影響．日林誌 92：200-207

前田雄一（2003）植林後６成長期を経過したブナの残存と誤伐被害．森林応用研究 12：65-68

宮本義憲・岡村行治（2010）「ミズナラ施業級」の試み－天然林におけるミズナラ大径木（三万本）の個体管理と持続的生産のシステム化について．日林北支論 58：107-109

南木大祐・井上幸子・緒方健人・久保田勝義・長慶一郎・中村琢磨・村田秀介・山内康平・田代直明・菱拓雄・智和正明・内海泰弘（2018）十勝平野北東部におけるエゾシカ生息数の年変動とミズナラ造林木への食害．九州大学演習林報告 99：22-25

大津洋暁・菱拓雄・田代直明・井上幸子・長慶一郎・緒方健人・馬渕哲也・榎木勉（2015）北海道東部のミズナラ造林地における土壌の炭素および窒素の蓄積様式－連続した０～40 年生林分を用いた解析．九州大学演習林報告 96：１-15

R Development Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL http://www.R-project.org. 2018 年 10 月 16 日参照

林野庁：森林・林業統計要覧 2017　http://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/toukei/attach/pdf/youran_mokuzi2017-8.pdf　2018 年８月 29 日参照

林野庁計画課（1970）　立木幹材積表東日本編　日本林業調査会　pp.333

渋谷正人・増地孝幸（1991）ミズナラ二次林における間伐．枝打ちおよび地表処理の効果．北海道大学農学部演習林研究報告 48：101-103

滝谷美香（2012）北海道における有用材・良質材生産のための森林造成・保育技術の研究．北海道林業試験場研究報告 49：１-34

横井秀一・山口清（1996）ミズナラの後生枝の発生起源と間伐がその発達に及ぼす影響．日林誌 78：169-174

横井秀一（2001）ケヤキ造林地における下刈りの省略が林分構造に及ぼす影響．岐阜県森林研研報 30：１－８

横井秀一（2004）除伐後６年を経過した落葉広葉樹林における除伐の効果．岐阜県森林研研報 33：１－６

横井秀一・井川原弘一・渡邉仁志（2004）クリ造林地における下刈りの省略が成林に及ぼす影響．中森研 52：13-16

（2018 年 11 月 5 日受付：2019 年 1 月 24 日受理）