

【論文】

土石流発生跡の溪畔域における植栽による樹林化  
—溪畔林整備の基本指針の検証—

相浦 英春<sup>\*1</sup>・中島春樹<sup>\*1</sup>・小林裕之<sup>\*1</sup>・長谷川幹夫<sup>\*2</sup> 高橋由佳<sup>\*3</sup>

Forestation in riparian zone of trail after debris flow  
—Verification of basic guidelines for riparian forest development—

Hideharu AIURA<sup>\*1</sup>, Haruki NAKAJIAMA<sup>\*1</sup>, Hiroyuki KOBAYASHI<sup>\*1</sup>, Mikio HASEGAWA<sup>\*2</sup>, Yuka TAKAHASHI<sup>\*3</sup>

平成 24 年に富山県森林研究所が作成した溪畔林整備の基本指針では、谷止工埋戻部などの攪乱頻度の低い無立木地では、植栽による溪畔林造成を行うとした。そこで植栽が行われてから 8～10 年経過した植栽地を調査し基本指針の妥当性について検証した。植栽樹種のうちヤマハンノキ、タニガワハンノキ、オノエヤナギの先駆種である 3 樹種については、基本指針に示されたとおりの適性を示した。非先駆種として植栽されたサワグルミは、中下層を構成するようになっており適性が示された。同様に非先駆種（中間種）として植栽されたオニグルミは、谷壁斜面などでの利用が望ましいと考えられた。非先駆種（陰樹）として植栽されたスギは、生存率は高かったが生育は不良であり、利用にあたっては植穴への客土などにより、ある程度の土壌改良が必要であると考えられた。植栽時期については基本指針で示されたように成長期を避け、秋植えまたは春植えとし、春植えを行う場合は融雪後の開葉前に行うことが望ましい。植栽密度については、基本指針で示した 3000～5000 本/ha 程度という植栽密度は妥当であったと考えられたが、先駆樹種の混交割合を小さくするといった改善も有効であると考えられた。

キーワード：溪畔林整備・基本指針・植栽・先駆種・非先駆種

## 1. はじめに

2008 年 7 月 28 日に南砺市で豪雨災害が発生し、太谷川流域を中心に山腹崩壊、溪岸侵食のため多量の土石が流下堆積したほか、流木が水田や宅地にも流入するなど大きな被害をもたらした。被災後に設けられた「災害に強い山づくり検討委員会」において、溪畔林の適切な管理が必要であることが提言された（災害に強い山づくり検討委員会 2009）。これを受けて行った調査によって示された「平成 24 年度 溪畔林整備指針策定調査報告書」（富山県森林研究 2013 以下、報告書とする）では、溪畔域を攪乱頻度や現況植生によって区分し、植栽による溪畔林造成を行う条件として、攪乱頻度が低く（30 年確率雨量程度では浸水しない）、現況植生が無立木地である場合に限るとした。候補樹種として、陽樹ではオノエヤナギ・ヤマハンノキ・タニガワハンノキ等、中間種ではサワグルミ・カツラ・オニグルミ等、陰樹ではトチノキ・スギ等が挙げられている。また、植栽による溪畔林造成を

行う場合には、2008 年の災害による土石流堆積と崩壊土砂流入の有無によって、3 種類の植栽タイプに区分するなど、溪畔林整備の基本指針が示された。

ここでは、堰堤周辺の埋戻部や整形工事が行われた土石流堆積地などに設けた植栽試験地や、溪畔林再生のための治山事業による植栽工施工地における調査結果に基づいて、植栽による溪畔林整備に対する基本指針の妥当性について検証したので報告する。

## 2. 調査地と方法

調査地は富山県南砺市（旧福光町）を流れる小矢部川水系太谷川支流の左近谷流域に設けられ、森林研究所が植栽した 3 カ所と治山事業施工地で植栽工が行われた 3 カ所の合計 6 カ所である（図-1）。森林研究所が設定した植栽試験地である PLOT1 は、左近谷右岸支流の谷止の埋戻し部（報告書 5-6 流域別の造成計画では D04 の上流側、以下同様に記載）、PLOT2

\*1,富山県農林水産総合技術センター森林研究所；\*2,利賀森の大学校；\*3,新川農林振興センター

\*1,Forest Research Institute, Toyama Prefectural Agricultural, Forestry & Fisheries Research Center；\*2, Toga forest college；\*3, Niikawa Agriculture and Forestry Promotion Center

は左近谷中流の溪岸の自然堆積部 (B02 の対岸), PLOT3 は左近谷下流の土石流の堆積による自然段丘と被災前からの無立木地 (A16) である (表-1)。植栽樹種は指針で提案された先駆種のヤマハンノキと非先駆種のオニグルミ, サワグルミ, スギの4種であり, 2010 年秋にオニグルミ, サワグルミ, 翌年春にヤマハンノキ, スギを植栽した。なお, これらの試験地は報告書作成のための資料とする目的で, 広葉樹ポット苗の植栽試験の要素も含めて 1m間隔を目安に植栽したため, どの試験地とも植栽密度が高い。治山事業施工地に設けた調査地である PLOT4 は, 左近谷中流の谷止工周辺の土石流堆積工事により整形された箇所 (B11) であり, 比高が低く溪流に近い2列には丸太柵工を設け, サワグルミの植栽とオノエヤナギの直挿しを1m間隔で交互に行ったため, 全体としての植栽密度が高くなっている。PLOT5 は堰堤上流側の作業路跡 (B12) で面積も小さく植栽密度は低い。PLOT6 は堰堤下流側の被災前からの平坦な無立木地 (B10) を対象とした (表-2)。植栽樹種は PLOT4 と PLOT5 では先駆種としてタニガワハンノキの植栽とオノエヤナギの直挿し, 非先駆種としてサワグルミを植栽した。PLOT6 では先駆種としてタニガワハンノキ, 非先駆種としてスギを植栽した。なお, PLOT4~PLOT6 での植栽は2013 年春に行われた。

なお, 表-1, 表-2 に示した植栽タイプについて報告書ではそれぞれ, aタイプ: 谷止工埋戻部や自然段丘など砂礫を主体とする貧栄養かつ湿性環境に耐性のあるハンノキ類やヤナギ類と, 土石補足機能が高まりうる樹形となるサワグルミ, カツラ, スギなどを

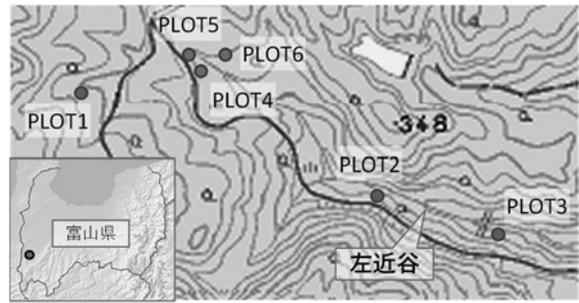


図-1 試験植栽地の概要

混植し, 最終的には非先駆種が優先する森林へと誘導する, bタイプ: 谷壁斜面等を生育適地とする非先駆性種のオニグルミ, トチノキ, ケヤキ等と肥料木として先駆種のハンノキ類を混植する, と示されている。

調査は植栽から8~10年間, 毎木調査を行うとともに, 調査期間中に大量発生したマイマイガによる食葉害とニホンジカによる剥皮被害が発生したため, こうした被害についての調査を合わせて行った。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 植栽木の生育状況

各調査地における植栽木の成長や生存率について調査地ごとに示す。

##### PLOT1

植栽した4樹種の樹高成長の推移を図-1に, 生存率の推移を図-2に示す。なお, ヤマハンノキについては測桿での測定が困難になったため10年生時の調査は行わなかった。この調査地は谷止工埋戻部にあたり, 砂礫を主体とする貧栄養の土質であるとともに

表-1 試験植栽地の概要

PLOT	植栽タイプ	面積 (m <sup>2</sup> )	植栽本数				計	植栽密度 本/ha	標高 m
			オニグルミ	サワグルミ	スギ	ヤマハンノキ			
1	a	306	58	54	53	58	223	7,288	360
2	b	100	31	32	30	30	123	12,300	280
3	a,b	262	55	55	56	55	221	8,435	260
苗齢(年)			1	3-4	4	3-4			
形態			ポット苗	ポット苗	裸苗	ポット苗			

植栽タイプは報告書にしたがった区分

表-2 事業植栽地の概要

PLOT	植栽タイプ	面積 (m <sup>2</sup> )	植栽本数				計	植栽密度 本/ha	標高 m
			タニガワハンノキ	サワグルミ	オノエヤナギ*	スギ			
4	a	652	204	248	45	497	7,623	320	
5	b	184	13	19	6	38	2,065	325	
6	b	386	101			112	213	5,518	320

植栽タイプは報告書にしたがった区分

\*オノエヤナギは直挿し

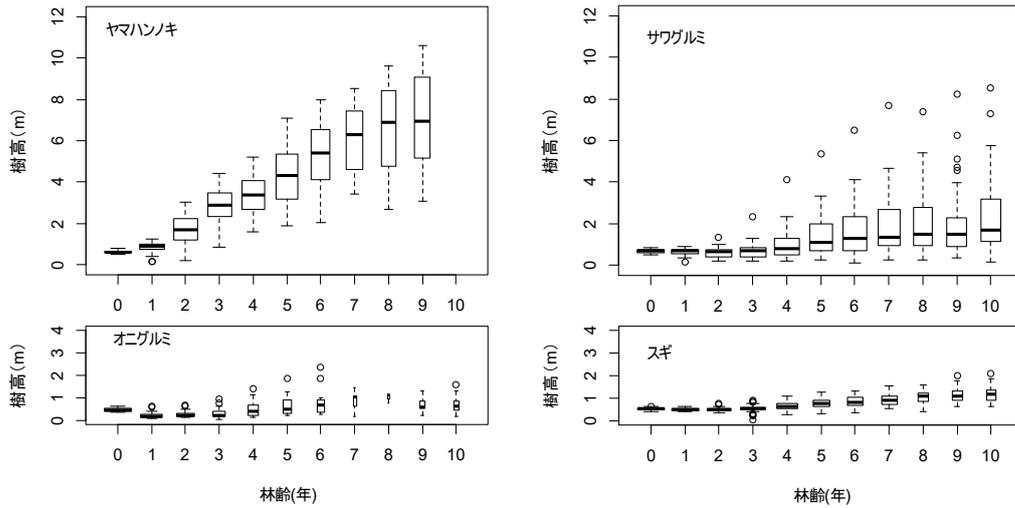


図-1 植栽木の樹高の推移 (PLOT1)

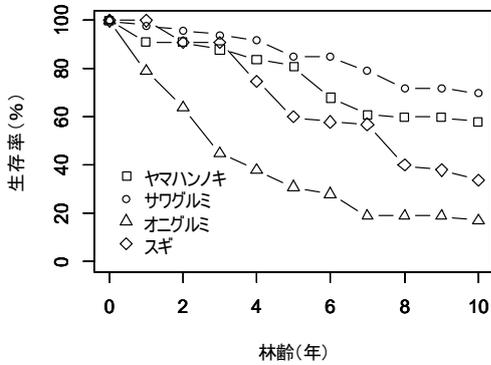


図-2 植栽木の生存率の推移 (PLOT1)

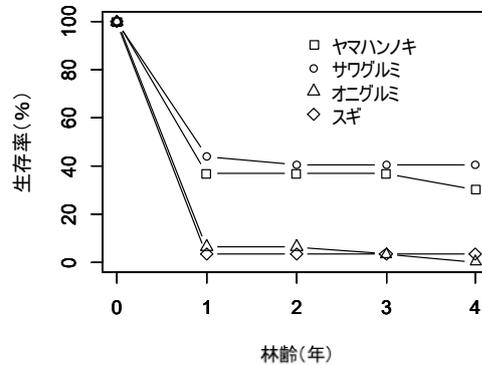


図-3 植栽木の生存率の推移 (PLOT2)

に、隣接するスギ壮齢林からの地表流の流入も認められ、部分的には非常に過湿状態あるいは帯水状態であった。このような条件において先駆種として植栽した耐水性のあるヤマハンノキは概ね順調に生育し、上層部を構成しほぼ閉鎖状態を形成している(写真-1)。非先駆種として植栽した3樹種の中では、溪畔林構成種としてはやや先駆的な性質をもつサワグルミは(崎尾 2017)、植栽初期には冬芽の枯損などに

よる枯れ下がりが認められたが、徐々に樹高成長が認められるようになり、現在では中下層を形成しつつある状況になっている(写真-2)。一方、オニグルミとスギは生存率も低下し、樹高成長も極めて不良であることから、今後も溪畔林構成種となることは望めない。

**PLOT2**

この調査地においても PLOT1 と同様の4樹種の植



写真-1 PLOT1の概観



写真-2 PLOT1の林内



写真-3 PLOT2 の侵食状況  
(左)植栽時5/19 (右)洗掘後6/10

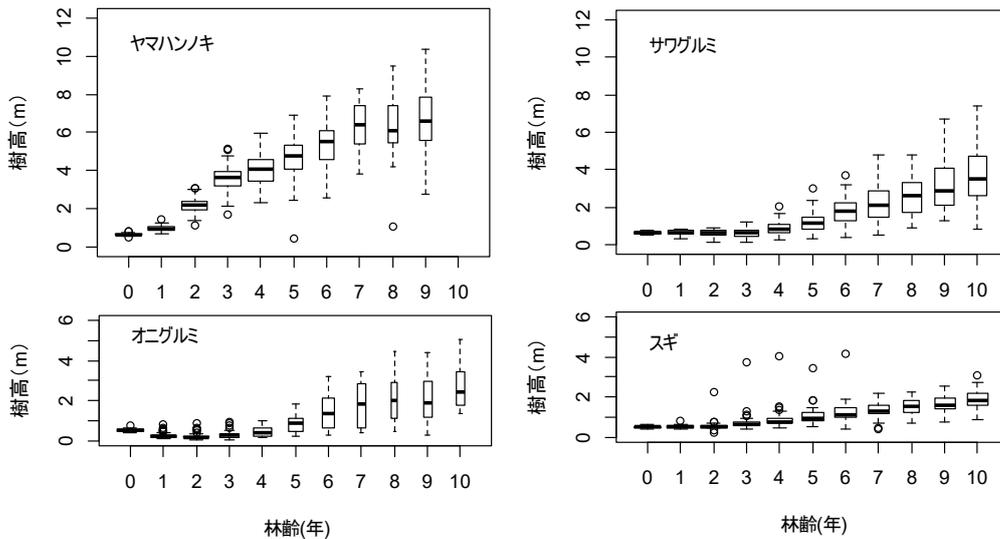


図-4 植栽木の樹高の推移 (PLOT3)

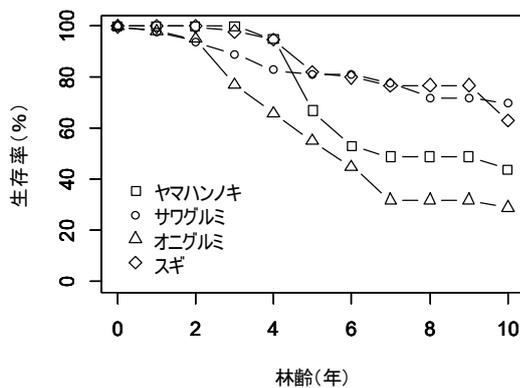


図-5 植栽木の生存率の推移 (PLOT3)

栽を行ったが、植栽直後の2011年5月29日に調査地からおよそ6.5 km北西に位置するアメダス観測点「南砺高宮」で、日雨量118.5 mmの降雨を観測し、この降雨にともなう増水によって植栽木の多くが地盤とともに流出し(写真-3)、流失被害率は78%に達して生存率が大きく低下した(図-3)。これは、この調査地が林道脇の護岸工に添った自然堆積地で、報告書で示された攪乱頻度の高い場所に相当し、本来、植

栽などは行わずに放置すべき場所であったことを裏付ける結果となった。なお、樹種による生存率の違いは主に溪流に対する植栽位置の違いによるものであった。

#### PLOT3

植栽した4樹種の樹高成長の推移を図-4に、生存率の推移を図-5に示す。なお、ヤマハンノキについては測桿での測定が困難になったため10年生時の調査は行わなかった。この調査地は土石流の堆積による自然段丘と被災前からの無立木地にあたり、自然段丘上は砂礫を主体とする貧栄養の土質であるとともに、それに続く被災前からの無立木地は草本類やクズが繁茂していた。このような条件において先駆種として植栽したヤマハンノキの樹高は概ね順調に生育してきたが、5年生時頃から被災前からの無立木地からのクズの侵入と、冠雪による幹折れや倒伏などにより生存率が低下した。非先駆種として植栽した3樹種の中では、サワグルミはPLOT1と同様に植栽初期には冬芽の枯損などによる枯れ下がりが認められたが、5年生時頃からは徐々に樹高成長が認めら

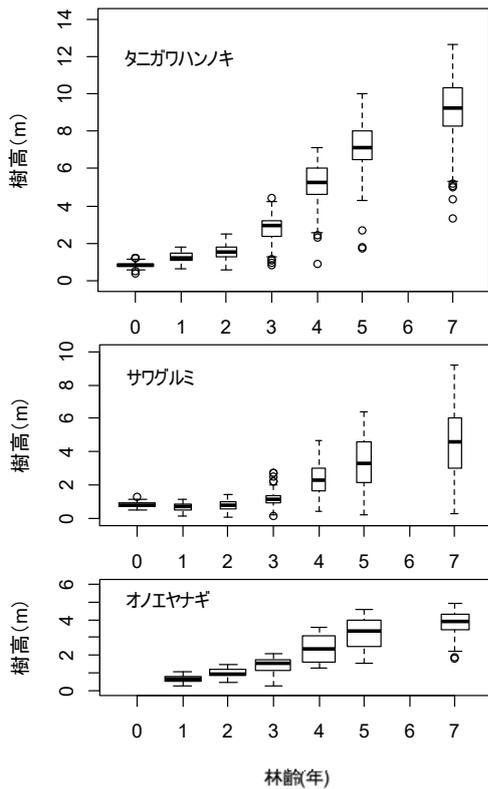


図-6 植栽木の樹高の推移 (PLOT4)

れるようになるとともに、生存率は高い値で推移している。オニグルミも5年生時頃からは徐々に樹高成長が認められるようになった一方で生存率の低下が大きい。スギでは生存率は高く推移しているが、樹高成長については非常に緩慢である。

**PLOT4**

植栽した3樹種の樹高成長の推移を図-6に、生存率の推移を図-7に示す。なお、6年生時に当たる2018年と8年生時に当たる2020年には全個体の樹高測定を行っていない。この調査地は土石流堆積工事により整形された箇所であり、比高が低く溪流に近い2列には丸太柵工を設け、サワグルミの植栽とオノエヤナギの直挿しを交互に行った(写真-4)。また、オノエヤナギの直挿しを行ったのはこの部分のみである。植栽および直挿しを行った3樹種とも40~55%が活着することなく枯死に至ったと考えられる。これは、富山県では5月上旬から6月上旬の梅雨前までの期間は最も降水量が少ないが、植栽が行われた2013年のこの期間における降水量はアメダス観測点「南砺高宮」における観測値は31mmで、平年値の151.8mmの2割程度にとどまったことによる乾燥が影響したと考えられた。樹高の推移についてしてみると、先駆種として植栽したタニガワハンノキの樹高は概ね順調に生育してきたが、林分として閉鎖していく過程で徐々に個体差が大きくなり、他の個体に被王され

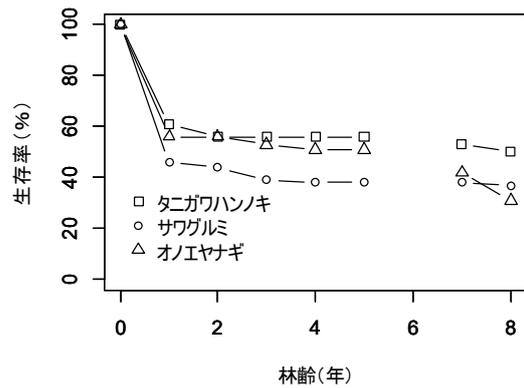


図-7 植栽木の生存率の推移 (PLOT4)



写真-4 植栽工施工時の状況 (PLOT4)

る劣勢木がみられるようになってきている。非先駆種として植栽したサワグルミは他のPLOTと同様に植栽初期には枯れ下がり認められたが、3年生時頃からは徐々に樹高成長が認められるようになり、現在、中下層を形成しているが、タニガワハンノキ同様に徐々に個体差が大きくなってきている。生存率については2年目以降目立って低下することなく推移している。直挿したオノエヤナギは直後の乾燥を乗り切り、発根した個体はその後順調に樹高成長し生存率の目立った低下も認められなかったが、ここ1、2年幹折れや転倒などによる枯損により統計的に有

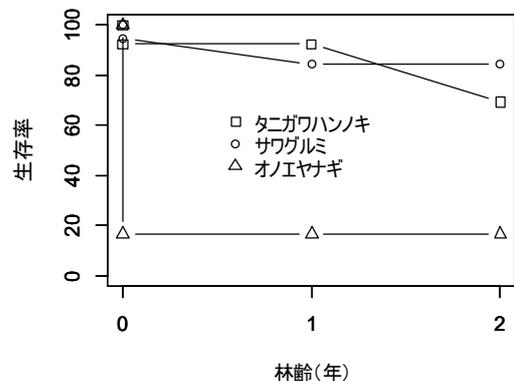


図-8 植栽木の生存率の推移 (PLOT5)

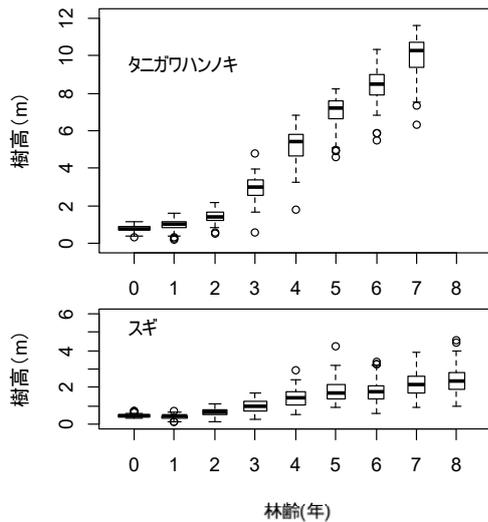


図-9 植栽木の樹高の推移 (PLOT6)

意ではないものの (カイ 2 乗検定,  $P>0.05$ ), 生存率の低下が認められ樹高成長についてもやや低下し衰退しつつある傾向がうかがわれた。

#### PLOT5

この調査地においても PLOT4 と同様の樹種の植栽と直挿しを行い, その直後の乾燥によってオノエヤナギは 6 個体中 5 個体が発根せずに枯死したが (図-8), タニガワハンノキとサワグルミでの生存率は PLOT4 に比べて明らかに高かった (カイ 2 乗検定,  $P<0.05$ )。その理由として, PLOT5 は堰堤上流側の作業路跡で隣接するスギ壮齢林のすぐ下流側に位置し, 土石流にともなう土砂の堆積がなく以前からの表層土が残っていた, あるいはスギ壮齢林による被陰によって多少乾燥を免れた可能性が指摘できるが明ではない。なお, PLOT5 は調査対象とした個体数が少なかったことから, 2 年生時までで調査を終了した。

#### PLOT6

植栽した 2 樹種の樹高成長の推移を図-9, 生存率の推移を図-10 に示す。なお, タニガワハンノキについては測桿での測定が困難になったため 8 年生時の樹高測定は行わなかった。この調査地は堰堤下流側の被災前からの平坦な無立木地であったことにより, タニガワハンノキと比較した場合に PLOT4 に比べて, 植栽直後の乾燥による影響は小さかった。一方, 2 年目にかけて枯死する個体が多かったが, 一部については虫害 (この年に大発生したマイマイガの幼虫による食葉害) の影響であると判断されたが, 多くは 7 月上旬には枯死していたことから主な原因は明らかではない。樹高の推移についてみてみると, 先駆種として植栽したタニガワハンノキの樹高は順調に生育し, 7 年生時には 10m に達し林冠を形成していた (写真-5)。非先駆種として植栽したスギの樹高成長は緩

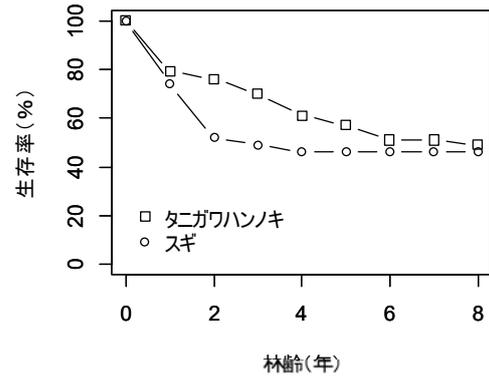


図-10 植栽木の生存率の推移 (PLOT6)



写真-5 PLOT6 の概観

慢であったが, PLOT1 や PLOT3 と比較した場合には 8 年生時における平均樹高は大きく (クリスカル・ウォリス検定,  $P<0.001$ ), 生存率の大きな低下もないことから, 今後徐々に成長してくることが望まれる。

### 3.2 成林状況

各調査地とも植栽から 8~10 年と調査期間は長くないが, これまでの成林過程を胸高断面積合計の推移で検討してみる (図-11)。試験的に高密度に植栽し過湿環境であった PLOT1 では, 先駆種として選択したヤマハンノキの成長もあまり良好ではなく, 10 年経過した時点の胸高断面積合計は 6.7  $\text{m}^3/\text{ha}$  程度にとどまっている。非先駆種として選択したサワグルミは初期の枯れ下がりや, ヤマハンノキによる被陰の影響で 10 年経過した時点でも 1.0  $\text{m}^3/\text{ha}$  未満であるが生存率は大きいことから, 今後, ヤマハンノキと混交して溪畔林を構成していく可能性がある。同様に選択したオニグルミとスギは生存率の低下も大きく胸高断面積合計の値もわずかで, 今後も溪畔林構成樹種となることは期待できない。

PLOT1 と同様に試験的に植栽した PLOT3 では, 先駆種として選択したヤマハンノキは, クズの巻付や被陰, さらに冠雪などによって倒伏や幹折れの被害に

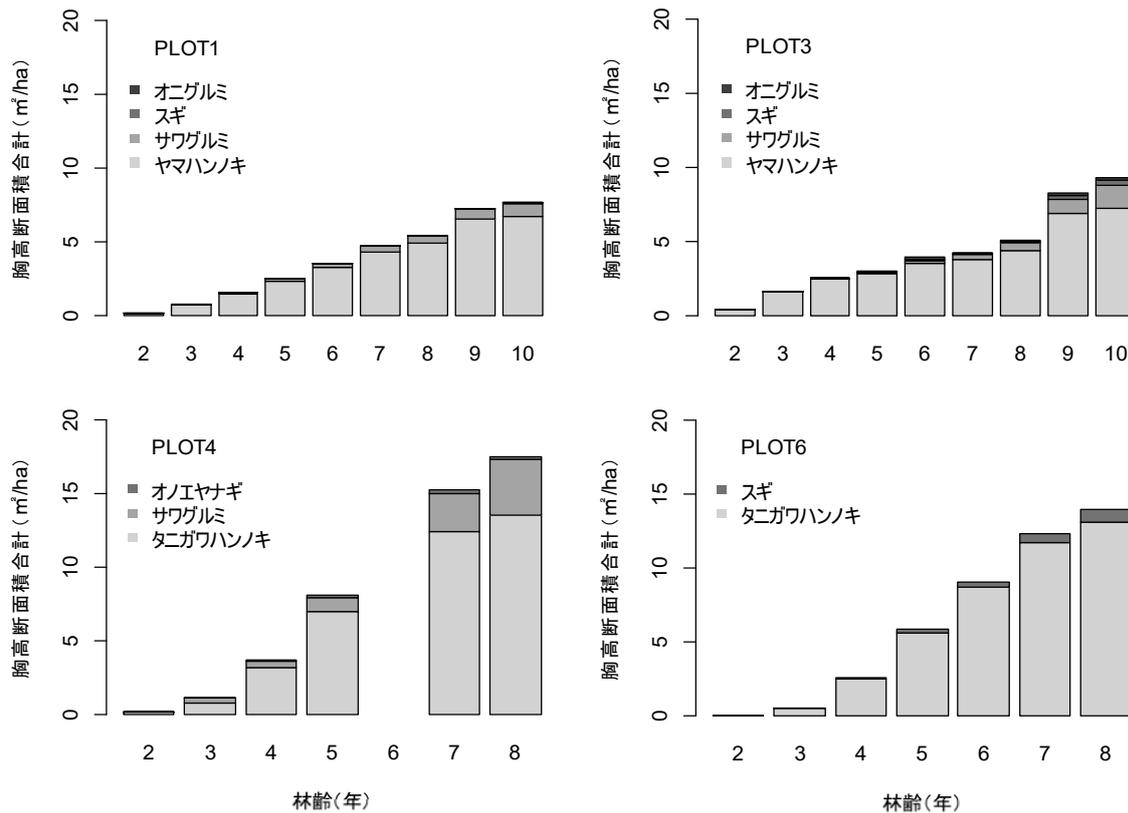


図-11 調査地における成林状況の推移 (PLOT1,3,4,6)

より生存率の低下が大きく、10年経過した時点の胸高断面積合計はPLOT1と同程度の7.2 m²/haにとどまっている。一方、非先駆種として選択した3樹種の胸高断面積合計は2.1 m²/haで今のところ小さいが、サワグルミとスギの生存率も高いことから、ヤマハンノキと非先駆種が混交する溪畔林となることが期待される。

治山事業で植栽が行われたPLOT4では、先駆種として溪流に近い2列のみにオノエヤナギの直挿し、それ以外の場所にはタニガワハンノキの植栽を行ったことから、8年生時の胸高断面積合計でオノエヤナギは0.2 m²/ha、タニガワハンノキは13.5 m²/haに達した。非先駆種として植栽したサワグルミの胸高断面積合計も徐々に増加し8年生時では3.8 m²/haに達しており、今の段階ではタニガワハンノキが上層、サワグルミは中下層という林分構造となっているが、将来的には溪流の林縁にはオノエヤナギ、それ以外の場所はタニガワハンノキとサワグルミが混交する溪畔林となることが期待される。この結果については、植栽直後の乾燥によってタニガワハンノキも多くが枯損したことによって、その後、初期成長の大きいタニガワハンノキによる被陰が緩和された影響があったものと考えられる。

PLOT6で先駆種として植栽したタニガワハンノキ

の生育は11頃調で、8年生時の胸高断面積合計は13.1 m²/haに達した。一方、非先駆種として植栽したスギの胸高断面積合計は0.9 m²/haにとどまり、生存率が徐々に低下しつつあり樹高成長も緩慢なことから、中下層木が発達する前に病虫害などによってタニガワハンノキが衰退するなどといった、今後の林分構造の変化がないか注意する必要があると考える。

2020年(8年生ないしは10年生)時点での各調査地におけるPLOT1,3,4,6の胸高断面積合計はそれぞれ、7.6, 9.3, 17.5, 14.0 m²/haでほぼ閉鎖状態にあった。報告書に示された南砺市内の5流域、10林分の溪畔林は、林齢40~106年生で21~56 m²/haであったことから、林齢を考慮すると溪畔林は11頃調に発達しつつあると考えられる。ただし、報告書において調査の対象となった溪畔林における優占林分あるいは出現林分数の多い樹種は、オニグルミ、サワグルミ、ミズキ、トチノキ、ケヤキ、イタヤカエデ、オヒヨウ、ヤマモミジといった非先駆種であったのに対して、各調査地で現在優先しているのは先駆種のカシ、ヤマハンノキ、タニガワハンノキであることには留意しておく必要がある。

### 3.3 マイマイガによる被害と影響

2014年に県南西部においてマイマイガの大発生が

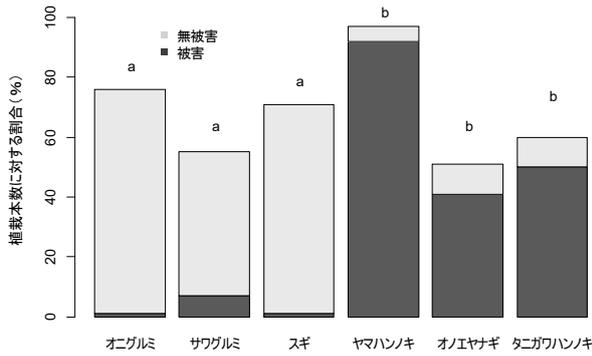


図-12 マイマイガによる樹種ごとの被害の割合  
異なるアルファベットはマイマイガの被害の有無の比較  
(フィッシャーの正確確率検定,  $P < 0.05$ )

起こり、各調査地ともマイマイガによる食葉害が認められたことから、7月に目視による被害程度の判定を行った。すべてのPLOTのデータから樹種ごとの被害の割合を比較すると、先駆種であるハンノキ類とオノエヤナギで被害の割合が高く（フィッシャーの正確確率検定,  $P < 0.05$ ）、非先駆種のスギとクルミには目立った食害はみられなかった（図-12）。マイマイガによる食害が生育に与える影響を調べるため、前年から被害発生翌年までの成長に関するデータがある植栽試験地のヤマハンノキを対象に、被害の程度と樹高成長量の関係性を調べた（図-13）。その結果、2014年に樹冠のほとんどに食害を受けた場合（ほぼ）は成長量が明らかに低下し、食害が樹冠の全体に及んだ場合（全体）にも大きく低下する傾向が認められた（t検定,  $P < 0.05$ ）。2014年は5月上旬から6月上旬までの降水量（南砺高宮のアメダス観測データ）が平年の59%（89mm）と少なかったが、前年にあたる2013年の同期間における降水量は平年の20%（31mm）とさらに少なかったことから、2014年の成長量の低下は明らかにマイマイガの食害による影響と考えられた。ただし、被害発生翌年には樹高成長に対する影響は認められなかった。

### 3.4 ニホンジカによる被害状況

近年、富山県内においてもニホンジカの生息数の増加が認められ、二次林やスギの新規植栽地における剥皮被害が発生している。各調査地においても2016年から被害が認められるようになり、被害木の個体数が徐々に増加しつつある（図-14）。2020年までに剥皮被害を受けた累積個体数を、調査を継続したPLOT1, 3, 4, 6における結果をまとめて、被害発生前年に当たる2015年の生存個体数に対する割合で見ると、オニグルミ、サワグルミ、スギ、ヤマハンノキ、オノエヤナギ、タニガワハンノキでそれぞれ18.4、39.9、8.3、32.5、20.8、11.1%であり、サワグルミ

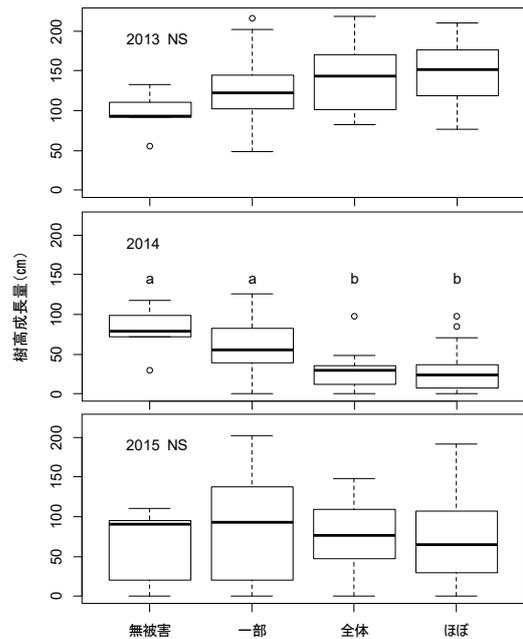


図-13 マイマイガによる被害と樹幹成長量  
の関係  
異なるアルファベットは樹高成長量の違い  
(フィッシャーの正確確率検定,  $P < 0.05$ )

とヤマハンノキで被害率が高く、スギとタニガワハンノキで低い傾向が認められた（フィッシャーの正確確率検定,  $P < 0.05$ ）。なお、剥皮被害を受けた個体のうち枯死に至った個体の割合は、それぞれ44.4、9.6、71.4、3.7、0.0、11.1%で、剥皮被害を受けた場合に枯死に至る割合はとくにスギで高かった。ただし、剥皮被害が原因で枯死に至った個体数の2015年の生存個体数に対する割合は、それぞれ8.2、3.8、6.4、1.2、0.0、1.2%で、今までのところ剥皮被害による枯死木の割合は各樹種とも10%未満であり、林分としては大きなダメージを受けてはいない。ただし、2018年以降には主にハンノキ類で角研ぎの跡がみられるようになり、ニホンジカの個体数の増加による被害の増加も懸念されることから、今後も留意していく必要がある。

## 4. まとめ

調査の対象とした箇所数、樹種数ともに少ないが、本調査から得られた限られた結果から、報告書に示された溪畔林整備の基本指針の妥当性について検証してみる。

まず、攪乱頻度と現況植生による基本指針として、植栽による溪畔林造成は攪乱頻度の低い（30年確率雨量程度では浸水しない）無立木地を対象とすると示されている。このことは本調査のPLOT2のように攪乱頻度の高い場所ですでに基盤の侵食が発生する

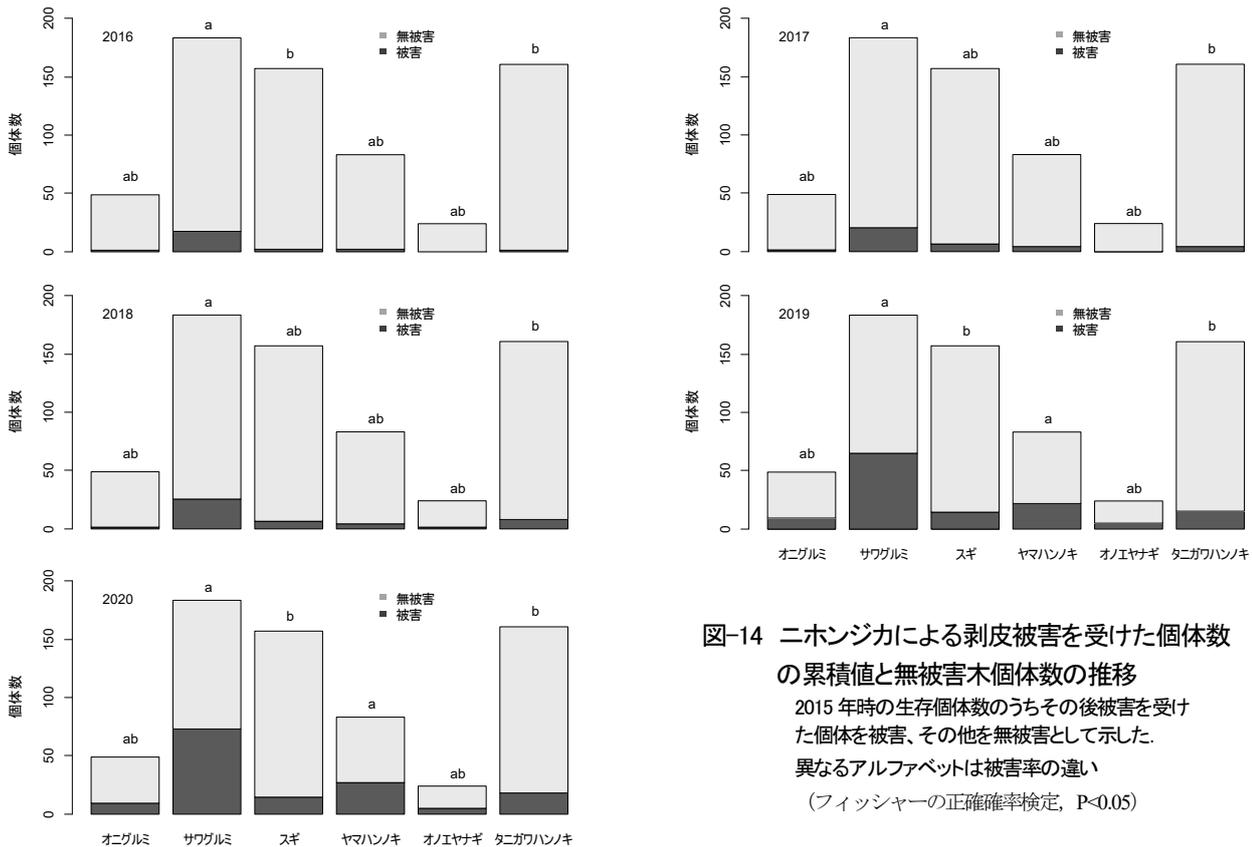


図-14 ニホンジカによる剥皮被害を受けた個体数の累積値と無被害木個体数の推移  
 の累積値と無被害木個体数の推移  
 2015年時の生存個体数のうちその後被害を受けた個体を被害、その他を無被害として示した。  
 異なるアルファベットは被害率の違い  
 (フィッシャーの正確確率検定, P<0.05)

とともに、残存しているヤマハンノキは PLOT1 や 3 と同様に樹高 6~8m 程度に達しており、再び増水による基盤の侵食が発生した場合には、土砂の流出に加えて流木の発生が予想される。また、報告書では水際に近い場所では必要に応じて丸太柵工やカゴ工の施工を提案しているが、実際に溪流に近い部分に柵工を施工した PLOT4 では侵食が防止されている。これらのことから、植栽による溪畔林造成は攪乱頻度の低い無立木地を対象することや、水際に近い場所では必要に応じて丸太柵工やカゴ工の施工を提案した基本指針は妥当であったと考えられる。

植栽樹種のうち先駆種(陽樹)として植栽されたヤマハンノキとタニガワハンノキは、過湿や乾燥の条件下においても一定の割合で活着し生育も良好で、初期緑化について非常に有用な樹種と考えられた。また、PLOT4 の水際近くに直挿したオノエヤナギも、植栽したタニガワハンノキと変わらない活着率であり、複数の幹を延ばして造成地を被覆していたことから、とくに耐湿性が求められる水際部分で有用な樹種である。以上のように先駆種である 3 樹種については、基本指針に示されたとおりの適性を示した。非先駆種(中間種)として植栽されたサワグルミは、植栽から 3~4 年はハンノキ類による被陰などの影響で枯れ下がりがみられたが、その後は徐々に生育して中下層を構成するようになっており、谷止工埋戻

部や自然段丘を対象とした植栽タイプ a における適性が示された。同様に非先駆種(中間種)として植栽されたオニグルミは、生存率が低く生育も不良であり、植栽タイプ a における適性は低く、谷壁斜面などの植栽タイプ b での利用が望ましいと考えられた。非先駆種(陰樹)として植栽されたスギは、帯水するような環境以外であれば生存率は高かったが生育は不良であった。これらのことから植栽タイプ a における利用にあたっては植穴への客土などにより、ある程度の土壌改良が必要であると考えられた。植栽時期については PLOT4 のように、開葉後の 5 月上旬に植栽した場合には直後の乾燥による活着不良や枯損の危険性が高く、基本指針で示されたように成長期を避け、秋植えまたは春植えとし、春植えを行う場合は融雪後の開葉前に行うことが望ましい。植栽密度については、試験的に植栽した PLOT1 や 3 の植栽密度は 7000~8000 本/ha であり、先駆種間での競合や非先駆種の被圧などから、明らかに過密であったと考えられる。治山事業で植栽した PLOT4 について表-2 では 7623 本/ha となっているが、溪流に近く丸太柵工を設け、サワグルミの植栽とオノエヤナギの直挿しを 1m 間隔で交互に行った部分を含んでいることから、サワグルミとタニガワハンノキを混植した部分は、PLOT6 と同様に、植栽密度は 5500 本/ha 程度であった。また、PLOT4 では植栽直後の乾燥で半数

近くの個体が枯死したことから、実質的な植栽密度は3000本/ha程度となる。PLOT4と6では先駆性のタニガワハンノキによって樹林化するとともに、混植した非先駆性のサワグルミやスギの生存率に目立った低下もみられないことから、基本指針で示した3000~5000本/ha程度という植栽密度は妥当であったと考えられる。ただし、8年生時点で先駆樹種の間で競合が生じているとともに、非先駆樹種で初期成長の遅れが認められたことから、これらの樹種の混交割合について調整する、具体的には先駆樹種の混交割合を小さくするといった改善も有効であると考えられる。

その他の留意点として、PLOT1や3では下刈りは基本的に行わなかったが、植栽木と競合するような草本類などの繁茂はなかった。また、PLOT4と6は治山事業施工地であることから、初期には下刈りが行われたが、谷止工埋戻部や作業路跡、自然段丘などは砂礫を主体とした貧栄養な環境のため、一般の造林地のような草本類などとの競合はなかった。これらのことから下刈りについては基本指針にあるように、誤伐のリスクなども含めて必要に応じて実施すればよい。ただし、クズ地を含む無立木地を対象とする場合には、造成時に十分に処理をしておくことが望ま

しい。クズ地が造成地に隣接して残る場合には、クズの侵入による巻付や被陰、冠雪害を回避するために定期的なつる切りが必要となる。また、本調査の対象地は先駆樹種のハンノキ類によって早期の樹林化がはかられ、草本類などの導入による緑化工の結果、無立木地が存在し続ける(太田・高橋, 1999)ようなことは回避され、攪乱直後の溪畔林に見られるような樹種組成(崎尾, 2017)となっている。しかし、非先駆樹種で構成されている周辺溪畔林とは異なることから、より多様性があり安定した溪畔林が形成されるように、今後も非先駆樹種の成長や天然更新の状況などについて、定期的な調査や管理を継続していくことが望まれる。

#### 引用文献

- 太田猛彦・高橋剛一郎(1999) 溪流生態砂防学. 東大出版会  
災害に強い山づくり検討委員会(2009) 災害に強い山づくり検討委員会報告書. 富山県  
崎尾均(2017) 水辺の樹木誌. 東大出版会  
富山県森林研究所(2013) 平成24年度 溪畔林整備指針策定調査報告書. 富山県森林研究所

#### Summary

In the basic guideline for afforestation treeless riparian area with low disturbance, it was to be carried out the riparian forest by planting. Then, the planted area which had passed 8-10 years after planting was carried out was investigated, and the validity of the basic guideline was verified. Three tree species, which are pioneers of *Ainus hirsuta*, *Ainus inokumae* and *Salix sachalinensis*, showed the aptitude as shown in the basic guideline. *Pterocarya rhoifolia* planted as showed aptitude by composing the middle and lower layers. *Juglans mandshurica* var. *sieboldiana* seemed to be desirable to be used in valley wall slopes. The survival rate of Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) planted as a non-pioneer species was high, but the growth was poor. Therefore, it was considered that soil improvement by the soil dressing to the planting hole was necessary to use it. The planting time is avoided in the growth period as indicated in the basic guideline, and it is made to be autumn planting or spring planting. When spring planting is carried out, it is desirable to do it before opening leaves after snow melting. It was considered that the planting density of about 3000 to 5,000 trees/ha shown in the basic guideline was reasonable. For example, improvements such as reducing the mixing ratio of pioneer tree species were also considered effective.