

自然の営力に着目したハリエンジュ対策に関する考察

Study of locust tree control by natural scheme in Aka River

水辺・まちづくりグループ 研 究 員 小川 豪司
 リバーフロント研究所 所 長 前田 諭
 生態系グループ 研 究 員 毛利 雄一

本稿は、赤川で平成17年から平成21年までに実施したハリエンジュ対策手法に係わる検討を最終年度に続けたもののうち、河岸掘削工法による自然の営力を利用した対策手法について報告するものである。

現在、赤川では砂礫供給の減少、河床低下、流路の固定化の進行に伴い、河川敷において外来種のハリエンジュ (*Robinia pseudoacacia* L.) の侵入拡大が顕著である。全国的に他河川でも対策は行われているものの、旺盛な再萌芽の抑制、実生対策、維持管理を含む中長期的な対策手法については、模索中であると言える。

そこで、現地調査結果からハリエンジュの生育状況と生育する地盤高の関係を分析した上で、赤川中流域河岸において試験掘削工を実施した。冠水頻度の異なる3箇所にコドラートを設置して、冠水頻度の違いとハリエンジュ及び河原植生の生育状況を調査した。調査の結果、低水位水面から比高差1.0m以内の箇所では、ハリエンジュの萌芽や実生に対する有意な抑制効果が確認され、掘削後断面では、河原固有植物の生育が確認された。

本対策手法は、外来種対策とともに河原固有植物の再生、多様性ある健全な在来草本植生群落によるハリエンジュに対する侵入抵抗要因の形成について有効な手段となりうると考えられた。さらにドライウェイ等、高水敷を面的に捉えた新しい観点からの攪乱頻度向上方策による抑制対策及び実生対策について具体的に考察し提示した。

これらの諸元をもとに、具体的な掘削対策工を立案し、維持管理の軽減を考慮し、自然の営力に着目・活用したハリエンジュ駆除・抑制工法及び実生対策を提案するものである。

キーワード：河岸掘削、攪乱頻度、低水位、ハリエンジュ、萌芽、実生、河原固有植物群落、ドライウェイ

This paper aims to summarize locust tree control by riverbank excavation construction using natural power, as a result of examination of locust tree control implemented from 2005 to 2009 in the Aka River.

At present in the Aka River, reforestation by non-native locust trees (*Robinia pseudoacacia* L.) has accelerated in flood channels due to reduction in sediment supply, lowered riverbed, and immobilization of flow channels. Although locus tree controls have already been taken in other rivers throughout Japan, it can be said that drastic solutions with regard to mid-and long-term control measures, including inhibition of re-sprout, are now being sought on a national level.

Therefore, we analyzed the relations between the growth situation of locust trees and the ground height at which they grow based on the results of field surveys. Then, we carried out trial excavation work on the riverbed in the midstream basin of the Aka River, and installed quadrates at three sites with different frequency of submergence due to flooding in order to investigate the difference in submergence frequency, the growth situation of locust trees and riverbed vegetation. As a result, we confirmed the possibility of control on germination and seedling of locust trees at a site within 1.0 meter lower than the water surface at a low-water level, and found that flooding inhibited continuous growth. We also confirmed that riverbed plants grew at the site at the same or lower level as the ground height. It is concluded that control measures can be an effective control of alien species as well as restoration of riverbed plants. In addition, we proposed locus tree and seedling control by increase of submergence rate, such as dry-way.

Based on the above data, we aim to plan specific excavation work, and to propose a construction method for locust tree extermination and measures against seedlings in view of alleviation of maintenance and management burdens.

Key words : Riverbank excavation, disruption frequency, low-water level, locust tree, germination, seedling, riverbed plant, dry-way

1. はじめに

赤川では、大正10年～昭和17年までの放水路事業をはじめ、ダム、砂防、築堤など治水・治山施設の整備などにより治水安全性が向上するとともに、農業用水等の利水施設の設置等により、安定的な水利用が高まるなど、治水・利水事業は着実に住民生活の向上に寄与してきた。

しかし、河川環境の面では流路の固定化が進み、河床低下の進行と相俟って、高水敷等の樹林化と乾燥化、とりわけ移動が停滞した寄州や高水敷に外来種のハリエンジュ (*Robinia pseudoacacia* L.) が急速に繁茂した。その結果、河原固有の在来植物に影響を及ぼし、赤川流域における

生物多様性や絶滅危惧種等河川環境に変化が生じるようになってきた。そのため、赤川では「赤川自然再生計画書(案)」を策定し、その一環としてハリエンジュの対策を講じてきた。



ハリエンジュ対策については、赤川のほか、多摩川、千曲川、奈良井川など全国的に実施され、一定の効果が確認されている。しかしながら、再萌芽の抑制、実生対策、樹木管理を含む中長期的な対策手法については検討段階にあり、対策実施後にも維持管理として何らかの方策を必要としているのが現状である。

赤川では「赤川自然再生計画書(案)」に則り、ハリエンジュ対策に関する複数の試験対策工を実施し、対策手法についての知見を収集してきたが、本稿では、上記の現状を踏まえ、自然の営力に着目・活用したハリエンジュ対策手法の検討結果について報告する。

なお、本稿は、東北地方整備局酒田河川国道事務所の検討業務成果をもとにとりまとめ、紹介するものである。赤川では、平成17年度より赤川自然再生事業を開始しており、本来の赤川が有する植生環境を回復するために、ハリエンジュの駆除が進められている。

2. 研究の背景

2-1 対象河川の概要

対象河川である赤川は、新潟県境に近い山形県鶴岡市朝日山系以東岳付近に源を発し、渓谷から扇状地、庄内平野に流れ出て北流し、海岸砂丘を開削した赤川放水路を通じて日本海に注ぐ、流域面積856.7km²、流路延長70.4kmの一級河川である(図-1)。流域では、

月山ダムと荒沢ダムの2つの大規模ダムやその他利水専用ダム、直轄砂防事業、道路整備等が行われ、多くの法面防護の緑化処理が行われてきた。



図-1 赤川流域
(出典：赤川自然再生計画書(案))

2-2 河道特性の変化

昭和30年代後半から昭和40年代前半までの赤川は、礫河原が広がる河川であったが、土砂供給量の減少、河床低下、低水路の固定化、寄州の移動停滞などにより、礫河原面積の縮小(図-2)、高水敷と低水路の比高差拡大(図-3)等が顕著となり、高水敷における樹林化の主たる要因となっている。

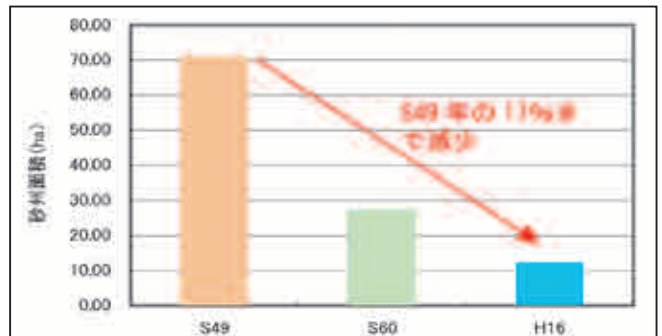


図-2 礫河原面積の推移

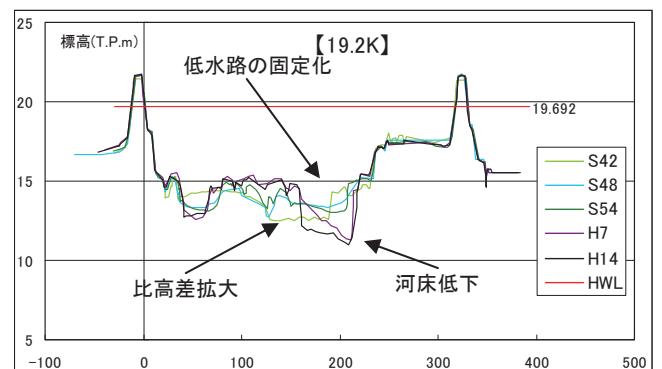


図-3 横断形状の変化(19.2k)

2-3 ハリエンジュ群落の侵入特性

河川水辺の国勢調査によると、ハリエンジュの群落面積は平成6年に39.94m²、平成11年には40.62m²、平成16年には58.37m²と増加傾向にある(図-4)。

しかし、ハリエンジュ群落の侵入範囲は、赤川の直

轄管理区間31.6kmのうち、15.0km～30.0km区間に集中する(図-5)。15.0kmより下流域にはほとんど形成されていない。この特徴的な現象は、15.0kmより下流域の土壌の湿性、草本群落の形成など、物理的・生態的な侵入抵抗要因の作用によるものと示唆される。

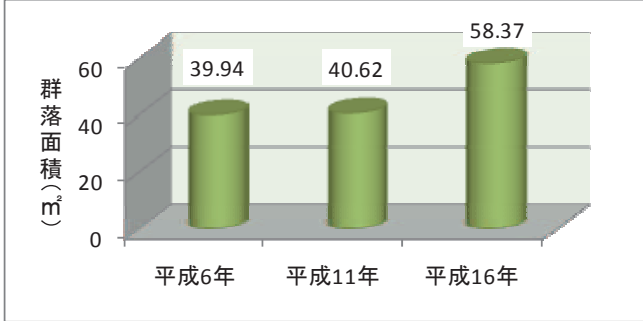


図-4 ハリエンジュ群落面積の推移

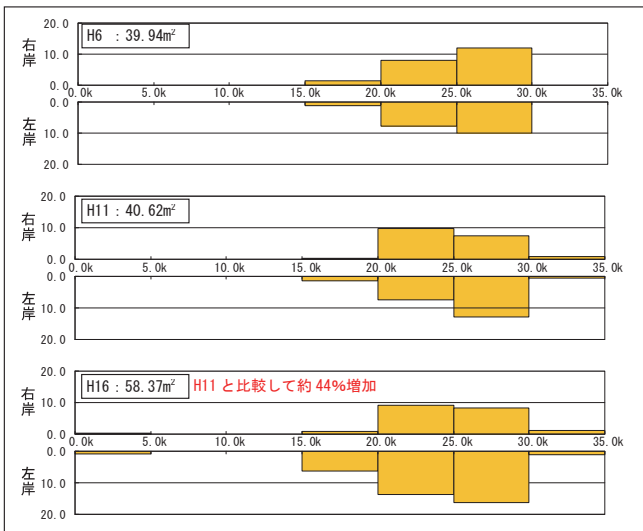


図-5 距離別ハリエンジュ群落面積の推移

2-4 ハリエンジュがもたらす問題点

ハリエンジュは他の一般的な植物のように種子からの繁殖のほか、特に大きな問題を成す地中の水平根から発生する根萌芽がある。また、自然攪乱や人為的に損傷した幹からの再萌芽、休眠種子を有する土壌シードバンク、放散する種子など、生存のための多様な戦略を有している(文献1)。近年急激に生育範囲を拡大しているハリエンジュについては、ハリエンジュ侵入林における種多様性の低下(文献2)、潜在自然植生の成立立地の占有(文献3)、河原固有植生への影響(文献4)など生態系への被害が報告されている。また、リング炭そ病の伝染源となる(文献1)こと、棘による傷・水辺へのアクセス妨害も報告されている。

3. 検討内容

3-1 仮説の設定

赤川におけるハリエンジュの生育状況を現地を確認すると、水際に近い箇所ではハリエンジュが生育しておらず、水際から比高差のある堤防側ほどハリエンジュが生育していることが認められる。

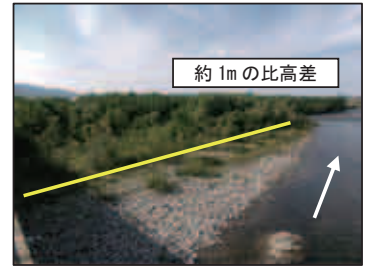


写真-1 水際と堤防側における植生の繁茂状況の違い

詳細に見ると、水際には礫河原とヨモギ等草本群落が形成され、堤防側に向かいススキ等の高茎草本、ハリエンジュや高木のオニグルミ群落などが生育している。赤川でみられる植物の生育状況やその分析結果等を踏まえて、以下の仮説を立て、対策手法を検討した。

- 1.ハリエンジュ伐採・抜根・丁寧な木片除去後に河岸部の掘削を行い、冠水頻度を高めることにより、ハリエンジュ繁茂の抑制ができないか。
- 2.河岸部の掘削後、地盤高に応じた植物群落が形成され、冠水頻度が高い箇所では河原固有の植物群落が生育しないか。

以上の仮説を検証するため、河岸掘削によるハリエンジュ対策試験を行うこととした。

3-2 掘削工の選択と試験掘削深設定の根拠

ここで掘削に着目したのは、ハリエンジュが既に優占的に侵入してしまった河川においては、河川敷の掘削工法が最も基本的で効果的と考えたためである。

その根拠は、ハリエンジュの抜根後の残留水平根の除去、埋土種子の撤去、礫層の露出、洪水攪乱頻度の向上等自然営力の活用などである。

まず、河岸の掘削深を推定するため、ハリエンジュの生育する地盤高と低水位との比高に着目し、平成14年度測量の200mピッチの定期横断測線と平成16年度作成の植生図を用いて全川にわたり検討を行った。

検討方法は、横断測線と植生図を重ね合わせ、横断測線とハリエンジュ群落との交差点を箇所数としてカウントした。測線上における群落内の最高地盤高と最低地盤高の平均を算出して、低水位を差し引き比高とした。その比高と群落の箇所数の関係を図-6に示す。

なお、低水位は、平成12年～平成16年の熊出地点における平均低水位時の流量が流下した場合の水位を横断測線ごとに不等流計算により求めた。

その結果、比高1.0mを境にハリエンジュ群落の形

成箇所数が大きく異なることが確認できた。すなわち、比高が1.0m付近ではハリエンジュ群落はほとんど形成されず、比高1.0mを越えると急激に箇所数が増加するという傾向であった。

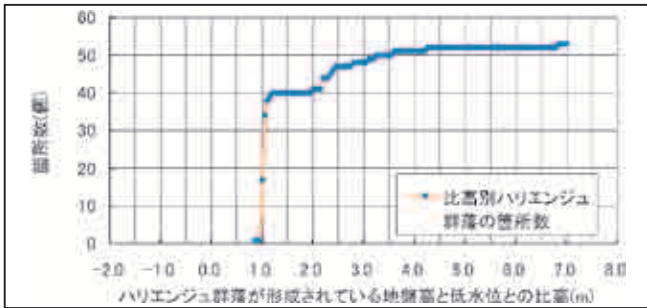


図-6 ハリエンジュ群落が形成されている地盤高と低水位との比高と群落箇所数の関係

3-3 河岸掘削試験工

ハリエンジュ群落と低水位との比高の関係を踏まえ、「低水位」、「低水位+1.0m」、「低水位+2.0m」の地盤高を含む3段のテラス状に試験掘削を行い(写真-2及び図-7)、「ベルト1」とした。なお、試験掘削地は、水際に礫河原が散在し高水敷にハリエンジュが繁茂する赤川24.2km左岸付近とした(図-8)。

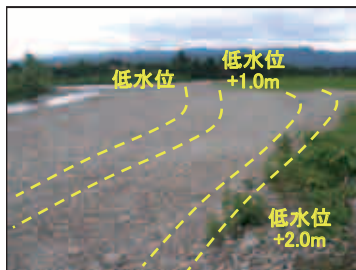


写真-2 試験掘削地

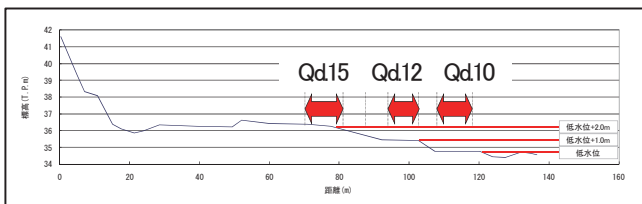


図-7 ベルト1における掘削面の地盤高

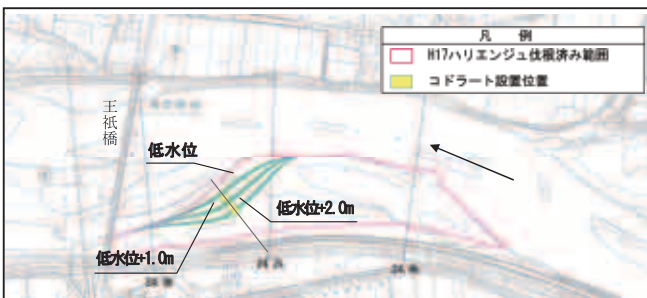


図-8 試験掘削位置図

3-4 モニタリングの方法

平成18年3月にハリエンジュの伐採・抜根・丁寧な木片除去及び試験掘削(図-7)が終了し、その後、平成21年までモニタリングを行った。モニタリングは低水位からの比高差別にコドラートを設置して実施した。図-7に示すように、低水位付近のコドラートを「Qd.10」、低水位+1.0m付近を「Qd.12」、低水位+2.0m付近を「Qd.15」とし、コドラート内において、ハリエンジュの萌芽または実生の本数、萌芽した株の平均高及び根元直径についてモニタリングを行ったほか、平成19年と平成21年にはコドラート内の植生調査を行い、優占種と出現種の被度・群度を調査した。

3-5 3年間にわたるモニタリングの結果

(1) 試験掘削地の冠水状況

平成18年～平成21年の試験掘削地における冠水状況をみるために、「Qd.10」(低水位付近)、「Qd.12」(低水位+1.0m付近)及び「Qd.15」(低水位+2.0m付近)における冠水頻度、冠水合計時間及び最大冠水継続時間(いずれも推算)を整理した(表-1及び図-9)。

「Qd.10」は、年平均75回の冠水が推定された。平成19年及び平成21年に100回前後の冠水があったが、平成20年は30回と他の年と比較して極端に少なく、年によりばらつきがあった。同コドラートでは、冠水合計時間、最大冠水継続時間もともに減少し、さらに平成21年は両者ともに過去4ヶ年で最も短かった。

「Qd.12」は「Qd.10」の半分以下という年平均31回の冠水があったと推算され、4年間のうち、冠水頻度は、「Qd.10」と同様、平成20年が最も低かった。冠水時間は平成21年が最も短かった。

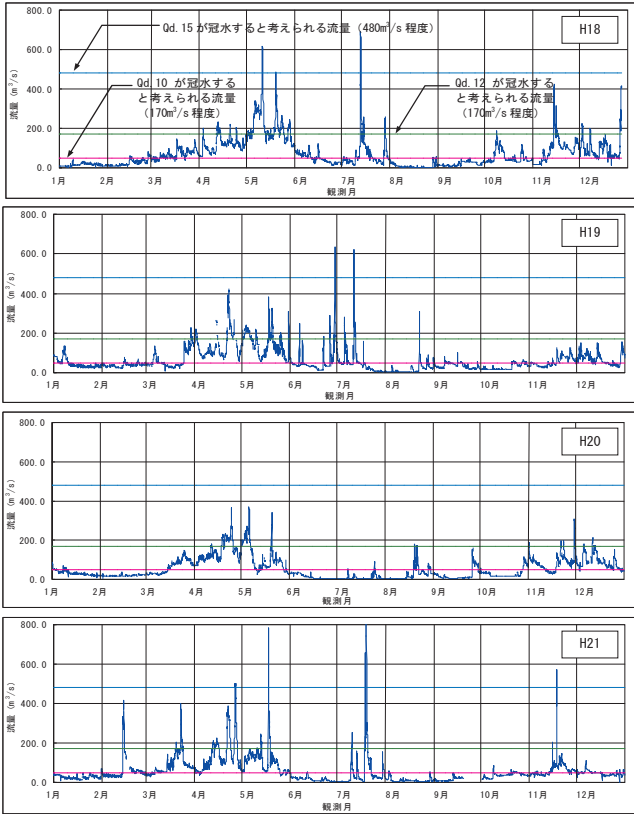
「Qd.15」は、年平均3回の冠水にとどまり、平成20年には480m³/s以上の流量が発生しなかったため一度も冠水がないと推定された。冠水時間は、他のコドラートと異なり、平成21年の冠水合計時間及び最大冠水継続時間が過去4ヶ年で最長であった。

平成20年は出水があまり起きなかったが、他の年では出水が起き、各コドラートの冠水頻度及び冠水時間に反映されたと言える。

表-1 平成18年～平成21年の冠水状況

No.	冠水流量 [推定]	冠水頻度(回数)				年平均	冠水時間(時間)※			
		H18	H19	H20	H21		H18	H19	H20	H21
Qd.10 低水位	50m ³ /s	60	95	30	113	75	4,086	3,508	3,351	3,227
Qd.12 低水位+1.0m	170m ³ /s	42	32	21	28	31	696	544	411	386
Qd.15 低水位+2.0m	480m ³ /s	3	2	0	5	3	17	11	0	30
							9	7	0	12

※ 上段：冠水合計時間、下段：最大冠水継続時間



※掘削地点流量は掘削水位・流量観測所の水位観測データを用いて、平成17年～平成20年のH-Q式により簡易的に算出した。

図-9 熊出地点における流量の推移

(2) 掘削試験地における礫河原の変化

掘削試験地における礫河原の定点写真を写真-3に示す。

平成18年3月に施工が終了した掘削試験地では、平成18年8月から平成20年6月まで比較的良好的に礫河原が維持されていた。平成20年6月から10月にかけては、400m³/sを越える出水がなかったことから(図-9)、10月になると掘削試験地は礫河原が減少し植生に覆われた。水際にも植生が侵入していた。翌21年の春季は400m³/sを越える出水が複数回あったことから(図-9)、6月には再び礫河原が回復した。その後10月にかけては出水がほとんどなく、6月に比べて植生が侵入することとなった。

出水等の攪乱が生じる年には礫河原となるが、出水が少ない年や起きない年には、礫河原はそのまま維持されるのではなく、植生が侵入することから、出水による適度な頻度の攪乱が生じるような河岸断面設計が重要であると考えられる。



写真-3 掘削試験地の変化

(3) ハリエンジュの侵入状況

掘削後3年7ヶ月が経過した平成21年10月時点のコードラート内におけるハリエンジュの生育本数(図-10)をみると、低水位付近に設置された「Qd.10」では0個体であったが、「Qd.12」(低水位+1.0m)と「Qd.15」(低水位+2.0m)では28本のハリエンジュが生育していた。



掘削後3年7ヶ月後の秋季には、低水位+1.0mより比高の高い箇所でもハリエンジュが生育していることが確認された。

写真-4 「Qd.12」における実生の侵入状況の状況

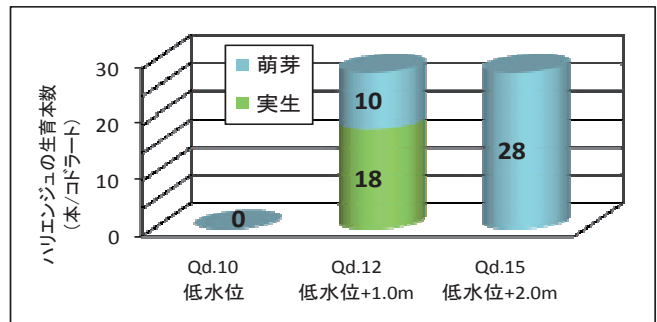


図-10 掘削3年7ヶ月後のハリエンジュの生育本数

次にコドラート内に生育しているハリエンジュの発生源を萌芽と実生に分けてみると(図-10)、「Qd.12」で生育していた28個体のハリエンジュのうち、10個体は周辺から侵入した水平根などからの萌芽であり(写真-5左)、残りの18個体は実生であった(写真-5右)。「Qd.15」では実生は発生しておらず、28個体全てが水平根からの萌芽個体であった。

この結果からは、低水位時の水面から比高が高くなるにつれて水平根を発生源とした萌芽個体の本数が多くなる傾向が示唆された。

実生は、流水による漂着、シードバンク内の休眠種子からの発芽、放散などから発生するが、低水位+1.0mの「Qd.12」でのみ発生していることから、比高の高い箇所では流水による漂着が起きにくいこと、草本による被陰効果などが推測され、比高の低い箇所では頻繁な出水による攪乱で実生が発生しても消失することが考えられた。実生の発生状況には、生育する箇所の冠水頻度が関連していると考えられた。

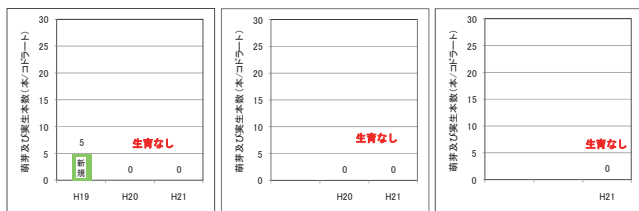


写真-5 水平根からの萌芽個体(左)と実生

(4) ハリエンジュの萌芽及び実生の消長

各コドラートのハリエンジュの消長を把握するために、各調査年で確認したハリエンジュにマーキングし、その後の状況を追跡した(図-11～図-13)。なお、ここでは萌芽と実生の区別はしていない。

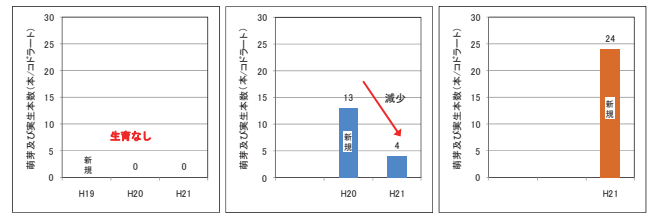
「Qd.10」(低水位)では、平成19年に5本のハリエンジュが確認されたが、翌20年にはそれらは消失し、その後は確認されなかった(図-11)。



平成19年発生個体 平成20年発生個体 平成21年発生個体
図-11 「Qd.10」におけるハリエンジュの消長

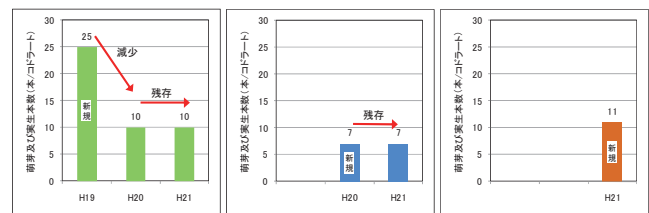
「Qd.12」(低水位+1.0m)でも、平成19年にはハリエンジュは確認されなかった。平成18年、19年と出水があったためと思われる(図-9)。出水の少なかった

翌20年には13個体が確認されたが、そのうち約70%にあたる9個体が翌21年に消失した(図-12)。平成21年には24個体が確認されたが、出水等が起きれば大きく減少することが推測された。



平成19年発生個体 平成20年発生個体 平成21年発生個体
図-12 「Qd.12」におけるハリエンジュの消長

「Qd.15」(低水位+2.0m)では、平成19年に25個体のハリエンジュが確認された。前項の結果(図-10)から、ほとんどの個体は周辺からの水平根による萌芽個体と考えられるため、「Qd.10」や「Qd.12」と異なり、出水のあった平成19年でも流出せず25個体のハリエンジュが確認されている。翌20年には確認された25個体の60%にあたる15個体が消失した。残りの10個体は平成21年まで成長を続けた。また、平成20年には新たに7個体のハリエンジュが確認され、翌21年にはそれら7個体全てが成長を続けた。



平成19年発生個体 平成20年発生個体 平成21年発生個体
図-13 「Qd.15」におけるハリエンジュの消長

上記結果から、低水位付近では殆ど萌芽や実生が発生しなく、低水位+1.0m付近では年により萌芽や実生は発生するものの、出水による攪乱の影響を受けて大きく個体数を減らすことが予想された。低水位+2.0m付近では出水により個体が減少する年もあるが、生育した個体が概ね残存する傾向にあることが推測された。

(5) 萌芽の高さ及び根元直径からみた特徴

コドラート内に萌芽したハリエンジュの平均樹高と根元直径の推移を図-14及び図-15に整理した。

平均樹高をみると、低水位から2.0m程度比高差のある「Qd.15」では、平成19年から平成20年にかけてやや減少したものの、平成21年には増大した(図-14)。平成19年から20年にかけては、成長していた25

個体のうち15個体が消失し、平成20年に新たに7個体の萌芽が発生したためと考えられる(図-13)。また、平成20年から21年の平均樹高の増大は、平成19年から残存した10個体に加え、平成20年から定着した7個体も平成21年にかけて残存したので(図-13)、それらの個体が成長を続けたためと考えられる。

「Qd.12」では、平成20年に13個体の生育が確認され、それらの平均樹高は「Qd.15」に比べてかなり低い30.4cmであった。平成21年にかけては、それら13個体のうち、9個体が消失し、新たに24個体の萌芽や実生が確認されたため(図-12)、平均樹高は減少した。

「Qd.10」では5個体が確認された平成19年は平均樹高73.0cmであったが、それらはその後消失し、平成20年及び21年では生育が確認されなかった(図-11)。

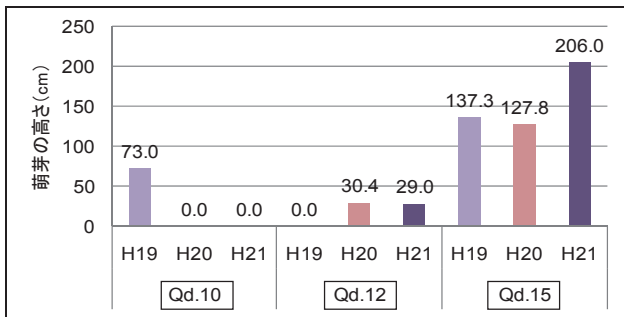


図-14 コドラート別の萌芽の高さ

コドラート内の萌芽の平均根元直径の推移をみると(図-15)、萌芽の高さの推移と概ね同様の傾向を示した。すなわち、平成19年から平成20年にかけて個体が消失した「Qd.15」では、根元直径も変化はなかったが、全ての個体が残存した平成20年から21年にかけては成長が進み、根元直径の平均も増加に転じた。

「Qd.12」では、平成20年から21年にかけて生育していた個体のうち多くは消失したため、平均根元直径はやや減少した。

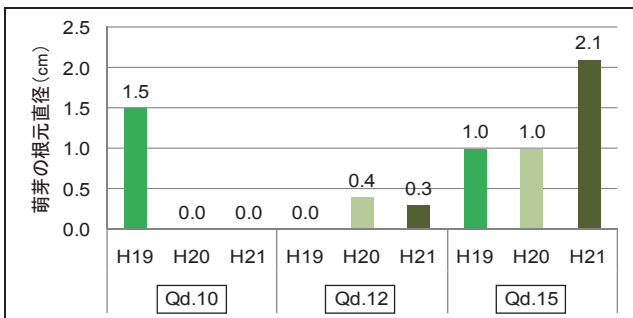


図-15 コドラート別の萌芽の根元直径

低水位+2.0m程度の比高差のある箇所では、出水による攪乱の影響が少なく、ハリエンジュは成長を続け

るため、平均樹高及び平均根元直径は増大する傾向を示すが、低水位+1.0mより比高の低い箇所では、攪乱の影響を受け、個体群としての成長が抑制されることが示唆された。

(6) 試験掘削後の植生相の変化

掘削後、各コドラートでは平成19年と平成21年に植生調査を実施した。それらの結果を用い、試験掘削後の植生の変化を表-2及び写真-6に整理した。

表-2 植生調査結果(平成19年及び平成21年)

Qd.No.	調査年	低木層			第二低木層			草本層		
		高さ(m)	植被率(%)	優占種	高さ(m)	植被率(%)	優占種	高さ(m)	植被率(%)	優占種
Qd.10 低水位	H19	---	---	---	---	---	---	0.4	1	---
	H21	1.5	3	シロヤナギ	---	---	---	0.7	25	ツルヨシ
Qd.12 低水位+1.0m	H19	---	---	---	---	---	---	0.8	50	ヨモギ
	H21	---	---	---	---	---	---	2.5	85	ススキ
Qd.15 低水位+2.0m	H19	2	15	ハリエンジュ	---	---	---	1	80	ヨモギ
	H21	5	15	ハリエンジュ	---	---	---	3	95	ススキ

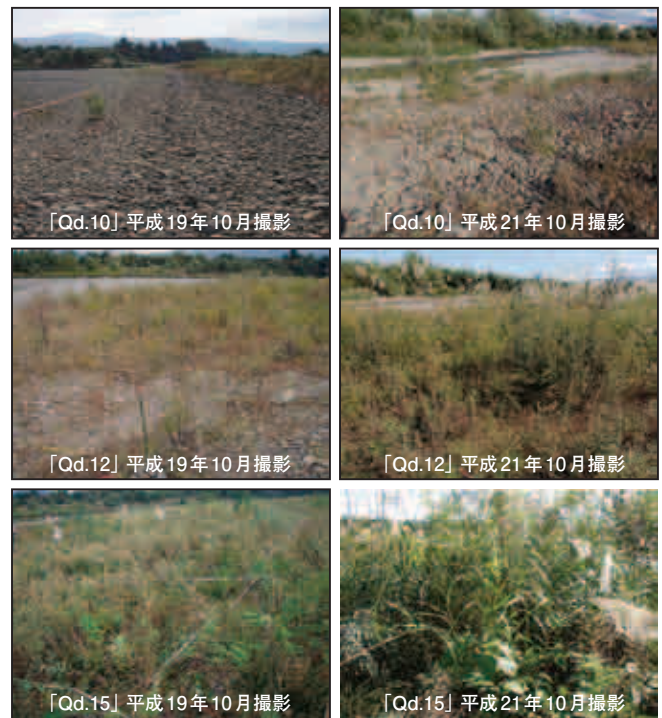


写真-6 各コドラートの状況

「Qd.10」では、掘削後約1年半が経過した平成19年10月でも直径50mm～150mmの礫による礫河原が維持されていた。ハリエンジュは殆ど確認されなかった。平成21年に礫河原の面積は減少したものの、ハリエンジュは殆ど生育しておらず、コドラート内は湿性植物のツルヨシが生育し、河川の攪乱に依存するシロヤナギの生育も認められた(写真-6上段)。

「Qd.12」では、掘削後約1年半の平成19年には礫河原はコドラート内の約半分の面積に減少した。コド

ラート内の50%は河原などに群生する多年生草本のヨモギに占有されていたが、ハリエンジュは殆ど生育していなかった。平成21年には優占種はヨモギからススキへと変化し約80%が植生に覆われた。平成20年における少ない出水が原因と考えられる(図-9)。

ハリエンジュの実生は確認されたが、カワラケツメイやアキグミ、ミヤマカワラハンノキ等河原に特徴的な種も確認された(写真-6中段)。

「Qd.15」では、平成19年に低木層としてハリエンジュが優占しており、平成21年でも大きな変化はみられなかった。草本ではヨモギ群落からススキ群落に遷移が進み植生率も増加した(写真-6下段)。

4. 仮説の検証と掘削計画深に関する評価

本研究を行った試験掘削地では、高さの異なる3箇所にコドラートを設置し、ハリエンジュの生育状況及び植生相の推移についてモニタリングを行ってきた。

4-1 仮説の検証

仮説の検証の観点から、以下のように整理できる。

- ①【低水位程度の地盤高】：年間平均75回程度の冠水が想定される。礫河原が概ね維持され、流量によって若干ながら植生に覆われる。【低水位+1.0m付近】：年間平均30回ほど冠水し、裸地化と植生繁茂の繰り返し、【低水位+2.0m付近】：冠水しない年もある。概ね植生に覆われる。
- ②【低水位程度の地盤高】：ハリエンジュは殆ど生育しない。【低水位+1.0m付近】：流量により萌芽や実生は発生するが、消失する個体も多く、生育が抑制される。【低水位+2.0m付近】：実生は発生しないが、根萌芽した個体そのまま残存する傾向がある。成長を抑制するまでには至らない。
- ③【低水位程度の地盤高】：概ね礫河原が維持されるが、流量が少ない場合は湿性植物のツルヨシや河川の攪乱に依存するシロヤナギが生育する。【低水位+1.0m付近】：攪乱頻度が低い年には礫河原が植生に覆われ、多年生のヨモギ等が繁茂する。更に遷移が進むとススキ等に変化する。また河原に特徴的な種も生育する。【低水位+2.0m付近】：ヨモギやススキなどに概ね覆われ、根萌芽したハリエンジュは成長を続ける。

上記を踏まえると、本研究では、低水位+1.0mより低い地盤高であれば、ハリエンジュが成長し、大きな群落を形成するには至らないと考えられ、『仮説1：ハリエンジュ伐採・抜根・丁寧な木片除去後に河岸部

の掘削を行い、冠水頻度を高めることにより、『ハリエンジュ繁茂の抑制ができないか』を検証できたと考えている。また、低水位付近ではツルヨシやシロヤナギが生育し、低水位+1.0m付近では、ヨモギやススキのほか、カワラケツメイやアキグミなどが生育することから、『仮説2：河岸部の掘削後、地盤高に応じた植物群落が形成され、冠水頻度が高い箇所では河原固有の植物群落が生育しないか』についても、土壌の湿性、多様性ある健全な在来植生群落による被陰圧力など水文的・生態的侵入抵抗要因によるハリエンジュや実生の抑制作用が働き、在来植生群落の成立が検証できたと考えている。

なお、過去10年間の低水位+1.0m付近の想定冠水時間を整理すると、図-16のようになる。前述したように平成20年及び21年のほか、平成16年、平成17年も冠水時間が少ないが、平成12年や15年、18年、19年のように2、3年に一度は冠水時間が長く、低水位+1.0m以下であれば、ハリエンジュ群落の継続的な拡

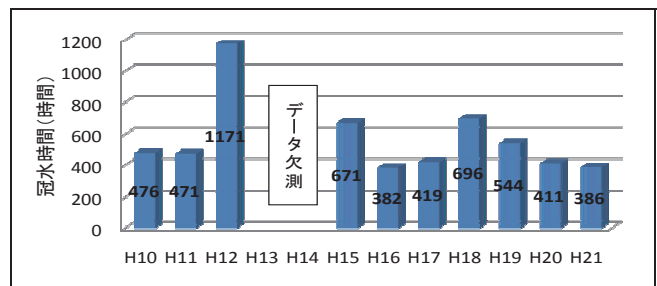


図-16 低水位+1.0m付近の想定冠水時間

大に対する抑制されると考えている。

4-2 掘削計画深の設定

上記の機構は、図-17に示すように、ハリエンジュの生育基盤となる堆積した表層細粒土層(赤川では概ね約5cm～約50cm厚が多い)が洪水攪乱により流出することによりハリエンジュの定着・成長を抑制するものである。

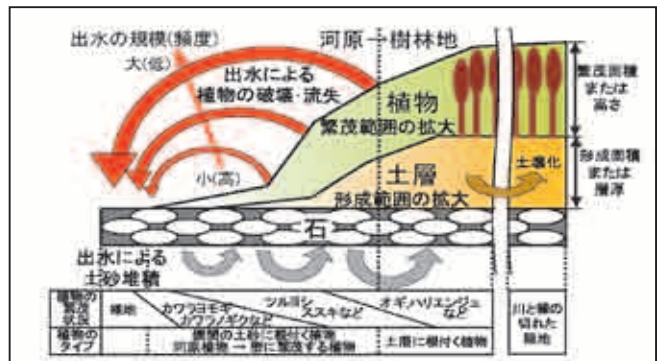


図-17 洪水と関連した河道内における植物の変化 (出典：多摩川の総合研究-永田地区の河道修復-)

但し、水平根が伸張し、マトリクス（河床の礫間を埋める土砂）やその下層の礫層に根付き絡まると次第に流れにくくなる（但し、ハリエンジュは深さ約10cm～約30cmの浅層根である）ことが現地で観測されている。

したがって、掘削工にあたっては、ベルト1におけるモニタリング結果等から、河岸あるいは高水敷を「低水位+1.0m」まで掘削することが適切であることが導出された。この程度まで掘削すれば、赤川では、殆どの場合、それより浅い深さで礫層が露頭するので、土砂が礫に付着しない乾燥状態で、かつ「浮き石」状態で掘削を止め、均せばよいと考えている（「スケルトンバケット工法」と同様の効果を発揮する）。

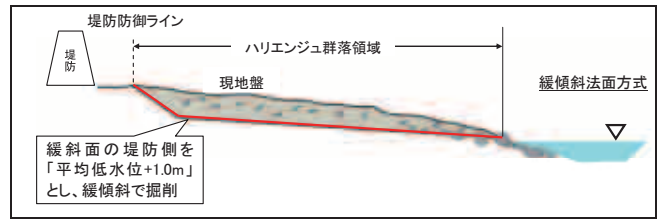


図-18 高水敷の掘削イメージ（緩傾斜法面方式）

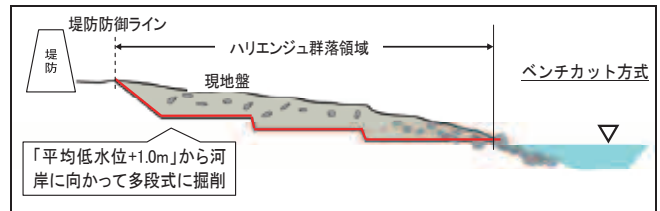


図-19 高水敷の掘削イメージ（ベンチカット方式）

5. 自然の営力に着目し利用した対策の提案

上述したように、本試験掘削による結果としては、低水位+1.0m以下まで掘削することで、出水による攪乱や在来植生の繁茂等水文的・生態的抵抗要因により、ハリエンジュ群落の継続的な拡大は抑制されると結論づけたが、低水位程度の高さに比べ、低水位+1.0m付近では若干ながらハリエンジュが生育することが確認されており、①水平根による根萌芽と②実生への対策が必要と考えられる。

5-1 根萌芽への対策

モニタリングでは、地盤高の高い箇所ほど根萌芽個体が多い傾向にあったが、これは本試験掘削が河岸部のみの掘削であったため、堤防側の高水敷から水平根が伸張し、萌芽した可能性が高いと考えられる。また、ハリエンジュの根は平均約15cm（赤川での観測）の浅い地下茎を水平方向に最大60mほど延伸することが知られている（海岸砂丘での観測）（文献1）。

そのため、ハリエンジュの群落範囲や拡大方向等に応じて、掘削は可能な限り面的に広い範囲を対象として、実施することが望ましいと考えられる（図-18及び図-19）。高水敷の掘削では、洪水が流下しやすい（「走る」）ように、平面的な掘削範囲や形状計画に留意すべきである。平面的な掘削形状によっては流水の緩流域や止水域を創出することとなり、また堤防寄りの掘削面になるほど流速が緩やかになる。このような場合には、それら緩流域や止水域が洪水時に運ばれた種子や細粒土が堆積しやすい場所となる。このため、維持管理の軽減の上から、自然営力を活用し、止水域や緩流域を創出しないように、上下流の洪水時の流向や掘削平面形状をみて、河川の洪水がどのように流れ、また流下しやすいように掘削の平面形状を面的に検討することが重要である。

5-2 実生への対策

掘削してハリエンジュを駆除しても、裸地に先駆種として種子の侵入が懸念されるので、実生対策が重要である。ハリエンジュの種子の定着は、主に融雪出水季や夏季から秋季の出水時期が考えられるが、秋季に定着し発芽した個体はほとんど冬を越すことはできないと言われている（文献1）。そのため、実生対策の対象は、融雪出水や夏季の出水時に定着した個体となる。

対策としては、掘削後、芽生え時の「抜き取り」を実施することが望ましいと考えている。融雪出水後の6月や7月頃までは、実生は、写真-7のような水平根でなく、直立根のみのため（写真-8）、当該時期であれば、湿潤状態の細粒層で柔らかく直立根のため幼樹の抜き取りは容易に行うことができる。

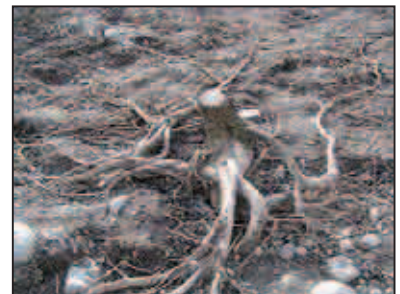


写真-7 ハリエンジュの水平根



写真-8 実生期の直立根

また、掘削後の抜き取りは、在来植生の繁茂及び成長を促し、ハリエンジュへの被陰圧力効果の促進も期待できる。

5-3 旧流路の活用による攪乱頻度の向上策

赤川では、滞筋の固定化・単列化により高水敷の冠水頻度が低下しつつある。そのため、高水敷に残る比高の比較的低い旧流路(跡)を復元・利用し、攪乱頻度を向上させる手法も有効な対策案の一つと考えられる。

ハリエンジュの萌芽抑制とともに礫河原や湿地、たまりなどの復元を同時に行うことができる「旧流路(ドライウェイ・ウェットウェイ)復元工法」が対策法の一つとして提案される。

植生図(河川環境基図)を詳細に見て、また現地調査を行い高水敷の微地形をよくみると、旧流路跡は周辺に比して高さが低く窪地(凹地)状になっている。

植生図によれば、礫河原、ツルヨシ、高茎草地などとなっており、ハリエンジュ群落の拡大がその旧流路で停止し、群落が分断したりしている。前述したように水平根がこの旧流路を越えられないこと、出水時流水が流下し攪乱が生じやすいこと、地盤に礫・玉石が露出していること、地下水位が高いことなど水文的・生態的抵抗要因が原因と考えられる。

旧流路を掘削・修復して、河川の増水時の流入水の流下頻度を高め、高水敷に広く冠水・攪乱効果を波及することが、ハリエンジュの対策には有効と考える。出水時のみ流水が流れる場合は「ドライウェイ(写真-9)」、非出水時も旧流路の全体もしくは一部に湿地状のたまりが形成されているような場合は「ウェットウェイ(写真-10)」と呼ぶ。



写真-9 ドライウェイ



写真-10 ウェットウェイ

6. 今後の課題

赤川流域でのハリエンジュ対策検討では、掘削試験を含め複数の対策手法の試験施工を行い、各手法についてモニタリングを実施した上でその評価を行ってきた。酒田河川国道事務所では各手法の評価を踏まえ、「ハリエンジュ除去方針(案)」を策定している。同方針では、ハリエンジュの駆除として高い駆除抑制効果が必要で、河川空間の利用頻度が高い箇所では「スケルトンバケット工法」を、利用頻度の高くない箇所では「天地返し工法」を、その他の箇所では「伐採・抜根・丁寧な木片除去」を対策手法としており、萌芽や実生が発生した場合は「切り取り」を基本として行うこととしている。

実際の対策では、対策実施面積の約70%では、本稿で取り上げた「伐採・抜根・丁寧な木片除去」と「低水位+1.0mの掘削」が行われている。

対策手法は、高水敷を面的、縦横断的にみて、できるだけ洪水攪乱、在来植生群落が有する侵入抵抗要因機能、河道微地形・旧流路跡の修復(「ドライウェイ」、「ウェットウェイ」)、湿潤土壌期で直立根時の幼木の容易な抜き取りなど自然の営力・タイミングを活用して効率的・効果的に対策案を立案し、ハリエンジュの生活史や水文・流況等を踏まえた適切なスケジュール計画のもとに実施することが重要である。

最後となったが、本研究に関する貴重なデータを供与いただいた国土交通省東北地方整備局酒田河川国道事務所には感謝を述べる。

<参考文献>

- 1) 崎尾均(2009)ニセアカシアの生態学. 文一総合出版.
- 2) 前河正昭・中越信和(1997)海岸砂地においてニセアカシア林の分布拡大がもたらす成帯構造と種多様性への影響. 日本生態学会誌 47: 131 - 143.
- 3) 橋本佳延・服部保・小館誓治・南山典子・赤松弘治(2005)猪名川中流域におけるニセアカシアの分布拡大. 人と自然 15: 61 - 68.
- 4) 外来種影響・対策研究会(2001)河川における外来種対策に向けて[案]. リバーフロント整備センター. と
- 5) 服部敦・瀬崎智之・吉田昌樹(2001)礫床河道におけるハリエンジュ群落の出水による破壊機構と倒伏発生予測の試み. 河川技術論集第7巻.