

盛土法面に造成した広葉樹林の 20 年後 — 国営滝野すずらん丘陵公園の事例 —

孫田 敏¹・渡辺 修¹・篠宮章浩²・山田了士²・今村教雄²・小松正明³

¹(社)北海道造園建設業協会
〒060-0051
札幌市中央区南 1 条東 1 丁目
TEL 011-221-4451
FAX 011-232-5611
E-mail : arcson@bc.wakwak.com

²札幌開発建設部滝野すずらん公
園事務所
〒005-0826
TEL 011-594-2100
FAX 011-594-2120

³元 国営滝野すずらん丘陵公園
事務所長
現 掛川市役所
〒436-8650
掛川市長谷 701 番地 1
TEL 0537-21-1128

1. はじめに

我が国における道路緑化は、1960 年代の高度経済成長期以降、発生法面の増大や長大法面の発生に対応するために、急速緑化工法として外来牧草類を用いた種子吹付工が展開された¹⁾。また法面保護を主要な目的としていることから、効果が最短時間で得られる草本緑化が主体となっていた。しかし、近年地球温暖化が問題視され、温暖化の原因とされる二酸化炭素の吸収源としての樹木が着目されてきたことから、道路法面においても二酸化炭素の吸収効果が高い樹木による緑化へと方針が変更された²⁾。北海道開発局では 2002 年に北海道道路緑化基本計画案を定め、樹木の植栽による道路緑化率を設定した³⁾ことから、道路法面の樹林化が本格的に始動しようとしている。

法面樹林化に利用する樹種は、これまで植林されてきた樹種よりも種数が増すものと考えられる。これまで広葉樹の植林に利用されてきた樹種は、何らかの形で木材としての価値を持つものに限られるのに対し、法面樹林化に用いられる樹種は、自然林の構成樹種をより多く選択するなど、これまで以上に多様性が必要となるからである。しかし、多くの広葉樹に関する成長データは少なく、計画時に法面樹林化の将来像を描くことが難しい状況である。さらに植林用樹種は、木材としての価値が求められるために、成長に関するデータは植栽後 20 年以上のものが多く⁴⁾、環境緑化として近い将来を予測するために必要な植栽後 20 年程度までのデータが不足して

いる。このため、法面樹林化計画を適切に立案する上で必要な広葉樹の初期成長データの入手が求められている。

また道路の法面樹林化には、造成した樹林の自然林化という目標も加わる。木材の生産を目的とする場合には、樹木のボリュームと質(樹高・太さ・通直さ)が評価の視点となるが、自然林化を目標とした場合にはこれとは異なる視点が必要になる。造成した樹林で総合的に種の多様性が高まったか否か等の評価である。高速道路の法面では、種子吹付工跡地の継続的な追跡調査が実施され、約 30 年後の植生の評価がなされた例がある^{5)・6)}が、樹林化した法面の評価そのものは少ない。

そこで本報告では、人工広葉樹林の初期成長を把握し林内の自然復元度を評価する基礎資料を収集することを目的に、約 20 年前に道路の盛土法面に造成された広葉樹林の追跡調査を行い、初期成長過程を把握するとともに、林床植生から自然林化の評価を試みた。

2. 調査地および方法

(1) 調査地

調査は、国営滝野すずらん丘陵公園(以下滝野公園)内に造成された道路法面および隣接する自然林で実施した。滝野公園は札幌市南部に位置し、支笏湖火砕流堆積物上のなだらかな丘陵地帯に造成されている。公園内の造成部分以外の多くは森林植生で、落葉広葉樹二次林のほかカラマツなどの植林地・ササ草原となっている⁷⁾。

本調査地は、滝野公園の溪流口進入路の盛土法面に造

成された落葉広葉樹林(一部常緑針葉樹植栽)および隣接する自然林(落葉広葉樹林)で、厚別川の両岸に位置している(図-1)。

P1-1・P1-2では1982年、P2では1980・1981年に植栽され、植栽樹種はトドマツほか針葉樹2種、イタヤカエデ・カツラほか広葉樹15種である。植栽時の規格は、1980年植栽木については樹高0.9m、1981・1982年植栽木は樹高1.0mである。植栽密度は、P1-1・P1-2では約2,000本/ha、P2では4,000~4,500本/haであった⁸⁾。

以下、P1-1・P1-2・P2を植栽林、P3を自然林と呼ぶ。

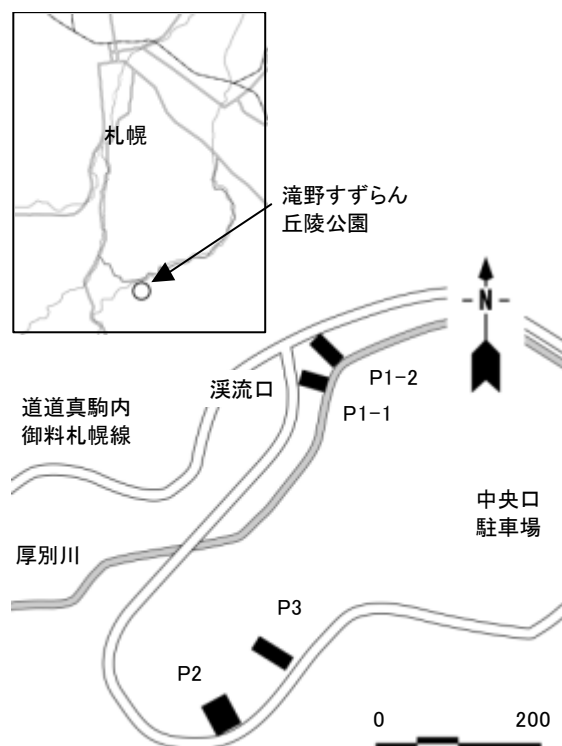


図-1 調査地位置図

(2) 方法

(a) 成長調査

植栽林3箇所、自然林1箇所に帯状区プロットを設定し、毎木調査を行った。プロットの大きさは、P1-1=10×18m、P1-2=10×25m、P2=20×45m、P3=10×65m(いずれも幅×斜面長)である。プロット内の高さ2m以上の樹木全てにナンバーを付け、樹種・胸高周囲長(cm)・樹高(m)・生枝下高(m)を記録した。また林相を見るために帯状区全体の樹冠投影図および、帯状区長辺の森林側面図を作成した。

このほか樹高成長曲線を導くため各プロット内から試

料木を選定し伐倒した後、1mごとに輪切りにして円盤を持ち帰り、年輪幅を読みとり記録した。なお、現地調査は2001年7月31日~8月3日に実施した。

(b) 林床植生調査

プロットの長辺沿いに2列の調査ラインを設定し(P3のみ1列)、そのライン上に2m×2mの方形区を連続して設置した(方形区数は18~44個)。それぞれの方形区について、出現種名・被度%を記録した。被度は2m以下の植生に対して評価し、コケ類・根株についても占有面積を評価した。このほかプロットごとに出現種を記録し、プロットの周囲に出現した植物についても別途記録した。

プロット間の種組成の比較を行なうために、出現種を「高木・亜高木」、「低木・ツル・草本」に分け、前者をさらに自生と植栽またはその両方、後者を荒地性・林縁性・林床性に分けて、それぞれの種数(割合)を調べた。また各方形区に20%を超えてもっとも被度が高い種を優占種として抽出した(20%を超える種がない場合は優占種なしとした)。各調査区の出現種数・被度の比較にはノンパラメトリック多重比較検定⁹⁾を用いた。

林床植生調査と一緒に稚樹調査も行っている。林床植生を調べた方形区を用いて、各プロットの稚樹(実生を含むが下枝は除く)の発生状況を調べた。P1-1・P1-2においては稚樹の発生の有無と種名を、プロットP2・3においては稚樹の種名とそれぞれの本数を方形区ごとに記録した。高木種のほか低木、木本ツルを対象とした。

3. 調査結果

(1) 成長調査

(a) 樹林の構造

○樹種構成と優占種

P1-1ではカツラ・ミズナラ・シラカンバのほか10種確認された。現存量(幹材積)比でみた優占種(以下、優占種)はこれら3種で、それぞれ22・22・19%であった。

P1-2では、優占種はイタヤカエデ・ミズナラ・ケヤマハンノキの3種で、それぞれの現存量比は22・19・13%であった。これらのほか12種が確認された。P2では、イタヤカエデ・カツラ・アカエゾマツが優占しており、現存量比はそれぞれ19・15・14%である。これらのほかに9種確認された。P3では、ホオノキ・シラカンバ・ミヤ

2003, 「野生生物と交通」研究発表会公園論文集, 2, 1-8, (社)北海道開発技術センター
マザクラが優占種で、現存量比はそれぞれ42・15・12%
であった。確認種は、これらのほか23種である。

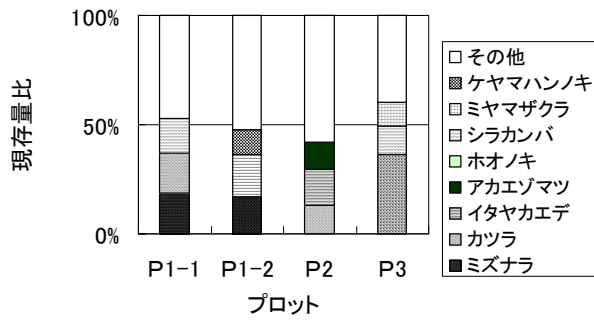


図2 各プロットの現存量比上位3樹種

出現樹種のうち、植栽種の割合は、P1-1=77%、P1-2=80%、P2=92%であった。P2では、樹高2.0m以上の侵入種はニセアカシア1種のみである。

○密度

立木の密度は、P1-1・P1-2では約3000本/ha、P2・P3では約4000本/haであった。しかしP2・P3では立ち枯れが10%前後あり、生立木の現存密度は2700本前後と大きな差がなかった(図-3)。

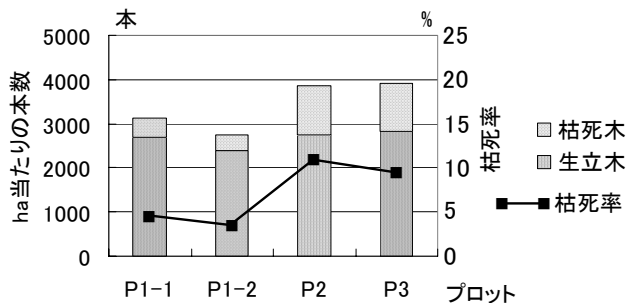


図3 生立木・枯死木の現存密度と枯死率

植栽林のなかで枯死率の高いP2では、枯死木の42%

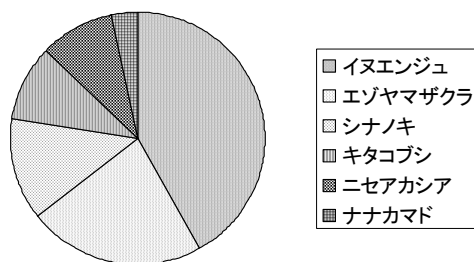


図4 P2の樹種別枯死木の割合

がイヌエンジュ、23%がエゾヤマザクラ、13%がシナノキである(図-4)。

○萌芽

植栽林では自然林に比べ萌芽発生個体の割合が高く、P1-1・P1-2・P2それぞれ36・42・32%であった。

○樹高・胸高直径の頻度分布

各調査プロットのサンプル木の平均樹高は7m前後、平均胸高直径は8cm前後である(表-1)。

表-1 サンプル木のプロット別平均樹高と平均胸高直径

プロット	樹高	胸高直径
	(m)	(cm)
P1-1	7.0	8.3
P1-2	7.0	7.5
P2	7.2	8.2
P3	6.9	7.8

これは必ずしも同じサイズの樹木で構成されていることを意味しているのではない。樹高階別の頻度分布図(図-5)をみると、自然林では樹高階10~12.5mと2.5~5mの二つの階級にピークをもつに対し、植栽林では一山型のピークを示すか、もしくはピークが明瞭ではない形となっている。また胸高直径階の頻度分布図(図-6)をみると、自然林では最小階にピークがあり、指数関数的に太い胸高直径階の本数が減っていくのに対し、植栽林では中間の階層にピークがあるという特徴を示している。

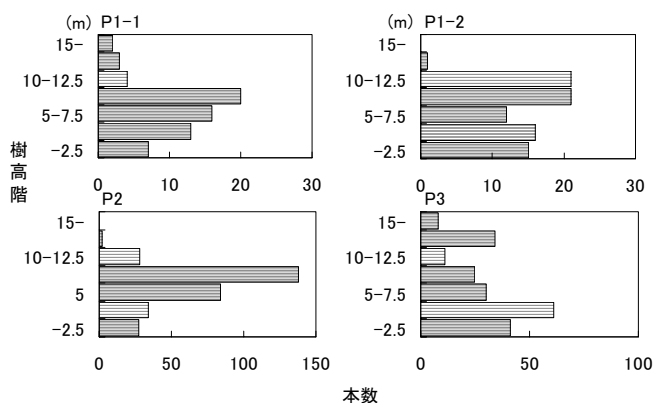


図-5 プロット別樹高階頻度分布

このような層構造の違いは、森林側面図(相観図)にも現れている(図-7)。P2では斜面下部に自然侵入した樹木がみられるほかは同じような樹高であるのに対し、P3では低木層が明瞭で高木層と低木層の間に亜高木層の存在を

確認することができる。

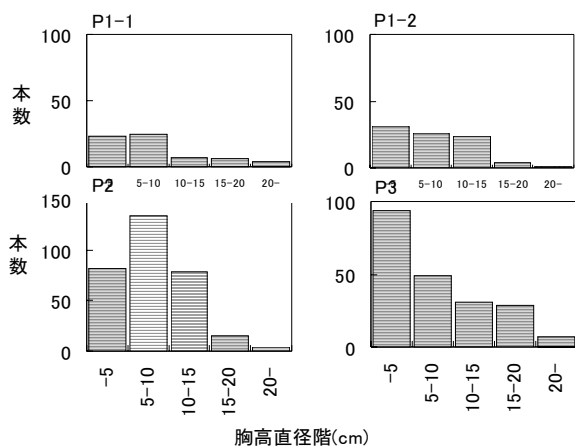


図-6 プロット別胸高直径階頻度分布

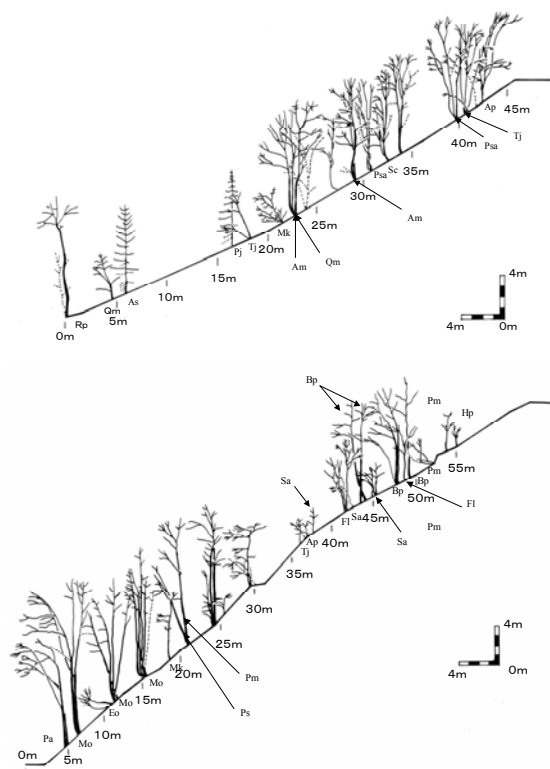


図-7 植栽林と自然林の森林側面図
上が P2(植栽林)、下が P3(自然林)

(c) 成長量

○樹木のサイズ

植栽林のサンプル木の平均サイズを表-2に示した。林齢 19~21 年の胸高直径および樹高である。

これらの結果から、林齢 20 年程度での樹高成長は、トドマツ約 8m、アカエゾマツ約 7m、ケヤマハンノキ約 10m、ミズナラ約 8m、カツラ約 8m、キタコブシ約 5m、

エゾヤマザクラ約 5m、ナナカマド約 5m、イヌエンジュ約 9m、ヤマモミジ約 4m、イタヤカエデ約 8m、シナノキ約 6m、ミズキ約 8m、ヤチダモ約 11m を一つの目安とすることができる。樹種ごとの樹高の標準偏差から、これらのうちヤチダモ・イヌエンジュは比較的個体間の成長差が小さく、ミズキ・カツラは個体間の成長差が大きいことがわかる。

表-2 植栽林のサンプル木の胸高直径と樹高の平均値

樹種	n	DBH		H	
		ave	σ	ave	σ
トドマツ	42	9.9	3.0	7.9	2.1
アカエゾマツ	47	9.8	4.3	6.8	2.6
ケヤマハンノキ	17	13.1	5.2	9.8	2.6
ミズナラ	41	10.0	6.2	7.5	2.8
カツラ	65	8.7	5.0	8.3	3.0
キタコブシ	23	4.6	2.4	5.3	2.4
エゾヤマザクラ	40	4.7	2.6	5.1	2.4
ナナカマド	59	4.9	3.1	5.5	2.6
イヌエンジュ	29	10.9	4.1	8.7	1.4
ヤマモミジ	22	4.6	3.6	4.1	1.9
イタヤカエデ	82	9.3	3.9	8.3	2.4
シナノキ	45	6.1	2.3	6.4	2.0
ミズキ	3	7.4	4.4	7.6	3.6
ヤチダモ	6	9.6	2.1	10.6	0.8

DBH: 胸高直径 (cm), H: 樹高 (m), σ : 標準偏差
nはサンプル本数

○成長量

樹幹解析より求めたイタヤカエデ・シナノキ・カツラの樹高成長曲線を図-8~図-10に示した。樹幹解析の供試木はいずれも標準的なサイズよりも大きかった。

イタヤカエデは、播種後 3~5 年程度で樹高 1.0m を越え、植栽時の規格に達していた。植栽後 4~10 年程度で樹高 6.0m まで成長する。連年樹高成長量をみると、最大 83cm、最小 8cm、平均では 50cm(それぞれサンプル木 3 本の平均値)であった。連年成長量は植栽後次第に増加し、4 年~10 年程度で最大となり、その後減少する傾向にあった。

シナノキは播種後 5~6 年程度で樹高 1.0m 程度を越える。樹高 1.0m の個体を植栽した場合、植栽後 10 年程度で 6~8m となる。連年樹高成長量は、最大 94cm、最小 16cm、平均 50cm(それぞれサンプル木 2 本の平均値)であった。植栽後 5~10 年程度で最大となり、その後減少している。

カツラは播種後 3~4 年程度で樹高 1.0m を越える。こ

のサイズの個体を植栽した場合、植栽後10年で樹高8~10m程度に達する。連年樹高成長量は、最大96cm、最小36cm、平均70cm(それぞれサンプル木3本の平均値)であった。植栽後3~5年程度で最大となり、その後減少するが、10年程度から再び増加し13年程度に最大となる。二山型のピークを示した。

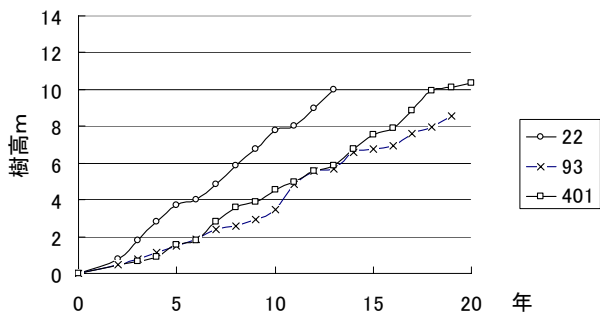


図-8 植栽したイタヤカエデの樹高成長曲線

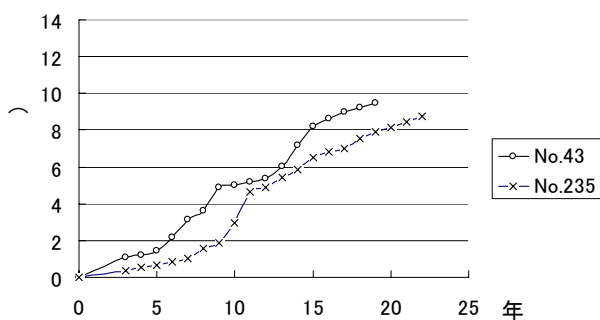


図-9 植栽したシナノキの樹高成長曲線

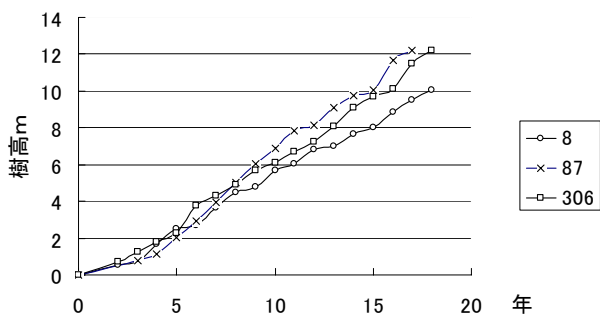


図-10 植栽したカツラの樹高成長曲線

(2) 林床植生調査

(a) 林床植生

○出現種

草本層の出現種数は全体で179種確認され、P1-1が38種、P1-2が29種、P2が89種、P3が109種だった。それぞれの出現種を生活形に区分して表-3に示した。自然林では植栽林に比べ低木類・多年草の割合が多く、逆に一・二年草が少なかった。

優占種は、P1-1がアカエゾマツ・イタヤカエデ、P1-2がヤマモミジ・オニウシノケグサなど、P2がイタヤカエデ・ミヤマザクラなど、P3がクマイザサ・ヤマドリゼンマイなどだった。またShanon-Weaner関数H'を用いた種多様度¹⁰⁾は、それぞれ1.40・1.11・2.97・3.43となった。

表-3 プロットごとの生活形別出現種

区分	P1-1		P1-2		P2		P3	
	種数	%	種数	%	種数	%	種数	%
高木	17	44.7	10	34.5	30	33.7	28	25.7
低木	0	0.0	2	6.9	9	10.1	14	12.8
木本ツル	1	2.6	1	3.4	7	7.9	8	7.3
多年草	15	39.5	12	41.4	36	40.4	56	51.4
一・二年草	5	13.2	4	13.8	7	7.9	3	2.8
合計	38	100.0	29	100.0	89	100.0	109	100.0

○調査地ごとの出現種の特徴

高木・亜高木を除いた出現種について荒地性・林縁性・林床性・その他に分類し、それらの調査区別の出現割合を図-11に示した。

荒地性の植物はいずれの調査区においても同程度(14~15種)の種数が見られた。林縁性の植物・林床性の植物の種数は、P1-1が4種および2種、P1-2が2種および3種、P2が23種および19種、P3が18種および47種だった。

P1-1およびP1-2では荒地性の植物の出現比率が高く、P1-2では3種類が同程度、P3では林内性植物の比率が高かった。

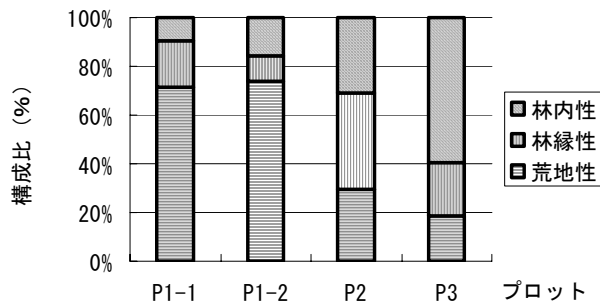


図-11 調査区ごとの低木・ツル性木本草本の立地区別出現割合

○プロット間の差

1区(2×2m)当たりの平均種数(最小-最大)は、順に4.6種(1-12種)、3.7種(1-8種)、11.5種(2-21種)、13.8種(6-22種)だった。P1-1とP1-2間、P2とP3間のそれぞれには有意差はなかったが、それぞれのグループ間では有意な差が認められた(p<0.05)。

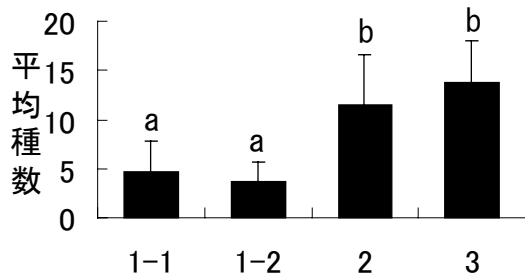


図-12 方形区の平均出現種数の調査区別比較

草本層の合計被度の平均(最小-最大)は、P1-1が17.7%(0-90%)、P1-2が14.1%(0-70%)、P2が27.0%(0-135%)、P3が49.4%(0-130%)だった(図-12)。P1-1とP1-2、P2の間には有意差はなかったが、これらのグループとP3の間では有意な差が認められた(p<0.05)。

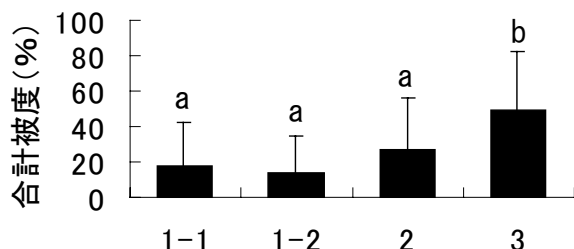


図-13 方形区の合計被度の調査区別比較

このうちP2のアカエゾマツ・トドマツが高密度に植栽されている部分では、出現種数・被度ともに周囲(広葉樹植栽林)より低下していた。

(b) 稚樹

すべての調査区を合わせると51種の稚樹・実生が見られた。ミヤマザクラ(全調査区を合わせた120方形区のうち58区)・イタヤカエデ(54区)・ミズナラ(47区)・ヤチダモ(33区)などであった。

P1-1では9方形区(50.0%)に12種(自然侵入種5種)、P1-2では21方形区(80.7%)に10種(自然侵入種5種)、P2では44方形区(100%)に41種(自然侵入種35種)、P3では29方形区(90.6%)に35種の稚樹が出現した。

自然侵入種の種子散布様式を動物散布型(鳥類によるもの)とリス・ネズミ類によるもの、風散布型(綿毛などにより遠くまで飛ぶものと翼により比較的近距离に飛ぶもの)に分類し¹¹⁾、プロットごとの種の出現割合を算出した。図-13に示す。P2・P3では動物散布型が60%前後しめるのに対し、P1-1・P1-2では割合が逆転し、20~50%程度であった。

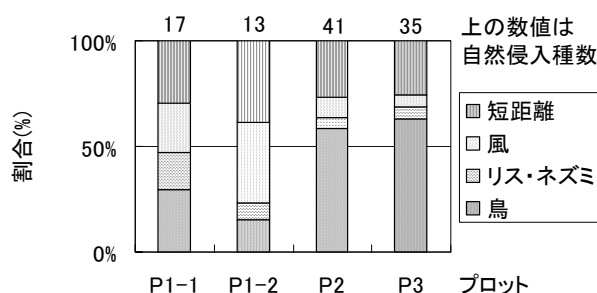


図-14 種子散布型別の出現割合

確認された稚樹の母樹がプロット内にある場合とない場合に分けて、種子の散布型別に種数を数えたものが図-14である。P1-1・P1-2では母樹がある場合にはどの散布型もほぼ同程度に確認されるが、母樹がない種の場合には鳥散布型が多い。P2ではこの傾向がより顕著で、母樹がない稚樹の2/3は鳥散布によるものであった。

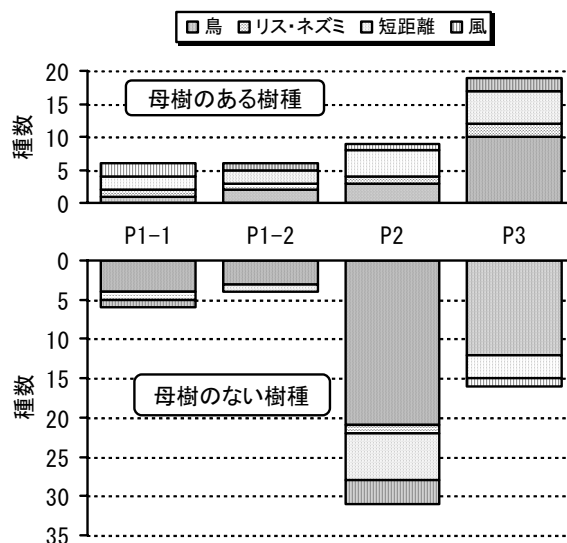


図-15 稚樹の母樹の有無と種子の散布型

4. 考察

(1) 樹木の成長

樹幹解析を行ったイタヤカエデ・シナノキについては既存資料⁴⁾との比較を試みた。イタヤカエデは札幌付近のイタヤカエデ林のI等地よりも良好な成長量を示していた。シナノキは野幌地方のシナノキ林と同程度の成長量だった。カツラについては既存資料を入手できず比較していないが、植栽年度が明らかな札幌市内の公園に植栽された個体に比べ明らかに成長が優っていた¹²⁾。本調査地は森林土壌ではなく人工地盤に植栽されたものであるが、盛土であることが樹木の生育の支障となるものではないことを示している。

個体別の成長形態をみると、植栽林では萌芽個体発生率が高かった。植栽木の斜面下部には高さ30cmほどのT字型の杭が打ち込まれており、植栽当初に堆雪杭として設置されたものと考えられた。堆雪杭は、基本的に樹木の斜面上部に設置されるものである¹³⁾。斜面の雪圧で押された樹木が、この杭を支点として折れ、結果的に萌芽した個体が多くなったと考えられる。

(2) 樹林の構造

本調査地にうち、植栽林では層構造は明確ではなかった。P1-1・P1-2では造成当初低木類も植栽され、層構造を人為的につくりだそうとする意図があったと考えられるが、調査時点で残存しているものは少なく、残存している場合は孔状に高木類を植栽していない場所に限られていた。これは、高木類と低木類を同時に混植して複層林化を図ることが難しいことを示唆している。公園などで苗木を植栽する場合、植栽当初の緑のボリュームを補うために低木類を混植するデザインを採用することが多い。しかし樹林化の場合、低木類を混植した複層林は一時的なものではなく、持続性のある林相ではない。単純な混植ではなく、パッチ状に群植するなど配植に工夫が必要となると考えられる。

密度の高い植栽林ではイヌエンジュやエゾヤマザクラなど特定の樹種の枯死(立ち枯れ)率が高くなっていた。自然林では樹種の分布状況がすべてランダムではないことや樹種間に親和性があることが報告されている¹⁴⁾ことから、数種が混交した林分では樹種配置がランダムなものではないと考えられる。計画時には周辺自然林に出現

する樹種および潜在自然植生から樹種選定を行っているが、単に樹種選定のみならず樹種配置まで考慮しながら計画を進める必要があると考えられた。

(3) 林床植生の復元

造成当初、盛土法面は張芝工で処理されていた⁸⁾。植栽林では当初導入された牧草類は確認されず、樹林の成長とともに衰退していったと考えられる。種子吹付工による法面緑化を実施した名神高速道路の法面では、施工後13~14年でアカマツ-ススキ群落へと遷移した⁵⁾が、本調査地の植栽林では林床の被度は小さく、林床植生の自然侵入は少ないことから群落としての遷移は認められない。植栽から本調査までの間に追跡調査が行われてこなかったことから推測するほかないが、樹高の連年成長量がピークとなる植栽10年目頃に林冠閉鎖が始まって林床の牧草類が衰退し、その後林床の照度不足から林床植生が発達しなかった、と考えられる。

林床の稚樹の発生状況をみると、自然林と隣接したP2では自然林P3と同程度に動物散布型の種の割合が高い。P2では自然林との間の動物の移動が容易であることから動物散布型の種の割合が高いことが考えられる。一方P1-1・P1-2は、道路および河川で自然林と分断されていること、また鳥類の隠れ場所としての林冠が発達していなかったことから、動物散布型の種が少なかったものと推察される。高速道路では木本群落の成立後10年程度で動物散布型の種が増加することが報告されており⁶⁾、P1-1・P1-2においても今後樹林の成長とともに動物の移動経路が確保され、動物散布型種の自然侵入が促進されるものと考えられる。ただし、照度不足から自然侵入した稚樹や自生草本類の成長が阻害されないような樹林管理のあり方を考える必要があり、今後の課題である。

このように隣接する自然林があることにより植栽林でも種の多様性が増していくということは、これからの法面樹林化を考えていく上で手がかりとなるもので、既存林との連携の重要性を示唆している。

5 まとめと今後の課題

本調査の結果、広葉樹12種の苗木(樹高1.0m程度)植栽から20年後の成長量を例示することができた。また植栽林は、樹林構造としては自然林構成種に比べ多様性

は劣るが、動物散布型種の自然侵入により、今後多様化が進むことが示唆された。稚樹等林床の自然侵入種の育成管理には上層木の密度管理の必要性が考えられた。

本調査では、林床植生から樹林の自然林化の評価を試みた。自然林化の評価には、植物のみならず動物関係による評価も必要である。主に地表性昆虫や齧歯類などの小型ほ乳類の利用状況である。これらの出現種が自然林の構成と類似していれば、自然林化が進行していると評価することができる。本報告の次の課題として現在調査を進めているところである。

今後樹林化を推進していくためにはその評価軸が必要となる。植栽林における動植物の現況を総合化して、自然林化の指標を見いだすことが必要と考えられる。

なお、本報告は「平成12年度 滝野公園盛土法面に造成した森林の評価に関する調査」(札幌開発建設部滝野すずらん公園事務所)の結果を用いた。本報告を進めるにあたり種々の援助を頂戴した関係各位に深謝の意を申し上げる。

参考文献

- 1)(社)道路緑化保全協会 編,2002,路と緑のキーワード事典,184pp,技報堂出版,東京
- 2)道路審議会答申,1999,地球温暖化防止のための今後の道路政策について -未来へ引き継ぐ環境のための政策転換-,建設省道路局ホームページ,
<http://www.mlit.go.jp/road/singi/991129.html>,東京
- 3)北海道開発局,2002,北海道道路緑化基本計画,17pp,北海道開発局,札幌
- 4)北海道林業普及協会,1976,北海道主要造林樹種 収穫表と成長量に関する資料 第II編,99pp,北海道林業普及協会,札幌
- 5)星子隆・亀山章,1997,高速道路のり面における木本植物の侵入とアカマツの成長,日本緑化工学会誌,22,3151-162,東京
- 6)星子隆,1999,高速道路のり面における木本植物の侵入と種子散布様式に関する研究,日本緑化工学会誌,25,2,102-114,東京
- 7)国営滝野すずらん公園,2001,ホームページ,

- <http://www.takinopark.com/>,札幌
- 8)札幌開発建設部滝野すずらん丘陵公園事務所,1982・1983,工事設計書より,札幌
 - 9)Zar,J.H.,1996,Biostatistical Analysis,Third ed. 662pp,Prentice-Hall,New Jersey
 - 10)小林四郎,1995,生物群集の多変量解析,194pp,蒼樹書房
 - 11)上田恵介 編著,1999,種子散布 助けあいの進化論 <1> 鳥が運ぶ種子,109pp,築地書館,東京
 - 12)孫田 敏,未発表
 - 13)大関義男・渡辺茂雄・庭野昭二,1982,杭施工によるスギ雪崩防止林の造成,雪氷,44-1,23-26,日本雪氷学会,東京
 - 14)千葉茂・永田義明,1981,広葉樹天然林における樹種、個体分布と樹種間の親和性-夕張国有林における解析-、北海道営林局,天然林における樹群構造と更新の解析,47-69,札幌