



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	かき起こし跡地のダケカンバ二次林の成長に対する除伐の影響
Author(s)	佐野, 友紀; 渋谷, 正人
Citation	日本森林学会誌, 97(1), 25-29 https://doi.org/10.4005/jjfs.97.25
Issue Date	2015
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/67691
Type	journal article
File Information	Journal of the Japanese Forest Society 97_25.pdf



かき起こし跡地のダケカンバ二次林の成長に対する除伐の影響

佐野友紀¹・渋谷正人^{*,2}

本研究では、かき起こし跡地の16年生のダケカンバ二次林で除伐試験を行い、除伐後20年間の林分および個体成長を比較し、除伐効果を検討した。除伐試験は北海道大学雨龍研究林で行われ、除伐後に密度が約1,000、2,500、5,000本/haとされた3プロットと、無除伐区を設定した。除伐20年後の平均胸高直径は8.4~13.1cmであり、除伐強度の順に大きく、除伐効果が認められた。1000本区では除伐後12年間は成長促進効果が大きかったが、その後は個体間競争が強くなった。2500本区と5000本区は除伐後12年で収量比数0.9以上の混んだ状態となった。胸高直径成長速度と期首直径の関係は、除伐後はプロット間で差がみられたが、成長に伴い収束する傾向にあった。これらの結果から、ダケカンバ二次林では、若齢時の除伐であれば、非常に疎な状態となる強い除伐であってもその後の個体成長に問題はなく、除伐コストを考えると強い除伐が推奨できる。

キーワード：かき起こし、個体間競争、収量比数、除伐効果、ダケカンバ

Yuuki Sano,¹ Masato Shibuya^{*,2} (2015) Thinning Effect on Tree Growth in Secondary *Betula ermanii* Stands on Scarified Sites. *J Jpn For Soc* 97: 25-29 We conducted a thinning experiment in secondary *Betula ermanii* stands on scarified sites and examined the thinning effect on stand and tree growths after the thinning. The experiment was conducted in natural *B. ermanii* stands in the Uryu experimental forest of Hokkaido University, and 3 plots thinned to approximately 1,000, 2,500, 5,000 trees/ha and an unthinned, control plot were established at 16-year-old stand age. After 20 years of the thinning, mean diameter at breast height was 8.4-13.1 cm and larger in the order of thinning intensity, and therefore, thinning effect was recognized in the thinning experiment. In 1000-tree-plot, tree growth was apparently accelerated in 12 years after thinning, and thereafter, tree competition was enhanced. In 2500- and 5000-tree-plots, the relative yield indices were more than 0.9 at 12 years after thinnings, and they were considerably crowded. Relationships between mean diameter increment and tree diameter differed among plots after the thinning, but the differences diminished with tree growth. In conclusion, we recommend an intensive thinning in natural *B. ermanii* stands in young growth stage, because tree growth would be enhanced and thinning cost would be small in such a thinning system.

Key words: *Betula ermanii*, relative yield index, scarification, thinning effect, tree competition

I. は じ め に

北海道の天然林では伐採の進行により立木密度が低下し、1970年頃にはササに覆われた劣化した林分が増加していた。そこで1970年代からブルドーザ等の重機を用いたかき起こしによって樹木の更新を促す作業が盛んに行われるようになり(原田ら 2008)、現在の北海道では、かき起こし跡地に成立したカンバ類が優占する二次林が広く分布している(真坂 2003)。カンバ類は針葉樹類に比べて材価が高く、またかき起こし跡地では下刈りが不要で保育経費が安価であるため、カンバ林での木材生産は効率がよく、林業的に価値があるといえる。一般にカンバ二次林は更新密度が高く、若齢時には混んだ林分が多いため(真坂 2003)、優良材の生産を目指すためには早期からの保育が必要と考えられ、除間伐による林分および個体成長への影響を明らかにすることが重要である。

除間伐により立木の成長や器官量配分には変化が生じ、通常個体成長は促進され(Lavigne 1988; Ginn *et al.* 1991)、枝葉への配分が大きくなる(Brix 1981; Shibuya *et al.* 2005)。一般に、成長促進効果は直径成長に顕著に現れ、

間伐後の直径成長量と期首直径との関係は直線関係であることが多い(菊沢 1987; 渋谷・増地 1991; 梅木 2001)。この回帰の傾きの大小は、元のサイズに依存した成長量の差を示す。菊沢(1987)による20年生のヨーロッパトウヒ人工林での間伐4年後の期末直径-期首直径の回帰は、間伐率(本数間伐率: 15~50%)が増すと傾きが増加し、さらに間伐率が大きくなると(同78%)切片が大きくなり、成長量は期首直径と関係なくなった。このように、期末直径-期首直径(または直径成長量-期首直径)関係は、林分内における個体間競争の強度によって影響を受ける。また林分の混み具合を示す収量比数は、個体間競争の強度と密接な関係がある。そのため、除間伐後の収量比数と直径成長量-期首直径関係の経年変化を検討することによって、除間伐による個体成長への影響とその経年変化を定量的に理解することができると考えられる。

そこで、本研究では除伐強度の異なるかき起こし跡地のダケカンバ二次林において、除伐強度と除伐効果の関係、および除伐後の個体間競争の強度の経年変化について、除伐後20年間の収量比数の変化と直径成長量-期首直径関係によって検討を行った。

*連絡先著者 (Corresponding author) E-mail: shibuya@for.agr.hokudai.ac.jp

¹ 北海道大学大学院農学院 〒060-8589 北海道札幌市北区北9条西9丁目 (Graduate School of Agriculture, Hokkaido University, Kita-9, Nishi-9, Kita-ku, Sapporo, Hokkaido 060-8589, Japan)

² 北海道大学大学院農学研究院 〒060-8589 北海道札幌市北区北9条西9丁目 (Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Kita-9, Nishi-9, Kita-ku, Sapporo, Hokkaido 060-8589, Japan)
(2014年8月14日受付, 2014年10月10日受理)

II. 調査地と方法

北海道大学北方生物圏フィールド科学センター雨龍研究林 418, 419 林班で調査を行った。雨龍研究林は、北緯 44°3′~29′, 東経 142°1′~20′ に位置し、年平均気温は約 3℃, 年平均降水量は約 1,200 mm で、その大部分は 9 月から 3 月に集中する。10 月下旬から 5 月初旬まで降雪のある多雪寒冷地である (雨龍研究林 2012)。

調査対象地では 1974 年 10 月にかき起こしが行われ、その後ダケカンバを主とした広葉樹二次林が成立した。林齢 16 年生時の 1991 年 5 月に強度を変えて除伐を行い、本研究で調査を行った 2011 年には 37 年生であった。調査区は、除伐直後に密度が約 1,000, 2,500, 5,000 本/ha とされた 3 プロットと、1995 年に対照区としての無除伐区的全 4 プロットが設置された (以下、1000 本区、2500 本区、5000 本区、無除伐区とする)。各プロットの面積は、1000 本区は 20 m×20 m, 2500 本区、5000 本区、無除伐区は 15 m×15 m である。雨龍研究林の 418 林班と 419 林班の林班界の尾根上を林道が走っており、無除伐区と 5000 本区は林道を挟んで向かい合った位置にあり、2500 本区と 1000 本区は、5000 本区から約 50 m の間隔をおいて配置されている。南向きの緩い斜面上にあり、全プロットほぼ平坦な地形である。1991 年の除伐前の林相は、各プロット周辺の 50 m² で調べられていて、密度が 8,200~12,800 本/ha, 平均胸高直径 4.2~5.1 cm であった。除伐の詳細については、記録が残されていず不明である。ダケカンバの本数率は、初回調査の 1993 年から 2011 年まで 1000 本区では 60~70%, 1000 本区以外の 3 プロットでは 80% 以上を占め、その他の樹種のほとんどはシラカンバである。1993 年は除伐処理区 3 プロットで、1995, 1997, 2003, 2008, 2011 年は無除伐区を含めた全 4 プロットで、個体識別を行い胸高直径と樹高を測定した。

林分の混み方を検討するために、各プロットで蓄積を求め、収量比数を求めた。幹材積は、次のダケカンバ材積の相対成長式で求めた。シラカンバを除く、他の樹種にもこの式を用いた。

$$V = (D^2 H)^{0.887} \times 10^{-4.098} \\ (n = 35, r^2 = 0.988, p < 0.01, \text{渋谷 未発表})$$

ここで、 D は胸高直径、 H は樹高である。

ダケカンバ以外ではシラカンバが多いため、シラカンバについては、以下の相対成長式を用いた。

$$V = (D^2 H)^{0.952} \times 10^{-4.215} \quad (\text{渋谷・松田 1993})$$

収量比数については、森林総合研究所北海道支所によるダケカンバ林の林分密度管理図 (1993) を用い求めた。

また、除伐後の個体間競争の強さとその推移を検討するため、1993~2011 年の各調査間の胸高直径の年平均成長量と期首胸高直径の関係 (以下直径成長量-期首直径関係) について、プロット間で比較を行った。

各調査時の胸高直径と樹高について、プロット間で Kruskal-Wallis 検定を行い、その事後比較として Wilcoxon 順位と検定で多重比較した。また、回帰式の比較には (S) MATR を用いた (Cho *et al.* 2005; Shibuya *et al.* 2005; Aiba and Nakashizuka 2007)。各検定の多重比較の有意水準については、全て Shaffer の方法で補正した。

III. 結 果

1. 林況

表-1 に林況を示した。1993 年から 2011 年までの密度は、1000 本区で 1,275 本/ha から 1,125 本/ha, 2500 本区で 2,889 本/ha から 2,800 本/ha, 5000 本区で 4,756 本/ha から 3,733 本/ha となり、無除伐区では、1995 年から 2011 年までで 10,489 本/ha から 3,467 本/ha となった (表-1)。5000 本区では 1997 年以降、無除伐区ではプロットが設置された 1995 年から密度の減少が大きかった (表-1)。平均胸高直径は 2011 年に 1000 本区で 13.1 cm, 2500 本区で 10.2 cm, 5000 本区で 8.5 cm, 無除伐区で 8.4 cm であり、密度が小さいプロットで大きく、5000 本区・無除伐区間を除き有意差がみられた (表-1)。これに対し、平均樹高は、1997 年以降プロット間に有意差はなく、2011 年には 12.6~13.2 m であった (表-1)。

蓄積は、すべてのプロットで増加し続けていて、1995 年の 24.6~86.5 m³/ha から、2011 年の 96.7~144.4 m³/ha へ増加した (表-1)。2008 年以降は 2500 本区、5000 本区、無除伐区はほぼ同じ蓄積となっている (表-1)。

収量比数は、除伐区では増加し続けていて、1993~2011 年で、1000 本区では 0.32 から 0.77, 2500 本区では 0.64 から 1.02, 5000 本区では 0.71 から 1.05 へ増加した (表-1)。無除伐区では 1995~2011 年に 1.01~1.08 であった (表-1)。

2. 直径成長量-期首直径関係

各調査間の胸高直径の年平均成長量と期首直径の関係を表-2 と図-1 に示した。直径成長量-期首直径の回帰は、全調査時、全プロットで有意であった (表-2)。回帰の傾きについては、若干の変動はあるが、全プロットで時間経過とともに減少傾向にあった (表-2)。プロット間では 1993~1995 年は除伐された 3 プロットでほとんど等しかったが、1995 年以降は 2003~2008 年を除き、1000 本区で最も小さく、1995~1997 年には無除伐区との間に有意差があった (表-2, 図-1)。除伐区間では、2003~2008 年を除き、2500 本区の傾きが最大であった (表-2)。5000 本区では 1995~1997 年は無除伐区と比べると小さく、有意差があったが、1997 年以降は無除伐区より大きかった (表-2, 図-1)。切片については、2003~2008 年を除き 1000 本区で最大であり、1993~1995 年には 2500 本区、5000 本区と、1997~2003 年は無除伐区と有意差があった (表-2, 図-1)。2500 本区は 1993~2011 年まで切片は小さい傾向にあった (表-2, 図-1)。5000 本区は 1993~2003 年は 1000 本区の次に大きく、1997~2003 年は無除伐区と

表-1. 林況

年	プロット	DBH(cm)	<i>H</i> (m)	<i>N</i> (本/ha)	<i>V</i> (m ³ /ha)	Ry	年	プロット	DBH(cm)	<i>H</i> (m)	<i>N</i> (本/ha)	<i>V</i> (m ³ /ha)	Ry
1993	1000 本区	6.4±2.0 a	6.8±1.0 a	1275	17.1	0.32	2003	1000 本区	11.1±1.6 a	10.6±1.6 a	1175	61.5	0.63
	2500 本区	6.4±1.8 a	7.8±1.6 b	2889	40.8	0.64		2500 本区	9.4±2.8 b	10.7±2.1 a	2889	94.6	0.91
	5000 本区	4.9±1.3 b	6.9±1.2 a	4756	38.7	0.71		5000 本区	7.3±1.9 c	10.1±1.0 a	4089	92.3	0.95
								無除伐区	6.5±2.7 d	10.0±1.6 a	5378	111.9	1.04
1995	1000 本区	7.4±1.1 a	7.4±1.0 a	1275	24.6	0.40	2008	1000 本区	12.1±1.8 a	11.3±1.7 a	1125	72.1	0.68
	2500 本区	7.0±2.0 a	8.1±1.6 b	2889	49.2	0.70		2500 本区	9.7±2.4 b	11.4±1.1 a	2800	117.0	0.98
	5000 本区	5.4±1.5 b	7.3±1.3 a	4756	48.5	0.78		5000 本区	7.9±2.2 c	11.3±1.2 a	3778	113.3	1.00
	無除伐区	4.5±1.7 c	7.6±1.5 ab	10489	86.5	1.03		無除伐区	7.8±3.3 c	11.1±1.8 a	3689	117.4	1.01
1997	1000 本区	8.4±1.2 a	8.2±1.2 a	1275	32.9	0.47	2011	1000 本区	13.1±2.0 a	13.2±2.0 a	1125	96.7	0.77
	2500 本区	7.5±2.1 b	8.7±1.7 a	2889	59.5	0.77		2500 本区	10.2±2.7 b	12.9±1.6 a	2800	144.4	1.02
	5000 本区	5.9±1.7 c	8.1±1.7 a	4711	61.8	0.85		5000 本区	8.5±2.4 c	13.0±1.8 a	3733	142.1	1.05
	無除伐区	4.9±2.0 d	8.1±1.7 a	9022	94.5	1.08		無除伐区	8.4±3.7 c	12.6±2.6 a	3467	144.0	1.04

DBH, 胸高直径; *H*, 樹高; *N*, 密度; *V*, 蓄積; Ry, 収量比数。DBH, *H* は平均値±標準偏差を示す。検定は Kruskal-Wallis 検定を行い, その事後比較として Wilcoxon 順位和検定で多重比較。Shaffer の方法により有意水準 $p=0.05$ に調整。異なるアルファベットはプロット間に有意差があることを示す。

表-2. 各調査間における年平均直径成長量と期首胸高直径の回帰式と検定結果

プロット		期 間				
		1993～1995	1995～1997	1997～2003	2003～2008	2008～2011
傾 き	1000 本 区	0.106 a	0.068 a	0.067 a	0.057 ab	0.048 a
	2500 本 区	0.107 a	0.086 ab	0.089 a	0.050 ab	0.058 a
	5000 本 区	0.105 a	0.083 a	0.072 a	0.052 b	0.056 a
	無 除 伐 区	—	0.103 b	0.067 a	0.040 a	0.052 a
切 片	1000 本 区	-0.16 a	-0.07	-0.19 a	-0.34	-0.24 ab
	2500 本 区	-0.41 b	-0.35	-0.43 ab	-0.33	-0.39 a
	5000 本 区	-0.29 c	-0.21	-0.28 a	-0.27	-0.31 b
	無 除 伐 区	—	-0.32	-0.28 b	-0.20	-0.27 b
決定係数	1000 本 区	0.47	0.24	0.23	0.29	0.27
	2500 本 区	0.27	0.18	0.13	0.41	0.55
	5000 本 区	0.48	0.52	0.65	0.66	0.41
	無 除 伐 区	—	0.37	0.78	0.68	0.51

全ての回帰は $p<0.01$ で有意。回帰式の比較には (S) MATR を用いた。Shaffer の方法により有意水準 $p=0.05$ に調整。異なるアルファベットはプロット間に有意差があることを示す。

有意差があったが, その後は有意差はなかった(表-2, 図-1)。

IV. 考 察

平均胸高直径は除伐後 20 年の 2011 年には除伐の強度順に大きくなっていて(表-1), 除伐効果が認められた。平均樹高は 1997 年以降, どのプロットにもほとんど差はなく, 樹高成長は立木密度に影響されなかった(表-1)。従来の研究(Hamilton 1981; Lanner 1985)でも上層高は立木密度に影響されないとされており, 陽樹であるダケカンバ林は典型的な単層林となるので, それを支持する結果であったといえる。蓄積は除伐から 17 年経過した 2008 年には, 2500 本区と 5000 本区では最多密度状態に達しており, 無除伐区と蓄積がほとんど変わらなかった(表-1)。1000 本区では密度が小さいため, 他の除伐区に比べて蓄積は小さかったと考えられる。

次に除伐区の個体間競争の強度の変化について, 収量比数と直径成長量-期首直径関係によって考察する。1000 本

区では 1993 年から 2003 年までの収量比数は 0.32 から 0.63 と比較的疎な状態であり(表-1), また他プロットと比較して直径成長量-期首直径関係の回帰の傾きは小さく, 切片が大きかった(表-2, 図-1)ことから, どの直径階でも直径成長が大きかったといえ, この期間は個体間競争が弱かったと考えられる。除間伐率が十分に大きい場合, 期首直径に関係なく直径成長量が増大し, また回帰の傾きが小さくなることは, ヨーロッパトウヒ人工林(菊沢 1987)とミズナラ天然林(渋谷・増地 1991)でも示されている。2003～2008 年は他プロットより回帰の傾きが大きかったが, 傾きは 2011 年まで減少し続けていた(表-2, 図-1)。2008～2011 年は傾きは他プロットと有意差はなく, 切片は 5000 本区, 無除伐区より大きかったが, プロット間の差は小さかった(表-2, 図-1)。また収量比数は 2008 年に 0.68, 2011 年に 0.77 であり, 2008 年以降は混んだ状態になってきているため(表-1), 競争が激化し, 除伐効果は徐々に低下していると考えられる。

2500 本区は全ての調査間で切片が小さく(表-2),

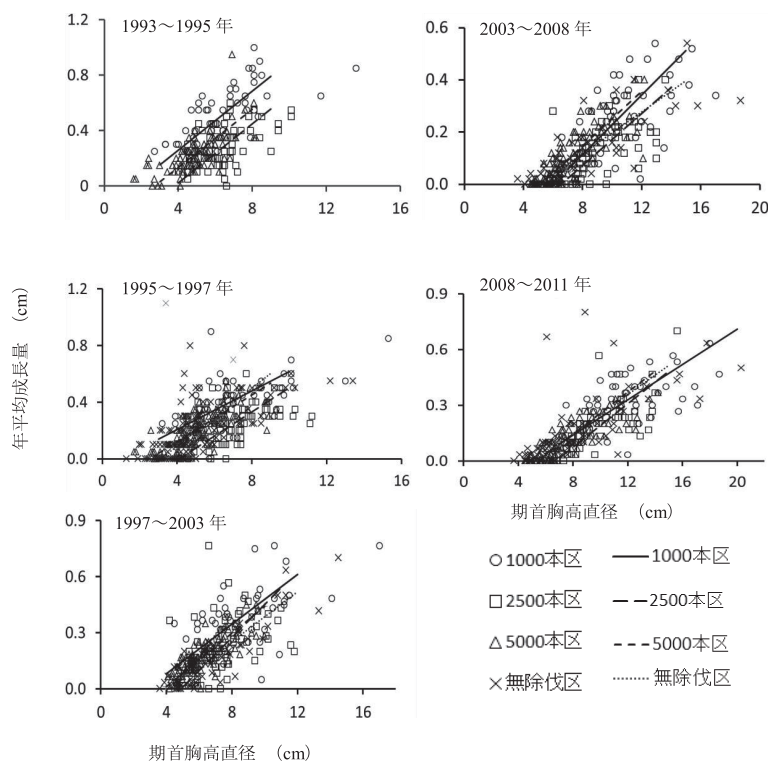


図-1. 各調査間の胸高直径の年平均成長量と期首胸高直径間の関係
回帰式は表-2を参照。

1997～2003年と2008～2011年は傾きが最も大きく、除伐区間では2003～2008年を除いて傾きが最大であった(表-2)。除間伐4～5年後の期末直径-期首直径関係の傾きは、ある除間伐率まで増大する傾向が菊沢(1987)と渋谷・増地(1991)によって示されているが、本結果は、それらと同じ傾向を示していると考えられる。本調査では、2003～2008年の結果が少し不規則な傾向を示していると考えられるが、菊沢(1987)や渋谷・増地(1991)によって報告された傾向が、除間伐直後の短期間だけでなく、長期間続く可能性を示していると考えられる。

5000本区は、1993年から1997年の収量比数は0.71から0.85であり(表-1)、個体間競争の緩和効果はあったと考えられる。1997年以降は収量比数が0.85～1.05と密な状態であり、枯死木が多くなっている(表-1)ため、個体間競争が強い状態だったと判断される。特に2008年以降は最多密度に達し、平均胸高直径は無除伐区と差がなくなっており(表-1)、累積的な除伐効果もみられなくなっている。

各調査間の直径成長量-期首直径関係は、2003～2008年と1995～1997年の無除伐区を除くと、除伐率が大きくなると2500本区までは傾きが増大し、負値の切片が減少する傾向がみられた(表-2)。これは、2500本区までは除伐による成長促進効果が上層個体でより顕著で、さらに除伐強度とともに増大することを示していると考えられる。

全プロットで回帰の傾きは時間経過とともに減少傾向に

あった(表-2, 図-1)。時間とともに個体が成長し、サイズ差は大きくなっているが、2008～2011年の数個体を除くと、成長量の大きな個体の成長量自体は増大しておらず、どちらかというやや減少傾向にあるようであった(図-1)。これは、時間とともに林冠閉鎖が進み、上層個体間の競争も激しくなったためと考えられ、そのため回帰の傾きが減少すると考えられる。

プロットごとの回帰の傾きは、2003～2008年を除くと減少傾向にあり、プロット間の傾きの大きさは、2003～2008年を除いて1000本区<無除伐区<5000本区<2500本区であった(表-2)。これに対し回帰の経時変化に関して、2003～2008年は明らかに他の期間と異なる傾向を示している。1997～2011年の3調査期間の直径成長量を、プロットごとに図-2に示した。1997～2003年に比較し、2003～2008年の直径成長量は3除伐区では期首直径に関係なく全体的に低下し、無除伐区では期首直径の大きな個体で顕著に低下していた。この成長量の低下が、加齢に伴う樹木に自然な現象なのか、あるいは食葉性昆虫の大発生などの外的要因によるものなのか不明であるが、この期間における成長量の低下により直径成長量-期首直径関係の経時的な変化が乱されていたと考えられる。2500本区と無除伐区では2008～2011年には成長量が回復している傾向もみられ、今後の推移を検討する必要があるだろう。

以上の結果から、16年生時のダケカンバ林における除伐の強度とその後の除伐効果の関係をまとめる。密度を

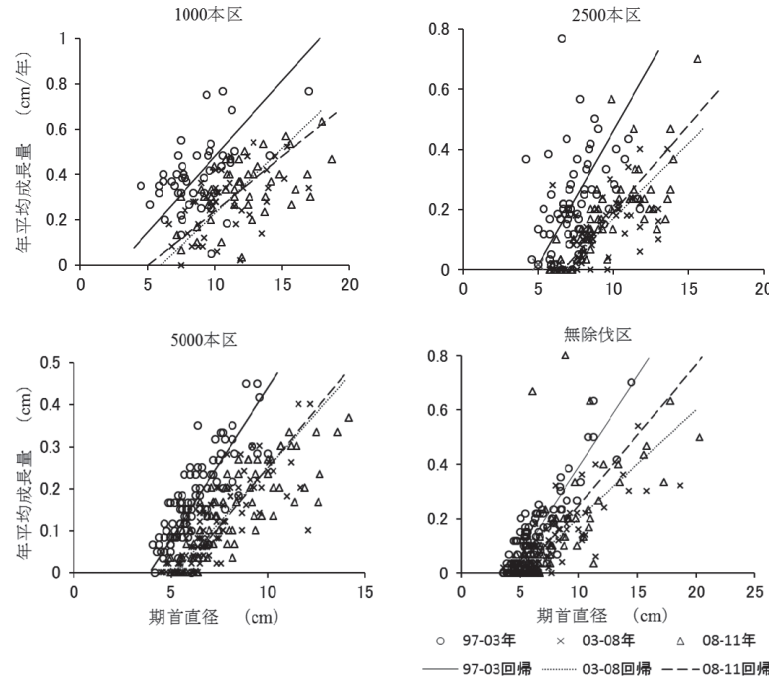


図-2. 1997～2011 年の直径成長量の変化

回帰式は表-2 を参照。

1,000 本/ha, 収量比数を 0.3 程度とする強度の除伐では, 除伐後 12 年間は顕著な除伐効果がみられた。その後収量比数が 0.6～0.7 になると個体間競争が強くなり, 除伐効果は徐々に小さくなると考えられる。また 2,500 本/ha, 収量比数 0.6 程度の除伐と, 5,000 本/ha, 収量比数 0.7 程度の除伐では, 除伐後 6 年で収量比数が 0.8 前後, 12 年で 0.9 以上となり, 除伐から 17 年後には最多密度に達し, 5000 本区では無除伐の林分とほとんど違いがなくなった。除伐強度により成長促進効果や除伐効果の持続期間は明らかに異なるが, 若齢時の除伐であれば, 収量比数が 0.3 程度となる強い除伐であっても, その後の個体成長には問題はなく, 除伐コストを考えると強い除伐が推奨できるだろう。またかき起こし跡に成立した北海道内のカンバ類が優占する保育が行われていない広葉樹二次林では, 風害や雪害が生じることも多く, 気象害防除の観点からも適切な保育が必要といえる。

引用文献

- Aiba M, Nakashizuka T (2007) Differences in the dry-mass cost of sapling vertical growth among 56 woody species co-occurring in a Bornean tropical rain forest. *Funct Ecol* 21: 41–49
- Brix H (1981) Effects of thinning and nitrogen fertilization on branch and foliage production in Douglas-fir. *Can J For Res* 11: 502–511
- Cho M, Kawamura K, Takeda H (2005) Sapling architecture and growth in the co-occurring species *Castanopsis cuspidata* and *Quercus glauca* in a secondary forest in western Japan. *J For Res* 10: 143–150
- Ginn SE, Selier JR, Cazell BH, Kreh RE (1991) Physiological and growth responses of eight-year-old loblolly pine stands to thinning. *For Sci* 37: 1030–1040
- Hamilton GJ (1981) The effect of high intensity thinning on yield. *For-estry* 54: 1–15
- 原田 茜・吉田俊也・Victor Resco de Dios・野口麻穂子・河原輝彦 (2008) 北海道のササかき起こし地における施行後 6 から 8 年の高木性樹種の動態. *日林誌* 90: 397–403
- 菊沢喜八郎 (1987) ヨーロッパトウヒの間伐試験. *道林試研報* 25: 28–35
- Lanner RM (1985) On the insensitivity of height growth to spacing. *For Ecol Manage* 13: 143–148
- Lavigne MB (1988) Growth and net assimilation rates in thinned and unthinned stands of balsam fir. *Can J For Res* 18: 1205–1210
- 真坂一彦 (2003) 道北地方におけるダケカンバ二次林の密度管理方法. *光珠内季報* 132: 9–13
- 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. *北大演研報* 48: 101–113
- 渋谷正人・松田 彊 (1993) シラカンバの地上部器官量の推定. *北大演研報* 50: 207–218
- Shibuya M, Hasaba H, Yajima T, Takahashi K (2005) Effect of thinning on allometry and needle-age distribution of trees in natural *Abies* stands of northern Japan. *J For Res* 10: 15–20
- 梅木 清 (2001) ヨーロッパトウヒ間伐試験地の林分成長と間伐の個体成長・形態に対する影響. *道林試研報* 38: 37–46
- 雨龍研究林 (2012) <http://forest.fsc.hokudai.ac.jp/~exfor/Uref/indexUr.htm>