

石狩川上流におけるハリエンジュ林の 在来種への転換試験について

旭川開発建設部 旭川河川事務所 ○佐々木 高伸
齋藤 直之
山中 直樹

石狩川上流域には、外来種ハリエンジュが広く分布しており、その対策の一環として、石狩川と比布川の合流付近において、ハリエンジュ林から在来広葉樹林への転換を図る試み（林種転換試験）を実施している。本試験は、平成19年度に在来広葉樹を植林して以降モニタリングを継続しており、本年度で15年目にあたる。本報では、これまでの経年変化と今後の河畔林管理の検討状況について報告する。

キーワード：自然環境、生態系、外来種

1. はじめに

北海道上川盆地に位置する石狩川上流域には、外来種ハリエンジュ *Robinia pseudoacacia* L.の分布が多く見られ、とくに美瑛川、牛朱別川で顕著となっている。ハリエンジュは北アメリカ原産の落葉高木であり、日本には明治8年に渡来して以降、河川流域を中心に分布を広げている。ハリエンジュが在来河畔林に及ぼす影響として、萌芽を介した強力な繁殖能力や速い成長速度による在来植物との競合¹⁾、高い窒素固定能力による土壌の栄養状態の改変²⁾、他感作用（アレロパシー）による在来植物の成長阻害³⁾などが知られている。このような高い侵略性から、ハリエンジュは平成26年に生態系被害防止外来種リスト、平成22年に北海道ブルーリストに指定され、河畔林における適切な管理が必要とされる。



図-1 林種転換試験地の位置

ハリエンジュ対策の一環として、石狩川上流域では、現存の樹林景観を維持しつつ、徐々に在来種への転換をはかる「林種転換」試験が行われており⁵⁾、今年で15年目となる。林種転換試験では、ハリエンジュ林床に在来種を直接植栽し、その成長過程を長期モニタリングすることにより、ハリエンジュ対策としての可能性を検討している。植栽木の生育状況は、植栽後3年目（平成22年度）に一度整理されており、一部の樹種（ドロノキ）を除いた植栽木で、初期成長が安定していることが示された⁵⁾。その後、植栽木が周辺の草本類より大きく成長し、平成25年に試験地の管理（年2回の下草刈り）が終了している。これに伴い、試験地周辺のハリエンジュが根萌芽や種子により試験地へ侵入することや、植栽木の過密により自然淘汰が進むことによって、試験地の林分構造の変化が起こりつつあると考えられる。

今回は、林種転換試験15年目における植栽木の生育状況や、試験地周辺のハリエンジュ林の経年変化、試験地の林分構造の変化を把握し、今後の河畔林管理について検討した。



写真-1 林種転換試験地の状況（令和4年9月）

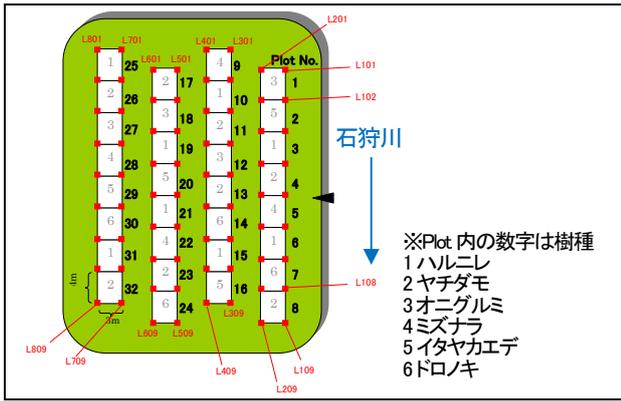


図-2 試験地の植栽状況



写真-2 試験地における植栽木の生育状況

2. 調査方法及びモニタリング状況について

(1) 試験地の概要

試験地は、石狩川KP169.0付近の右岸のハリエンジュ林内である。平成19年11月に植栽を実施し、今年で15年目となる。試験地は石狩川縦断方向に帯状に4本設置し、1本の帯には3m×4mのプロットが8つ、合計32プロットある。植栽樹種は、当該地域の主要広葉樹であるハルニレ、ヤチダモ、オニグルミ、ミズナラ、イタヤカエデ、ドロノキの6種であり、河畔林の主要木であるハルニレ、ヤチダモを各8プロット、それ以外の4樹種を各4プロット植栽した。1つのプロットには同樹種を15本植栽し、植栽から6年間は、植栽木の生育を助ける目的で毎年2回の下草処理を実施した。

(2) 調査方法

試験地への植栽から5年間（平成20～24年）は毎年、6～15年目（平成25～令和4年）は3年に1度、「光環境調査」と「植栽木の生育調査」を実施した。また、ハリエ

ンジュ林の広がり把握するため、令和4年度に「樹林面積調査」を実施した。

a) 光環境調査

光環境調査は、樹木の展葉により林内が最も暗くなる8月に実施した。光環境の指標として、各プロットの相対光量子束密度を算出した。光量子束密度は、光量子束密度計（LI-COR社ライトメーターLI-250）を用いて、ハリエンジュ林内と林外（解放地）において同時に測定した。また、ハリエンジュ林内で計測する際は、植栽木よりも高い位置で計測した。各プロットの相対光量子束密度は、プロット4隅で計測した平均値とした。相対光量子束密度は、以下の式によりプロット毎に算出した。

$$\text{相対光量子束密度(\%)} = \frac{\text{任意のプロットの光量子束密度}}{\text{解放地の光量子束密度}} \times 100$$

b) 植栽木の生育調査

植栽木の生育調査は、樹木の当年生長が終わる9月下旬～10月中旬に実施した。現地調査項目として、生存植栽木の樹高、個体の観測（食害有無、枝枯れ等）、プロット内の侵入木本数を記録した。

c) 樹林面積調査

樹林面積調査は、令和4年9月にUAVを用いて空中写真を撮影し、試験区周囲のハリエンジュ林の面積を把握した。また、過去の空中写真を収集し、本調査地におけるハリエンジュ林の面積の経年変化を把握した。

(3) 光環境の変化と植栽木の生育状況

光環境調査より、試験地の光環境（各プロットの相対光量子束密度の平均）を算出し、経年変化を図-3に示した。

試験地の光環境は、平成20～28年にかけて林内が暗くなり、令和元年にやや明るくなったことが示された（図-3）。平成28年までに林内が暗くなった理由として、平成19年の植栽時にハリエンジュ林を伐開後、周囲に残ったハリエンジュが空いた林冠を埋めるように枝葉を伸長させたためであると考えられる。また、令和元年に光環境が改善した理由として、令和元年の調査時において試験地周辺に倒木やハリエンジュの落枝が確認されたことから、上層を覆うハリエンジュ林冠に一時的に隙間ができたことが考えられる。

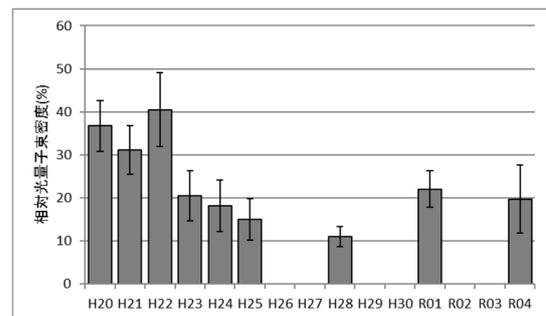


図-3 試験地の光環境の経年変化

植栽木の生育調査より、植栽木の生存率（植栽本数のうち生存個体の本数の割合）、平均樹高を樹種ごとに算出し、その経年変化を図-4, 5に示した。

植栽木の生存率と平均樹高の結果より、イタヤカエデ、オニグルミ、ミズナラ、ヤチダモの4種については、令和4年において生存率が概ね60%以上、平均樹高が4.8～5.4mと順調に成長していた（図-4, 5）。4種の中でもミズナラは特に生存率が高かった。一方、ハルニレについては、平成28年に生存率・平均樹高ともに減少に転じており、令和4年において生存率が約46%、平均樹高は令和元年以降回復傾向にあり、約3.6mであった（図-4, 5）。また、ドロノキについては、生存率は平成23年から急激に減少し、令和4年には0%であった（図-4）。平均樹高は、平成21～28年に停滞した後、令和元年に伸長した（図-5）。ハルニレの生存率・樹高が減少した原因として、平成28年にエゾシカ食害（樹皮剥ぎ）が確認されたことから、この影響により幹の枯れ上がりが起こったことが挙げられる。ハルニレはエゾシカが積雪期に好んで食べる樹種であるため⁶⁾、プロット内にまともって植栽されたハルニレは、エゾシカに被食されやすい状況であったと考えられる。また、ドロノキの生存率が低下した原因として、平成21～22、24～25年にドロノキハムシによる虫害が確認されていることや、明るい環境を好む陽樹であるドロノキにとって⁷⁾、平成22～28年にかけて試験地の光環境が暗くなったことが影響したと考えられる（図-3）。

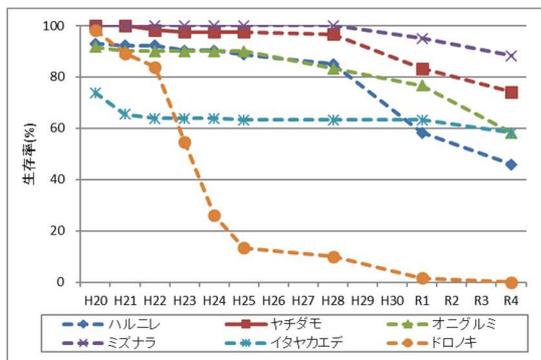


図-4 植栽木の生存率の経年変化

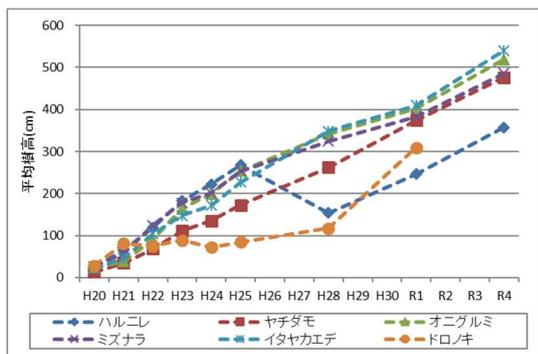


図-5 植栽木の平均樹高の経年変化

植栽木の生育調査において記録した侵入木のデータから、試験プロットあたりの侵入木の平均本数を植栽樹種ごとに算出し、経年変化を表-1に示した。

侵入木の平均本数の結果より、試験プロットへの侵入本数に規則性は見られず、全ての樹種において経年的な増減があった（表-1）。ただし、オニグルミを植栽した試験プロットにおけるハリエンジュ稚樹侵入本数は減少傾向がみられ、令和元～4年にはハリエンジュ稚樹の侵入は確認されなかった（表-1）。

侵入木として在来種ヤマグワについても平均本数を示した（表-1）。他にも在来樹種は数種類（エゾヤマザクラ、エゾノバッコヤナギ、ナナカマド等）が侵入木として確認されたが、複数のプロットに出現した樹種はヤマグワのみであった。ヤマグワは河畔林によくみられる樹高10～12mほどの落葉広葉樹である⁷⁾。侵入経路としては、試験地周囲に数本生育しているヤマグワの成木からの散布、もしくはヤマグワの実が鳥が好んで食べるため、鳥散布によるものと考えられる。

(4) ハリエンジュ林面積の変化

樹林面積調査により、平成19、27、28、令和4年における試験地周囲のハリエンジュ林の面積を算出し、表-2に示した。また、平成19年と令和4年のハリエンジュ林の分布範囲を図-6により比較した。その結果、試験地周囲のハリエンジュ林面積は増加傾向であり、試験地上流側の開けた裸地や草地に分布範囲を広げていることが示された（表-2、図-6）。

ハリエンジュは、水平根の伸長により恒常的に根萌芽を発生しており、それが裸地や草地等の光環境の良好な場所に発生すると、定着する可能性が高まることが知られている¹⁰⁾。したがって、本試験地上流側に位置する開けた裸地や草地は、試験地周囲のハリエンジュ林にとって侵入しやすい環境であり、今後も拡大する可能性が考えられる。

表-1 試験プロットへの侵入木の平均本数

プロットの植栽樹種	プロット数	1プロットあたりのハリエンジュ稚樹侵入本数				1プロットあたりのヤマグワ侵入本数			
		H25	H28	R1	R4	H25	H28	R1	R4
ハルニレ	8	1.4	0.3	1.9	0.9	0	0	0	0.9
ヤチダモ	8	2.3	1.5	0.4	1.8	0	0.5	0	0.8
オニグルミ	4	2.8	0.5	0	0	0	0.8	0.3	1.8
ミズナラ	4	0.3	0.3	0	0.8	0	0.8	0	2.8
イタヤカエデ	4	2.0	0.8	0	0.3	0	0.3	0.5	0.5
ドロノキ	4	3.5	0.5	1.5	1.0	0	0	0	1.5

表-2 ハリエンジュ林面積の変化

撮影年	H19	H27	H28	R4
面積	5331.2 m ²	6826.0 m ²	9131.8 m ²	10527.1 m ²

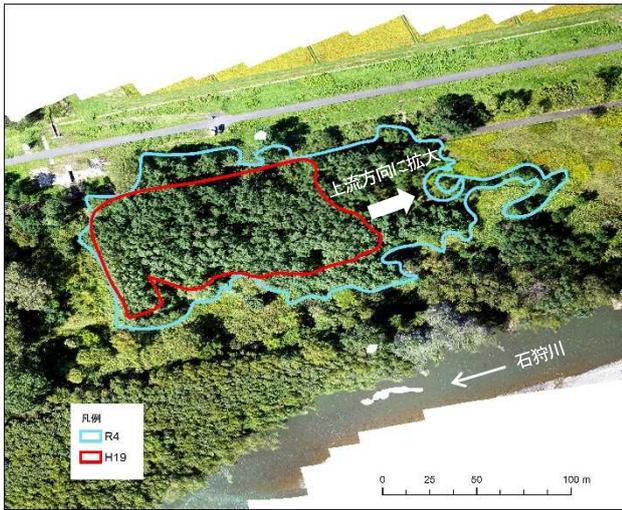


図-6 ハリエンジュ林の分布範囲の変化

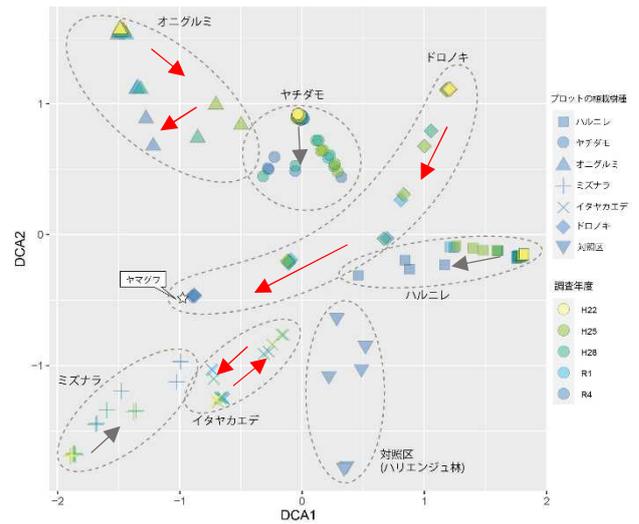


図-7 DCAの結果

3. 林分構造の変化

(1) 解析方法

a) 林分構造の経年変化の解明

試験地の成林過程（林分構造の変化）を視覚的に把握するために、除歪対応分析（DCA：Detrended Correspondence Analysis）を用いて、試験プロットの林分の類似性を2次元平面上に表した。DCAとは、生物の種構成などの多変量データを比較・解釈するための多変量解析手法の一つである。

解析対象は、平成25、28、令和元、4年における各試験プロットの植栽木と侵入木の樹種、本数とした。侵入木の樹種は、試験プロット内に侵入が複数見られたハリエンジュ稚樹とヤマグワを使用し、その他の樹種については侵入本数が1個体以下のため解析対象から除外した。なお、侵入木が入る前の状況を代表して、平成25年の3年前である平成22年のデータを追加した。また、対照区として試験地近傍のハリエンジュ林内に6プロット（各3m×4m）を設定し、プロット内の樹種と本数を解析に用いた。

この解析によって明らかにしたい仮説は、次の2つである。

- ・仮説①：試験プロット内の林分構造は、周囲のハリエンジュが種子散布や根萌芽により侵入することにより、経年的に元のハリエンジュ林に近づいていく可能性がある。
- ・仮説②：植栽樹種の生態的特徴により試験プロットの林分構造の変化傾向は異なる可能性がある。

(2) 林分構造の変化と侵入木の関係

DCAの解析結果を、図-7に示した。図中の記号は各試験プロットを表しており、記号（試験プロット）同士の距離が近いほど、林分構造の類似性が高いことを表し

ている。なお、点線の楕円は、DCAの結果を見やすくするための補助線であり、統計的な意味は持っていない。また、横軸及び縦軸の数値は、DCAの解析過程で算出されたものであり、数値自体は意味を持たないため、記号（各試験プロット）間の相対的な距離の大小によって評価する。図中の☆は、各プロットの林分を構成する樹種のうち侵入種である在来樹種ヤマグワを表したものである。☆の近くに位置する試験プロットほど、ヤマグワが多く生育していることを表している。

a) 仮説①の検証

DCAの結果より、ヤチダモ、ハルニレ、ミズナラを植栽した試験プロットは、年を経るに従って対照区の林分構造に近づいた。一方でオニグルミ、イタヤカエデ、ドロノキを植栽した試験プロットは、対照区に近づく年も見られたが、令和4年には対照区から離れた方向に移動した（図-7）。対照区から離れた理由は、対照区の林分構造に近づく要因であるハリエンジュ稚樹の侵入が継続的ではなく、侵入と枯死を繰り返しているからであると考えられる（表-1）。以上の結果から仮説①について、試験プロットの林分構造は年が経つにつれて元のハリエンジュ林に近づいている傾向はあるが、その変化傾向は樹種によってばらつきがあることが示された。

b) 仮説②の検証

DCAの結果より、林分構造の変化の仕方は植栽樹種によって異なっていた。例えば、ドロノキを植栽した試験プロットの林分構造は、最も変化した距離が大きかった（図-7）。その理由として、植栽したドロノキが減少した代わりに、ハリエンジュ稚樹やヤマグワなどの侵入木に置き換わっているからであると考えられる（図-4、表-1）。また、ミズナラとオニグルミを植栽した試験プロットは、他の植栽樹種の試験プロットよりも対照区の林分から離れた位置となった（図-7）。その理由として植栽木の生存率が高いことや、ハリエンジュ稚樹の侵入本

数が少ないことが考えられる(図-4、表-1)。オニグルミとミズナラは、生態的特徴として他感作用(アレロパシー)により他種の侵入を抑制することが知られている^{8,9)}。特にオニグルミについては、既往研究によりハリエンジュの実生に対して抑制作用があることが示されている⁹⁾。本試験地においても、オニグルミを植栽した試験プロットでは、平成25~28年にハリエンジュ稚樹が侵入しているものの、令和元~4年には侵入が食い止められていたことから、オニグルミの成長に伴い同様の作用が働いたと考えられる(表-1)。また、ミズナラについては他の樹種よりも生存率が高いため、林分構造を変化させにくい特徴を持っていると考えられる(表-1、図-4)。以上の結果から、仮説②の植栽樹種の生態的特徴によって林分構造の変化傾向が異なることが示された。

4. 今後の課題

本稿では、林種転換試験における15年間の植栽木の生育状況の変化や、各試験プロットの林分構造の変化を可視化・評価してきた。林種転換試験全体としては、生存率が低い樹種(ドロノキ、ハルニレ)もあるが、その他の多くの樹種で高い生存率、順調な樹高成長が見られた。そのなかでもオニグルミやミズナラはハリエンジュ林下でも枯死しにくいことや、アレロパシーによる侵入木への抑制効果があることから、ハリエンジュ林下での植栽木に向いていると考えられる。一方でドロノキは虫害や被陰を受けやすく、林分構造を維持しにくいこと、ハリエンジュ林下での植栽木に向いていないことが示唆された。また、ハルニレはエゾシカによる食害を受けやすいため、今後植栽する際は、1箇所にとまらず他の樹種と混在させて植栽する等の配慮が必要である。ただし、植栽後15年目の段階において植栽木は林冠に未到達であるため、上層木を成すハリエンジュ林に対して今後どのような植栽樹種が影響を及ぼし、どのように林種転換が起こっていくのかは未解明である。今後、林種転換の汎用性を明らかにしていくためにも、モニタリングを継続して成林過程を見守る必要がある。

また、試験地を設定したハリエンジュ林の分布範囲は、上流側の開けた空間の方へ拡大していた。そのため、今後植栽木がハリエンジュ林冠に到達する過程で、ハリエンジュ林がさらに拡大することが懸念される。したがっ

て、林種転換を実施する一方で、既存のハリエンジュ林の拡大を抑制する対策についても検討する必要がある。

引用文献

- 1) Taniguchi T., Tamai S., Yamanaka N., Futai K. (2007) Inhibition of the regeneration of Japanese black pine (*Pinus thunbergii*) by black locust (*Robinia pseudoacacia*) in coastal sand dunes. *Journal of Forest Research*, 12:350-357
- 2) 小林峯太、畑哲大、丸山知裕、堀田朋勢、牧玲佳、島野光司(2014) 梓川周辺に生育するケショウヤナギ、コゴメヤナギ、ハリエンジュの年輪解析 信州大学教育学部附属志賀自然教育研究施設研究業績51: 7-12
- 3) Rice S.K. Westerman B. Federici R. (2004) Impacts of the exotic, nitrogen-fixing black locust (*Robinia pseudoacacia*) on nitrogen-cycling in a pineoak ecosystem. *Plant Ecology* 174: 97-107
- 4) 藤井義晴、石川恵理、浦口晋平(2009) ニセアカシアのアレロパシー(崎尾均 編)ニセアカシアの生態学: 外来樹の歴史・使用・生態とその管理:237-254. 文一総合出版、東京
- 5) 天野直哉、米元光明、森田共胤(2010)河川におけるハリエンジュ林の林種転換について 第54回北海道開発技術研究発表会論文
- 6) 小島康夫、安井洋介、折橋健、寺沢実、鴨田重裕、笠原久臣、高橋康夫(2007)エゾシカの樹皮嗜好性と小径樹幹の内樹皮成分との関係 日本森林学会誌 88(5): 337-341
- 7) 斎藤新一郎(2022)北海道樹木図譜:258-259, 268-270, 289-292, 353-355 北海道大学出版会、札幌
- 8) Li H.H., Lajide L., Nidhimura H., Hasegawa K., Mizutani J. (1993) Allelochemicals in the Soil beneath *Quercus mongolica* Fisch var. *grosseserrata* Rehd. *Wils. Weed Reserch, Japan* 38:282-293
- 9) 鄭矩、藤井義晴、吉崎真司、小堀洋美(2011)オニグルミのアレロパシー活性がニセアカシアの実生の初期成長に及ぼす効果 日本緑化工学会誌36(4):475-479
- 10) 尾崎均、川西基博(2009)ニセアカシアの萌芽力(崎尾均 編)ニセアカシアの生態学: 外来樹の歴史・使用・生態とその管理:175-183. 文一総合出版、東京