

# 都市公園「帯広の森」で植栽後 35 年が経過した落葉広葉樹林・常緑針葉樹林の林床環境が木本実生の侵入定着過程に与える影響

宮崎直美<sup>\*1, 4)</sup>・平田昌弘<sup>2)</sup>・菊池俊一<sup>3)</sup>

1) 岩手大学大学院連合農学研究科

2) 帯広畜産大学

3) 山形大学農学部

4) 帯広の森・はぐくむ

**摘要:** 都市人工林の更新過程を把握するため、植栽後 35 年が経過し林冠部が閉鎖した落葉広葉樹林、常緑針葉樹林ごとの林床環境が 7 年生以下の木本実生の侵入定着過程に与える影響を検討した。広葉樹区の林床はミヤコザサが優占し、針葉樹区では特定の種の優占はなかった。両林分で実生が生育する林床の光量はササの有無によらず低く差はなかったものの、広葉樹区は開葉期にやや明るい値だった。広葉樹区で林床植物の生存に有効な春季の光量があるにもかかわらず、実生は針葉樹区で生存個体数が維持され、広葉樹区では生存個体数は少なかった。ミヤコザサが優占する落葉広葉樹林の林床では、実生の定着に光以外の阻害要因が関与していることが把握された。

**キーワード:** 都市人工林, 林分, 木本実生, 侵入定着過程, 林床植物, 光環境

MIYAZAKI, Naomi, HIRATA, Masahiro and KIKUCHI, Shunichi: **Influence of forest floor environment on regeneration process of woody seedlings in broad-leaved and coniferous stand types planted 35 years ago in Obihiro no Mori, an Urban Park**

**Abstract:** To understand the establishment process in an artificial urban forest the influence of forest floor environment on the regeneration process of woody seedlings was studied. In broad-leaved stands, *Sasa nipponica* dominated and in coniferous stands there were no specific dominating species. In both stands the light conditions of the forest floor were low. Even though broad-leaved stands have sufficient light for understory plants, the survival rate of seedlings is low. In coniferous stands the survival rate is high. Factors other than forest floor light conditions in broad-leaved stands dominated by *S. nipponica* must be considered.

**Key words:** artificial urban forest, forest stand, woody seedling, regeneration process, understory plants, light condition

## 1. はじめに

都市への過度な人口の集中、産業化が進んだことにより、1970 年代以降、国内において都市の環境保全や防災等の機能、生物の生息空間の確保、レクリエーションやコミュニティの場として、都市緑地が注目されてきた<sup>4,13)</sup>。しかし、植栽により造成された都市人工林は、高木種の植栽を中心とした林内で、樹齢や樹高が斉一であるうえに林床植生に乏しく、種組成と空間構造の両面で多様性が低い場合が多いとされる<sup>1,3,11)</sup>。都市人工林の林床で生育する木本実生の動向は、将来の高木層の更新や転換を図るうえで重要であり<sup>6)</sup>、木本の侵入定着に関する情報は天然更新を用いた維持管理にも有益である<sup>23)</sup>。しかし、都市人工林の木本の侵入定着過程で木本の成長特性を扱った国内の研究は少なく、坂本<sup>17,18)</sup>の照葉樹林における事例や、田端・森本<sup>20)</sup>が植栽後初期の落葉広葉樹林における木本実生の成長特性を把握した事例の他にはほとん

ど見当たらない。

宮崎ら<sup>13)</sup>は、植栽後 33 年を経た植栽地での落葉広葉樹および常緑針葉樹の林相ごとの林床優占種を区分し、在来種の自然侵入木の定着状況を明らかにした。落葉広葉樹の林相では、林床にミヤコザサ (*Sasa nipponica* (Makino) Makino et Shibata) が単独で優占し、樹高 1.3 m 以上の自然侵入木の定着はほとんどみられなかった。常緑針葉樹の林相では、年間を通しての暗い光環境で特定の種が林床に優占せず、多くの自然侵入木の定着がみられた。林冠を構成する高木種は、林内の微気象に影響を与えると同時に、下層植生の出現と生育を制限する重要な要因となる<sup>10)</sup>。林冠部が閉鎖した都市人工林で、林相の違いにより生じた林床の光環境が木本実生の定着に与える影響を分析することは、天然更新等を用いた維持管理に役立つと考えられる。

そこで本研究では、北海道帯広市の植栽後 35 年が経過した都市人工林において、落葉広葉樹林、常緑針葉樹林ごとに、

\* 連絡先著者 (Corresponding author) : 〒080-8555 北海道帯広市稲田町西 2 線 11 番地 E-mail : xypmx259@yahoo.co.jp

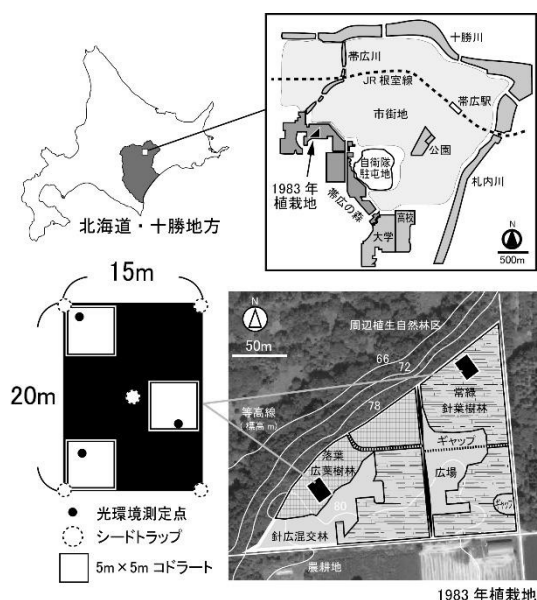


図-1 調査地の概要と調査区設置図

Fig. 1 Location of the study site and study plots

(1) 林床植生, (2) 林床の光環境, (3) 木本種子の散布状況, (4) 木本実生の種組成, 個体数, 樹高, 樹齢, 以上 4 項目について調査し, さらに, 各林分の林床環境が木本実生の侵入定着過程に与える影響の考察により, 都市人工林の更新過程を把握することを目的とした。

## 2. 調査地と調査方法

### 2.1 調査地の概要と調査区の設定

図-1 に調査地の概要と調査区設置図を示した。調査地は, 北海道帯広市の都市公園「帯広の森」(406.5 ha) から選定した 1983 年植栽地 (3.9 ha) である。調査地は植栽以前には農耕地であり, 地形としては河岸段丘面の台地, 土壌は乾性腐植質火山灰土壌, 潜在植生はカシワ (*Quercus dentata* Thunb.), ミズナラ (*Quercus crispula* Blume) と報告されている<sup>15)</sup>。また, 調査地は北西部で河岸段丘上の周辺植生自然林区と隣接している。

植栽概要としてはハルニレ (*Ulmus davidiana* Planch. var. *japonica* (Rehder) Nakai) 500 本, チョウセンゴヨウ (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.) 2,800 本など, 植栽木として 12 種 9,100 本が 1983 年に 2×3 m 間隔で植栽された。調査地は地域本来の自然林の再生が目指されているが<sup>15)</sup>, 植栽当時に苗木調達のしやすさからチョウセンゴヨウを中心に外来樹種が多く植栽された。育成管理では, 2007 年に 835 本が間伐された。調査地の植栽木の残存率は 20% であり, 2010 年時点で 1,800 本が残存している<sup>16)</sup>。現在, 調査地内は上層木にハルニレが優占する落葉広葉樹林と, チョウセンゴヨウが優占する常緑針葉樹林が存在する。落葉広葉樹林および常緑針葉樹林に 15 m×20 m 調査区を 1 ヶ所ずつ設

表-1 調査区のエコシステム構造

Table 1 Stand structure of the study plots

構成樹種	本数 (本)	平均 樹高 (m)	平均胸高 直径 (cm)	立木 密度 (本 / ha)	胸高断面 積合計 (m <sup>2</sup> / ha)
<b>広葉樹区</b>					
生存木					
ハルニレ	7	21.3±0.7	37.1±8.6	233	7,960
枯木					
イヌエンジュ	6	-	-	-	-
<b>針葉樹区</b>					
生存木					
チョウセンゴヨウ	14	19.9±1.3	32.5±4.3	500	11,995
キタゴヨウ	1	14.0±0.0	16.8±0.0		
枯木					
チョウセンゴヨウ	1	-	-	-	-

平均樹高, 平均胸高直径は, 平均値±標準偏差を示す

置した (図-1)。それぞれ, 広葉樹区, 針葉樹区とした。調査区のエコシステム構造は (表-1), 広葉樹区でハルニレ (7 本) が平均樹高 21 m, 平均胸高直径 37 cm で優占し, 生存木の立木密度 233 本/ha, 胸高断面積合計 7,960 m<sup>2</sup>/ha であり, 混交植栽されたイヌエンジュ (*Maackia amurensis* Rupr. et Maxim.) (6 本) が枯木となった状態である。針葉樹区のエコシステム構造は, チョウセンゴヨウ (14 本) が平均樹高 20 m, 平均胸高直径 33 cm で優占し, 生存木の立木密度 500 本/ha, 胸高断面積合計 11,995 m<sup>2</sup>/ha であり, 樹高 14 m のキタゴヨウ (*Pinus parviflora* Siebold et Zucc. var. *pentaphylla* (Mayr) A. Henry) (1 本) と, 枯木となったチョウセンゴヨウ (1 本) で構成されている。上層木の生存木の密度は, 広葉樹区が針葉樹区の約 2 分の 1 である。

両林分とも, 近年上層木に間伐作業は入っておらず, 広葉樹が 5 月から開葉すると, 広葉樹区, 針葉樹区とも林冠部が閉鎖する。林床管理は, 落葉広葉樹林ではおこなわれておらず, 常緑針葉樹林では, 10 年前から市民ボランティアによるチョウセンゴヨウ実生の抜き取り作業がおこなわれている。林床植生は, 落葉広葉樹林では大部分の場所でミヤコザサが単独で優占し, 常緑針葉樹林では特定の種が優占していない<sup>13)</sup>。

### 2.2 林床植生調査

広葉樹区, 針葉樹区それぞれの 15 m×20 m 調査区内に設置した 5 m×5 m 調査区 3 ヶ所において (図-1), 出現した高さ 1.3 m 以下の高木種・低木種以外全ての林床植物の種名, 被度 (Braun-Blanquet 法, 6 段階評価), 平均高を記録した。5 m×5 m 調査区の大きさは, 幼木の生育状況と林床植物の被度の関係から森林植生の推移を調査した藤本<sup>2)</sup>の先行研究を参考にした。林床植生調査は, 2018 年 6 月～7 月に実施した。

### 2.3 光環境調査

広葉樹区, 針葉樹区それぞれの 15 m×20 m 調査区内に設置した 5 m×5 m 調査区 3 ヶ所 (図-1) および全天下の定点で, 光量子センサー (Apogee CAP-SQ-110) を高さ 0.0 m と 1.3 m に設置し, 日の出時刻直後から 10 分間 1 分ごとの散

乱光のみの光合成有効光量子束密度を測定した。光合成有効光量子束密度の測定を、5 m×5 m 調査区 1ヶ所としたのは、真鍋ら<sup>12)</sup>の先行研究、および散乱光による測定法<sup>14,22)</sup>に基づいて設定したものである。

記録はデータロガー (T&D CTD-MCR-4) に収録した。光環境調査は、2017 年 4 月～10 月の各月 1 日ずつ実施した。各調査区の 10 分間の積算光合成有効光量子束密度と全天下の 10 分間の積算光合成有効光量子束密度から、相対光合成有効光量子束密度 (以下 rPPFD) を算出し、各調査区の月ごとの平均値、標準偏差を算出した。また、調査区ごとの 5 月～10 月の相対光合成有効光量子束密度の平均値の差を自由度 n-2、有意水準 5% の t 検定により検討した。

## 2.4 種子の散布調査

広葉樹区、針葉樹区それぞれの 15 m×20 m 調査区の四隅と中央 5ヶ所に (図-1)、受口 0.5 m<sup>2</sup> のシードトラップを高さ 1.0 m に設置した。設置時期は 2018 年 5 月～12 月中旬までとした。内容物は 2 週間ごとに計 15 回採取し、樹種ごとの種子数を数えた。確認された散布種子の樹種の光合成特性を五十嵐<sup>5)</sup>、小池<sup>7)</sup>により分類した。また、2 週間単位で採取した樹種ごとの種子数を 5ヶ所のシードトラップで採取された値として平均値を求め、平均散布種子数とした。樹種ごとの 15 回分の平均散布種子数を足し合わせて年間散布種子数を算出した。

## 2.5 木本実生の種組成、個体数、樹高、樹齢の調査

広葉樹区、針葉樹区それぞれの 15 m×20 m 調査区内に設置した 5 m×5 m 調査区 3ヶ所で、7 年生以下の木本実生の樹種、個体数、樹高、子葉の有無や節数による樹齢を記録した。節数で樹齢を判断できない個体は、表-2 に示した樹齢推定式により樹齢を算出した。樹齢推定式の作成については、木本実生サンプルの地際直径と樹齢実測値との単回帰分析からおこなった。木本実生サンプルの抽出は、各林分の 15

m×20 m 調査区外の林冠部の閉鎖下からおこなった。各林分の樹種について (表-2)、木本実生サンプルは地際直径 50.0 mm 未満の木本個体を対象とした。手順としては、樹種ごとに数十本の実測個体の地際直径を記録し、地際から円盤を採取した。採取した円盤を 50 μm の切片にして染色後、年輪数から各個体の樹齢実測値を測定した。地際直径 (説明変数 x) と樹齢実測値 (目的変数 y) の各変数の底を 10 とする両対数変換をおこない、散布図を作成し、最小二乗法を用いて一次回帰式を作成した。相関係数 (r) を求め、相関係数の有意検定を自由度 n-2、有意水準 5% の t 検定により検討した。各林分のすべての対象樹種で地際直径と樹齢実測値との関係で  $p < 0.05$  の有意な相関がみられ、各林分の樹種ごとの樹齢推定式 (表-2) が得られた。

木本実生の調査は、2018 年 6 月～7 月に実施した。林分ごとの樹種別の個体数、平均樹高を算出した。

## 3. 結果

### 3.1 林床植生

表-3 に林分ごとの林床植物の優占度上位 3 種を示した。

広葉樹区では、ミヤコザサが被度 4、平均高 68.5 cm で優占していた。針葉樹区では、オオウバユリ (*Cardiocrinum cordatum* (Thunb.) Makino var. *glehnii* (F.Schmidt) H.Hara)、ヤブハギ (*Hylodesmum podocarpum* (DC.) H.Ohashi & R.R.Mill subsp. *oxyphyllum* (DC.) H.Ohashi & R.R.Mill var. *mandshuricum* (Maxim.) H.Ohashi & R.R.Mill)、エゾメシダ (*Athyrium sinense* Rupr.) が被度 1 で生育し、特定の種の優占はみられなかった。

### 3.2 光環境

図-2 に林分ごとの 4 月から 10 月までの rPPFD を示した。広葉樹区における高さ 1.3 m と 0.0 m の rPPFD は、林冠、林床植物および木本実生の開葉前 4 月でそれぞれ 50.2%、24.2% と高く、林冠、林床植物および木本実生の開葉一着葉期 5 月～10 月で 5.2～33.0%、1.5～9.6% であった。針葉樹区における高さ 1.3 m と 0.0 m の rPPFD は、4 月で 15.2%、16.4%、5 月～10 月で 2.5～13.1%、1.9～12.4% であった。広葉樹区と針葉樹区の 5 月～10 月の高さ 1.3 m の rPPFD には有意な差がみられた (t 検定,  $p < 0.05$ )。一方、広葉樹区と針葉樹区の 5 月～10 月の高さ 0.0 m の rPPFD に有意な差はみられなかった (t 検定,  $p > 0.05$ )。5 月～10 月の高さ 0.0 m の rPPFD に有意な差はみられなかったものの、開葉期 5 月の rPPFD は広葉樹区で 9.6%、針葉樹区で 4.3% と広葉樹区でやや高い値であった。

### 3.3 木本種子の散布状況

図-3 に林分ごとの樹種 (光合成特性) 別にみた年間散布種子数を示した。

散布種子がみられた樹種は、広葉樹区 12 種、針葉樹区 15 種であった。広葉樹区、針葉樹区とも光合成特性が先駆的樹種のカラマツ (*Larix kaempferi* (Lamb.) Carrière)、シラカ

表-2 各林分の樹種ごとの樹齢推定式

Table 2 The tree age estimation formula in tree species by each forest type

林分	樹種	実測 個体数 (n)	樹齢推定式	相関 係数 (r)
広葉樹区	マユミ	10	$\text{Log}_{10} Y = 0.961 \text{Log}_{10} X - 0.010$	0.92 *
	ヤチダモ	17	$\text{Log}_{10} Y = 0.832 \text{Log}_{10} X + 0.254$	0.96 *
針葉樹区	イチイ	24	$\text{Log}_{10} Y = 0.560 \text{Log}_{10} X + 0.432$	0.92 *
	アズキナシ	25	$\text{Log}_{10} Y = 0.528 \text{Log}_{10} X + 0.459$	0.79 *
	エゾヤマザクラ	20	$\text{Log}_{10} Y = 0.707 \text{Log}_{10} X + 0.285$	0.85 *
	ナナカマド	16	$\text{Log}_{10} Y = 0.662 \text{Log}_{10} X + 0.279$	0.92 *
	ハルニレ	29	$\text{Log}_{10} Y = 0.406 \text{Log}_{10} X + 0.585$	0.72 *
	ヤマグワ	23	$\text{Log}_{10} Y = 0.584 \text{Log}_{10} X + 0.288$	0.76 *
	マユミ	28	$\text{Log}_{10} Y = 0.843 \text{Log}_{10} X + 0.136$	0.84 *
	ヤチダモ	41	$\text{Log}_{10} Y = 0.622 \text{Log}_{10} X + 0.432$	0.88 *
	ハリギリ	24	$\text{Log}_{10} Y = 0.726 \text{Log}_{10} X + 0.161$	0.88 *

樹齢推定値 (Y)、地際直径 (X) を表す

t 検定の結果 \* :  $p < 0.05$  有意



表-3 林分ごとの林床植物の優占度上位3種

Table 3 Dominance ratios of top three herbaceous plants in forest floor by each forest type

広葉樹区			針葉樹区		
種名	被度	平均高 (cm)	種名	被度	平均高 (cm)
ミヤコザサ	4	68.5	オオウバユリ	1	52.1
キツリフネ	1	25.6	ヤブハギ	1	45.0
キンミズヒキ	+	75.0	エゾメシダ	1	43.0

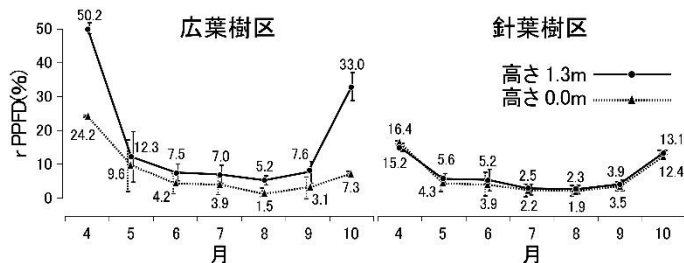


図-2 林分ごとの4月から10月までのrPPFD

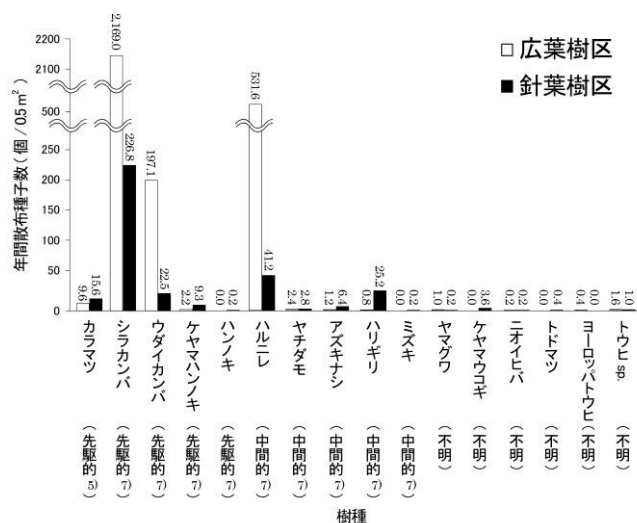
Fig. 2 rPPFD by each forest type from April to October, 2017

ンバ (*Betula platyphylla* Sukaczew var. *japonica* (Miq.), ウダイカンバ (*Betula maximowicziana* Regel) およびケヤマハンノキ (*Alnus hirsuta* (Spach) Turcz. ex Rupr. var. *hirsuta*) の散布種子がみられた。特に、シラカンバ (広葉樹区 2,169.0 個/0.5 m<sup>2</sup>, 針葉樹区 226.8 個/0.5 m<sup>2</sup>), ウダイカンバ (197.1 個/0.5 m<sup>2</sup>, 22.5 個/0.5 m<sup>2</sup>) が多く散布されている傾向にあった。また、広葉樹区、針葉樹区とも光合成特性が中間的樹種のハルニレ (広葉樹区 531.6 個/0.5 m<sup>2</sup>, 針葉樹区 41.2 個/0.5 m<sup>2</sup>), ヤチダモ (*Fraxinus mandshurica* Rupr.) (2.4 個/0.5 m<sup>2</sup>, 2.8 個/0.5 m<sup>2</sup>), アズキナシ (*Aria alnifolia* (Siebold et Zucc.) Decne.) (1.2 個/0.5 m<sup>2</sup>, 6.4 個/0.5 m<sup>2</sup>), ハリギリ (*Kalopanax septemlobus* (Thunb.) Koidz.) (0.8 個/0.5 m<sup>2</sup>, 25.2 個/0.5 m<sup>2</sup>) の散布種子がみられた。そのほか、光合成特性が中間的樹種のミズキ (*Cornus controversa* Hemsl. ex Prain) (0.0 個/0.5 m<sup>2</sup>, 0.2 個/0.5 m<sup>2</sup>), 光合成特性不明種のヨーロッパトウヒ (*Picea abies* (L.) Karst.) (0.4 個/0.5 m<sup>2</sup>, 0.0 個/0.5 m<sup>2</sup>) など、広葉樹区のみまたは針葉樹区のみで散布されていた樹種もあったが、多くの樹種が数個に満たない年間散布種子数であった。

### 3.4 木本実生の種組成、個体数、樹高、および樹齢

表-4 に林分ごとの実生 (7 年生以下) の樹齢 (年) および個体数 (本 / 75 m<sup>2</sup>), 表-5 に林分ごとの実生 (7 年生以下) の樹齢 (年) および平均樹高 (cm) を示した。

広葉樹区の木本実生は 6 種 102 本がみられ、針葉樹区では 12 種 227 本であった。広葉樹区、針葉樹区それぞれでハルニレ (27 本, 44 本), ヤチダモ (51 本, 140 本) の木本実生が多くみられた。広葉樹区、針葉樹区とも光合成特性が先駆的樹種の木本実生はみられず、すべて中間的樹種の木本実生



光合成特性の分類は、5) 五十嵐 (1987), 7) 小池 (1988) によりおこなった

図-3 林分ごとの樹種 (光合成特性) 別にみた年間散布種子数  
Fig. 3 The amount of annual dispersed seeds in tree species by each forest type

で構成されていた。

広葉樹区の木本実生の平均樹高は、全体で  $10.4 \pm 7.3$  cm, 最大平均樹高は 6 年生のヤチダモ  $40.0 \pm 0.0$  cm であった。針葉樹区は全体で  $31.6 \pm 28.3$  cm, 最大平均樹高で 6 年生のヤマグワ (*Morus australis* Poir.)  $155.0 \pm 0.0$  cm であった。

ハルニレは、広葉樹区で当年生 9 本, 1 年生 4 本, 2 年生 6 本, 3 年生 3 本, 4~7 年生はそれぞれ 0 本となり、針葉樹区では当年生 2 本, 1 年生 2 本, 2 年生 14 本, 3 年生 3 本, 6 年生 5 本, 7 年生 1 本がみられた。ヤチダモは、広葉樹区で当年生 19 本から 4 年生 1 本, 5 年生 1 本, 6 年生 1 本であり、針葉樹区では当年生~7 年生までの樹齢ごとに 10 本以上がみられた。そのほか不明種以外では、広葉樹区で当年生のエゾヤマザクラ (*Cerasus sargentii* (Rehder) H. Ohba) およびエゾニワトコ (*Sambucus racemosa* L. subsp. *kamtschatica* (E.L. Wolf) Hultén) 1 本ずつ, 1 年生のマユミ (*Euonymus hamiltonianus* Wall. subsp. *sieboldianus* (Blume) H. Hara var. *sieboldianus* (Blume) Kom.) 4 本および 2 年生のマユミ 1 本がみられるのみだった。針葉樹区ではヤマグワ, アズキナシ, マユミ, ハリギリで 3~7 年生がみられるなど、樹齢が高くて個体を確認できた樹種が多かった。

## 4. 考察

本調査地は、植栽後 35 年が経過し、広葉樹区、針葉樹区とも林冠部の閉鎖から光環境は抑制されているものの、広葉樹区では林床にミヤコザサが高い被度で優占するような林分の生育段階であった。

広葉樹区、針葉樹区ともシラカンバなどの先駆的樹種の散布種子がみられた。特に広葉樹区でシラカンバの散布量が突

表-4 林分ごとの実生（7 年生以下）の樹齢（年）および個体数（本 / 75 m<sup>2</sup>）  
Table 4 Age and number (amounts / 75 m<sup>2</sup>) of seedlings (under 7 years) by each forest type

樹種	広葉樹区										針葉樹区									
	当年生	1年生	2年生	3年生	4年生	5年生	6年生	7年生	不明	計	当年生	1年生	2年生	3年生	4年生	5年生	6年生	7年生	不明	計
イヌエンジュ									1	1										
ハルニレ	9	4	6	3					5	27	2	2	14	3			5	1	17	44
ヤチダモ	19	13	8	2	1	1	1		6	51	19	17	10	15	19	17	25	16	2	140
イチイ											1	1	1	1	1				2	7
アズキナシ															1	2	2	1		6
エゾヤマザクラ	1									1	2		1			1				4
ナナカマド														3						3
ヤマグワ													1	4			3			8
ニシキギ																		1		1
マユミ		4	1						1	6	1	1	1			1	1			5
イボタノキ												1							1	2
エゾニワトコ	1									1										
ケヤマウコギ																		1		1
ハリギリ															1		1	1		3
不明	8	1							6	15		1							2	3
計	38	22	15	5	1	1	1		19	102	24	23	27	24	26	21	37	22	26	227

表-5 林分ごとの実生（7 年生以下）の樹齢（年）および平均樹高（cm）  
Table 5 Age and tree height (cm) of seedlings (under 7 years) by each forest type

樹種	広葉樹区										針葉樹区									
	当年生	1年生	2年生	3年生	4年生	5年生	6年生	7年生	不明	計	当年生	1年生	2年生	3年生	4年生	5年生	6年生	7年生	不明	計
イヌエンジュ	平均樹高								9.0	9.0										
	標準偏差								0.0	0.0										
ハルニレ	平均樹高	5.4	6.3	12.0	10.7				7.0	7.9	3.9	5.1	8.6	14.1			45.6	105.0	9.4	16.8
	標準偏差	0.8	1.1	4.2	3.1				2.2	3.7	1.1	1.0	3.4	3.2			17.0	0.0	2.1	20.8
ヤチダモ	平均樹高	6.9	9.8	11.0	17.0	30.0	35.0	40.0	14.8	11.3	6.8	7.4	12.2	21.6	27.1	37.9	44.6	53.9	19.0	28.5
	標準偏差	1.6	2.5	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	7.6	7.4	4.1	3.3	5.5	4.1	5.7	7.1	12.0	13.3	0.0	18.4
イチイ	平均樹高										3.0	-	12.0	20.0	-				6.0	10.3
	標準偏差										0.0		0.0	0.0					0.0	6.5
アズキナシ	平均樹高														-	72.0	66.5	108.0		77.0
	標準偏差															15.0	13.5	0.0		20.2
エゾヤマザクラ	平均樹高	11.0							11.0	11.0	6.1		15.0			50.0				19.3
	標準偏差	0.0							0.0	0.0	0.6		0.0			0.0				18.1
ナナカマド	平均樹高													63.3						63.3
	標準偏差													2.4						2.4
ヤマグワ	平均樹高													65.0	65.0		155.0			98.8
	標準偏差													0.0	19.0		0.0			46.6
ニシキギ	平均樹高																		40.0	40.0
	標準偏差																		0.0	0.0
マユミ	平均樹高		20.0	37.0					17	22.5	-	11.0	39.0			90.0	90.0			57.5
	標準偏差		9.0	0.0					0.0	10.1		0.0	0.0			0.0	0.0			34.0
イボタノキ	平均樹高											6.0							21.0	13.5
	標準偏差											0.0							0.0	7.5
エゾニワトコ	平均樹高	8.0								8.0										
	標準偏差	0.0								0.0										
ケヤマウコギ	平均樹高																		30.0	30.0
	標準偏差																		0.0	0.0
ハリギリ	平均樹高														63.0		100.0	120.0		94.3
	標準偏差														0.0		0.0	0.0		23.6
不明	平均樹高	5.6	5.0						9.5	7.1		6.0							4.0	5.0
	標準偏差	1.3	0.0						6.6	4.7		0.0							0.0	1.0
計	平均樹高	6.4	10.8	13.1	13.2	30.0	35.0	40.0	10.9	10.4	5.5	7.2	12.2	27.6	35.2	44.1	57.6	62.9	12.4	31.6
	標準偏差	1.7	6.5	7.3	3.9	0.0	0.0	0.0	6.7	7.3	1.4	3.1	7.7	16.7	18.1	16.4	33.9	24.2	8.4	28.3

- は欠損を示す

出して多い傾向にあった。これは、広葉樹区と隣接する自然林内にシラカンバの種子生産個体が多く分布するためと考えられる。しかし、木本実生の種組成では両区とも先駆的樹種の実生は 1 本も確認されなかった。先駆的樹種はいわゆる陽樹と呼ばれ、極相的樹種に比べ生存、生長により多くの光を必要とする<sup>7)</sup>。したがって、本調査地における林冠部の閉鎖した現在の広葉樹区、針葉樹区の暗い光環境では、先駆的樹種の木本実生の定着は難しいと考えられた。

広葉樹区、針葉樹区ではハルニレ、ヤチダモなどの実生が生育していることから、本調査地は光合成特性が中間的な耐陰性の高い樹種<sup>8)</sup>が生育可能な段階であった。針葉樹区の実

生の種組成は、広葉樹区ではみられないアズキナシ、ハリギリなどを含む 12 種で広葉樹区の 2 倍であった。針葉樹区の種子の散布状況では、アズキナシ、ハリギリの散布量がやや多い傾向にあった。したがって、林分ごとに侵入定着する木本実生の種組成は、周辺植生や種子生産個体の分布状況などの種子の散布状況に影響を受けている可能性が考えられる。

また、広葉樹区、針葉樹区ではハルニレ、ヤチダモの実生がまとまった個体数で生育していた。ハルニレの種子の散布状況は両区とも他の樹種に比べ相対的に多い傾向にあったが、特に広葉樹区ではハルニレが上層木の優占樹種であることから突出した散布量がみられた。しかし、林分ごとの実生

の生育本数は広葉樹区が針葉樹区の約 2 分の 1 であった。針葉樹区では樹齢が高くなっても生存個体数が維持されていた一方で、広葉樹区では実生は樹齢が高くなるにつれて減少し、生存個体数が少なくなっていた。木本実生が生育する林床の光環境（高さ 0.0 m の光量）は、開葉一着葉期 5 月～10 月で低い値となり林分間に有意な差はなかったものの、広葉樹区では開葉期 5 月の値がやや高かった（図-2）。落葉広葉樹林では、春季の上層木の開葉にもとづく透過光により、林床植物は多くの一次生産量を確保できると考えられている<sup>9,19,21)</sup>。しかし、本調査地ではむしろ春季に暗い針葉樹区で木本の実生段階での生存が多くみられ、広葉樹区で木本実生の生存に不利な条件が存在することが把握された。これはおそらく、光条件以外の要因が木本の実生段階での生存を阻害していると考えられるが、本研究では詳しい要因の解明には至らなかった。木本実生の定着を阻害する要因としては、光に関する要因以外にも、閉鎖林内での病原菌の影響<sup>23)</sup>や、動物による捕食の影響<sup>23)</sup>などが考えられるほか、ミヤコザサの優占による何らかの影響の可能性も残されている。広葉樹区のミヤコザサ優占下では、実生の定着の阻害要因にさまざまな要因が関与している可能性が示唆された。

## 5. おわりに

本研究では都市域で植栽後 35 年が経過し、林冠部の閉鎖した落葉広葉樹林、常緑針葉樹林の林床環境が木本実生の侵入定着過程に与える影響を検討した。

ミヤコザサが優占する広葉樹区の林床では、特定の種が優占しない針葉樹区よりも木本実生の定着が少なかった。広葉樹区は春季に林床植物の生存に有効な光条件であるにもかかわらず、木本実生の生存個体数が少なかったことから、実生の定着の阻害要因には光条件以外のさまざまな要因を検討する必要がある。林分ごとの林床環境で木本実生の定着に影響を与える要因分析に関しては、今後検討すべき課題としたい。

## 引用文献

- 1) 近松美奈子・夏原由博・水谷康子・中村彰宏 (2002) 都市林に造成された人工ギャップがチョウ類の種組成に及ぼす影響. 日本緑化工学会誌, 28(1): 97-102.
- 2) 藤本征司 (1993) 1977 年有珠山噴火後の森林植生の 14 年間の推移—特に高木類の対応パターン—. 日本生態学会誌, 43: 1-11.
- 3) 服部 保・南山典子・川村真紀子・小野由紀子・石田弘明 (2003) 照葉人工林の種多様化に関する研究. ランドスケープ研究, 66(5): 509-512.
- 4) 市村恒士・黒澤和隆 (2005) 都市林の二酸化炭素固定効果に関する研究—北海道帯広市「帯広の森」を事例として—. 日本建築学会環境系論文集, 597: 81-87.
- 5) 五十嵐恒夫・矢島 崇・松田 彊・夏目俊二・滝川貞夫 (1987) カラマツ人工林の天然下種更新. 北海道大学農学部演習林研究報告, 44(3): 1019-1040.
- 6) 石坂健彦 (1987) 大規模緑地における植生管理研究の課題と展望. 造園雑誌, 50(3): 167-180.
- 7) 小池孝良 (1988) 落葉広葉種の生在に必要な明るさとその生長に伴う変化. 林木の育種, 148: 19-23.
- 8) 小池孝良・市栄智明・北岡 哲・北尾光俊 (2004) 落葉広葉樹の個葉の光合成特性と樹冠部の光合成機能. 地球環境, 9(2): 191-202.
- 9) 小見山 章・鶴飼奈美・加藤正吾 (2001) 上層木の開葉フェノロジーが林内に移植したツリフネソウの伸長成長に与える影響. 森林立地, 43(1): 17-21.
- 10) 李 宙宮 (2005) 臨海埋立地に植栽後 23 年経過した植栽林における植生構造の多様性と実生出現の規定要因. 都市公園, 171: 86-90.
- 11) 前中久行 (1989) エコロジー緑化. 亀山 章・三沢 彰・近藤三雄・奥水 肇編, 最先端の緑化技術. ソフトサイエンス社, pp285-294.
- 12) 真鍋 徹・山本進一・千葉喬三 (1991) 攪乱跡地におけるヒサカキの実生定着と萌芽再生. 日本緑化工学会誌, 17(1):
- 13) 宮崎直美・三浦華織・平田昌弘 (2017) 都市公園「帯広の森」で植栽後 33 年を経て定着した在来草本・木本の分布と林分タイプとの関係. 日本緑化工学会誌, 43(1): 62-67.
- 14) 村岡裕由・鷺谷いづみ (1999) 保全生態学のための光環境測定・評価方法と光環境からみたマイヅルテンナンショウの生育適地の評価. 保全生態学研究, 4(1): 33-55.
- 15) 帯広市都市開発部公園緑地課 (1975) 帯広の森計画基礎調査報告書, 79 pp.
- 16) 帯広市都市建設部みどりの課 (2010) 帯広の森木質バイオマス賦存量調査業務報告書, 347 pp.
- 17) 坂本圭児 (1984) 植栽された照葉樹林の更新に関する基礎的研究—林床の実生個体群—. 緑化研究, 6: 36-49.
- 18) 坂本圭児 (1985) 植栽された常緑広葉樹林におけるアラカシ実生個体群の動態 —大阪, 万博記念公園の更新について—. 緑化研究, 7: 179-190.
- 19) Seiwa, K. (1988) 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(2): 219-228.
- 20) 田端敏三・森本幸裕 (2012) 都市内再生林の造成後早期に侵入定着した木本実生の生長特性. ランドスケープ研究, 75(5): 431-434. 田端敏三・森本幸裕 (2012) 都市内再生林の造成後早期に侵入定着した木本実生の生長特性. ランドスケープ研究, 75(5): 431-434.
- 21) 田中ゆり子・城田徹央・木村 誇・岡野哲郎・ (2011) 冷温帯上部に植栽されたカラマツ人工林林床における落葉広葉樹 12 種の展葉パターンの違い. 信州大学農学部 AFC 報告, 9: 1-10.
- 22) Tang, Y., Washitani, I., Tsuchiya, T. (1988) Fluctuation of photosynthetic photon aflux Density within a *Miscanthus sinensis* Canopy. *Ecol. Res.*, 3(3): 253-266.
- 23) 山本進一 (1987) 芽生えの定着様式—実生の個体群統計学—. 北方林業, 39(4): 97-101.

(2019 年 7 月 19 日受理)