

千曲川河川生態学術研究の取り組みと成果

*千曲川河川生態学術研究会 代表
信州大学 教育学部生態学研究室 教授 中村浩志
**同事務局 (財)リバーフロント整備センター 研究員 川口 究

1. はじめに

千曲川は、本州中部の甲武信ヶ岳に流れを發し、長野県から新潟県に流れて日本海に注ぐ日本一長い信濃川の上流部の呼び名です(図-1)。私*は、この千曲川の中流域にあたる坂城町で生まれましたが、この50年ほどの間に千曲川中流域の河川環境は大きく変わりました。かつては砂礫河原で広くおおわれ、水辺には河原特有の水辺植物がみられました。しかし、最近ではハリエンジュ等の樹木が高水敷を覆い、オオブタクサやアレチウリなどの外来種が繁茂するなどこの川本来の自然が失われています。また、河川敷に木々が育つとともに流路が固定化され、水の流れが阻害されるようになりました。



図-1 千曲川地形図

千曲川河川生態学術研究会(千曲川グループ)は、生態学者と河川工学者及び河川管理者が協働し、河川の自然の仕組みを生態学的な観点から研究し、河川管理に役立てるための総合的な調査・研究を進めていくことを目標に平成7年から鼠橋地区にて研究を開始しました。その後、平成16年より研究フィールドを下流の栗佐地区に移し、「河道掘削による人為インパクトが生態系に与える影響把握」をテーマに、どのような河道掘削が千曲川本来の河川環境を取り戻すのに好ましいかを検討してきました。

鼠橋地区と栗佐地区における研究成果を踏まえ、

平成20年からは上田市から下流の長野市にかけての中流域全体を研究対象とした第2フェーズの研究に取り組むことになりました。新たな研究テーマは「インパクトレスポンスの視点からの河川中流域生態系の形成・維持機構の解明」です。

水の流れによりつくりだされる物理環境(地形、基質、水質、物質の移動など)とそこに棲む生き物の相互関連性を中流域全体を通して明らかにすることが狙いです。その解明のためには、洪水などの自然のインパクト及び掘削といった人為インパクトに対する生物のレスポンスに視点をおき、この両面から河川中流域生態系の形成・維持機構を解明しようとするものです。

ここでは、これまでの千曲川グループの研究成果とこれから第2フェーズで解明しようとしていることについて、以下に述べたいと思います。

2. 千曲川中流域の川づくり目標

2.1 千曲川中流域の抱える課題

千曲川中流域の治水上の課題は、低水路の河積不足、河岸及び高水敷の樹木などの流下阻害に起因する流下能力不足が挙げられます。

また、千曲川中流域の高水敷は、樹林化が進んでいます。一見すると、自然が豊かなように見えますが、もともとこれらの場所では、礫河原が広がる一面の裸地で広く覆われていました。木々が育ち河岸が陸地化すると、川の中の水が流れる道(流路)が固定されて、流路が移動することがなくなります。また、河岸が陸地化するという事は、中小洪水によって土砂が流されにくくなったことを意味します。樹林化が進んだ場所には、陸域の植物や動物が入り込み、河川本来の生態系が失われてしまいます。このような状況から千曲川中流域では今後掘削等により河積を確保していく必要があります。

かつての千曲川中流域の河川空間は、瀬や淵のある多様な流れの中に砂礫河原が広がり、水際部には水辺のエコトーンが形成されるなど、河川生物の良好な生息空間となっていました。しかし、砂利採取等の影響による河床低下が生じたため、高水敷の乾燥化が進行するとともに、陸地で見られるような植物が繁茂し、河原特有の植物は減少しました。また、ハリエンジュやアレチウリなどの外来種の侵入も顕著です。

このように、千曲川中流域では砂礫河原・水生植物帯の減少によるハビタットの単純化と、外来種の急激な侵入・拡大による在来種の生息・生育環境の悪化が大きな課題となっています（図-2）。



図-2 外来種が繁茂する現在の河川敷

2.2千曲川中流域の川づくり目標

千曲川における治水および自然環境の課題を踏まえ、千曲川河川事務所により中流域の川づくりの目標が次のように設定されています。

流下能力を確保するとともに、砂礫河原やヨシ、ヤナギなどの水際植生などが形成され、これがその後維持される環境の創出を目指す

↓

この環境の創出により、河道の樹林化による流下阻害を防ぐとともに、河道内における生物の生息、生育環境の保全を図る

3. 粟佐地区における取り組み

3.1粟佐地区の概要

粟佐地区（81.0km付近）は千曲川中流域に位置し、流路が経年的に固定化されている区間です（セグメント2-1、区間の平均河床勾配は1/510、代表粒径は40mm、図-3）。川の流れや土砂の堆積を数値計算と現地調査により分析した結果、粟佐地区は砂や礫がたまりやすい場所であることがわかりました。つまり、長期的にみれば土砂・物質などが堆積する箇所であり、河道掘削などにより流下能力不足を解消する必要がある区間です。



図-3 千曲川粟佐地区（81.0km付近）

また、粟佐地区では、外来種の侵入が著しく、固定化した砂州にはアレチウリが繁茂するようになり

ました。この結果、生物の生息基盤となる植生が単調になり、被覆されたヤナギは立ち枯れて洪水時の流倒木の原因となるなど、新たな問題を誘発していました。

そのため、将来的に流下能力確保のための河道掘削が必要であること、また、外来種による生育環境の悪化が顕著であることなどの理由により、千曲川グループは粟佐地区を試験掘削の対象地に決定しました。

3.2粟佐地区試験掘削の方法

粟佐地区において、河道掘削を試験的に実施し、人為的インパクトが河川の生態系に及ぼす影響を総合的に調査することになりました。千曲川グループは、1年間かけて事前調査を実施するとともに、掘削の形状について検討しました。検討の結果、掘削は川の流れに沿って3段に行うことになりました。

1段目は①常に冠水する地盤高（年間の最低水位から+0.1m）、2段目は②年間の半分が冠水している地盤高（平水位相当）、3段目は③最低年1回冠水する地盤高（年間高水位の経年最小値）に掘削することにしました。3段に分けて掘削することで、洪水により多様な環境が創出しやすくすることが狙いです。また、本川に流入する水路の入り口を広げ、ワンドも造成することになりました（図-4）。

掘削は、平成18年1月から3月に実施しました。掘削面積は11,700㎡（1段目2,800㎡、2段目5,600㎡、3段目3,300㎡）、掘削土量は14,800m³となりました。

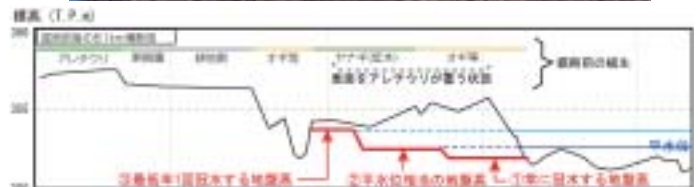


図-4 粟佐地区の掘削形状
（写真は下流方向から左岸側を撮影）

3.3河道掘削によって創出された河川環境

掘削後の裸地には、4月早々からコチドリが棲み着き、5月初めに計4つがいが巣をつくり繁殖を始

めました (図-5)。



図-5 コチドリの巣と卵

また、暖斜面になるように掘削した水際には、千曲川本来のカワヂシャ、タコノアシ、ゴキヅルなど、さらにはアゼナ、タカサブロウなどの水田雑草といった現在では希少となった水辺植物が見られるようになりました。造成したワンドには、5月から6月にかけてオイカワやウグイの稚魚が無数に群れて棲みつきました。稚魚にとっては、隠れる場所が全くなくても、浅く流れのゆるやかなワンドは、格好の棲み場所となりました。水生昆虫は、掘削後短期間に回復しました。最も早かったのはユスリカ類で、ほぼ1か月で回復し、トビケラ類とカゲロウ類も3か月後にはほぼ回復しました。このように、河道掘削により新たに創出されたさまざまな環境には、河川本来の鳥と植物が棲みつき、短期間に本来の河川環境を取り戻すことができました。

しかし、思いがけないことが起こりました。水辺から離れた裸地には、掘削1か月後の5月に入ると、土の中に埋もれていたさまざまな種類の種子が一斉に芽吹き、コチドリの卵が孵化する5月中旬ごろには、一面緑の草地に変わりました。掘削2か月後の6月には、草丈が一層伸び、成長の早いオオブタクサが優占した草地となりました。すると、オオヨシキリが掘削地に棲みつき、6月中旬にはオオブタクサに営巣し、繁殖を始めたのです。さらに、7月に入ると、同じく帰化植物のアレチウリがつるを伸ばし、場所によってはこの植物が優占した場所も見られるようになりました。すなわち、掘削後4か月目に入った7月には、掘削地のほとんどはオオブタクサやアレチウリといった帰化植物が優占した植生になってしまったのです。

3.4洪水によって創出された河川環境

掘削工事が終了して3ヶ月半が経過した7月18日から19日にかけて、梅雨前線の活動による記録的な大雨で大規模な洪水が発生し、掘削地一帯は冠水しました。9月には中規模の洪水も発生しました。造成したワンドは洗掘されるなど、場所によっては地形が大きく変化しました。また、掘削地を広く覆っていたオオブタクサやアレチウリなどの外来種は、

この洪水によって大部分が流出または枯死し、一掃されました。それに対し、在来種のオオイヌタデは洪水によるダメージをあまり受けず、洪水後は掘削地のほとんどがオオイヌタデの優占した群落となりました (図-6)。



図-6 洪水で倒伏し枯死したオオブタクサ(左)
倒伏したが立ち上がり優占種となったオオイヌタデ(右)



図-7 粟佐地区における環境の変化

水生昆虫類は、出水の影響により個体数が大きく減少し、河道掘削による人為インパクトを受けた時の回復速度と比較すると、その速度が遅いことが確認されました。この差は、自然インパクトの場合は上・下流を含めた広い範囲に大きな影響を被っているため、底生生物の供給源が絶たれ、流下等による水生昆虫相の回復に時間がかかることに起因すると考えられました。

なお、翌年には、オオイヌタデに代わってクサヨシが優占する群落となり、掘削後4年が経過する現在もクサヨシを始めとする在来種が優占する環境が維持されています(図-7)。

これらの成果は、冠水頻度等を考慮した高水敷の掘削によって、貴重種を含む水辺本来の植生の再生を人為的に実現できる可能性を示唆しています。

4. 千曲川グループ第2フェーズの取り組み

4.1 鼠橋地区での試験掘削

栗佐での試験掘削に続いて、上流の鼠橋地区、さらに両者の中間に位置する戸倉地区でも掘削を実施することになりました。鼠橋地区(97.5km付近)は、栗佐地区と比較して河床勾配が急になっています(セグメント1、区間の平均河床勾配は1/220、代表粒径は53mm)。また、流下能力は当面の計画と比較して不足していないものの、大規模な中州が発達しており、試験掘削地周辺および中州の全域においてハリエンジュやアレチウリの繁茂が著しい区間です。特にハリエンジュは流下阻害や流木の発生、河川巡視時の視認性悪化等の悪影響を及ぼしていました。また、砂利採取後の河道の固定化および樹林化が典型的に進んだ区間であり、航空写真の経年変化を確認すると、樹林化した砂州は、平成11年、平成16年、平成18年等の近年発生している大規模洪水でも、樹林帯の破壊などの大きな変化はみられないことが分かりました。

このように、鼠橋地区は栗佐地区と異なる河道特性を有しており、栗佐地区で実施した掘削方法の汎用性を確認する必要があること、千曲川中流域全域において顕在化している樹林化の問題が典型的に生じた区域であること、大規模洪水など自然のインパクトでは従来の環境を再生することは出来ず、河道掘削が必要であることなどの理由により、鼠橋地区を2つ目の試験掘削の対象地として決定しました。

なお、鼠橋地区においては平成7年～平成12年まで千曲川グループの第1期の調査が実施されていたことから、洪水が生態系へ及ぼす影響等に関して蓄積されていた調査データが、検討材料として有効利用されました。

4.2 鼠橋地区試験掘削の方法

鼠橋地区の掘削方法については、河道特性の違いにより、洪水による影響がどの様に異なるかを確認するため、栗佐地区における試験地と同じ考え方に基づき冠水頻度や洪水時に受ける攪乱の程度の異なる複数の場を設定しました。

掘削は川の流れに沿って2段で行い、1段目は①平水位相当の地盤高、2段目は②最低年1回冠水する地盤高に掘削しました。掘削は、平成21年1月から3月に実施し、掘削面積は、17,400㎡、掘削土量は11,000m³となりました(図-8)。

なお、掘削前の鼠橋地区周辺において、ハリエンジュやアレチウリは②最低年1回冠水する地盤高よりも低い場所においては生育していないことが確認されたことから、この地盤高をハリエンジュ、アレチウリの生育状況をモニタリングする際の基準に位置づけました。

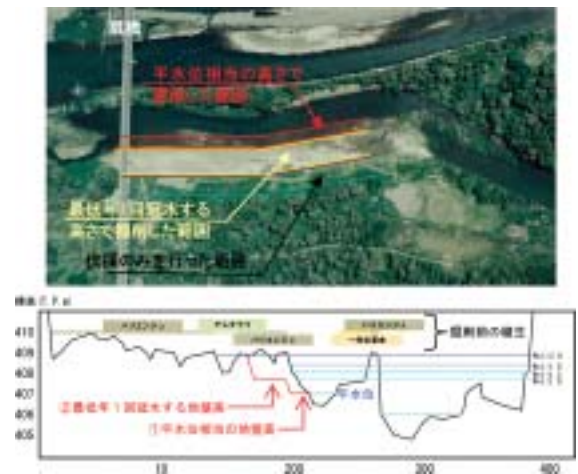


図-8 鼠橋地区の掘削形状

4.3 掘削後の環境の変化

掘削後の平成21年4月以降は、千曲川において大規模な洪水は発生せず、平成21年6月23日および10月8日の小規模な出水により試験掘削地が2度冠水しました。掘削前後の生物の生息、生育状況の変化をみると、陸域では、掘削前には掘削地の全体面積の約65%を占めていたアレチウリとハリエンジュは、河道掘削を実施したことにより大幅に減少し、代わりに裸地と草本植生が増加しました。

一方、掘削後から10月の出水後までの変化をみると、引き続きアレチウリとハリエンジュはほとんどみられず、ヌマガヤツリ(長野県レッドデータブック掲載種)などの在来の水際草本が優占しました。これらの状況は、出水による攪乱(掃流、冠水)が要因となっていることが考えられ、掘削により比高を下げたことにより、年数回の攪乱を受け水辺環境としての特徴が形成されたと考えられます(図-9)。



図-9 鼠橋地区における環境の変化

また、植生の変化に応じて鳥類の生息状況にも変化がみられ、掘削前に観察された森林や林縁で生活する鳥類が掘削後には減少し、チドリ類など砂礫地を利用する鳥が増加しました。さらに、掘削地には、夏から秋にかけて多量の草本の種子が生産されたため、掘削した年の秋から冬にはカワラヒワなど種子食の鳥が増加しました。鳥類の繁殖数にも変化がみられ、掘削により森林や林縁で繁殖する鳥類が減少し、掘削後の裸地でのイカルチドリなどの繁殖が確認されました。また、オオブタクサ群落が形成された場所にはオオヨシキリが繁殖を始めました。オオヨシキリは、本調査とその周辺で平成8年に行われた調査では多数が繁殖していましたが、その後の樹林化により大きく減少していた種です。掘削により営巣できる植生が形成されたことが要因と考えられ

ます(図-10)。



図-10 掘削地で確認されたイカルチドリ(左)およびオオヨシキリ(右)の巣

水域では、工事当日に実施された底生動物の調査により、掘削によって多くの底生動物が流出し、少なくとも1km程度は流下することが確認されました。

また、掘削後における底生動物の個体数の変遷をみると河道掘削からほぼ1年が経過した時点において、河道掘削の影響がほぼ解消されるまでに回復していることが確認され、栗佐地区や鼠橋地区と同様の河道掘削の規模であれば、壊滅的となった底生動物相も1年程度の期間で、ほぼ回復するものと考えられました。これは、河道掘削の影響を受けない上流域から、流下等によって底生動物類が供給されるためであると考えられ、広域的に大きなダメージを受ける自然インパクトと区間限定的な人為インパクトの違いであると考えられました。

4.4掘削によるアレチウリの生育抑制効果

年1回冠水する地盤高におけるアレチウリの個体数の変化をみると、掘削地における合計個体数は6月が約1,300個体と調査期間中で最も多く、8月前半には約160個体と大幅に減少し、8月後半には約20個体とさらに減少、11月時点では生育個体は確認されませんでした(図-11)。これは、掘削により比高を下げたことにより、その後の小規模な出水でも冠水する場になったことで、アレチウリの初期発生を抑制する効果がみられたと予想されます。また、アレチウリ各個体の生育状況と出水、物理環境の変化との対応関係を調査した結果、夏季の直射日光を遮る植物の不在や表層土壌の変化により土壌の水分が蒸発し、アレチウリの生育を困難にしたと考えられました。さらに、冠水頻度の増加によりアレチウリの埋土種子が下流に流失し、掘削地における供給源が減少したこともアレチウリの個体数減少の原因であると予想されました。

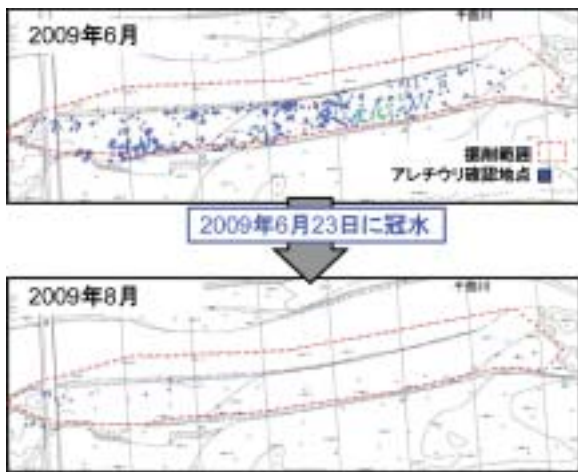


図-11 アレチウリの個体数分布の変化

5. 平成22年度以降の今後の取り組み

千曲川河川生態学術研究会は、粟佐地区および鼠橋地区における調査・研究を通して、千曲川の中流域における基本的な生態系の構造に関するデータを蓄積してきました。平成22年度以降は、鼠橋地区における掘削の事後調査を引き続き実施し、掘削と洪水による影響評価と回復状況を調査研究する予定です。

また、新たに戸倉地区（87.0km周辺）における掘削地を対象にした自然および人為インパクトに対する河川生物のレスポンスに関する研究を開始し、掘削および洪水の影響を比較検討する予定です。

粟佐地区および鼠橋地区における在来植生の変遷を今後も維持していくためには、上流から流下してくる種子や植物の生活史、季節変動などの様々な要因を視野に入れた複合的な研究が必要となります。

また、河道は元の状態に戻るように変化する（拡幅後の河積が縮小する）ことがあるため、河川管理の観点からは将来の河道の変化を予測することも重要となります。さらに、今後「物理環境がこうなったら生物群集はこうなる」という予測を行うために、物理環境と生物の生息、生育状況との関連性に関する解析を進める予定です。

さらに、洪水の影響を場所ごとに見る必要性から、中流域全体を研究対象にした新たな研究に取り組んでおり、中流域全体の上流から下流への場と生物のつながり、異なる河川構造の場所での物理環境とそこに棲む生物相互のつながりを解明することが課題です。それらを明らかにすることで、掘削や洪水により河川の物理環境がどう変化し、さらに生物群集がどう変化するか予測が可能となり、それぞれの河川や河川構造の特性に合った環境管理が可能になると考えています。

これまでに実施した予備調査では、水生昆虫食鳥類の糞の推定分布から、水生昆虫は中流域の90～94

kmに最も多く生息すると推定されました。実際、トビケラ類やカゲロウ類など飛翔している水生昆虫の成虫の量に関する比較調査でも90km周辺で捕獲数が多く、水生昆虫食鳥類の糞の分布調査結果と同様の傾向がみられました。水生昆虫は、主に藻類を餌としているので、この付近で藻類の生産性も最も高いと推定されます。さらに言えば、藻類を餌とするアユと水生昆虫を主な餌とするウグイなどの魚類もこの間で最も多いものと推測されます。また、水生昆虫や魚を餌とする鳥類にもこれらの餌の多さが影響しているものと予想されます。

これらの推測がどの程度妥当性があるかについては、今後藻類の生産性、水生昆虫や魚、鳥の多さについて、さまざまな地点で実際に調査して検討し、それぞれの場所での生息数や生育・生息状況を規定している要因について解析する予定です。

6. 研究成果の河川管理への活用

河道掘削とその後に起きた洪水による応答関係を解析することにより、掘削後に起こる洪水という自然のインパクトを考慮し、その力を利用することで、その場に適した河川環境の創出が可能になるという考え方が確立できました。しかし、掘削の高さや形状、洪水の起きた時期や規模が異なった場合には、今回とは異なった結果になることが予想されます。また、同じ様に掘削しても異なる河川構造の場所では、結果が異なることも考えられます。

川の環境は洪水による変動が激しいため、再現することができた千曲川本来の自然環境は「変動の中の一断面」に過ぎません。しかし、こうした河川本来の自然環境を生み出す「仕組み」を解明し、河川本来の自然環境を生み出す「営力」を維持することが、これからの河川管理にとって重要であると考えられます。

これまでの研究を通し、千曲川では安定した高水敷環境が近年増加していること、それらの環境を掘削することで、外来植物の侵入と生育を抑制し、千曲川本来の河川環境を取り戻すことが可能であることが明らかになりました。このことは、現在多くの河川で減少している洪水による冠水を今後は起こりやすくすることでも、より河原らしい河川生態系を実現することが可能であることを示唆しています。

しかし、洪水に代わって河川高水敷全体を掘削することは、治水安全面や予算面から難しいと考えられます。今後は、河道掘削が出来ない箇所でも河川生態系の多様性を維持する技術を開発する必要があると考えられます。そのためにも、水の流れ、場、生物相互のつながりといった基礎研究がこれからは不可欠のように思います。