

## 数種陽生低木種の発芽当年実生の成長特性 —斜面緑化への利用と関係して—

橋本 良二\*・太田理恵子\*\*・金城 樹\*\*・園原 正二\*\*\*

Growth properties of current year seedlings for several sun-shrub species  
—As related to use for slope revegetation—

Ryoji HASHIMOTO\*, Rieko OHTA\*\*, Takeshi KINJYO\*\* and Seiji SONOHARA\*\*\*

### 1. はじめに

近年、さまざまな環境修復の場で実施される斜面緑化においては、旧来の外来草本種に代わって地域自生種を用いた生物多様性に配慮した播種工が求められている(吉田, 2009)。こうした事情から、先駆性の低木種への期待が高まっており、それらを導入して施工した後の定着・発達過程について地表被覆状態や本数密度、成長量など、かなり詳細な追跡調査がおこなわれている(小畑ら, 2007; 野口ら, 2008; 細木ら, 2008)。

低木種の成長発達の樹種特性については、成熟枝のフェノロジー、主軸の更新パターン、株の維持機構など、さまざまな面から調べられている(青木・橋本, 1995; 松田・橋本, 2001; 八田ら, 2003; 若山・八田, 2004)。しかし、樹木の育成に関する試験研究は、これまで高木種を中心におこなわれてきたことから、低木種個別の育成法については不明な点が少なくない(関西地区林業試験研究機関連絡協議会育苗部会, 1980; 林業科学技術振興所, 1985)。樹木の育成利用においては、まずはそれぞれの樹種の特性をよく理解しておく必要がある(Kramer and Kozlowski, 1979)。斜面緑化において、種子を播いて実生を育てるケースでは、とくに発芽当年の器官成長、また土壌条件に対する成長反応などが重要である。

本研究では、斜面緑化に有用と見られる、わが国自生の低木種6種を選び、圃場の平地面に

---

Received March 15, 2012

Accepted April 23, 2012

\* 岩手大学環境科学系(農学部共生環境課程)

\*\* 岩手大学農学部共生環境課程

\*\*\* 綿半インテック株式会社(長野県飯田市)

播種し、発芽当年の実生について幹主軸成長、地上部と地下部の成長、そして土壌への給水や施肥に対する成長反応などに注目してそれぞれの樹種特性を調べた。そして、樹種特性を活かした有効な利用法と結びつけて、若干の考察をおこなった。なお、本研究は、財団法人河川環境管理財団の調査研究助成事業の助成課題（2010年～2011年）に沿って実施した。

## II. 材料と方法

### 1. 材料

2009年の秋、長野県伊那地方および近隣各県の二次林地帯で、自生する低木種の種子採取をおこなった。そのうち、本研究では、ヤマハギ (*Lespedeza bicolor* for. *acutifolia*), ヌルデ (*Rhus chinensis*), ノイバラ (*Rosa multiflora*), ムラサキシキブ (*Callicarpa japonica*), リョウブ (*Clethra barbinervis*), タニウツギ (*Weigela hortensis*) を供試材料とした。採取した種子は、持ち帰って精選し、ポリ塩化ビニル製の袋に入れ、4℃に設定した低温貯蔵庫に翌春まで貯蔵した。

2010年4月以降、圃場での成長試験（後述）と並行して、供試種子について1000粒重を求めた後、発芽試験を開始した（橋本ら，2011）。1000粒重は、ヤマハギ，ヌルデ，ノイバラ，ムラサキシキブ，リョウブ，タニウツギで、それぞれ7.72, 10.12, 4.82, 0.73, 0.18, 0.19gであった。発芽率は、それぞれ26.0, 1.2, 2.8, 30.6, 26.5, 75.8%であった。

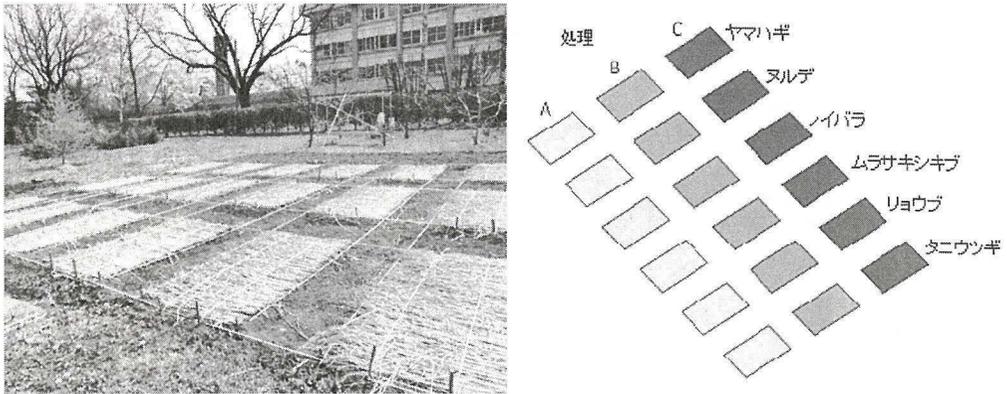
### 2. 圃場での実生成長量試験

#### 1) 試験区の設定と播種

2010年4月、農学部キャンパス内の附属寒冷フィールドサイエンス教育研究センターの実験苗畑に試験区をつくった（図-1）。耕運、整地の後、1m×10mの床を6列つくり、各列を各供試樹種に割り当てた。各列に、1m×2mの播種区画を3区画つくり、試験区（A, B, C区）とした。列の間隔は0.75m、各列における試験区の間隔は1mとした。なお、試験地は苗木育成に向かない痩せ地にあり、土壌の炭素含有率（チューリン法）は約3%、土性は粗砂、細砂、シルト、粘土の割合が15, 35, 29, 21%で埴壤土に区分された。

播種前日に種子を貯蔵庫から取り出し、実験室の流し場で浸漬処理を一晩おこなった後、播種をおこなった。試験区あたりの播種量は、ヤマハギ，ヌルデ，ノイバラで100g，ムラサキシキブで13g，リョウブ，タニウツギで14gとした。播種後は、種子乾燥や鳥などによる摂食被害を回避するため、稲わらを敷きつめた。

試験区A, B, Cは、土壌の水分と養分に対する成長反応をみるためのもので、試験区Aは無給水無施肥であり、試験区Bでは給水処理、試験区Cでは給水処理と施肥処理をおこなった。なお、試験期間中は、各試験区とも、降水による自然給水はなされた。給水処理は、8月初旬



図一 播種直後の試験地概況（左図）と試験区の配置（右図）

撮影日は2010年4月20日。

から実施し、9月下旬までおこなった。地表面がつねに湿った状態に保たれるよう、こまめに給水をおこなった。土壌の水分状態は、給水処理にあわせて、ヌルデ試験区A、B、Cに、土壌水分センサー（ML2x, Delta-T Devices Ltd, Cambridge, UK）を地表下20cmに埋め込み、毎日夕方土壌体積含水率（%）の読み取りをおこなった。8月中旬から9月中旬にかけては降水量が少なく、試験区Aでは土壌体積含水率は20%を割り10%近くに達する日もあったが、試験区B、Cでは25%～30%の間にあった（図-2、3）。

施肥は、6月中旬より実施し、葉群の発生や葉色等を観察しながら1週間あるいは2週間の間隔で、9月中旬までおこなった。肥料は、市販の化学肥料（白ばら化成肥料8号、ときわ化研(株)、福島）を用い、各樹種1試験区あたり1回につき75gを施用した。成分比は、アンモニア性窒素、可溶性りん酸、水溶性加里それぞれ8%であった。

## 2) 地上部と地下部の器官重の測定

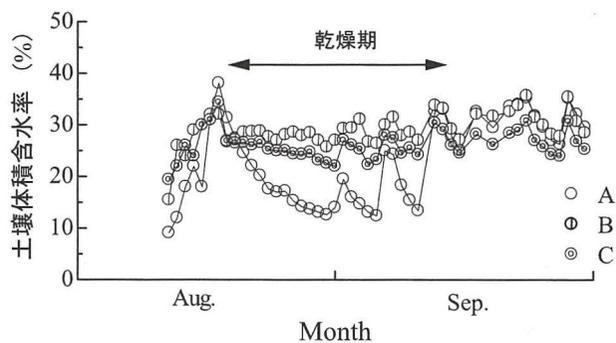
2010年10月および11月、試験区の一部区画（1m×0.6m）内のすべての生存実生について、幹主軸の地際直径と主軸長を測定した後、主軸地際部で地上部を切り離し、実験室に持ち帰り、幹枝部を105℃で24時間乾燥し乾重を測定した。試験区Bにおいて、上記の一部区画内のすべての実生の地下部についてできるだけ根を切らないようにていねいに掘り出し、実験室に持ち帰り、根系の観察をおこない、乾燥重量を測定した（図-4）。

ヌルデとノイバラについては、2011年4月、試験区の残りの区画（1m×1.4m）内のすべての生存実生について、地際直径と幹主軸長を測定した後、主軸地際部で地上部を切り離し、実験室に持ち帰り幹枝部の乾燥重量を測定した。



図一 2 試験区での実生の成長

手前がノイバラ, その向こうがヌルデの試験区。夕方土壌水分状態を測定。撮影日は2010年9月21日。



図一 3 試験区の土壌水分状態



図一 4 実生の掘り取り

タニウツギ試験区での掘り取り。撮影日は2010年11月26日。

### III. 結 果

#### 1. 実生の幹主軸成長

##### 1) 幹主軸長別本数分布

供試樹種のうち、ムラサキシキブとリョウブについては、実生の発生は見られなかった（橋本ら，2011）。これら2樹種を除く4樹種では、多くの芽生えが発生し、とくに8月以降成長が進み、自己間引きが見られた。自己間引きは、試験区Aに比べ、試験区B、Cで強く起こった。なお、ノイバラの試験区Aでは、実生発生は試験区B、Cに比べ相当少なかった。試験区における成長期末の生存本数は、ヌルデで少なく、タニウツギで多く、ヤマハギとノイバラは両者の中間であった（図-5）。試験区における幹主軸長別本数分布は、ヤマハギでは逆J字型、ノイバラ、タニウツギでは正規型であり、ヌルデではピークの低い正規型あるいは均一型であった。

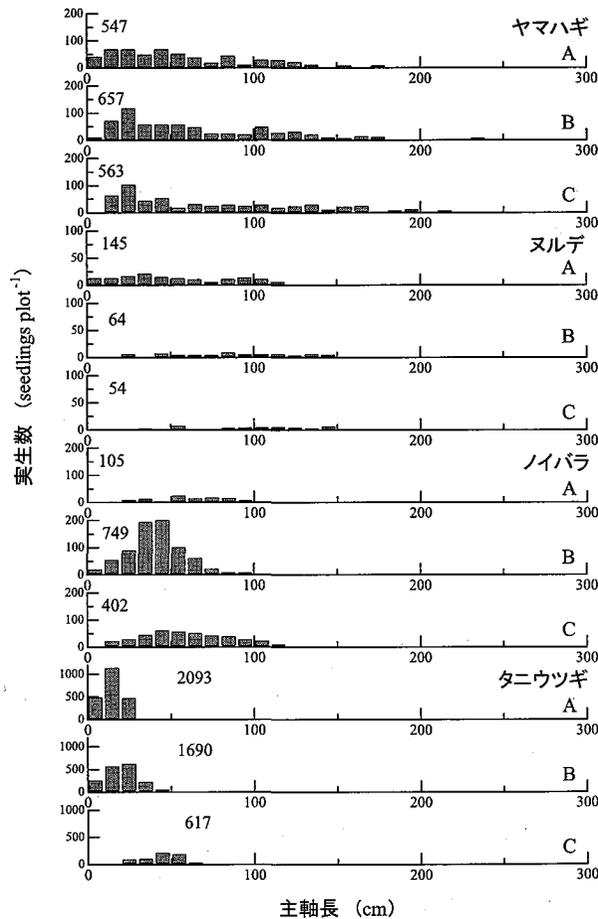


図-5 幹主軸長別本数分布

図中の数字は試験区 (1m×2m) あたりの実生数。

## 2) 直径成長と伸長成長

試験区における実生全体の成長状況（群落的発達程度）は、試験区における実生の平均成長量よりは、成長量上位個体の平均によってよく表現されると見られたことから、各試験区において幹主軸長上位20個体を選び比較した（表-1, 2）。樹種間の比較では、幹主軸の地際直径、主軸長ともに、試験区A, B, Cのいずれにおいても、有意な差が認められた（表-1；ANOVA,  $p < 0.01$ ）。地際直径については、試験区Aでは、ヌルデで最も大きく、次いでノイバラとヤマハギであり、タニウツギで最も小さかった。こうした樹種間差は、試験区Bでもほぼ同様であり、試験区Cではまったく同様であった。主軸長については、試験区Aでは、ヤマハギで最も大きく、次いでヌルデ、ノイバラであり、タニウツギで最も小さかった。こうした樹種間差は、試験区Bでまったく同様であり、試験区Cでもほぼ同様であった。

試験区間の比較では、供試樹種のいずれにおいても、幹主軸の成長に有意な差が認められた（表-2, ANOVA,  $p < 0.01$ ）。ヤマハギでは、地際直径には差は認められなかったが、主軸長はA区で小さく、B, C区で大きかった。ヌルデでは、地際直径はA, B区で小さくC区で大きく、主軸長はA区で最も小さく次いでB区でありC区で最も大きかった。ノイバラでは、地際直径はA, C区で大きくB区で小さく、主軸長はA, B区で小さくC区で大きかった。タニウツギでは、地際直径はA区で小さくB区で大きく、主軸長はA区で最も小さく次いでB区でありC区で最も大きかった。

表-1 試験区における上位20個体の幹主軸の地際直径と主軸長（樹種間差）

樹種	n	試験区			試験区		
		A 直径 (cm)	B 直径 (cm)	C 直径 (cm)	A 主軸長 (cm)	B 主軸長 (cm)	C 主軸長 (cm)
ヤマハギ	20	0.74 <sup>b</sup> ±0.23	0.91 <sup>b</sup> ±0.32	0.93 <sup>b</sup> ±0.22	136.9 <sup>a</sup> ±22.5	168.9 <sup>a</sup> ±34.2	180.2 <sup>a</sup> ±25.4
ヌルデ	20	1.25 <sup>a</sup> ±0.32	1.54 <sup>a</sup> ±0.54	1.96 <sup>a</sup> ±0.68	113.5 <sup>b</sup> ±12.3	134.4 <sup>b</sup> ±21.9	168.4 <sup>a</sup> ±33.9
ノイバラ	20	0.95 <sup>b</sup> ±0.22	0.72 <sup>bc</sup> ±0.16	0.95 <sup>b</sup> ±0.22	95.1 <sup>c</sup> ±9.9	88.5 <sup>c</sup> ±12.9	116.4 <sup>b</sup> ±8.8
タニウツギ	20	0.44 <sup>c</sup> ±0.15	0.58 <sup>c</sup> ±0.16	0.57 <sup>c</sup> ±0.22	29.7 <sup>d</sup> ±3.2	43.7 <sup>d</sup> ±3.5	61.6 <sup>c</sup> ±4.7

nは個体数。直径と主軸長のデータは平均値と標準偏差。  
樹種間で異なるアルファベットは有意なちがいを示す (Scheffe,  $p < 0.05$ )。

表-2 試験区における上位20個体の幹主軸の地際直径と主軸長（処理間差）

処理	n	ヤマハギ		ヌルデ		ノイバラ		タニウツギ	
		直径 (cm)	主軸長 (cm)	直径 (cm)	主軸長 (cm)	直径 (cm)	主軸長 (cm)	直径 (cm)	主軸長 (cm)
A	20	0.74 <sup>a</sup> ±0.23	136.9 <sup>b</sup> ±22.5	1.25 <sup>b</sup> ±0.32	113.5 <sup>c</sup> ±12.3	0.95 <sup>a</sup> ±0.22	95.1 <sup>b</sup> ±9.9	0.44 <sup>b</sup> ±0.15	29.7 <sup>c</sup> ±3.2
B	20	0.91 <sup>a</sup> ±0.32	168.9 <sup>a</sup> ±34.2	1.54 <sup>b</sup> ±0.54	134.4 <sup>b</sup> ±21.9	0.72 <sup>b</sup> ±0.16	88.5 <sup>b</sup> ±12.9	0.58 <sup>a</sup> ±0.16	43.7 <sup>b</sup> ±3.5
C	20	0.93 <sup>a</sup> ±0.22	180.2 <sup>a</sup> ±25.4	1.96 <sup>a</sup> ±0.68	168.4 <sup>a</sup> ±33.9	0.95 <sup>a</sup> ±0.22	116.4 <sup>a</sup> ±8.8	0.57 <sup>ab</sup> ±0.22	61.6 <sup>a</sup> ±4.7

nは個体数。直径と主軸長のデータは平均値と標準偏差。  
処理間で異なるアルファベットは有意なちがいを示す (Scheffe,  $p < 0.05$ )。

3) DL関係

幹主軸の地際直径と主軸長との関係 (DL関係) は、供試樹種いずれもべき乗式でよく回帰されたが、回帰式は樹種により異なっていた (図-6)。試験区Aの回帰係数 (b) は、ヤマハギで最も大きく、次いでヌルデ、ノイバラであり、タニウツギで最も小さかった。DL関係の試験区間のちがいは、ヤマハギ、ヌルデでは小さかったが、ノイバラ、タニウツギでは試験区間で異なり、同一直径に対する主軸長は試験区A、Bに比べ試験区Cで大きかった。試験区A、B間については、ちがいはないようであった。

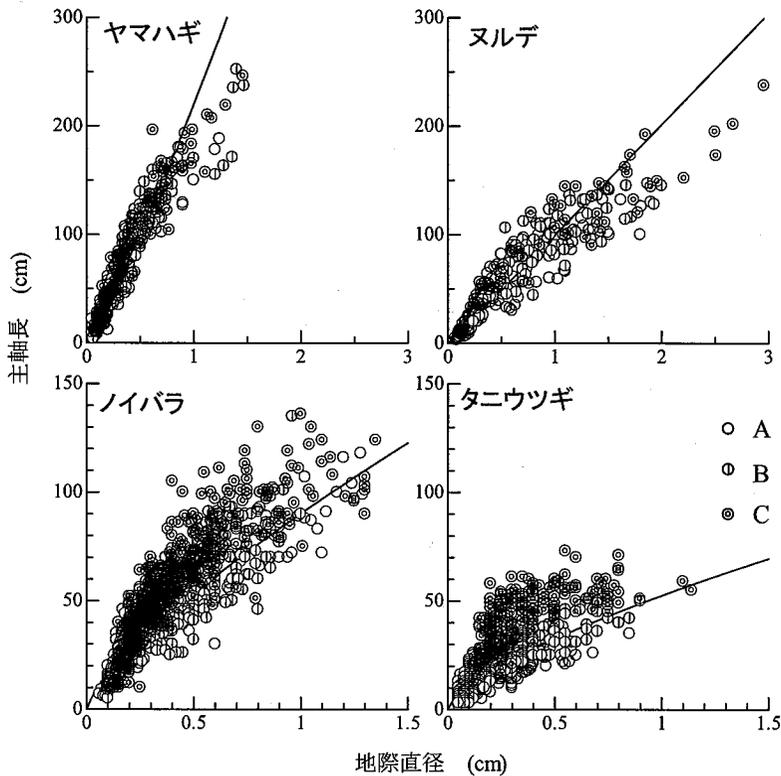


図-6 幹主軸の地際直径と主軸長との関係

試験区Aの実生について回帰 ( $\ln y = a + b \ln x$ ) をおこなった。ヤマハギ:  $a=5.39, b=1.15, r=0.95^{**}$ , ヌルデ:  $a=4.60, b=1.02, r=0.91^{**}$ , ノイバラ:  $a=4.50, b=0.761, r=0.89^{**}$ , タニウツギ:  $a=3.96, b=0.691, r=0.77^{**}$  (\*\*:  $p < 0.01$ )。

2. 実生の地上部と地下部の成長

1) 幹枝重と根重

ヤマハギとヌルデでは幹枝根重100gを超える実生があったが、ノイバラとタニウツギでは20gを超える実生は稀であった (図-7)。根重比 (幹枝重に対する根重の比率) と幹枝根重との関係は樹種で異なり、ヤマハギでは負の相関が認められたのに対し、タニウツギでは正の

相関が認められ、ヌルデとノイバラでは有意な相関は認められなかった。

2) 地上部と地下部の現存量

試験区実生個体群の地上部現存量は、ヤマハギで最も大きく、次いでヌルデ、ノイバラであり、タニウツギで最も小さかった (図-8)。地上部現存量と地下部現存量を比べると、ヤマハギ、ヌルデ、ノイバラでは地上部現存量の方が大きく、タニウツギでは対照的に地下部現存量の方が大きかった。地下部現存量については、ヤマハギに次いでタニウツギが大きく、以下ヌルデ、ノイバラの順であった。なお、根系については、各樹種で特徴があるように見られた (図-9)。

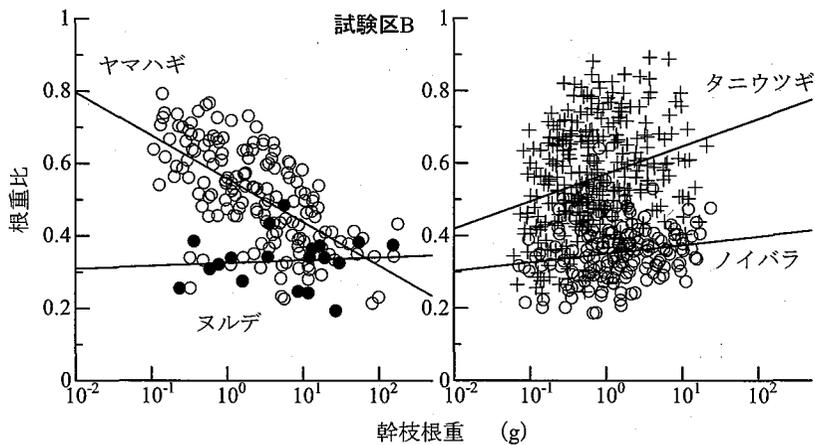


図-7 実生の根重比と幹枝根重との関係

図中の直線は回帰式による ( $y=a+b\ln x$ )。ヤマハギ:  $a=0.558, b=-0.0519, r=0.628^{**}$ ,  
 ヌルデ:  $a=0.325, b=0.00340, r=0.068$ , ノイバラ:  $a=0.350, b=-0.0103, r=0.167$ , タニウツギ:  
 $a=0.570, b=0.0329, r=0.293^{**}$  (\*\*:  $p<0.01$ )。

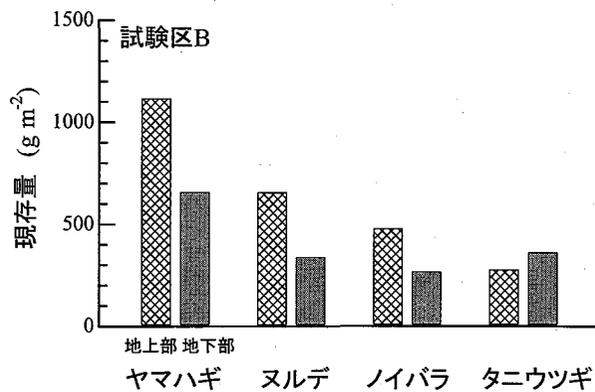
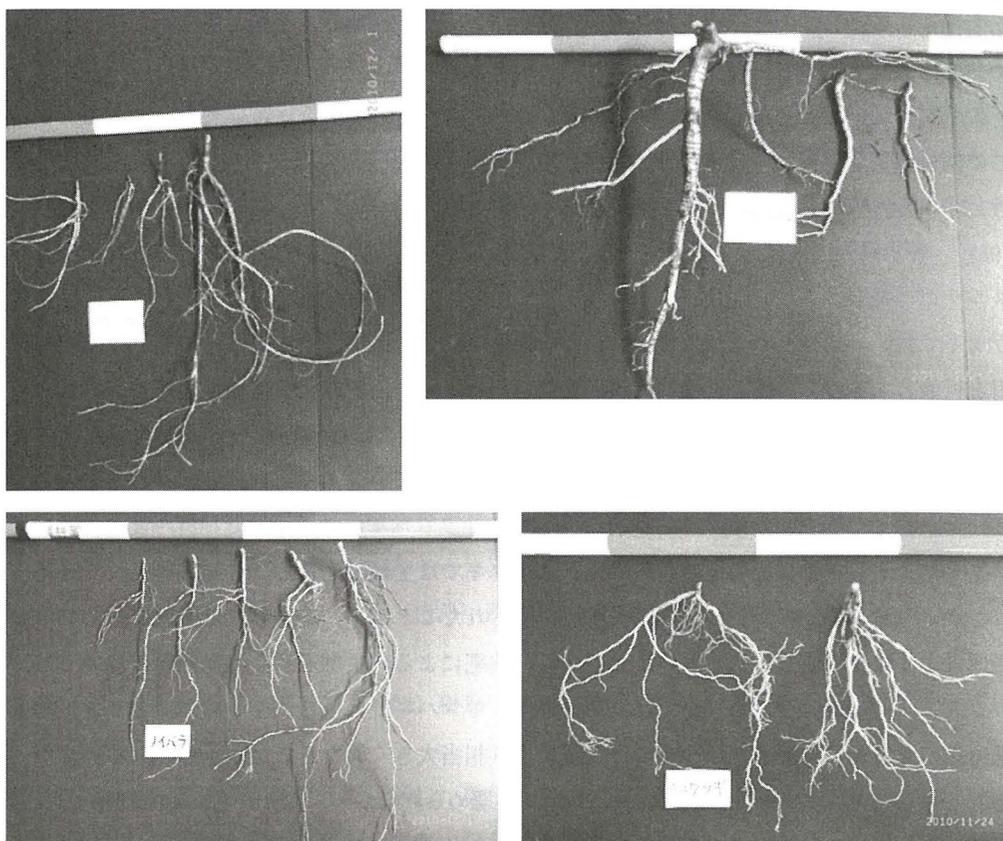


図-8 試験区実生個体群の地上部および地下部現存量



図－9 実生の根系

ヤマハギ（上左）：垂直に深く入る。ヌルデ（上右）：主根がよく発達、表層に水平に走る根。ノイバラ（下左）：垂直に深く入る。側根が短い。タニウツギ（下右）：基部で分岐し、分岐根からさらに分岐しよく伸びる。

## IV. 考 察

### 1. 幹主軸の成長と土壌条件に対する反応

#### 1) 幹主軸の成長

各樹種の幹主軸の成長量は、対照区である試験区Aの直径成長と比較すると、ヌルデで最も大きく、次いでノイバラとヤマハギであり、タニウツギで最も小さかった（表－1）。供試種子の1000粒重は、大きい順にヌルデ、ヤマハギ、ノイバラ、タニウツギであり、それぞれ10.1, 7.7, 4.8, 0.19gであったので（橋本ら, 2011）、各樹種の成長量の大きさはそれぞれの種子重の大きさにはほぼ沿っている（清和・菊澤, 1989）。

幹主軸長別本数分布は、ヤマハギでは逆J字型で比較的小実生が多かったが、ヌルデではピークの低い正規型あるいは均一型であり、ノイバラとタニウツギは正規型で小実生が少な目であった（図－5）。播種後、実生の発生は一定期間内に集中して起こり、その後自己間引きにより

小実生から死亡していったと見られるが、発生した実生の密度と、それと関係して自己間引きの起こり方が分布の型に関係していると考えられる。

幹主軸の地際直径と主軸長との関係 ( $DL$ 関係) は、供試樹種間で異なっていた (図-6)。この関係は個体成長における形態学的相対成長を表し、回帰式の回帰係数 ( $b$ ) は相対成長係数と呼ばれ、成長系における二つの部分それぞれの優成長、等成長、劣成長を判定する (清水, 1959)。幹主軸の直径に対する主軸長の相対成長において、ヤマハギは主軸長優成長 ( $b > 1$ )、ヌルデは等成長 ( $b = 1$ ) であり、ノイバラとタニウツギは劣成長 ( $b < 1$ ) でその度合はタニウツギで強い。他種との光競合を強いられる条件下では、主軸長優成長は、より上方での光利用を可能とするので、競合を優位に運ぶ可能性がある。斜面樹林化の播種試験等で (室伏ら, 2009; 小野ら, 2010)、ヤマハギやヌルデが低木群落初期の遷移段階で一定期間、優占種となるのは、一つには主軸長優成長あるいは等成長に起因していると考えられる。

## 2) 給水および施肥の効果

給水による幹主軸成長の促進効果は、タニウツギでは主軸長成長とともに直径成長でも見られたが、ヤマハギ、ヌルデでは主軸長成長に限られたことから、給水効果は樹種を通しては直径成長よりは主軸成長に出やすいようである。施肥による幹主軸成長の促進効果については、ヌルデ、ノイバラ、タニウツギでは見られたが、ヤマハギでは見られなかったことから、陽生低木種の栄養塩類の要求性については樹種により相当大きく異なることが予想される。また、施肥効果は、タニウツギでは直径成長については認められなかったことから、給水効果と同様、樹種を通しては主軸長成長の方に出やすいのかもしれない。

幹主軸の直径に対する主軸長の相対成長に対しての、給水あるいは施肥の影響は、ヤマハギとヌルデではなかったが、ノイバラとタニウツギでは認められたことから (図-6)、陽生低木種においては影響を強く受けるグループとほとんど受けないグループがあると見られる。ノイバラとタニウツギでは相対成長は試験区 A, B と試験区 C で異なっていたが、試験区 A, B 間ではちがいがなかったことから、相対成長への影響は給水ではなく施肥により起こる。

## 2. 地上部と地下部の成長

実生の根重比について、各樹種で大きな個体グループに注目し、樹種間の比較をすると、ヤマハギ、ヌルデ、ノイバラでは0.3~0.5であり樹種間に大きなちがいはないが、これら3樹種に比べるとタニウツギでは0.5を超えるものが多く明らかに高かった (図-7)。試験区実生個体群の地下部現存量はヤマハギ、ヌルデ、ノイバラでは地上部現存量の50~60%程度であるのに対し、タニウツギでは地上部現存量を上回ったのは (図-8)、成長の進んだ実生で根重比が0.5を超えるためである。温帯木本種で、根重が幹枝重を上回ったとする報告はないようであり、タニウツギの特徴的な物質配分特性は注目に値する。表土の侵食を防ぎ安定化をはかる植生工では、タニウツギの利用について検討する価値はあろう。

陽生低木種間の成長特性の樹種間差についてはこれまであまり注意を払ってこなかったように思われる。発芽当年の実生の幹主軸の成長特性，光合成生産物の地下器官への配分傾向，土壌条件に対する成長反応など，樹種間で相当大きく異なることは確かである。荒廃した森林の再生はもとより，斜面樹林化をはかる植生工などにおいては，陽生低木種が状況に応じてそれぞれの樹種特性を発揮して植生発達を促すことが重要であり，多くの樹種の成長特性についてさまざまな面からの検討が望まれる。

## 引用文献

- 青木享宏・橋本良二（1995）冷温帯コナラ二次林における構成樹種の葉のフェノロジー．岩手大学農学部演習林報告 26：29-41.
- 関西地区林業試験研究機関連絡協議会育苗部会（1980）樹木のふやし方－タネ・ホ取りから苗木まで－．340pp．農林出版，東京．
- Kramer, P.J. and Kozlowski, T.T. (1979) Physiology of Woody Plants. 811pp. Academic Press, Inc., Florida.
- 八田洋章・持田秀雄・磯田 恵（2003）樹形研究の一環としてみた多様な実生形態．フェノロジー研究 38：6-12.
- 橋本良二・太田理恵子・園原正二（2011）数種陽生低木種の種子発芽および芽生え成長試験－斜面緑化への利用と関係して－．岩手大学農学部演習林報告 42：111-118.
- 細木大輔・中村勝衛・亀山 章（2008）湿潤な切土法面における外来緑化草本と先駆樹種を用いた播種工の成果比較．日本緑化工学会誌 34：384-394.
- 松田 将・橋本良二（2001）造林初期段階に出現する低木種の栄養繁殖型．岩手大学農学部演習林報告 32：77-83.
- 室伏幸一・朝倉俊治・尾崎俊彦・安藤辰夫（2009）道路盛土法面における森林表土を用いた緑化試験．日本緑化工学会誌 35：134-137.
- 野口 宏・高橋陽一・宇田友紀子・中西 収・松井宏光（2008）ダムサイト法面における在来木本種の播種および表土を用いた緑化対策の事例．日本緑化工学会誌 34：168-171.
- 小畑秀弘・中村 剛・谷口伸二（2007）表土シードバンクを吹付けに活用した施工事例（V）切土のり面における施工後4年の植生調査結果．日本緑化工学会誌 32：513-516.
- 小野幸菜・氏家豊和・吉田 寛（2010）低温貯蔵した現地採取種子による自然回復緑化．日本緑化工学会誌 36：99-102.
- 清和研二・菊澤喜八郎（1989）落葉広葉樹の種子重と当年生稚苗の季節的伸長様式．日本生態学会誌 39：5-15.
- 清水三雄（1959）相対成長－成長の新しい研究分野－．269pp．協同医書出版社，東京．

- 林業科学技術振興所 (1985) 有用広葉樹の知識—育て方と使い方—. 514pp. 財団法人林業科学技術振興所, 東京.
- 若山治彦・八田洋章 (2004) 低木類の生活形と茎の内部構造との関係. 筑波実験植物園研究報告 23 : 29-106.
- 吉田 寛 (2009) 斜面緑化における播種工の成績判定方法のあり方. 日本緑化工学会誌 34 : 459-465.