

流域治水と河川・氾濫原環境の保全

北海道大学 中村 太士

1. はじめに

2017年九州北部豪雨災害、2018年西日本豪雨災害、2019年19号台風災害、2020年球磨川災害など、毎年のように気候変動の影響と考えられる災害が多発し、行政のみならず国民も日々の生活の中で近づく温暖化の危機を意識せざるを得なくなっている。こうした背景を受けて、集水域から氾濫域にわたる流域のあらゆる関係者が協働し、水害を軽減する“流域治水”関連法案が2021年に制定された。災害が激甚化する中、河川管理の目的の一つである「河川環境の整備と保全」はどうやって達成していけばよいのか。本論では流域治水の観点から、河川環境の保全について述べてみたい。紹介する研究内容の多くは、河川生態学術研究会における研究成果であることを付記する。

2. 流域治水とは？

国土交通省は、2019年の19号台風に伴う災害後の治水対策として、“流域治水”への転換を唱えた。2020年7月「気候変動を踏まえた水災害対策検討小委員会」の答申によると、「河川、下水道等の管理者が主体となって行う従来の治水対策に加え、集水域と河川区域のみならず、氾濫域も含めて一つの流域として捉え、その河川の流域全体のあらゆる関係者がさらに協働して流域全体で水害を軽減させる治水対策、“流域治水”への転換を進めていくことが必要」としている。

この内容は、1979年から始まった総合治水と似ているが、都市型水害に焦点を当てた総合治水の考え方を、大河川、氾濫原対策を含めた流域管理に広げた治水対策であると解釈できる。

3. 火山列島が生む湧水河川の保全

日本列島は火山列島であり、110にのぼる活火山が分布し、地質も火成岩の割合が高い。村田・鹿野(1995)によると、日本列島の約40%が火成岩で構成されており(内、火山岩は約28%)、雨水が浸透しやすい。その結果、火山地帯には湧水河川が広く分布する。

地下に浸透した雨水が長い時間をかけて湧き出す湧水河川では、湧水地点まで大気に触れることなく地中を流下するため、非湧水河川とくらべると、1年中を通して水温が安定している(図1)。また、地中の流れは遅く、その結果、大雨が降ってもゆっ

くりと増水する河川が多く、流量も年間を通して安定している。

水温は、河川生物の生息環境を決める最も重要な要因である。また、水生昆虫の羽化やサケの孵化のタイミングなど、多くの生物の生活史や生物季節は、積算温度によって決定されている。

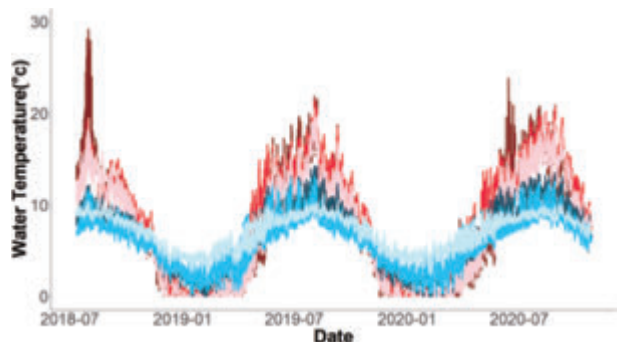


図1 空知川水系における湧水・非湧水河川の水温変動。赤系が非湧水河川、青系が湧水河川の水温

また、湧水河川では、地中を流れる距離が長いいため、温暖化による気温上昇の影響を受けにくいと考えられる。そのため、サケ科魚類やハナカジカなど、低水温の環境を必要とする魚類にとって、温暖化時の避難場所(refugia)を提供すると推測される(Nakajima et al. in press)。また、流域網に湧水・非湧水河川があることによって、攪乱後の魚類個体群の安定性が保たれることが明らかになっている(Terui et al. 2018)。ダム等によってこうした流域網の複雑性が分断・単純化されないように温暖化適応策を検討する必要がある。

4. 河川・氾濫原生態系の維持機構としての洪水攪乱

治水分野に携わる行政官や研究者の中には、洪水攪乱は生態系の破壊もしくは劣化と考えている方も多いのではないだろうか。確かに大きな洪水後の被災状況をみると、河畔林がなぎ倒され、土砂の堆積や流木の集積が認められ、生態系は破壊されているように見える。

しかし、実際にはそうではなくて、生物たちはさまざまな生活史戦略を駆使しながら、巧みにそして粘り強く生き残っているのである。移動が可能な魚類などは、洪水時の避難場所となる2次流路や支流、大礫や倒木、凸地形の背後などに隠れて難を逃れ、動けない植物は倒れても萌芽枝を出したり、土砂に埋められても不定根を伸長したりしながら、生

き延びているのである。

特に河川や水辺の植物・動物たちは、洪水攪乱に対しては適応できるように進化しており、むしろ攪乱が抑えられることによって生息環境の悪化を招く。北海道の川では、4月～5月にかけて長く融雪洪水が続き、北海道の河川・水辺に生育、生息する生物は、この季節的な攪乱のリズムに合わせるような生活史をもっている。

北海道や東北地方の河畔には、ヤナギ科の樹木種が広く分布している。ヤナギ科の樹木が種子を散布する時期は、種類によって微妙に異なり5月～9月である。この時期は、融雪洪水の減水期に当たり、水位が下がっていく時期に合わせて種子が散布される。ヤナギ科植物の種子はきわめて軽く、毎年大量に生産され、風によって遠くまで運ばれる。発芽定着できる場所は、融雪洪水によって運搬された砂礫でつくられる裸地である。つまり、融雪洪水という毎年必ず発生する攪乱に対して、種子の散布時期を同調させることにより、新たに形成された裸地に侵入・定着できる可能性を最大化していると考えられる(図2)。

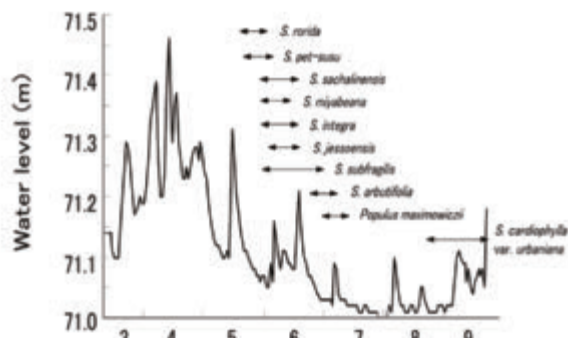


図2 石狩川水系における融雪洪水とヤナギ類の種子散布時期(↔で表示)(Nakamura & Nakamura 2021)

仮にこうした融雪出水がダムによる流量調節によって抑えられ、5月から6月にかけての砂礫地の形成と水分の供給が失われた場合、種子が発芽できる場所は激減し、ヤナギ科植物が水辺から姿を消すことは容易に想像できる。現在、貯水ダムにおいては、ダム下流の水涸れ区間の解消を目的に流量が確保されるようになったが、自然河川の流量の季節変動を考慮した放流がなされなければ、川の生物が生き残ることはできない。このため、札内川ではフラッシュ放流が実施されている(Nakamura et al. 2020)。

5. シフティングモザイク

長野県上高地と北海道東部に隔離分布するケショウヤナギという種がある。この種は頻繁に攪乱を受ける流路沿いの立地に広く分布し、なぜか谷底が広がった溪流区間や扇状地に広く分布する。ここ

では流路が側方方向に頻繁に変動することが重要である。ケショウヤナギの発芽適地は母樹の下ではなく、離れた河川流路沿いの砂礫地である。こうした立地は流水による攪乱を常に受けるが、流路が大きく変動すると希に偶然安定した地形面ができ、母樹まで成長できる。

つまり、網状の形態を維持する河川のダイナミズムそのものが、ケショウヤナギが各生活ステージに必要な生育環境をセットとして提供しているといえる。ケショウヤナギばかりでなく、河畔林を構成する樹種の多くは、親と子の生育環境が異なっている。つまり、川が動くことによってのみ、多様な樹種が一生涯を通じて要求する生育環境が維持されることになる。

こうした環境動態をシフティングモザイク(Shifting mosaic)と呼ぶが(Nakamura et al. 2007)、河川・氾濫原の環境を健全に維持するためには、河畔を構成する林分パッチの種組成と量(面積もしくはバイオマス量)が動的に平衡状態を維持できるように管理しなければならない(図3)。基本的には高水敷と低水路の分離は、この動的な生息場環境の維持を不可能にする。土地利用との兼ね合いもあるが、可能なかぎり堤々間を広くとり、低水路を固定しないことが理想である。



図3 札内川におけるシフティングモザイクの形成

シフティングモザイクを維持できる河道は、気候変動下の規模の大きな洪水攪乱に対しても、高いレジリエンス(resilience, 回復力)を発揮する。ある個所は攪乱を受けるがある個所は攪乱を受けず、そうした場所は生物種の避難場所(refugia)として利用されるためである。堤々間を広くとっている札内川では100年規模の洪水に対しても高い回復力を維持しており(Negishi et al. 2019)、EUで推奨される“Room for rivers”が治水上也環境上も推奨される所以である。

6. レガシーの維持

多くの河川管理者は気づいていないと思うが、自然攪乱によって生物種が受ける影響にくらべて、災害後の復旧工事によって生物種が受ける影響の方

がはるかに大きい。災害後の原形復旧工事の多くは、攪乱後に残された河道地形や堆積土砂、倒流木などの生物学的遺産 (biological legacy) を徹底的に取り除き、定規断面に復旧するためである。当然のことながら、前節でのべたシフティングモザイクが形成される余地はなくなる。

攪乱後に残される生物学的遺産が、攪乱後の生態系回復にいかに関与するかは、陸域の生態系について多く研究されてきたが (中村 2018)、同様な考え方は河川・氾濫原生態系にも当てはまる。河川内の倒流木によって魚類や底生動物の生息数や種類数が増えることは、日本でも多くの研究によって支持されている (Nagayama et al. 2009, Nagayama & Nakamura 2018, Nakano et al 2018) (図4)。また、河川内のみならず砂礫堆に堆積した倒流木も、植物種の多様性を高めることがわかっている (Nakamura et al. 2012)。

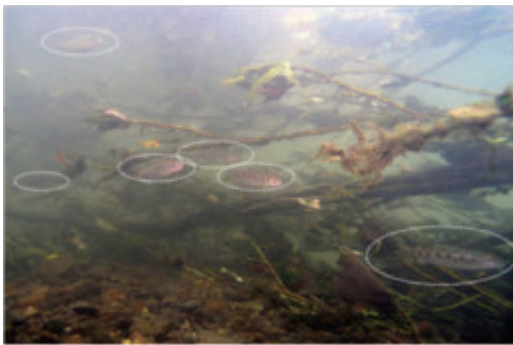


図4 倒流木周辺に集まるサクラマス幼魚

生物学的遺産のみならず、攪乱後には瀬や淵、砂礫堆などの微地形が新たに形成され、これらの地形も生態系の回復に大きく寄与する。ここではこうした災害後の遺産すべてをレガシーと呼び、その保全を訴えたい。堤防近くの局所洗掘や橋脚周りの流木など、防災上撤去する必要性のあるレガシーもあるが、まずはこうしたレガシーを起点にして生態系の回復が始まることを理解し、可能な限りレガシーを残す管理を目指すべきである。

7. 堤内と堤外の連結性

流域治水で述べている“氾濫原”とは、堤内側を含む概念であろう。シフティングモザイクを形成しようにも堤々間を広く確保することができない日本の現状を考えると堤内側の水辺空間は、治水上も環境上もきわめて重要な景観要素である。流域治水では“田んぼダム”が注目されているが、筆者は、河跡湖 (自然・人為起源) が重要であると思っている。

氾濫原に残存する河跡湖の生物相には、希少性の高い生物が多数生息している。さらに、水路・河川による湖沼間のつながりの程度 (連結性) は、水生生物の種および遺伝的多様性に影響を及ぼす。一般

的に、流路ネットワーク構造の連結性が高くなるほど、魚類および水生昆虫の種多様性が増加することが明らかになっており、外来種の侵入に注意しながら、湖沼間、湖沼と河川との連結性を高く維持する必要がある (図5)。

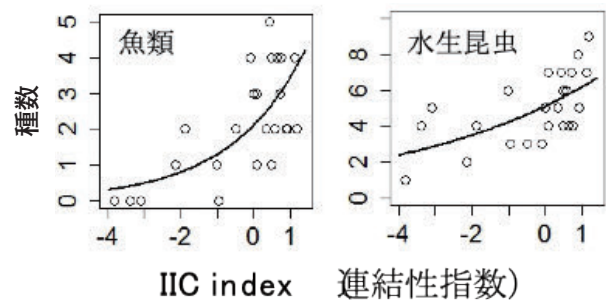


図5 湖沼の連結性と魚類・水生動物の種数変化 (Ishiyama et al. 2014)

築堤区間においては樋門や樋管等の施設によって河跡湖や支川と本川河道の連結性が保たれることになるが、多くの場合、落差がついて平常時、魚類が移動できないケースも多い。流域治水で注目される伝統的技術に“霞堤”と呼ばれる不連続堤防がある。不連続部に洪水を氾濫させることによって流量を調節したり、堤内に氾濫した洪水流を河川に戻すことにより、氾濫による被害を最小限に抑えることができる。支川合流部に作られた霞堤は、平常時の水系の連結性を確保し、堤防による生態系の分断を防ぐことから環境面で優れており、積極的に維持・採用したい伝統知である。

8. 生態系ネットワーク

生態系ネットワークを形成する景観要素として前節で述べた河跡湖の他に耕作放棄地が注目される。管理放棄された牧草地も氾濫原の生物多様性維持に貢献する。営農を停止すると明暗渠の機能が衰え地下水位が上昇し、30年程度が経過すると、外来の牧草種は少なくなり湿原の種組成に似た植物群落へと遷移し、湿地性オサムシ類の代替生息地として機能する (Morimoto et al. 2017, Yamanaka et al. 2017)。また、鳥類についても、耕作放棄地に多くの湿地性鳥類が生息できる (Hanioka et al. 2018)。

前節の河跡湖や耕作放棄地を流域治水の遊水地 (グリーンインフラ) として利用できれば、大型鳥類にとっても貴重な生態系ネットワークを構築することができる。通称“流域治水関連法”の附帯決議には「流域治水の取組においては、自然環境が有する多様な機能をいかすグリーンインフラの考え方を普及させ、災害リスクの低減に寄与する生態系の機能を積極的に保全又は再生することにより、生態系ネットワークの形成に貢献すること」と記され

ている。

北海道に好例がある。低平地が広がる千歳川中流域は、内水氾濫を起こしやすい洪水常襲地帯であった。1981年災害を契機に越流堤の整備と遊水地を併用した治水対策が国の事業として行われた。舞鶴遊水池の面積は約200haにおよび、他にも千歳川流域には150～280haにおよぶ広大な遊水地が5か所で建設されている。これらの遊水地は湿地景観を呈しており、多くの生物種を育てている (Yamanaka et al. 2020)。

遊水池群が分布する石狩低地帯は、かつてタンチョウが生息していたと考えられ、2015年からタンチョウがこの遊水池に舞い降りるようになってきた。そして2019年に初めて越冬し、2020年春に見事に繁殖に成功した (図6)。現在、タンチョウをシンボルとして減農薬や無農薬の野菜や米を作り、安心・安全な長沼ブランドを醸成していくことに興味を示す営農者も現れ、JALやイオンなどとの連携も始まった。グリーンインフラによる治水、生物多様性の保全が、地域の産業に付加価値をもたらし、それを生かした地域づくりが広がっている。



図6 舞鶴遊水池とタンチョウの親子(2020年)

9. 自然再生と気候変動適応策

筆者が関わってきた自然再生事業の多くは、グリーンインフラの創出とも言え、その結果、気候変動適応策としても機能していることが明らかになりつつある。

釧路川では、イトウの棲める蛇行河川の復元が実施された。その後のモニタリング調査で、復元区間にイトウの生息が確認でき、それ以外にも植物、動物種の多様性が蘇っている (Nakamura et al. 2014)。一方で、蛇行復元にともない、洪水時に氾濫原に濁水が拡散し、ピーク流量ならびに運搬土砂量の減少が確認されている。釧路湿原は治水計画、遊水地として位置づけられているが、蛇行復元事業は遊水効果をさらに高め、釧路湿原への土砂流入を防いでいると言える。

また、知床世界自然遺産地域では、サケ科魚類の生息環境復元のため、治山・砂防ダムの改良(スリット化と魚道改良)を行ってきた。これによって海か

ら遡上する親魚がダムを通過し、上流域の良い環境で産卵できるようになった。

一方、温暖化が高まるにつれ、水温の上昇も予想されており、オシロコマなどサケ科魚類は水温の冷たい上流域に移動する必要がある。この際、ダム改良はサケ科魚類の上流への遡上を可能にし、温暖化影響の適応策として機能すると考えられる。

これまで実施されてきた自然再生事業や多自然川づくりが、気候変動適応策としても機能することを再評価し、今後も積極的に自然再生事業を進めていく必要がある。

10. おわりに

コロナ禍でテレワークができるようになった今、可能ならばビルに囲まれた都市の中ではなく、緑に囲まれた郊外で仕事をしたいと思う人が多いのではないだろうか。時に散歩やジョギングしながら、ゆったりと。舞鶴遊水池の事例でも述べたように流域治水やグリーンインフラの最終的な出口は、QOLを高め良い地域づくりに貢献することだと思う。治水と環境、そして社会・経済を高める流域治水に期待したい。

引用文献

- Hanioka et al. (2018) *Biodivers. Conserv.* 27: 1831-1848.
 Ishiyama N et al. (2014) *Aquat. Sci.* 76: 437-449.
 Morimoto J et al. (2017) *Restor. Ecol.* 25: 1005-1014.
 村田泰章・鹿野和彦 (1995). 地質ニュース 493 : 26-29.
 Nagayama S et al. (2009) *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 66: 42-51.
 Nagayama, S & Nakamura F (2018) *Limnology* 19: 7-20.
 Nakajima S et al. (in press) *Heredity*
 Nakamura F et al. (2007) *For. Ecol. Manage* 241: 28-38.
 Nakamura F et al. (2012) *Plant Ecol.* 213: 735-747.
 Nakamura F (2014) *Restor. Ecol.* 22: 544-554.
 中村太士 (2018) 保持林業: 築地書館: 59-93.
 Nakamura F et al. (2020) *Ecol. Eng.* 157: 105974.
 Nakamura F & Nakamura S (2021) *Plant Disturbance Ecology* Academic press: 291-319,
 Nakano D et al. (2018) *Ecol. Eng.* 120: 249-259.
 Negishi J et al. (2019) *Landsc. Ecol. Eng.* 15: 143-154.
 Yamanaka S et al. (2017) *Agric. Ecosyst. Environ.* 249: 31-37.
 Yamanaka S et al. (2020) *Ecol. Eng.* 142: 105617.
 Terui et al. (2018) *PNAS* doi/10.1073/pnas.1800060115.