

暖温帯ブナ・イヌブナ人工林の28年生時の林分構造と生育状況

石田 仁・長谷川幹夫・西村 正史

Stand structure and tree growth for 28-year old *Fagus crenata* Blume and *Fagus japonica* Maxim. artificial forests planted in a warm temperate zone

Megumi ISHIDA · Mikio HASEGAWA · Masashi NISHIMURA

富山県の低山帯(砺波市頼成)に造林されたブナ人工林およびイヌブナ人工林の28年生時における林分構造と穿孔虫被害の状況を調査した。ブナ植栽区のブナの本数密度は2451本/ha、イヌブナ植栽区のイヌブナの本数密度は1629本/haで、ブナ植栽区におけるブナの本数密度はイヌブナ植栽区のイヌブナの本数密度の1.5倍であった。個体あたりの平均幹数はブナで1.06本/個体、イヌブナで1.02本/個体で、両樹種ともにほとんどの個体が単幹で成育していた。雪害に起因すると考えられる幹折れはブナで林木の1.3%で認められたが、イヌブナでは認められなかった。ブナの胸高直径は1.4~25.7cmの範囲にあり平均10.3cmであった(図-2)。一方、イヌブナの胸高直径は3.1~24.4cmの範囲にあり平均11.4cmであった。ブナ、イヌブナともに最大個体の樹高は約14mに達していた。ブナとイヌブナの立木中の枯死木の割合は、それぞれ3.7%と2.3%であり、いずれも胸高直径10cm以下の小さい個体であった。ブナ林およびイヌブナ林の現存量は、それぞれ138.9m³/ha(75.7ton/ha)、119.5m³/ha(63.8ton/ha)であった。当ブナ人工林の成長量は、これまでに報告されているブナ人工林およびブナ天然林の値と比較して低くなかった。ブナでは全立木の36.7%で穿孔虫被害が認められたが、イヌブナでは穿孔虫被害がまったく認められなかった。ブナの胸高直径階と穿孔虫被害率の関係では、大きいサイズクラスの個体ほど高い頻度で穿孔虫被害を受けていた。穿孔虫被害はブナの林木の成長を抑制する原因になっていないことが示唆された。ブナでは比較的高い割合で穿孔虫被害は認められるものの、当ブナ人工林およびイヌブナ人工林は、現在のところ、おおむね健全に生育しているものと判断された。

1. はじめに

広葉樹造林の場合、対象となる樹種が多様であり、樹種ごとに生理・生態的な特性が大きく異なる。広葉樹造林技術を確立していくためには、樹種特性を解明し、造林地の成長過程に関する情報を集積して行くことが重要である。富山県では、クヌギ、クリ、ケヤキ等、しいたけ原木、建築用材の生産を目的とした広葉樹造林の事例が知られているが、それらの詳細な記録は少ない(富山県、1983:長谷川・西村、1997)。

ブナとイヌブナは、ともにわが国の冷温帯夏緑広葉樹林の極相林構成樹種で、ブナは日本海側、イヌブナは太平洋側に偏って分布している(大久保1990)。ブナの人工造林に関しては比較的多くの報告があるが(安部、1963:中沢、1982:池田ら、1997:橋詰ら、1994など)、イヌブナの人工造林に関する報告はほとんどないようである。また、日本海側の低地帯で植栽したブナとイヌブナの成長比較をした事例はこれまでに皆無と思われる。

1974年、富山県砺波市頼成において小規模ながら



図-1 造林地内の樹木位置図

(●) ブナ、(○) イヌブナ、() その他の樹種 (Moホオノキ、Qsコナラ、Qsaウラジロガシ、Pdアカマツ)。胸高直径サイズを円の大きさによって示す(図-2参照)。この報告でブナ林、イヌブナ林として集計した範囲を点線で囲む。図の上が北方向。等高線は1m刻み。



写真-1 ブナ植栽区（左）とイヌブナ植栽区（右）の林内写真



写真-2 穿孔虫被害のタイプ

（左）糞が認められる被害、（中）糞が認められない被害、（右）成虫の脱出孔が認められる被害。

表-1 全調査木の胸高直径階別本数

樹種	胸高直径 (cm)						合計
	-10	-20	-30	-40	-50	-60	
ブナ	182	122	5				309
イヌブナ	40	51	3				94
ホオノキ	8		1	3		1	13
コナラ			1	1	1		3
ウラジロガシ			1	1	1		3
アカマツ				1			1
合計	230	173	11	6	2	1	423

ブナとイヌブナの試験的な人工造林が行われた(野越, 1975)。今回、当林分の生育状況を明らかにする目的で毎木調査を実施した。また、当林分では、広葉樹造林でしばしば問題となる穿孔虫被害(野平, 1994)が比較的多く認められたため、個々の林木の被害程度の調査も合わせて実施した。本報告では、これらの調査資料をもとに、林分成長量、穿孔虫被害が樹木の成長に及ぼす影響について検討した。

2. 調査地の概況

調査を行ったブナ・イヌブナ人工林(写真-1、図-1)は、富山県砺波市頼成の県民公園頼成の森内、北緯36°37'47"、東経137°02'40" 標高120mの地点に位置している。気候値メッシュ・ファイル(気象庁, 1985, 1989; 岡村ら 1989; 石田, 1991)から推定された当地の年平均気温は13.0°C、温量指数は103.3°C・月、寒さの指数は-7.6°C・月、年降水量は2675mm、年最大積雪深は118cmである。造林地は谷津地形背後の尾根の直下から谷にいたる西向き斜面上にあり、土壌型はBD(d)からBDに分類される。造林地の斜面傾斜は10度から45度、平均約30度である。

当造林地では1974年10月下旬に、富山県林業試験場によって約2000m²の範囲で1400本の苗木が植栽されたとされる(野越, 1975)。植栽されたブナの産地は有峰とされる。イヌブナの植栽に関しては野越氏の記憶に無く記録も残されていない。造林地は苗の植栽後約5年間の下刈りが実施され、それ以降は今回の調査時にいたるまでほぼ放置状態に置かれた。調査時点で造林地の林冠層はよく閉鎖しており、林床はチゴユリ、ショウジョウバカマ、シシガシラ、ヤブコウジ、ツルアリドウシ等、草本類および矮性木

本によって覆われていた。林内の相対光量は1~6%、平均2.7%であった(地上高1.8m、20地点無作為調査)。

3. 方法

造林地内の全てのブナ、イヌブナの林木および保残木について、胸高部位にラベルを打ち、樹種を記録した後以下の毎木調査を行った。調査対象には、立ち枯れしている枯死木も含めた。樹木位置以外の調査を2002年6月に、樹木位置調査を2003年3月に実施した。

3.1 胸高直径

胸高部位の幹の直径を直径巻尺によって計測した。

3.2 樹高

ブナおよびイヌブナについて、各胸高直径階から無作為にサンプル木を、それぞれ34本、23本選び測桿もしくはレーザーレンジファインダー(LEDHA-GEO、Jenoptic社)によって樹高を計測した。

3.3 樹木位置

光波測距儀付セオドライト(LeicaTPS300)を用いて全立木の樹木位置の計測を行った。

3.4 穿孔虫被害

造林木の地際付近の幹に、写真-2に示すような被害形態が観察された場合、カミキリによる被害とした。特に、写真-2の左側の被害は糞を排出中であり、現在食害が進行中であると認められるので、この被害のみ区別して記録した。

3.5 その他

幹折れや胸高以下での幹の分枝など、林木の形状に特徴が認められた場合に記録した。

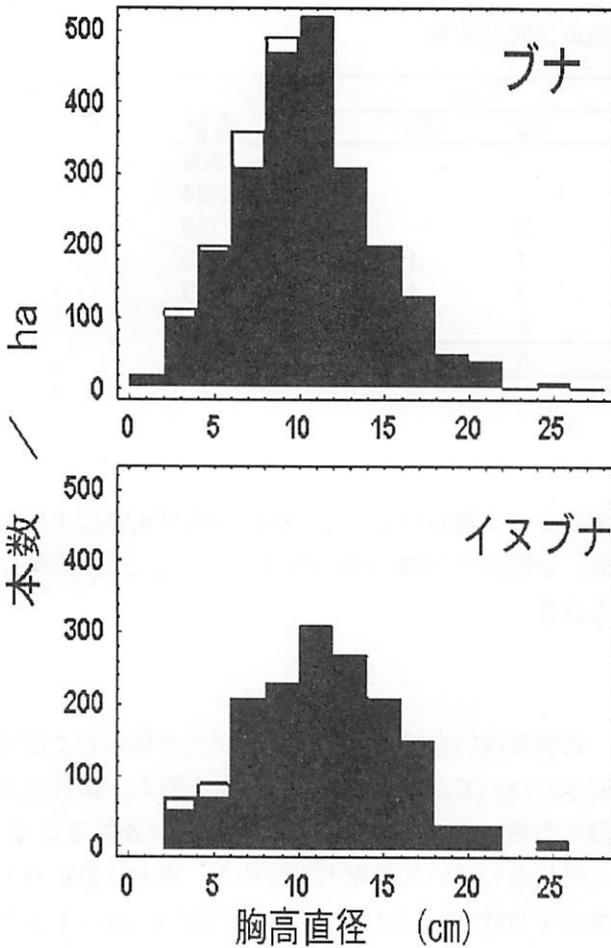


図-2 ブナとイヌブナの胸高直径分布

(上) ブナ植栽区におけるブナの胸高直径分布、
(下) イヌブナ植栽区におけるイヌブナの胸高直径分布。白抜きは枯死木を示す。

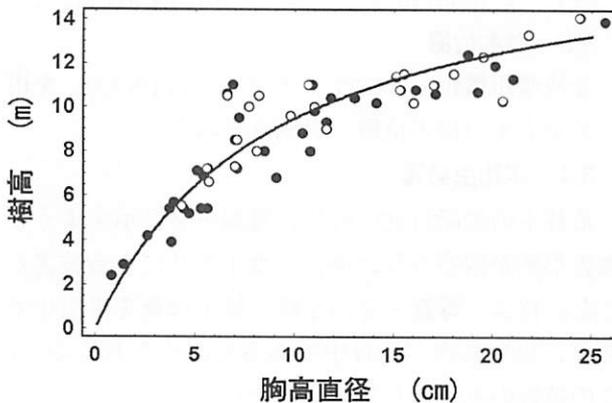


図-3 ブナおよびイヌブナの胸高直径と樹高の関係

(●) ブナ、(○) イヌブナ。図内に樹高曲線を示す(本文参照)。

4. 結果

4.1 立木密度

調査地の面積は1785m²で、枯死木も含めて6樹種423本の林木が分布していた(図-1、表-1)。このうちブナとイヌブナは、それぞれ293個体309本と92個体94本であった。1個体から複数の幹が発生している個体の幹数はいずれも2本で、個体あたりの平均幹数はブナで1.06本/個体、イヌブナで1.02本/個体であった。両樹種ともにほとんどの個体が単幹で育成していた。ブナでは全立木の1.3%に相当する4本の立木で幹折れを確認した。イヌブナでは幹折れは確認されなかった。

調査地中央の谷地形をおおよその境界として南側にブナ、北側にイヌブナが分布していた(図-1)。林縁や保残木直下では植栽木が小さく被陰の影響が認められた。林縁や保残木周辺を除いた調査面積は全調査面積の85%にあたる1523m²で、そのうちブナの分布範囲は996m²、イヌブナの分布範囲は528m²であった。以下では、前者をブナ植栽区、後者をイヌブナ植栽区とし、便宜上、ブナ植栽区のブナの集団をブナ林、イヌブナ植栽区のイヌブナの集団をイヌブナ林と呼ぶ。なお、イヌブナ植栽区においても胸高直径3.2cm~9.4cmのブナ9個体が分布していたが、集計からは除外した。立木密度はブナ林で2451本/ha、イヌブナ林で1629本/haであり、ブナ林の立木密度はイヌブナ林の立木密度の1.5倍であった。

4.2 胸高直径分布

植栽されたブナとイヌブナの胸高直径はいずれも30cm以下であったのに対し、前生林分由来のホオノキ、コナラ、ウラジロガシ、アカマツの胸高直径は主に30~60cmの範囲にあった(表-1)。ホオノキでは、一部の調査木が胸高直径10cm以下であったが、これらはすべて萌芽由来の幹であった。在来樹種の天然更新はほとんど認められず、林分は前生林分由来の保残木と植栽されたブナとイヌブナによって構成されていた。

ブナ林の胸高直径は1.4~25.7cmの範囲にあり平均10.3cmであった(図-2)。一方、イヌブナ林の胸高直径は3.1~24.4cmの範囲にあり平均11.4cmであった。ブナ、イヌブナともに胸高直径の頻度分布は一山型分布を示したが(歪度、ブナ:-0.50、イヌブナ:-0.29)、正規分布には適合していなかった(χ^2 -検定、 $P > 0.05$)。ブナとイヌブナの平均胸高直径

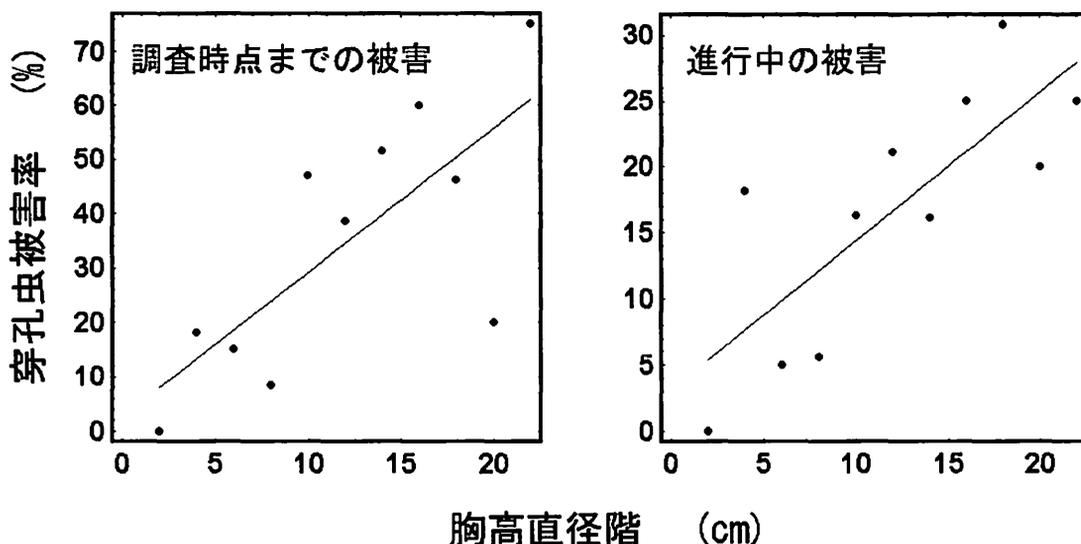


図-4 胸高直径階と穿孔虫被害率の関係

はずかにイヌブナの方が大きかった (U-検定、 $P < 0.05$)。

ブナとイヌブナの立木中の枯死木の割合は、それぞれ 3.7%と 2.3%であり、いずれも胸高直径 10 cm 以下の小さい個体であった。

4.3 胸高直径と樹高の関係

ブナ、イヌブナともに最大個体の樹高は約 14 m に達していた (図-3)。両樹種の胸高直径 d と樹高 h の関係は以下の式によって表された。

$$\frac{1}{h} = \frac{1}{2.0d} + \frac{1}{18} \quad (R^2 = 0.82, P < 0.001)$$

4.4 林分現存量

胸高直径と立木材積 V の関係式 (中島、1948)、

$$V = 0.00010164d^{2.641796} 0.99161d$$

によって推定したブナ林、およびイヌブナ林の林分材積は、それぞれ 138.9m³/ha、119.5m³/ha であった (枯死木は除く)。枯死木も含んだ全立木材積に対する枯死木の材積割合はブナ林、イヌブナ林で、それぞれ 1.1%、0.1%であった。

胸高直径と樹高から非同化組織 (幹および枝) の現存量 W を推定する相対成長式 (小見山ら、2002)、

$$W = 0.0364 (d^2h)^{0.947}$$

によれば、ブナ林の非同化組織の現存量は 75.7ton/

ha、イヌブナ林の非同化組織の現存量は 63.8ton/ha であった。

4.5 穿孔虫被害

ブナ林では全立木の 36.7%で穿孔虫被害が認められたのに対し、イヌブナ林では穿孔虫被害がまったく認められず、穿孔虫被害を受ける確率は明らかにイヌブナよりもブナで高かった (二項検定、 $P < 0.001$)。

ブナの胸高直径階と穿孔虫被害率の関係では、大きいサイズクラスの個体ほど高い頻度で穿孔虫被害を受けている傾向が認められた ($R^2 = 0.55, P < 0.01$ 、図-4)。食痕に糞が認められる現在進行の穿孔虫被害率においても同様の傾向があった ($R^2 = 0.62, P < 0.01$)。

5. 考 察

県下でブナは主に、標高で 600 m 以上、温量指数で 75℃・月以下、年最大積雪深で 2 m 以上の範囲に分布している (石田、2003)。また、県内にはイヌブナの天然分布は記録されていない (大田ら、1983)。吉良 (1949) は、ブナとイヌブナの天然分布の温量指数の上限を、それぞれ 85℃・月と 90℃・月としているが、当造林地の温量指数は 103℃・月でありいずれも吉良が示した上限値を上回っていた。しかし、Kure and Yoda (1984) によって示されたブナの天然分布の温量指数の上限値 110℃・月は下回った。いずれにしても、当造林地はブナ、イヌブ

ナのいずれにとっても天然分布範囲の平均的な温度環境よりも温暖な環境にあるといえる。

鳥取県蒜山におけるブナ人工林の20年生時の最大胸高直径は11 cm、最大樹高は9.5 mであったと報告されている(橋詰ら、1994)。また、新潟県松之山町の23年生ブナ人工林の林分材積は $62.7\text{m}^3/\text{ha}$ 、44年生時の林分材積は $196.5\text{m}^3/\text{ha}$ であり、樹幹解析から推定した30年生時の樹高はいずれも10 m以下であったとされる(中沢、1982)。また、富山県有峰で林冠ギャップ下に天然更新した55年生のブナ二次林の林分材積は $126.2\text{m}^3/\text{ha}$ であった(坂上ら、1983)。これらの調査林分はいずれもブナの分布の中心に相当する冷温帯に位置するものであったが、人工林および天然林についても今回調査したブナ人工林と比較し明らかに成長がよい傾向は認められない。富山県の低山地の気候条件は、ブナ人工林の成長を抑制するものではないようである。

穿孔虫被害はイヌブナ人工林では認められなかったが、ブナ人工林ではかなり高い頻度で観察された。穿孔虫被害に樹種選択性があることは野平(1994)によっても報告されている。また、ブナの穿孔虫被害率は、胸高直径が大きい林木ほど高い傾向があった。西村(1991)はスギカミキリによる被害が幹の肥大成長の大きい林木で高くなることを観察し、肥大成長がさかんで外樹皮に割れ目や隙間の多いスギを選択してスギカミキリが産卵する傾向があることを示唆した。ブナとイヌブナの樹皮を比較するとブナの樹皮は表面が平滑で薄く(約1.8 mm)、イヌブナの樹皮は皮目が顕著でブナの樹皮と比較して二倍ほどの厚みがある(約3.6 mm)。穿孔虫被害の頻度がブナとイヌブナで大きく異なる理由は明らかではないが、カミキリムシは樹皮が薄く成長のよいブナを選択して産卵した可能性も否定できない。しかし、現時点でブナ人工林での穿孔虫被害は林木の枯死原因や成長を抑制する因子とはなっていないと考えられた。

ブナやカエデ等の遷移後期樹種は、先駆樹種と比較し成長が遅いが耐陰性が高く一般的に環境ストレスに強いとされる(Oliver and Larson, 1990)。県下の植栽試験でも比較的良好な成績を得ている事例が報告されている(長谷川・西村、1997; 石田、1997; 松浦、2003)。広葉樹造林は国土保全、生物多様性維持の観点から、在来樹種を用い天然林に近い森林を

育成することを目指しているケースが多い。今日、早熟性の先駆樹種が主要樹種となっている旧薪炭林において、在来の遷移後期種の割合を高め、多様性に富み自力で更新する森林へ誘導していく必要もあると考えられる。そのためにも、これらブナ等遷移後期樹種の植栽および人工造林に関する資料を集積していく必要がある。

謝 辞

県民公園頼成の森森林科学館の石黒信二氏、竹原逸男氏、酒井信義氏には調査の機会を提供していただき、造林地の管理状況等についてご教示いただいた。また、元富山県林業試験場造林課長の野越恒雄氏には、施業履歴等に関してご教示いただいた。ここに記して御礼申し上げる。

引用文献

- 安部正博(1963) 広葉樹林の育成に関する研究 (I) —ブナ人工林の生長について—新潟林試報9:111-130.
- 長谷川幹夫、西村正史(1997) 冷温帯地域における広葉樹林施業技術の確立.富山林技セ平成8年度業務報告:5.
- 橋詰隼人、谷口真吾、山本福壽(1994) ブナの人工造林に関する研究 (II) —20年生人工林の生育状況— .日林論 105:369-372.
- 池田裕行、西山教雄、千島茂、大橋邦夫、井出雄二(1997) 東京大学富士演習林ブナ植栽試験地の成長経過. 東京大演習林報 97:1-9.
- 石田 仁(1991) 富山県における気候値メッシュファイル(気温・降水・積雪深)の特性. 雪氷 53:45-51.
- 石田 仁(1997) 平成8~13年度立山ブナ林保全対策事業. 富山林技セ:42pp.
- 石田 仁(2002) 富山県におけるブナ林の分布と動態. 統計数理 51:59-71
- Kure H. & Yoda K. (1984) The effects of Japan Sea climate on the abnormal distribution of Japanese beech forests. Jap. J. Ecol.:34:63-73
- 気象庁(1985) 気候値メッシュファイル(降水量)作成調査の報告. 測候時報 52:357-378.
- 気象庁(1989) 気候値メッシュファイル(積雪)作

- 成調査について. 測候時報 56 : 297-305.
- 松浦崇遠 (2003) 多雪地かつ急傾斜地に混交植栽した広葉樹の生存率と初期成長から示された樹種特性. 日林講 114 : 677
- 中島広吉 (1948) 北海道立木材積表. 林友会北海道支部. : 札幌 : 48pp
- 中沢迪夫 (1982) 広葉樹林の育成に関する研究 (I) —ブナ人工林の生長について—. 新潟林試報 25 : 45-64.
- 西村正史 (1991) スギの肥大成長からみたスギ林へのスギカミキリの定着時期. 日林誌 73 : 251-257.
- 野越恒雄 (1975) 有用広葉樹山地植栽試験. 昭和49年度富山林試業務報告 : 40-46.
- 野平照雄 (1994) 広葉樹を加害する穿孔虫類の樹種別被害について. 日林中支講 : 42 : 127-128.
- 大久保達弘 (1990) イヌブナの萌芽特性と天然林の更新. 遺伝 4 : 66-72
- 大田 弘・小路登一・長井真隆 (1983) 富山県植物誌. 廣文堂 : 富山 : 430pp.
- 岡村敏夫・和田高秀・林 泰彰 (1989) 気候値メッシュファイル (気温) 作成調査について. 測候時報 56 : 1-16.
- Oliver C.D. & Larson B.C. (1990) Forest stand dynamics. McGraw-Hill New York : 467pp.
- 阪上俊郎 (1983) 林冠ギャップ内に成立したブナ二次林の林分構造と現存量. 富山林試報 9 : 1-15.
- 富山県 (1983) ケヤキの造林について. 富山県農地林務部林政課, 153pp.

Summary

We investigated the stand structure and the tree growth for 28-year old *Fagus crenata* Blume and *Fagus japonica* Maxim. artificial forests planted in the warm temperate zone of Ranjou Tonami city, Toyama prefecture. The density of trunks in the *F. crenata* forest and in *F. japonica* forest was 2451 /ha and 1629 /ha, respectively. The former was half as many again as the latter, the mean number of trunks per individuals was 1.06 /individual in the *F. crenata*, and 1.02 /individual in *F. japonica*, respectively. Most individuals of both tree species were growing with a mono trunk. Stem breakages were observed in 1.3% of all trunks of *F. crenata*, and not observed in trunks of *F. japonica*. DBH (diameter at breast height) ranged from 1.4cm to 25.7cm (mean value : 10.3cm) in the *F. crenata* forest, and ranged from 3.1cm to 24.4cm (mean value : 11.4cm) in the *Fagus japonica* forest. The maximum tree heights were 14m in both forests. The dead standing trunks were 3.7% in the *F. crenata* forest, and the 2.3% in *F. japonica* forest, and had a small size of <10cm DBH in both species. The total stem volumes of the *F. crenata* forest and the *F. japonica* forest were 138.9 m³ /ha (75.7ton/ha) and 119.5m³/ha (63.8ton/ha), respectively. These values were comparable to one of the artificial and natural beech forests in a temperate zone. Borer attacks were observed in 36.7% of all trunks in *F. crenata* forest, but not were observed in the *F. japonica* forest. There was a positive correlation between DBH size and the frequency of trunks attacked by borers. The borer attacks seemed not to depress the growth of the trees. Currently, the artificial forests are growing up soundly.