

## 東京大学北海道演習林の山火事後二次林に生育する ウダイカンバの心材の実態と成長パターン

滝川寛之\*・松井理生\*\*・岡村行治\*\*\*・後藤晋\*

Heartwood condition and growth patterns of *Betula maximowicziana* established  
in a post-fire secondary forest in the University of Tokyo Hokkaido Forest

Hiroyuki TAKIGAWA\*, Masaki MATSUI\*\*, Koji OKAMURA\*\*\*, Susumu GOTO\*

### 1. はじめに

ウダイカンバ (*Betula maximowicziana*) は日本固有の落葉広葉樹で、本州中部から北海道にかけて分布している。ウダイカンバの種子は光要求性が高く、山火事や風害などの大規模なかく乱があった場所で一斉に更新する特徴がある一方、閉鎖林冠下では後継木が生育できず、天然更新することは稀である(渡邊, 1989)。北海道では、1910年代に各地で発生した山火事が発生し、その後に更新した広葉樹二次林の中でウダイカンバが主体となっているところも少なくない(津田ら, 2002)。本研究では、これらを二次林個体、山火事が頻発していた時期より以前から生育していたウダイカンバを天然林個体と呼ぶ。一般に天然林個体の丸太は大径で色調が美しく、内装材や家具材として重用される。ウダイカンバ丸太は、心材の多寡、色調、通直性、腐れの有無等で総合的に判断されるが、その評価には心材の多さとその色調が大きく影響する。

銘木市では、心材が多く赤味の強いものは「マカバ」と呼ばれて高い価格で取引されるが、心材が少なく白い辺材の多いものは「メジロカバ」と呼ばれて比較的低い価格で取引される。北海道では、過伐や風害等の影響により天然林産のウダイカンバは減少し、銘木市でもマカバが徐々に出品されなくなっている。一方、北海道では山火事後に更新した二次林にはウダイカンバが優占しているところも少なくなく、豊富な資源が残されている(館脇・五十嵐, 1971; 高田ら, 1989)。これまで、二次林から産出されたウダイカンバの丸太は小径で心材が少なかったために、銘木市ではほとんど全てがメジロカバとされ、市場価格はマカバとされた天然林個体よりも大幅に低かった(岸田ら, 1989; 岡村・後藤, 2004)。主に山火事発生から70年前後の二次林個体を対象とした調査において、肥大生長速度が天然林個体よりも大きく(向出・中村, 1989)、概して心材率が低く、天然林個体とは大きく性質が異なると報告されている(岸田ら, 1989; 長坂, 1994)。そのため、二次林個体は天然林個体のように心材が多い状態にはならないのではないかという意見もある。一方、佐々木(1996)が報告した100年生前後の二次林個体の心材率や色

---

\* 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  
Education and Research Center, The University of Tokyo Forests, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

\*\* 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林生態水文学研究所  
Ecophysiology Research Institute, The University of Tokyo Forests, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

\*\*\* 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林北海道演習林  
The University of Tokyo Hokkaido Forest, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

調は、老齢な天然林個体と70年生前後の二次林個体の中間の値となっており、二次林個体も年齢が大きくなれば天然林個体と似たような心材を持つようになる可能性も否定できない。

北海道の山火事は1910年代に頻発しており、現在、二次林の多くは山火事から90～100年が経過している。一般に、樹体の直径や樹齢が大きくなるほど心材は多くなることが知られている(中田・船田, 2011)。先行研究で対象となった二次林個体の多くは、70年生前後であったことを考えると、現在の90～100年生の二次林個体の心材の状態は、以前よりも天然林個体のものに近づき、市場価値が高くなっている可能性がある。

東京大学大学院農学生命科学研究科附属北海道演習林(以下、北海道演習林)では、林分施業法とよばれる施業体系に基づき、森林の蓄積や更新状況を詳細に調査した上で択伐林分、補植林分、皆伐林分などに区分し、林分の状態に合わせた施業を行っている(高橋, 1971)。北海道演習林では1911年に大規模な山火事が発生し、現在、約1,500haの山火事後二次林が成立している(高田ら, 1989; 図-1)。ウダイカンバを主体とする山火事後二次林では、広葉樹優良木化作業と呼ばれる特殊な施業が行われ、より市場価値の高いウダイカンバの育成が行われている。最終的には、残された個体が天然林のウダイカンバ個体の平均的な樹幹幅である20mを周囲に持つことができるように、ha当り30本程度の密度に仕立て、残した個体がしっかりとした枝張りを持つように育成することを目指している(高田ら, 1989)。

以上の背景から、現在の二次林個体の心材の実態を明らかにし、天然林個体のそれと比較することは、豊富な二次林のウダイカンバ資源の有効な管理に繋がると考えられる。また、北海道演習林においては、二次林個体の今後の管理や販売方針を検討する上で貴重な情報となると考えられる。そこで本研究では、以下の2つを目的とした。

- (1) 北海道演習林におけるウダイカンバ二次林個体の、心材の大きさ、色調について、天然林個体と比較しながら、その実態を明らかにする。
- (2) 二次林個体と天然林個体の肥大成長パターンの特徴を比較し、成長パターンと心材形成との関係を明らかにする。

## 2. 材料と方法

### 調査地と対象個体

本研究における山火事後二次林の調査は、北海道演習林72林班で1911年に山火事が発生した後、ウダイカンバが優占して更新した二次林で行った(図-1)。調査地の標高は平均398m、傾斜角度は平均20°でゆるやかな沢地形の両側斜面となっており、林分面積は0.32haで、過去1962, 1969, 1997, 2004年に択伐が行われている。また調査地内に設けられた固定標準地には、2011年5月時点でウダイカンバのほかに、ホオノキ、オオバボダイジュ、ハウチワカエデ、エゾイタヤなどが生育しており、典型的な山火事跡の広葉樹二次林といえる。本研究の二次林個体は、2011年の立木販売用に、技術職員が選木した個体を対象とした。

一方、本研究の天然林個体は、36, 68, 69, 79, 80林班に生育していた天然林個体で、2011年と2012年の銘木市出品用に選定したものを調査対象にした(図-1)。

### 円板サンプルの採取

二次林個体の根元からの円板サンプリングは、2011年11月の請負業者による伐採現場にて行った。土場で伐採木が玉切りされる時、伐採木の元口付近をチェーンソーで切り回収した。今回

の調査は回収した元口の状態が比較的良かった 85 個体を対象にした。

天然林個体については、銘木市に出品するために 2010 年に伐採した 2 個体と 2011 年に伐採した 6 個体を対象にした。銘木市に出品する個体については、毎年、北海道演習林で元口部分を回収し、樹齢と価格の関係などを調べている。本研究では回収された元口部分を用いた。回収した二次林個体と天然林個体の元口部分は、簡易製材機を用いて円板状に加工し、小口面をカナナがけして年輪が測定できる状態にした。

#### 心材部と辺材部の年輪数と年輪幅

二次林個体の各円板について、全体面積と心材面積を推定した。まず、小口面において髄を通り直径が一番長くなる直線を引き、その線に垂直でかつ髄を通る直線を引いて髄から形成層に向かう 4 つの線分を作成した。髄から形成層の距離が一番長い線分を線分 1 とし、時計回りに順に線分 2, 3, 4 とした。辺材と心材については、色の違いを目視で区別し、各線分上で辺材部の長さ、心材部の長さをそれぞれ計測した。また、光学顕微鏡とデジタルノギスを用い、線分 1 における髄から形成層までの各年輪の年輪幅と年輪数を測定した。二次林個体は比較的平坦な斜面に生育しており、成長における重力方向の影響が少ないと考えられたので 1 方向のみの測定とした。

天然林個体の各円板については、北海道演習林では伐採時に北を示す印を引いている。本研究ではその線と髄を通る直線を始めに引き、二次林個体と同様に 4 つの線分を作成した。天然林個体については、北側の線分を線分 1 とし、時計回りに線分 2, 3, 4 とし、二次林個体と同

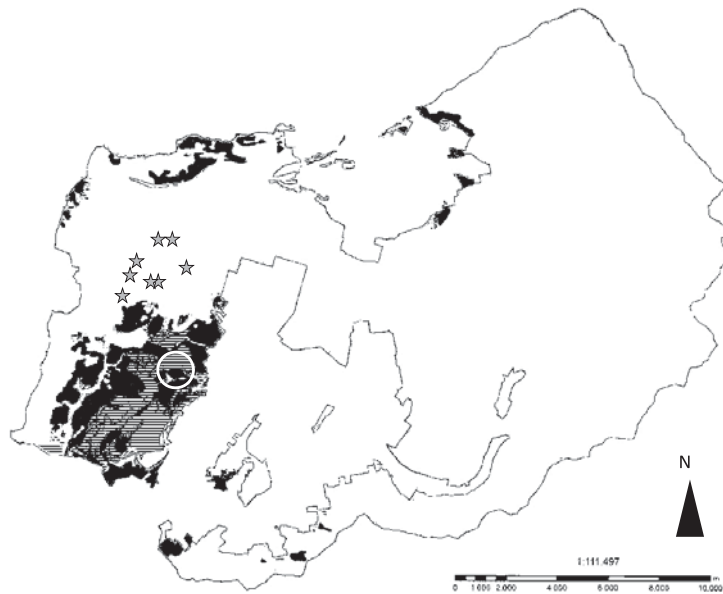


図 - 1 北海道演習林における調査地の位置

Fig. 1. Location of the study site in the University of Tokyo Hokkaido Forest

北海道演習林の全体図を示す。黒色が山火再生林，黒縞が山火後人工林を示す。白円内に二次林個体を調査したサイトがある。 の位置に調査対象とした銘木が生育していた。

様に辺材長と心材長を測定した。30倍ルーペを用いて年輪数を数え、形成層から5年ごと年輪の幅を4方向測定した。5年おきに測定したのは北海道演習林の従来の調査方法に従ったこと、また、天然林の円板が大きすぎたために二次林の測定で用いた光学顕微鏡が使用できず、1年ごとの年輪の幅を正確に測定するのが困難であったことによる。

#### 心材の色調測定

心材の色調を定量的に調べるために、円板を扇形に切断し、室内で約10カ月間自然乾燥させた。その後、円板の木口面を#150のやすりで平滑にし、分光測色計（コニカミノルタ社製 CM-700d）を用いて、やすりがけした心材部を5箇所測定した。測定方法は、測定径3mm、観察条件は2度視野、主光源はD65、副光源無し、受光方式はSCIである。得られた5組のL\*、a\*、b\*のそれぞれの平均値を各個体の心材の色調を表すL\*、a\*、b\*として求めた。なお二次林個体85個体のうち、2個体は心材の変色が著しかったため、測定から除外した。最終的に二次林個体83個体、天然林個体8個体を測定した。

色は色相、明度、彩度の3つの要素で表現される。この3要素を表現するためにいくつかの表色系が存在しているが、L\*a\*b\*表色系は色の違いをとらえやすい系である。L\*は明度、a\*、b\*を組み合わせると色相と彩度を表わす。彩度は、 $\sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$ で表される。

#### データ解析

##### 円板の全体面積と心材面積の推定

円板および心材面積を推定するに当たり楕円近似を行った。使用した式は、

$$\text{円板面積} = (\text{線分1の長さ} + \text{線分3の長さ}) \times (\text{線分2の長さ} + \text{線分4の長さ}) \times /4$$

$$\text{心材面積} = (\text{線分1の心材長} + \text{線分3の心材長}) \times (\text{線分2の心材長} + \text{線分4の心材長}) \times /4$$

である。

##### 肥大成長パターンの推定

肥大成長パターンについて、RICHARDS (1959) が成長曲線の一般化のために用いた式の一つである von Bertalanffy の成長曲線 (BERTALANFFY, 1938) による近似を行った。von Bertalanffy の成長曲線は

$$W = A(1 - be^{-kt})$$

で表され、W は時間 t における要素の大きさ、A は最終成長量、k は時間に対する曲線の拡散度合い、b はゼロ時間における量をあらわす定数である (RICHARDS, 1959)。各個体の髄から5年おきの年輪までの距離を W、t を髄からの年輪数として、Excel 2007 にアドインで入れることのできるソルバー機能を用いて、パラメータ A、b、k を最小二乗法で求めた。パラメータが収束しなかった1個体については解析から除外した。パラメータが収束したものの、生物学的にあり得ない値となった合計10個体については、平均値などの算出からは除外した。推定結果の妥当性を評価するために、各個体の残差平方和を求めた。

計算式は

$$\text{残差平方和} = \sum (\text{髄から } i \text{ 年目の年輪までの距離実測値} - \text{髄から } i \text{ 年目の年輪までの距離推定値})^2$$

である。

また、天然林個体において髄付近の腐朽が激しく、年輪が測定できなかったものについては、

髓付近における髓からの距離と年輪数の関係を他の天然林個体から求め、欠損までに何本年輪があったかを推定した。この方法により、天然林個体の欠損部分は0.3年/mmと推定され、髓からの測定可能箇所までの距離に応じて、存在していたとされる年輪数を求めた。また天然林個体は形成層から髓に向かって年輪幅を測定していたため、計算により髓から形成層の長さに変換しその値を用いた。二次林個体において欠損が見られた3個体については、二次林個体内の初期成長に大きなばらつきがあったことから推定が難しいと考え、成長パターンの推定からは除外した。最終的に二次林個体82個体、天然林個体は8個体の成長パターンを推定した。

### 3. 結 果

#### 二次林個体と天然林個体の比較

全体面積の平均値は、天然林個体で3,433cm<sup>2</sup>、二次林個体で1,003cm<sup>2</sup>で、二次林個体の平均値は天然林個体の約1/3倍であった。心材面積の平均値は、天然林個体で2,024cm<sup>2</sup>、二次林個体で337cm<sup>2</sup>で、天然林個体の約1/6倍であった。また、心材率の平均値は、天然林個体では60.2%、二次林個体では32.9%で、天然林の約1/2倍であった。全体面積と心材面積の関係を散布図で示したところ、天然林の個体間、二次林 - 天然林の個体間の分布は大きな違いがあり、二次林個体は左下に、天然林個体は右上に集中していた。また、二次林個体の心材面積の最大値は850cm<sup>2</sup>であったのに対し、天然林個体の最小値は1,309cm<sup>2</sup>であり、その差は449cm<sup>2</sup>であった。サンプル全体で考えると、全体面積が大きくなるほど心材面積が大きくなる明瞭な傾向があった( $R^2 = 0.913$ )。二次林個体と天然林個体について回帰直線をそれぞれで求めたところ、天然林個体の傾きの方が二次林個体より大きくなった。また、回帰直線の $R^2$ 値は天然林個体の方が大きかった(図 - 2)。年輪数については、二次林個体では85 ~ 90をピークとする一山型

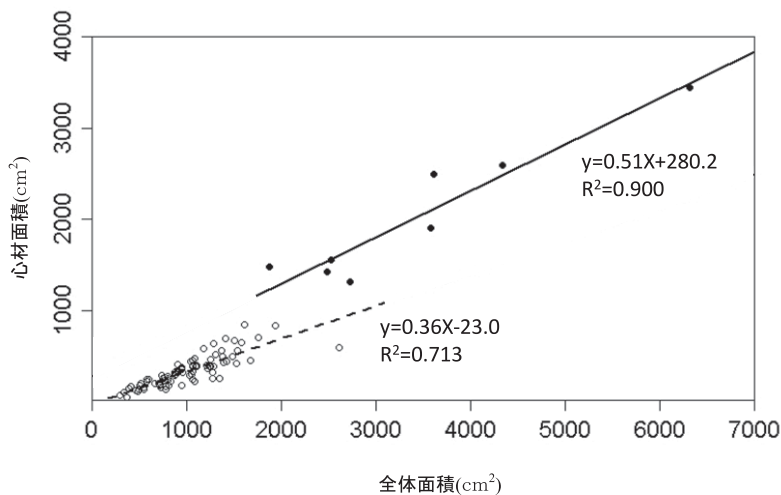


図 - 2 全体面積と心材面積の関係

Fig. 2. The relationship between the total area and the heartwood area

サンプル個体の全体面積と心材面積の関係を散布図で示す。横軸が全体面積、縦軸が心材面積を示す。白円が天然林個体、黒円が二次林個体を示す。直線が天然林個体、点線が二次林個体の近似直線を表す。上から順に、天然林個体、二次林個体の近似式とその $R^2$ 値を示した。

の分布を示していた。年輪数は集中していた一方、辺材の年輪数については40～70と大きなばらつきがみられた。天然林個体においては、年輪数は150～200前後と大きく開いていたが、辺材の年輪数は15前後にまとまっていた(図-3)。

二次林個体の伐採高は平均52.6cm(標準偏差16.1cm)であった。ウダイカンバの初期の伸長成長は広葉樹の中でも良く、2年生時に1mを超えることもある(小笠原・倉橋,1994)。また山火事跡の光や養分等の環境が更新に適していること(渡邊,1989)を考えると、おそらく数年から5年くらいのうちに伐採高に達しており、今回の円板調査の年輪数は個体の樹齢とかなり近いと考えられる。一方、天然林では伐採高は平均80.6cm(標準偏差27.0cm)と高く、初期成長は個体が発生した環境によって大きく変動すると思われるため、二次林個体を比べると、円板の年輪数と真の樹齢にはある程度の違いがあると考えられるが、天然林個体と二次林個体を比較する上で大きな問題にはならないと考えた。

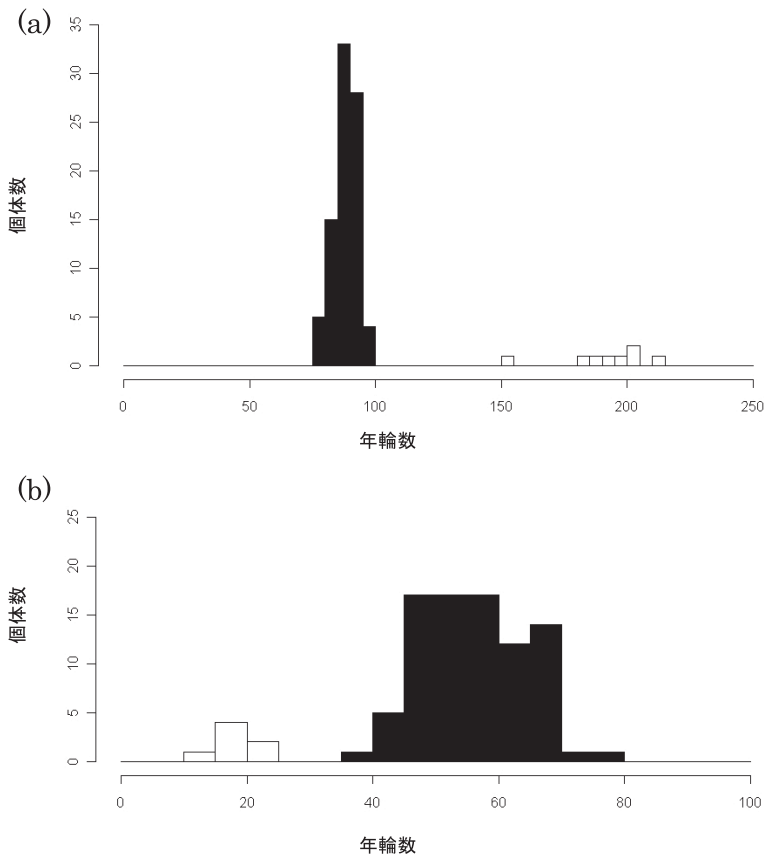


図-3 天然林個体と二次林個体における年輪数のヒストグラム

Fig. 3. Histogram of number of the growth rings in disks from the natural and secondary forests

- (a) 円板の年輪数をヒストグラムで示す。横軸が年輪数、縦軸が個体数を表す。白棒が天然林個体、黒棒が二次林個体を示す。
- (b) 辺材年輪数をヒストグラムで示す。横軸が年輪数、縦軸が頻度を表す。白棒が天然林個体、黒棒が二次林個体を示す。



## 心材の色調

心材色の各要素  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  について天然林個体と二次林個体を比較すると、明るさの変化を示す  $L^*$  の値は二次林、赤から緑の変化を示す  $a^*$  の値は天然林、青から黄の変化を示す  $b^*$  の値は天然林の方が有意に高かった ( $t$  検定, いずれも  $p < 0.01$ )。平均値で見ると天然林個体は  $L^* = 56.5$ ,  $a^* = 10.2$ ,  $b^* = 19.5$  であり、二次林個体は  $L^* = 60.8$ ,  $a^* = 6.6$ ,  $b^* = 16.7$  であった (図 - 4)。

## ウダイカンパの生育パターンの近似曲線のあてはめ

推定されたパラメータの平均値を求めると、二次林個体では  $A = 322.1$ ,  $b = 1.007$ ,  $k = 0.021$ , 天然林個体では  $A = 414.8$ ,  $b = 1.023$ ,  $k = 0.0074$  となった (図 - 5)。二次林個体と天然林個体で推定されたパラメータ値を比較すると、 $A$  と  $b$  は有意差がなく ( $t$  検定,  $A$ ;  $p =$

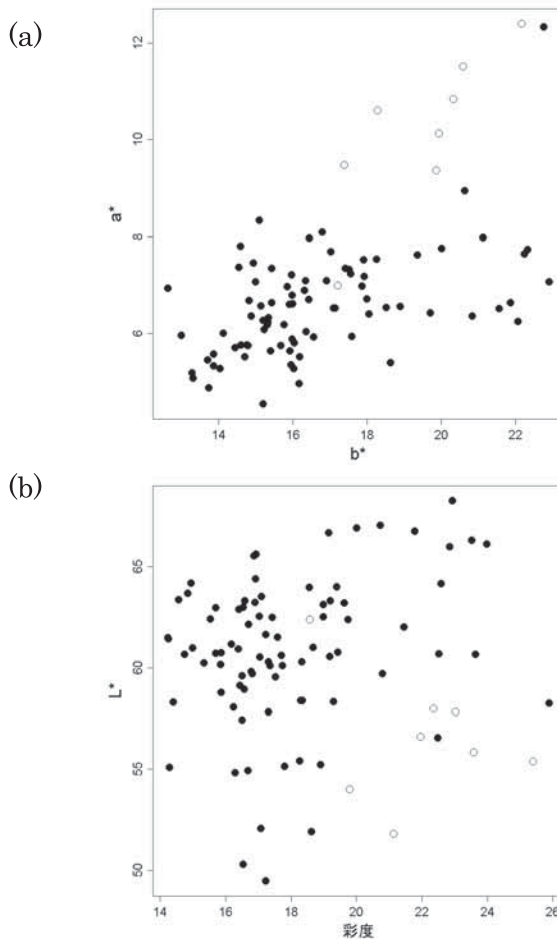


図 - 4  $a^*$  と  $L^*$ , 彩度と  $L^*$  の関係

Fig. 4. The relationships between  $a^*$  and  $L^*$  and between color intensity and  $L^*$  that natural forest individual, that secondary forest individual represents.

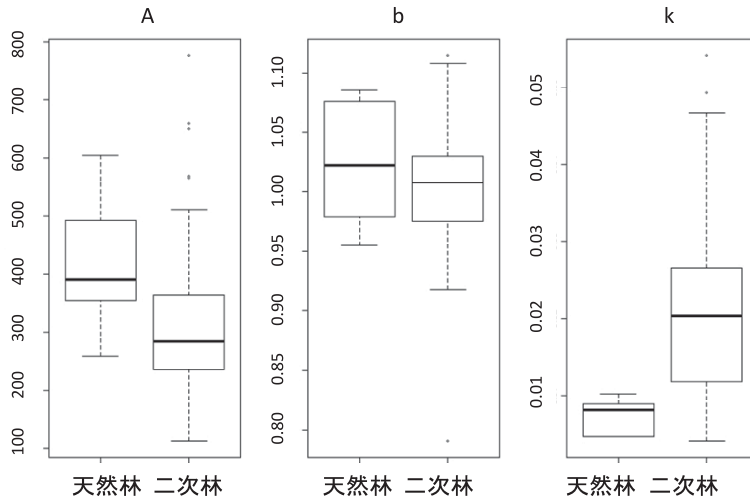


図 - 5 天然林と二次林個体の肥大成長パターンのパラメータ, A, b, k の分布

Fig. 5. The distribution of secondary growth parameters A, b, and k estimated by the von Bertalanffy equation von Bertalanffy の成長曲線で推定した肥大成長パターンのパラメータ A, b, k の分布を箱ひげ図で示した。太線が中央値, 箱の上下がそれぞれデータの 25%, 75% 値, また, 黒丸が外れ値を示す。

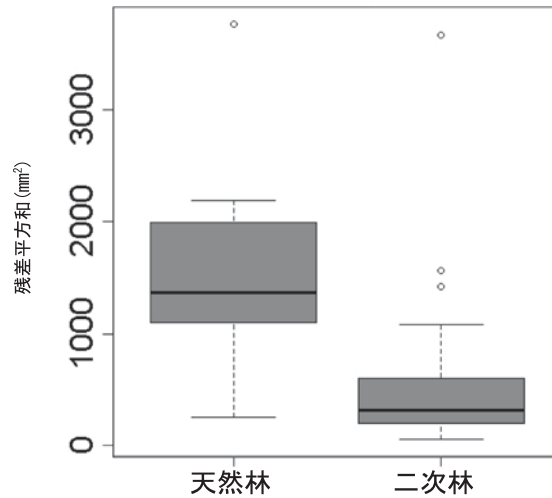


図 - 6 実測値と推定された曲線の比較 (残差平方和)

Fig. 6. The residual sum of squares between the observed and the expected values estimated by the von Bertalanffy equation

von Bertalanffy の成長曲線で推定した各個体の成長パターンと実際の成長との残差平方和のばらつきを箱影図で示す。縦軸が残差平方和の値を表す。推定が収束したもののみを示す。太線が中央値, 箱の上下がそれぞれデータの 25%, 75% 値, また, 黒丸が外れ値を示す。



0.10,  $b; p > 0.05$ ),  $k$  は二次林の方が有意に大きかった ( $t$  検定,  $p < 0.001$ )。推定されたパラメータのあてはまりを調べるため、二次林個体と天然林個体で実測値と推定値の残差平方和を求めたところ、多くの個体で残差平方和の値が小さく、精度良く推定されたことが分かった (図 - 6)。推定されたパラメータを用いて、二次林個体と天然林個体の肥大成長パターンを描いた結果、二次林個体は全体的に初期成長が大きく早く頭打ちになるパターンを示したが、中には天然林個体と似たパターンを示すものも認められた (図 - 7)。

#### 4. 考 察

##### 二次林個体の心材の現状

今回の調査から、二次林個体の心材面積や心材率は全体的には天然林個体よりもまだ小さく、かなりの差があることが分かった。これまでマカバとメジロカバについて、心材面積に関する報告はほとんどないが、心材率に関する報告はいくつかみられる。それらによるとマカバでは 70 ~ 80%、メジロカバでは 50% 前後となっており (向出・中村, 1984; 岸田ら, 1989; 長坂, 1994; 佐々木, 1996; 清水, 1996), いずれもマカバの方がメジロカバよりも高い値を示すという点では本研究は同様であった。本研究では、天然林個体の平均心材率は 60%、二次林個体は平均 33% と先行研究の値よりも心材率は低い値を示した。ただし先行研究では小口面における皮なし直径に対する心材直径の比率を心材率としているため (向出・中村, 1984; 長坂, 1994; 佐々

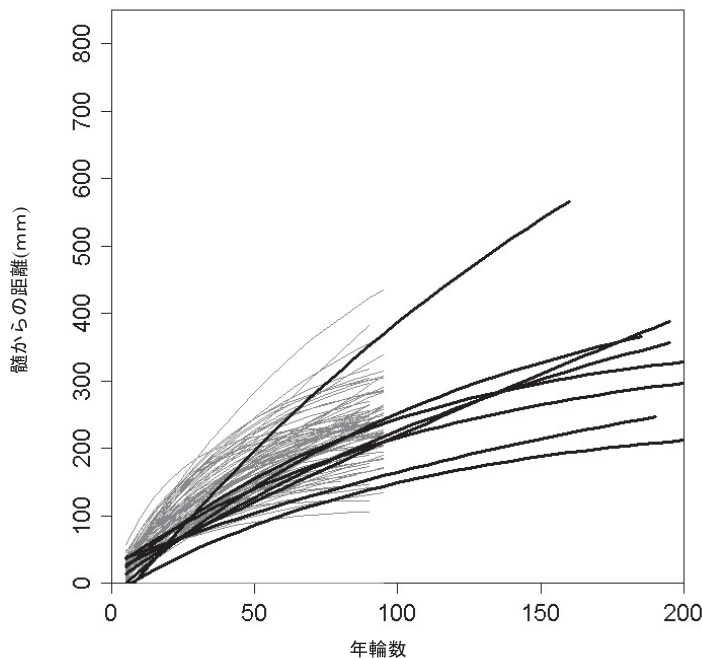


図 - 7 推定された天然林個体と二次林個体の成長パターン

Fig. 7. The estimated growth patterns of disks from natural and secondary forest von Bertalanffy の成長曲線で推定したパラメータを用いて、各個体の成長パターンを示す。縦軸が髄からの距離 (mm)、横軸が髄からの年輪数を表す。黒線は天然林個体、灰色の線は二次林個体を示す。

表 - 1 二次林個体と天然林個体における心材色のパラメータ  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  の分布Table 1. The distribution of the heartwood color parameters  $L^*$ ,  $a^*$ , and  $b^*$  for individuals from secondary and natural forest

森林	樹齡	$L^*$	$a^*$	$b^*$	文献
天然林	約200年	61.2	6.0	13.4	佐々木(1996)
	平均192年	56.5	10.2	19.5	本研究
二次林	100年前後	63.5	5.6	14.4	佐々木(1996)
	平均87年	60.8	6.6	16.7	本研究
人工林	40年	68.1	5.3	14.0	藤本ら(2003)

ウダイカンバの心材色について本研究と先行研究の結果を合わせて示す。先行研究については、各論文中の数値のそれぞれの平均値を使用した。

木, 1996), 本研究と算出方法が異なっている。本研究で得られたデータを先行研究で用いた方法で算出した場合, 天然林個体の平均心材率は 77% (標準偏差 5.8), 二次林個体の平均心材率は 57% (標準偏差 7.1) となり, 先行研究と同程度の値となった。

先行研究に多い 70 年生前後よりも時間が経過しているため, 心材率が天然林個体に近づいているのではないかと期待されたが, 今回の調査ではそのような明らかな傾向は認められなかった。この理由の一つとして, 北海道演習林では択伐施業によって残存木の成長が促進されていることが影響しているのではないかと考えられる。特に, 本研究で調査対象とした 72 林班付近の二次林では, 1911 年の山火事発生後から 51, 58, 86, 93 年経過した時にそれぞれ間伐的な要素が強い択伐施業が実施されており, 施業されていない二次林に比べ残存木の肥大成長が促進されていると考えられる。ウダイカンバは散孔材であるが, 散孔材の心材化においては, 樹冠の水分要求性と樹幹の水分通道の相互作用が, 必要な辺材の幅と心材形成のタイミングを決定しているという仮説が立てられている(中田・船田, 2011)。そのため, 間伐が行われたことによる樹冠や樹幹の成長にともない, 施業されていない二次林個体に比べ心材化が起りにくかったのではないかと考えられた。

心材色についてみると, 先行研究(佐々木, 1996; 藤本ら, 2003)では, 40 年生, 100 年生, 200 年生と年を経るごとに,  $L^*$  の値が減少し,  $a^*$  の値が増加する傾向がみられる(表 - 1)。本研究においても  $L^*$  は天然林個体のほうが小さく  $a^*$  は天然林個体のほうが大きい。したがって, これから数十年が経過することにより, 二次林個体の心材の赤味は増し, より鮮やかな色味になっていくのではないかと期待される。

#### 成長パターンと心材形成

von Bertalanffy の成長曲線を用いて肥大成長パターンを定量化したところ, 二次林個体と天然林個体の成長パターンを精度良く推定できた。二次林個体の平均的な成長パターンは, 初期成長がよく, 早い段階で成長が鈍くなる傾向があった。天然林個体の初期成長はゆっくりであるが, 長期間にわたって継続的に成長していた。成長曲線の形を表す  $k$  の値を二次林個体と天然林個体比べたところ, 二次林個体の  $k$  の値は天然林個体より大きく, 初期成長が良い傾向があった ( $p < 0.001$ )。したがって, 二次林個体と天然林個体では, 一般的には成長パターンに違いがあることが改めて示された。これは先行研究において, 二次林個体の成長量が天然林個体より大きい

という報告(岸田ら, 1989; 向出・中村, 1989; 佐々木, 1996)と一致している。

天然林個体の90年までの半径が20cm前後と成長は良くなかったこと、全体面積が大きいほど心材面積も大きい相関関係が認められたこと(図-2)を考え合わせると、天然林個体も90~100年生くらいまでは、全体面積と心材面積は小さかったのではないかと予測される。つまり初期成長が悪く、心材面積も小さかったと予測される天然林個体が現在ではマカバと称されるような大径木に成長しているのではないかと考えられる。そのため、二次林個体の中で天然林個体に似ている成長パターンを示している個体は、生育環境や周辺木との競合などによって初期成長が抑制されたため90年生時点では全体面積は小さいものの、今後成長していくなかで、天然林個体のような形質を示すようになる可能性がある。

#### まとめ

以上の結果から、山火事後の二次林ウダイカンバは約90年生の現在の段階では全体的には天然林個体に心材の面積や色調で劣り、平均的には成長パターンが異なることが明らかになった。しかし、全体面積と心材面積の散布図を見ると、ほぼ一斉に更新した同樹齢の二次林個体においても心材面積が大きくばらついた(図-2)。また、心材化の進行にも大きな個体差が見られた(図-3)。さらに、成長パターンをみると心材面積は小さいものの成長パターンが天然林個体のものと似ている個体も認められた(図-7)。これらの二次林個体はこれから成長していく中で、将来、天然林個体に近い心材を有するようになる可能性があると期待される。

ウダイカンバは一斉に更新するため(渡邊, 1989)、二次林は高密度になりやすい。また、ウダイカンバは強い種内競争があるため、適度に間伐をしないと強い自己間引きを起こしてしまう(渡邊, 1989; 犬飼ら, 1994)。そのため、ウダイカンバ二次林資源を有効に活用するためには、適切な管理が必要である。既存研究では、初期成長が大きいと心材率が低いので天然林個体のようにはならないという説もあったが、今回の研究から心材面積は全体面積と相関があり、初期成長が良い方が90年生の時点では心材面積が大きいことが判明した。今回の調査では、心材面積が大きい個体は成長がよかったことから、120~150年生ほどで伐採することを計画するのであれば、定期的に間伐し肥大生長を促進することは、心材の量を多くすることにつながると考えられた。また、二次林のウダイカンバでも、樹齢が大きくなるにつれて心材部分が増えるとともに心材部の赤味が増えることが示唆されたことから、天然林個体と似たような成長パターンを示した個体は、現時点では全体面積や心材面積はそれほど大きくないものの、将来的にはよい心材を持つ経済的価値の高い個体となるのではないかと考えられた。

#### 今後の課題

本研究では von Bertalanffy の成長曲線による成長の推定を行い、天然林個体のような成長パターンをする二次林個体が存在することが確認できた。しかし、これらの個体が今後50~100年かけて、実際に天然林個体のように成長していくのかは現時点では不明である。同様に、心材の面積や色についても追跡調査し、二次林個体の材質が今後どのような変化をしていくのかを定期的に調べることも重要であろう。また、二次林のウダイカンバについては集団枯損が報告されていることもあり(渡辺ら, 2002; 大野, 2011)、二次林個体が150~200年生まで健全な状態で保つことができるかどうかについては、枝枯れや虫害の有無、着葉量などをよく観察していく必要があると考えられた。

## 5. 謝 辞

本研究では、調査地とした北海道演習林における調査やサンプリングにおいて、北海道演習林の技術職員の方に大変お世話になった。有限会社西田産業の代表取締役である西田由松氏をはじめ社員の方々には、伐採作業時に同行の許可をいただき、サンプル採取を無事に行うことができた。コニカミノルタオプティクス株式会社の渡辺浩二氏には、分光測色計の使用に関して大変配慮していただき、色の測定を無事に行うことができた。

附属演習林教育研究センターの方々には調査方法、解析、執筆に関して大変お世話になった。また、同企画部の犬飼浩氏にはウダイカンバの管理や販売について示唆に富むアドバイスをいただいた。なお、本研究は公益社団法人日本科学協会の笹川科学研究助成を受けて行われた。

本研究は多くの方の協力なくして成り立たなかったことをここに記すとともに、改めて感謝の意を表明し、謝辞と代えさせていただく。

## 要 旨

本研究では、北海道中央部の山火事後二次林に生育するウダイカンバの心材の実態と成長パターンについて、天然林個体と比較しながら調査を行った。二次林個体は1911年に発生した山火事後二次林に生育する85個体、天然林個体は銘木市用に伐採された8個体を対象にした。ほぼ一斉に更新した二次林個体の中でも、円板の全体面積と心材面積のばらつきは大きかった。二次林個体の心材面積は、平均的には天然林個体に及ばないものの、中には天然林個体と近いレベルの個体もあった。二次林個体の心材色は、天然林個体よりも赤味が弱かったが、先行研究で調査された若齢個体よりは赤味が強かった。von Bertalanffyの成長曲線によって推定された肥大成長のパターンをみると、二次林個体と天然林個体で大きな違いがみられたが、二次林個体の中には成長パターンが天然林個体と似ているものもあった。現在のところ、二次林個体の心材の状態は、天然林個体とは大きく異なった値を示したが、これからさらに成長していく中で、天然林個体の形質に近づく二次林個体が出てくるのではないかと考えられた。

## キーワード

ウダイカンバ, 心材, 二次林, マカバ, von Bertalanffyの成長曲線, メジロカバ

## 引用文献

- BERTALANFFY, L. V. (1938) A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws. II). *Human Biology* 10: 181-213.
- 犬飼浩・高田功一・伊藤務・河原漢(1994)ウダイカンバ二次林の立木密度と成長について. 平成6年度技術官等試験研究・研修会議報告: 31-42.
- 藤本高明・安久津久・内山和子・来田和人・黒丸亮(2003)ウダイカンバ産地試験における心材色と容積密度数の遺伝的変異. *木材学会誌* 49: 247-252.
- 岸田昭雄・中村和子・田中京子(1989)ウダイカンバの変異性. *北海道の林木育種* 32: 19-23.
- 向出弘正・中村和子(1989)ウダイカンバの良質材について. *北海道の林木育種* 27: 1-5.
- 長坂寿俊(1994)ウダイカンバの心材調査から. *北海道の林木育種* 36: 24-28.
- 中田了五・船田良(2011)木質の形成(第2版 パイオマス科学への招待. 福島和彦・船田良・杉山淳司・高部圭司・梅澤俊明・山本浩之(編)), 青海社, 大津市, pp.117-124.
- 小笠原 繁男・倉橋 昭夫(1994)ウダイカンバ優良木の果穂・種子および次世代苗. *北海道の林木育種* 36(2): 1-5.

- 岡村行治・後藤 晋 (2004) 旭川銘木市における主要 6 種のそ材丸太の評価と市場価格. 日林北支論 52 : 171-173 .
- 大野泰之 (2011) 落葉広葉樹林におけるウダイカンパ成木の衰退の要因解明に関する研究. 北海道林業試験場研究報告 48 : 1-46 .
- RICHARDS F. J. (1959) A flexible growth function for empirical use. Journal of Experimental Botany 10 : 290-300 .
- 佐々木 研 (1996) 「広葉樹の優良木の育種に関する調査」報告書の中から ミズナラとウダイカンパにおける諸形質の変異 . 北海道の林木育種 39 : 19-28 .
- 清水一 (1996) ウダイカンパ立木の心材率を知る方法. 光珠内季報 105 : 1-5 .
- 高橋延清 (1971) 林分施業法 その考えと実践 . 全国林業改良普及協会, 東京 .
- 高田功一・犬飼浩・渡邊定元・山本博一 (1989) ウダイカンパ二次林優良木の評価法. 日林北支論 37 : 241-243 .
- 館脇操・五十嵐恒夫 (1971) 北大天塩・中川地方演習林の森林植生. 北海道大学農学部演習林研究報告 28 : 1-192 .
- 津田智・後藤晋・高橋康夫・笠原久臣・澤田佳宏・安島美穂 (2002) 北海道中央部の針広混交林における山火事から 87 年が経過した森林群落の植生. 植生学会誌 19 : 125-130 .
- 渡辺一郎・寺澤和彦・八坂通泰・梅木清 (2002) ウダイカンパ二次林での間伐効果と樹冠衰退. 北海道林業試験場研究報告 39 : 55-68 .
- 渡邊定元 (1989) ウダイカンパの種特性と育種. 北海道の林木育種 32 : 15-23 .

(2013 年 7 月 9 日受付)

(2013 年 11 月 20 日受理)

### Summary

This study compared the condition of heartwood and the growth patterns of *Betula maximowicziana* established in a post-fire secondary forest with those in a natural forest in central Hokkaido. We collected butt end disks from 85 individuals established after a forest fire in 1911 and eight individuals from a commercially operated natural forest. We found significant variation in the area of heartwood and total area of the disks among the secondary-forest individuals. The area of heartwood and total area of the disks from secondary-forest individuals were smaller than those of disks obtained from the natural forest. The reddish color of the heartwood in disks obtained from the secondary forest was weaker than that in disks from the natural forest. The secondary growth patterns estimated using the von Bertalanffy equation differed between the secondary and natural forests. However, several individuals from the secondary forest had growth patterns similar to those of individuals from natural forest. In summary, the heartwood conditions differed in disks from secondary and natural forests. We believe that the individuals from the secondary forest with similar growth patterns to individuals from the natural forest will have similar heartwood.

### Keywords

*Betula maximowicziana*, heartwood, Makaba, Mejirokaba, von Bertalanffy equation, secondary forest

