

異なった森林タイプに移植されたミヤマザクラ当年生実生の 生残過程と物質分配

長池 卓男

Survival and biomass allocation for current-year seedlings
of *Prunus maximowiczii* of transplanting experiment
in different forest types

Takuo NAGAIKE

Summary : To clarify the effects of forest types with different light condition in understory on regeneration of *Prunus maximowiczii*, which was tall-tree species and produced seed dispersed by birds, I studied the survival and biomass allocation using transplanting experiment of current-year seedlings in three forest types (long-rotation and just after thinning of *Larix kaempferi* plantations and broad-leaved deciduous secondary forest) for three years. In plantation just after thinning, where the light condition was better, survival ratio was lowest and the size was largest. On the other hand, in long-rotation plantation, where the light condition was worse, survival ratio was higher but the size was smaller. Better light condition in plantation with just after thinning promoted the growth of transplanted seedlings, but seemed to cause the deficient of soil water content and down regulation by strong light. Development of below-ground part and biomass allocation to non-assimilatory part were worse in long-rotation plantation. To succeed of regeneration by transplanting of current-year seedlings, it is necessary to step down the mortality just after transplanting in an abundant light resource place.

要旨 : 鳥類によって種子を散布される高木種であるミヤマザクラの天然更新に関する知見を収集するために、光環境の異なる森林タイプ（高齢および間伐直後のカラマツ人工林、落葉広葉樹二次林）への当年生実生の移植実験によって、3年間の生残過程と物質分配を調べた。間伐直後のカラマツ林では生残率は低いものの最も大きく成長していた。一方、高齢のカラマツ人工林では、生残率は高いものの成長が低く抑えられていた。これは、間伐直後の人工林では良好な光環境によって成長が促進されるものの、土壌の乾燥や強光阻害によって移植直後の死亡率が高いことによるものと思われた。物質分配に関しては、暗い高齢人工林では地下部の発達が悪く、非同化器官への物質分配が低く抑えられていた。光資源の豊富などでの移植直後の死亡率の低減がミヤマザクラの当年生実生の移植による更新には必要となろう。

はじめに

現在の森林管理のキーワードの一つは持続可能な生態的森林管理であり、それは人工林においても目指されている（例えば、鋸谷・大内, 2003; 長池, 2000, 2005）。日本においては、森林面積の40%あまりを人工林が占めていること、社会経済的な面から人工林管理が放棄され生物多様性保全や物質循環などの様々な機能が低下していること、などがその背景にある。これまでの人工林

管理の施業体系は木材生産機能の高度な発揮に特化しているが、これらのすべての人工林を予定されていた施業体系通りに管理することはほとんど不可能であることが予測されるため、人工林管理における多面的な機能の発揮を目指した新たな施業体系が求められている。しかしながら、それを達成するための経験や知見も未だ不十分なのが現状である。

このような背景をふまえて、人工林における樹木の更新や種組成に関する研究が増加している（例えば、清野, 1990; 長谷川, 1998; 横井・山口, 1998; 小谷・高田,

1999; 谷口ほか, 1999; Masaki et al., 2004; Ito et al., 2004; Nagaike et al., 2005; Yoshida et al., 2005)。Nagaike et al. (2003) や Nagaike and Hayashi (2004) は、北杜市須玉町県有林内の林齢の異なるカラマツ人工林において種組成を比較し、林齢の増加とともに動物が種子散布に関係している種が増加してくることを明らかにした。このことは、林齢の増加、ひいては長伐期化によって、植物-動物間の相互作用が維持・還元されることを示している。筆者はその要因の一つとして、この地域に天然分布し鳥類に散布される種子を産する高木種で、人工林内にも生育しているミヤマザクラに着目して調査を行っている。その結果、最終間伐からの経過時間が長いことにより、人工林内に天然更新してきたミヤマザクラの繁殖・結実がもたらされ、鳥類もそれに誘引されていることが推測された (Nagaike et al., 投稿中)。このように、ミヤマザクラのような種は、植物のみならず生態系としての回復をもたらすキーとなることが示唆されたため、このような種の更新をはかることは、人工林の生態的な管理を考える上で不可欠である。また、Nagaike et al. (投稿中) は、人工林内での野ネズミによる種子捕食率は林齢に関わらず一様に高いことを推察し、散布された種子の更新への寄与は小さいことを示している。よって、人工林内でのミヤマザクラの天然下種更新は困難であることが推測されるため、人工植栽による更新の検討が必要となるが、スギやヒノキなどの主要針葉樹種

のように苗畑での育苗体制が確立している種はともかく、ミヤマザクラのようなマイナーな種の育苗体制をこれから構築することはコストや時間的な制約から現実的ではない。したがって、ここでは、ミヤマザクラ当年生実生の光環境の異なる森林タイプに移植実験を行うことによって、その生残と成長を明らかにする。また、それらに大きな影響を及ぼす物質分配体制 (Nakashizuka, 1988; Seiwa, 1998; Abe et al., 2003) を明らかにする。

調査地および調査方法

調査は、北杜市須玉町内の県有林 (標高約 1,600m) で行った。2002 年 5 月、カラマツ高齢林の林床にミヤマザクラ当年生実生が多数発生しているのが観察された。2002 年 6 月 4 日、それをミズナラを主とする落葉広葉樹二次林 (以下、広)、65 および 44 年生のカラマツ人工林 (それぞれ以下、混、直) に移植した。広は成長鈍による優占木の齡推定から約 50 年生と思われる。混は最終間伐から 44 年経過してカラマツ以外の樹種がよく更新しており、直は 2001 年春に本数間伐率約 30% の間伐が行われたが、その際に有用広葉樹であるミズナラやシナノキの稚樹は残存されていた (表 1)。これらの 3 林分は、ほぼ隣接しており、斜面傾斜はほとんどなく、土壌条件はほぼ同一である。これらの林分に、20×20 m の調査区を設定し、胸高直径 3 cm 以上の立木を対象に

表 1 林分構造の概要

		平均胸高直径 (cm)	胸高断面積合計 (m ² /ha)	立木密度 (/ha)
広	カラマツ	-	-	-
	その他	17.4	44.4	1375
	計	17.4	44.4	1375
混	カラマツ	37.2	27.9	250
	その他	8.8	10.9	1300
	計	13.4	38.8	1550
直	カラマツ	25.8	27.9	525
	その他	4.2	0.7	475
	計	15.5	28.6	1000

した毎木調査を行った。

移植には、地上部主軸長が3 cmで、根系も十分に発達している健全な当年生実生を用いた。それぞれの林内に約10 cm間隔で50本ずつ移植し、移植直後には十分灌水を行った。移植後、生育期間中はほぼ1ヶ月間隔で各個体ごとに生死の確認を行った。2004年9月27日に生存していた実生を掘取った後、研究室に持ち帰った。地上部の主軸長(地上長)、地際での直径(地際径)、葉数を測定した後、地上部同化器官・地上部非同化器官・地下部に切断し、80℃で48時間乾燥し、それぞれの乾燥重量を求めた。

また、2002年7月、各森林タイプでの林内の光環境を推定するために、魚眼レンズコンバータをつけたデジタルカメラ(Nikon Cool Pix 950)を用いて、移植された実生上1 mで等間隔に9枚の全天空写真を撮影した。その画像をGap Light Analyzer Ver. 2 (Frazer and Chanham, 1999)で解析し、相対光合成有効光量子束密度を算出した。

実生の平均生存期間はKaplan-Meier法で算出し、各森林タイプ間での比較はLog Rank Testで行った。また生残した実生のサイズや各器官の重量はKruskal-Wallis Testと修正Bonferroniの多重比較によるMann-Whitney U Testで比較した。これらの解析にはSPSS 13.0 J (SPSS, 2004)を用いた。

結果および考察

調査区の林分構造の概要を表1に示す。平均胸高直径および胸高断面積合計は、広で最も大きな値を示した。立木密度は混で最も高く、その多くはカラマツ以外の樹種で占められていた。混の光環境は他と比較して有意に暗かった(図1)ことは、混の立木密度が最も高かったことと関連していると思われる。最も胸高断面積合計と立木密度が低かった直では、光環境が最も良好であった。

実生の生残率は直で最も低く(16%)、高で最も高かった(54%、図2)。また、直では植栽直後での減少が急激に生じていたが広及び混での減少は全般的に緩やかであった。平均生存期間は、広で601日、混で618日、直で174日であり、3つの森林タイプ間では有意に異なっていた($p=0.000$)。直でみられたこの結果の原因としては、豊富な光資源が土壌の乾燥による水ストレス(玉泉、2004)や植物体への強い日射による強光阻害(村岡、2003)をもたらし、活着およびその後の成長を阻害した

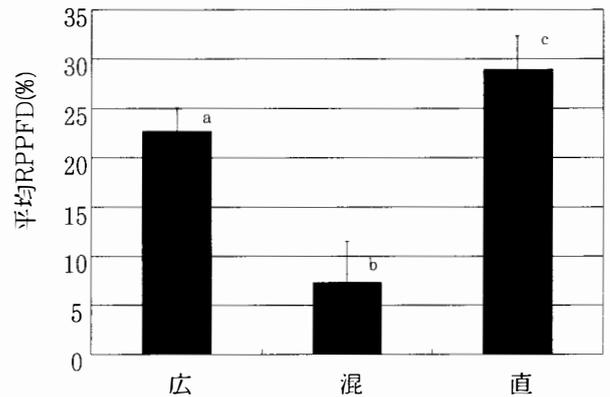


図1 地上高1 mでの相対光合成有効光量子束密度(RPPFD)。異なるアルファベットは修正Bonferroniの多重比較によって有意差があったことを示す。

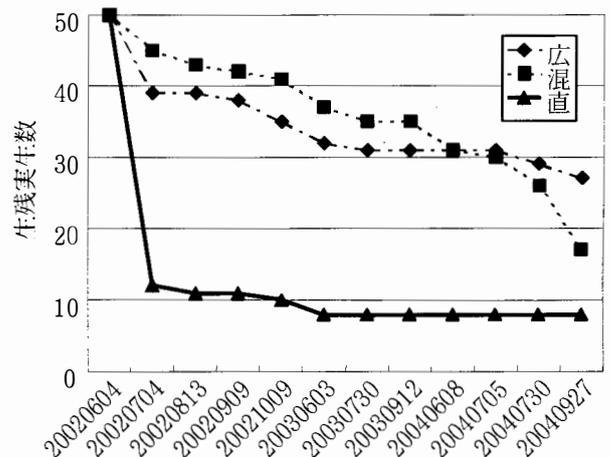


図2 生残実生数の変化。

ものと思われる。

一方、生残した実生のサイズは、すべての測定項目で直が有意に大きかった(図3、4)。また、混では、有意に最も小さい測定項目も見られた(地際径、葉数、地上部非同化器官重量、地下部重量)。物質分配に関しては、混で同化器官重量に対する非同化器官重量の割合が有意に低く、地下部重量に対する地上部重量の割合が有意に高かった(図5)。これは、混では他の森林タイプと比較して、光合成産物の蓄積が貧弱であり、地下部の発達が悪かったことを示す。以上の結果は、光資源量の多寡を反映しており、明るいところ(直)ほど成長量も大きく、暗いところ(混)では成長量が小さく、物質分配パターンが異なっていることが示された。

Nakashizuka (1988)は、長野県のブナ林における林床のチシマザサが枯死して光資源が豊富な場所におい

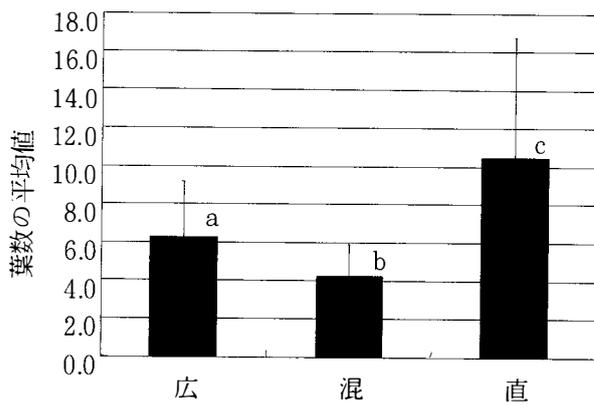
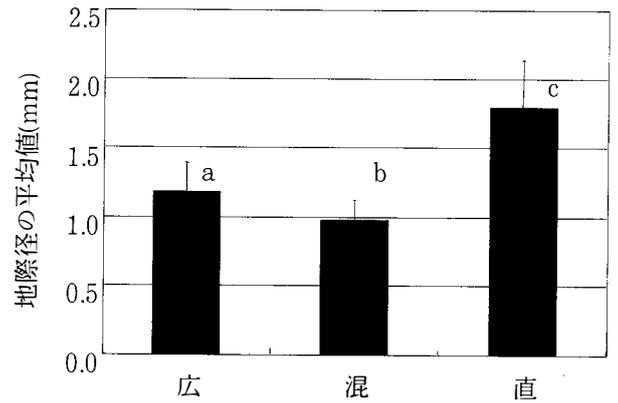
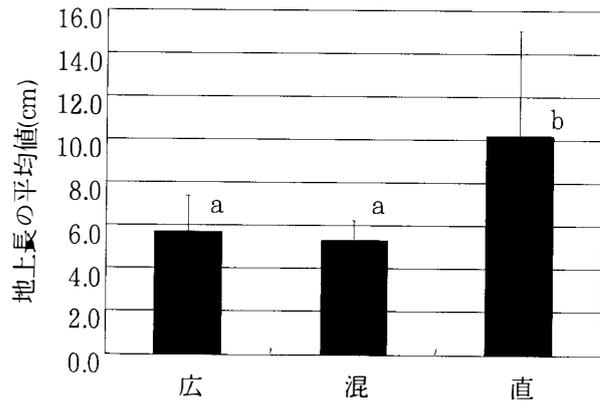


図3 生残した実生のサイズ. 異なったアルファベットは修正 Bonferroni の多重比較によって有意差があったことを示す.

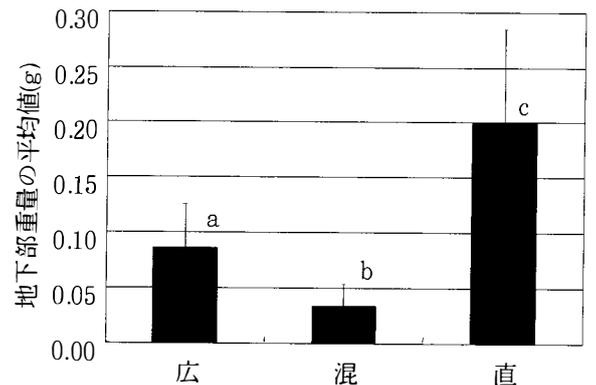
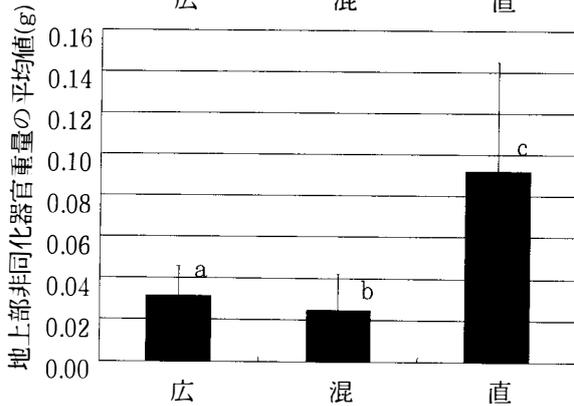
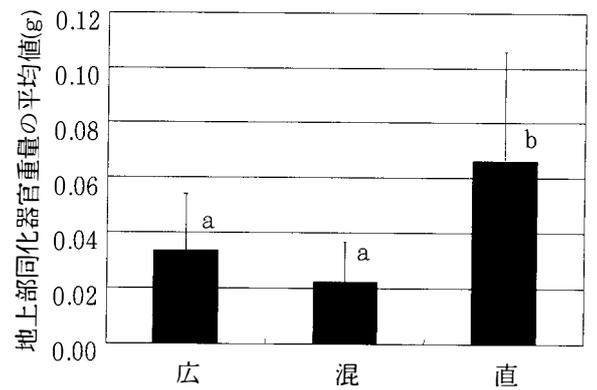
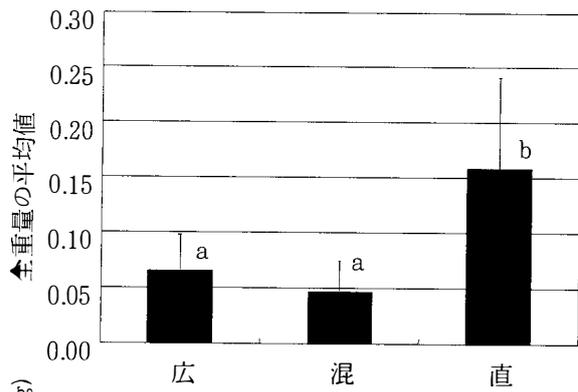


図4 生残した実生の重量. 異なったアルファベットは修正 Bonferroni の多重比較によって有意差があったことを示す.

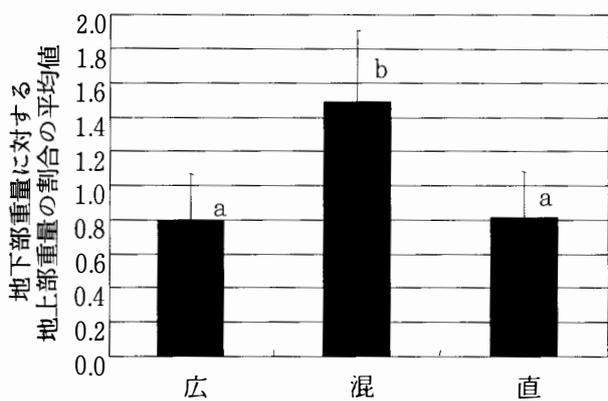
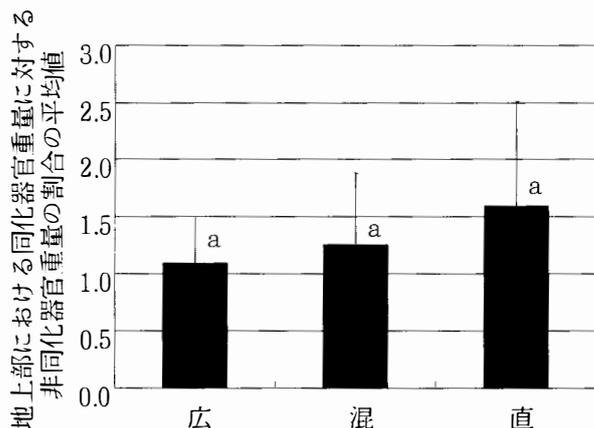
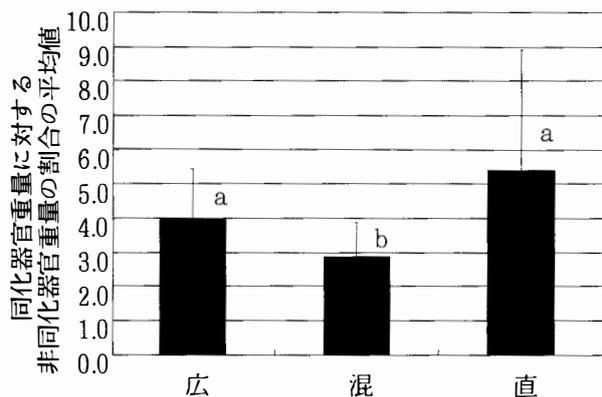


図5 生残した実生の物質分配。異なったアルファベットは修正 Bonferroni の多重比較によって有意差があったことを示す。

て、ブナの実生は葉以外の部分へ物質を分配していたことを報告している。Abe et al. (2003)は、青森県のブナ林において林冠 gap 下で林床のチシマザサが枯死している場所では、林冠下でチシマザサが生育している場所よりも光資源が豊富であることからブナの当年生実生はサイズも大きく、生残率も高いが、物質分配の比率に有意差はなかったことを示している。また、Seiwa (1998)は、北海道の落葉広葉樹林のイタヤカエデの実生を用いて、暗い林床下では gap よりも葉の占める割合が高く、gap で根の占める割合が高く生残率も高いことを示した。これらと本研究を比較すると、直でサイズも大きく、葉以外の器官へも資源を分配していること、混で地下部の発達が悪く物質が分配されていないことに関して同様の傾向が見られたが、生残率に関しては異なった傾向が示された。これは、本研究が移植実験を用いたことに起因するのかもしれない。

これらの結果を踏まえて、ミヤマザクラ当年生実生の移植による更新を考えると、光資源量の豊富な場所（例えば、間伐直後の人工林）で植栽直後の急激な死亡を回避できれば、旺盛な成長が確保され更新の成功が期待されるであろう。また、ミヤマザクラには約3年程度の種

子豊凶が確認されていることから（長池、未発表）、豊作年の翌年に大量に発生した当年生実生をある程度の光量がある場所にまず移植し、ある程度のサイズに達した後に移植を必要とする林分へ再移植をすることも1つの方法として考えられよう。

謝 辞

野外調査においては、高橋亜紀さん（元東京農業大学）、大森里加江さん（元東京農業大学）にご協力いただいた。また、この研究の一部は日本学術振興会科学研究費補助金若手研究(B) (No.16780121) によって行われた。記してお礼申し上げます。

引用文献

Abe M., Miguchi H., Nakashizuka T. (2003) The effect of simultaneous death of dwarf bamboo (*Sasa Kurilensis*) and canopy gap formation on the growth of beech (*Fagus crenata*) seedlings. Bull. Fac. Agr. Niigata Univ. 55(2): 197-204.

- Frazer S., Canham C. D. (1999) Gap Light Analyzer ver. 2 <http://www.ecostudies.org/gla/>
- 玉泉幸一郎 (2004) 水ストレスと光合成. 58-66. 小池孝良編. 樹木生理生態学. 朝倉書店.
- 長谷川幹夫 (1998) 多雪地のスギ造林地に侵入したウグイスカンバの消長に及ぼす下刈り、除伐の影響. 日林誌 80: 223-228.
- Ito S., Nakayama R., Buckley G. P. (2004) Effects of previous land-use on plant species diversity in semi-natural and plantation forests in a warm-temperate region in southeastern Kyusyu, Japan. *For. Ecol. Manage.* 196: 213-225.
- 清野嘉之 (1990) ヒノキ人工林における下層植物群落の動態と制御に関する研究. *森林総研報* 359: 1-122.
- 小谷二郎・高田兼太 (1999) スギ人工林の林床での広葉樹の侵入および優占様式. *石川県林試研報* 30: 1-10.
- Masaki T., Ohta T., Sugita H., Oohara H., Otani T., Nagaike T., Nakamura S. (2004) Structure and dynamics of tree populations within unsuccessful conifer plantations near the Shirakami Mountains, a snowy region of Japan. *For. Ecol. Manage.* 194: 389-401.
- 村岡裕由 (2003) 光をもとめる植物のかたち：枝葉の空間配置と光の獲得. 29-55. 種生物学会編. 光と水と植物の形 植物生理生態学入門. 文一総合出版.
- 長池卓男 (2000) 人工林生態系における植物種多様性. *日本林学会誌* 82: 407-416.
- Nagaike T., Hayashi A., Abe M., Arai N. (2003) Differences in plant species diversity in *Larix kaempferi* plantations of different ages in central Japan. *For. Ecol. Manage.* 183: 177-193.
- Nagaike T., Hayashi A. (2004) Effects of extending rotation period on plant species diversity in *Larix kaempferi* plantations in central Japan. *Ann. For. Sci.* 61: 197-202.
- Nagaike T., Kamitani T., Nakashizuka T. (2005) Effects of different forest management systems on plant species diversity in a *Fagus crenata* forested landscape of central Japan. *Can. J. For. Res.* 35: 2832-2840.
- 長池卓男 (2005) 生物多様性を考えた生態的な森林管理. *森林計画研究会会報* 418: 1-10.
- Nakashizuka T. (1988) Regeneration of beech (*Fagus crenata*) after the simultaneous death of undergrowing dwarf bamboo (*Sasa kurilensis*). *Ecol. Res.* 3: 21-35.
- 鋸谷 茂・大内正伸 (2003) 図解これならできる山づくり. 農山村文化協会.
- Seiwa K. (1998) Advantages of early germination for growth and survival of seedlings of *Acer mono* under different overstorey phenologies in deciduous broad-leaved forests. *J. Ecol.* 86: 219-228.
- SPSS (2004) SPSS 13.0 J Brief Guide. Tokyo, Japan.
- 谷口真吾・長谷川清人・高橋 徹・高山 勉 (1999) 雪害を受けた被害林の修復技術の開発 (I) - 雪害林の林孔に出現した植物種の多様性と植栽木の成長 -. *兵庫森林技研報* 47: 28-36.
- 横井秀一・山口 清 (1998) 積雪地帯のスギ不成績造林地におけるスギと広葉樹の生育実態. *森林立地* 40: 91-96.
- Yoshida T., Hasegawa M., Taira H., Noguchi M. (2005) Stand structure and composition of a 60-year-old larch (*Larix kaempferi*) plantation with retained hardwoods. *J. For. Res.* 10: 351-358.