

# 氾濫原環境の利用と生物多様性保全

国立環境研究所 西廣 淳

## 1. 氾濫原の生物多様性

動物・植物問わず、河川の氾濫原を主要な生息・生育地としている種は多い。氾濫原を特徴づける環境は、「ストレス」と「攪乱」とに分けることができる。生態学の用語としてのストレスとは、成長を阻害する要因の存在を意味する。氾濫原において一般的なストレス要因の一つに、過剰な土壤水分が挙げられる。多くの植物にとって、呼吸に必要な酸素は大気から取り込まなければならないため、土壤の粒子間に空気がないほどの水分状態になると、地下部の呼吸が阻害され、成長が阻害されることが多い。この点で、ヨシやハスのように空気を水中の地下茎に送り込む通気組織をもつことで、ある程度水深がある場所でも生育できる植物は、ストレス耐性をもつ植物ということができる。多くの樹木は通気組織を発達させていないため、過剰に水分がある条件では成長が阻害される。このような違いを反映し、氾濫原が湿潤であればヨシ原が広がり、乾燥化が進むと樹林が発達する。

氾濫原環境のもう一つの特徴である「攪乱」は、地形や植生を物理的に改変する突発的な出来事を指す。攪乱はそれまで限られた種に占有されていた空間や資源を、多くの種に解放する機会となる。そのため資源をめぐる競争に弱い種（小型の動植物など）にとっては、攪乱は存続に不可欠なイベントである。たいていの攪乱は予測困難なタイミングで生じるため、攪乱後の環境に暮らす生物は、攪乱の発生を検知してすばやく利用する性質をもっている。動物の場合は高い移動能力で攪乱後の環境への侵入を実現している種が多い。植物の場合は、地中の種子（土壤シードバンク）の状態で長期間過ごし、攪乱が生じるといち早く発芽する性質や、成長点（新しい芽を出せる組織）を地表面や地下にもち、攪乱によって地上部が破壊されても速やかに回復できる性質が重要になる。氾濫原でも、毎年のように火入れや草刈りを行っているヨシ原では、土壤が乾燥化しても樹林化しにくい。これは火入れや草刈りという地上での攪乱が、地中に成長点をもつヨシにはほとんどダメージを与えない一方で、枝先など地上に成長点をもつヤナギなどの木本には顕著なダメージをもたらすからである。

氾濫原では、水深・地下水位というストレス傾度と、攪乱直後～安定状態のステージの組み合わせに

応じて、異なる生物群集が形成される。特徴の異なる生物群集が空間的に入り交じり、時間的に変化しながら維持される状態は、「動的モザイク」とも表現される。これが氾濫原の生物多様性を支える基本的な原理である。氾濫原の生物多様性を維持するためには、多様な水深・水分条件の場と攪乱が重要である。

なおストレスと攪乱が、結果的に類似した生物群集を成り立たせる場合もある。上で挙げたヨシとヤナギの例はそれにあたる。この場合、たとえば乾燥化によって進み始めた高水敷の樹林化を火入れによって抑制するなど、ストレスの代替として攪乱を活用することができる。ただし攪乱が常にストレスの代替になるとは限らない。たとえば安定して冠水している環境に生育する沈水植物を保全するには、相応の水深（ストレス）のある場の維持が不可欠である。河川管理上、水によるストレスの程度は水面・地下水面からの比高で操作でき、攪乱の程度は洪水時の流速や、火入れ・草刈りなどの人為的な介入の程度で操作できる。

## 2. 多様な攪乱

氾濫原の攪乱はさまざまな原因によって引き起こされる。洪水は河川における攪乱の主要な要因である。洪水は、水による植生の物理的な剥離だけでなく、土砂の浸食あるいは堆積を通して植生を破壊する作用ももつ。

氾濫原において、洪水と並んで攪乱の主要な要因となるのは、大型・中型哺乳類の活動である。シカのような草食動物は、湿地が卓越する氾濫原においても採食し植生を攪乱する。古くは、常陸国風土記において、現在の霞ヶ浦付近の地域（信太郡）に関する伝記の中に、ヨシ原に住む獲り切れないほどのシカの存在が説明されている。河川が運搬してくる栄養塩により植物の生産性が高い氾濫原は、草食動物にとって資源に恵まれた生息適地であったものと考えられる。そしてこれらの草食動物は、採餌や踏圧等によって植生や土壤を攪乱する。近年、全国的にシカやイノシシが増加しているが、これらの動物の活動が、氾濫原湿地に特徴的な攪乱依存型の植物が優占する植生を成立させている場合がある。

氾濫原を攪乱する動物はシカ・イノシシばかりではない。中型哺乳類の一種であるヒトも、攪乱を

もたらず存在である。特に東アジアでは、水田という形で氾濫原環境を攪乱・改変してきた。水田の動植物の多くが、もともとは河川の氾濫原を主要な生息・生育場としてきた種である。土壌が毎年耕起される水田は、強い攪乱が加わる湿地環境といえる。さらに、一枚の水田だけでなく、それを取り巻く水田景観全体に視野を広げると、溜池や水路など水深や流速が相互に異なる湿地環境のモザイク構造をなしている。これは、多様な環境を内包する氾濫原と共通した特徴といえる。湿地を乾燥化させて小麦などの畑地を造成してきたヨーロッパとは異なり、日本を含む水田稲作文化圏では、氾濫原の生物に代替的な生息環境をつくりながら、利用を進めてきたものといえるだろう。

### 3. 火による攪乱

氾濫原においてヒトが引き起こす攪乱は水田の耕作だけではない。火による攪乱も長い歴史をもつ。そもそも水田も、初期は、火によってハンノキなどの樹木を抑制して造成されていたことが示唆されている<sup>1)</sup>。またそれだけではなく、ヨシなどの氾濫原の植物は屋根材や簾の材料として有用であり、良好なヨシを採取するための火入れ（野焼き、ヨシ焼き）が伝統的に行われてきた場所は多い。冬季に地上の草（枯れたヨシなど）を焼くことは、植物を利活用する上で以下のようないくつかの利点をもつ。①樹木を抑制し、有用な草本が優占する群落を維持できる。②枯れ草がなくなることで、ヨシがまっすぐに育ち、屋根材などに利用しやすくなる。③枯れ草がなくなることで、つる性の植物が繁殖しにくくなりヨシの成長が良くなる。

現在も、複数の遊水地や高水敷で冬季の火入れが行われている。ヨシの利用だけでなく、絶滅危惧植物の保全が目的の場所もある。たとえば茨城県の菅生沼のヨシ原では、タチスミレなどの絶滅危惧植物の保全を目的とした火入れが継続的に実施されている（図1）<sup>2)</sup>。

絶滅危惧植物の生育地で火入れをすることは、保全対象の植物にもダメージを与えるのではないかと懸念されることがある。しかし、冬季には草本植



図1 左：菅生沼河畔での火入れ（茨城県坂東市）  
右：消火作業

物は、種子や地下茎として地中で休眠しているので、火入れをしても損傷は受けにくい。地上での燃焼の温度が地中に伝わる程度は、火が同じ場所に留まっている時間に依存する。焚火のように同じ場所で長時間燃焼すると地中まで温度が伝わるため、土壌中の植物は死ぬ。草原の火入れを、枯れ草を刈りにとって集めたりはせず、立ち枯れた状態のままに燃焼させる形で行えば、火が素早く移動するため地中の温度は上がらない。そのため地中の植物は守られ、地上に成長点をもつ植物だけが抑制され、枯れ草がなくなることで、攪乱に依存した特徴を持つ植物の発芽や成長が促される。攪乱後の環境を利用して生育する植物の多くは、昼と夜の温度差が大きくなることで発芽が促進される。火入れにより日光が地表面に届きやすくなり、かつ地表面が黒くなることで昼間の地温が高まるとともに、夜間は放射冷却により地温が下がりやすくなることで、多くの植物の発芽が促進される（図2）。

野外で安全に火を扱うためには正しい知識と技術が必要であり、準備・装備も求められる。不要な範囲に火を拡げないための防火帯の作成や、不測の飛び火などを消火するための背負式消火水囊等の準備は不可欠である（図1）。また当日の風向風速などの条件から、点火・消火の担当者の配置や火を入れていく順序を判断することも重要である。

また現代の社会において野外で大規模に草を焼くためには、行政的な手続きや地域での理解が必要である。「廃棄物の処理及び清掃に関する法律（通称：廃掃法）」では、野外で「廃棄物」を焼却することが原則として禁止されている。ただし廃掃法においても、「公共上若しくは社会の慣習上やむを得ない廃棄物の焼却」は例外として認められている。このため農作業の一環としての焼却や、どんど焼き・左義長などと呼ばれる新年の火祭り等の行事は認められる。高水敷や遊水地などでの火入れも、これらに準ずる行為に該当するものと解釈できる。ただし地域によっては条例等でより厳しく規制されている場合があるため、確認が必要である。また実施にあたっては、事前に「火災とまぎらわしい煙又は火炎を発生おそれのある行為の届出書」を消防署に提出し、誤報による緊急出動などの混乱を避けることも不可欠である。また煙や煤がでるため、周辺住民への周知・理解は不可欠であり、丁寧な調整が必要になる。

このようにいくつかの留意点はあるものの、火による植生管理は、樹林化を防ぎ、草を利用できる状態を維持する上で、草刈りよりも低コストであり、かつ氾濫原の生物多様性の保全などに効果が大き

い。また火をコントロールする技術を文化として維持していく上でも重要である。河川管理の有力な選択肢として、積極的に位置づける価値があるだろう。

#### 4. 氾濫原生態系の現代的活用

氾濫原は多様な動植物に生息・生育の場を提供し、それらの生物はヒトの社会を支え、ヒトは文化を育んできた。たとえばウナギを美味しく調理して食べることは日本の文化である。関東平野の低地の水田では、かつては水路や水田でウナギをとっていた。ウナギのエサを調べた研究では、陸上に生息するミミズなどの重要性が示唆されている<sup>3)</sup>。陸域と水域の接点である氾濫原がもつ、ウナギの生息地としての重要性を示唆する事実といえるだろう。

氾濫原の生物多様性の維持に重要な攪乱は、ダム等による洪水の抑制、乾田化や溜池の廃止などの農業システムの変化、火入れの停止といった人間活動の変化により、抑制される方向にある。ヒトが氾濫原での稲作を初めたのが数千年前、火を積極的に使い始めたのは数万年以上前と考えられるが、日本における戦後の数十年間は、ヒトと自然の関係の歴史上の大きな変化点といえる。この変化について、現在の変化を文明の発達に伴う必然的な出来事として追従するか、それとも、生物多様性がもたらす恵みへの気づきを踏まえ、新たな人と自然の関係の構築に向けてもう一度舵を切り直すか、問われている時代とも言えるかもしれない。

豊かな生物多様性に支えられた社会に向け、ヒトによる攪乱を積極的に活用していくことを考えた

とき、茅葺きなどの伝統的な植物利用を新たな角度からも評価し、支援することは有意義だろう。それに加え、現代の社会のニーズに適った新たな攪乱の営力を模索することも重要であると考えられる。

カーボンニュートラルに向けた植物利用は、今後の社会の要請への対応として、また植物の生産性が高い日本の特徴に適う活動として、検討する価値の高い方向性である。カーボンニュートラルに寄与する利活用としては、植物のバイオマスエネルギー源として活用する方向と、成長した植物を炭化させて土壌などに隔離する方向がある。

前者の参考になる取り組みとして、スウェーデンなど北欧で進められている short rotation coppice が挙げられる。これは耕作放棄地など植物の生産性が高い湿地でヤナギ類を栽培し、それを刈り取って暖房などの燃料に活用するものである。下水処理場で発生した廃水を肥料として活用し、成長を促す取り組みも行われている<sup>4)</sup>。

また後者の取り組みとしては、刈り取った植物を酸素が不足する条件で燃焼させ、バイオ炭 (biochar) をつくる取り組みが考えられる<sup>5)</sup>。これにより植物を自然な分解に任せたり、あるいは焼却炉で処分したりした場合には二酸化炭素として大気に出されてしまう炭素を、半永久的に固定することができる。バイオ炭の製造に適した炭化器も販売されている。2020年からはバイオ炭を農地に施用することで、炭素を長期間土壌に固定することによる排出削減量を、クレジットとして認証できる制度の運用も開始された。

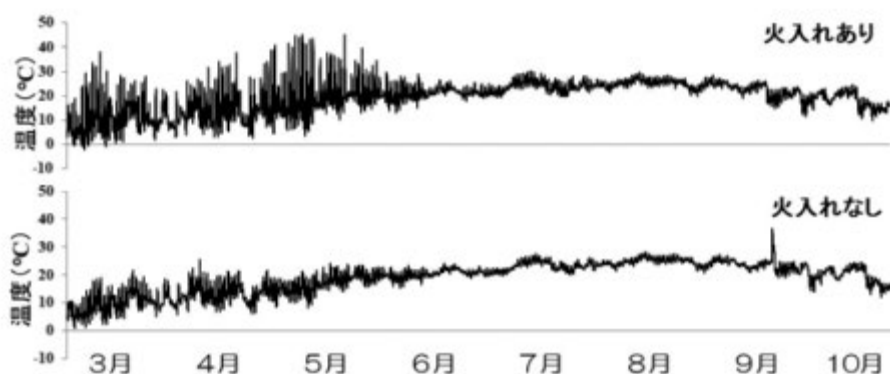


図2 折線グラフは火入れをした場所としていない場所の地表面温度。特に春における昼夜の温度差が異なる(小貝川河畔で測定)。写真は火入れをした場所(上)と草刈りのみを行った場所(下)での春の実生発生状況の例。

## 5. 遊水地の多面的活用

現代的目的による氾濫原生態系の攪乱は、植物利用によるものだけではない。都市化が進む中で、緑地を歩いたり、土や水や動植物に触れたりする経験が、ヒトの心身の健康や子どもの発達にとって重要な役割をもつことが明らかにされつつある。遊水地や広い高水敷などの河川空間は、そのような現代的なニーズに応える役割が期待できる。そして、そこでの人間活動をうまく活かすことで、氾濫原の生物多様性を支える適度な攪乱を維持することも期待できる。

遊水地は洪水時には冠水するという点では氾濫原としての特徴を有するものの、水による攪乱は越流堤付近のごく限られた場所では生じず、たいていの部分では洪水で運ばれてきた細粒土砂や栄養塩の蓄積だけが進行しがちである。このため植生遷移が進行しやすく、攪乱が不足しがちである。そのため、たいていの遊水地では草刈りなどの植生管理に大きなコストを割いている。しかし、人間による利活用をうまく組み合わせることで、適度な強さの攪乱を導入することができる。

静岡市の麻機遊水地は、巴川の治水施設であるが、その一部が公園として占用されている。2021年には麻機遊水地第一工区内に、「自然とふれあう体験型の都市緑地」として「あさはた緑地」の供用が開始された。あさはた緑地内には体験農園が設けられている。体験農園内では、ハス田や稲の水田が設置されているものの、一部にはまだ特定の作物が植え付けられていない区画もある。2021年に、筆者は公園管理者らと協力し、作物を植えていない区画において、競争力の強い植物を選択的に除去する程度の粗放的な管理を実施した。その結果、ミズアオイやコツブヌマハリイなど、氾濫原性の絶滅危惧植物が生育する湿地を成立させることができた(図3)。またこの粗放的な管理を実施した区画はトンボ類など水生昆虫も多く、公園管理者の話によると、子どもが虫取りをする場所としての利活用も開始されたという。今後は、湿地を適度に攪乱することで多様なサービスを引き出す試みを、市民参加型の活動として継続することを検討している。



図3 あさはた緑地での植生管理と、攪乱の結果発芽・開花したミズアオイ。

特定の植物を栽培するのではなく、柔軟な発想で植生を管理したり、虫を追って子どもが踏みつけたりするような湿地は、整備された現代的な河川や農地には成立させにくい氾濫原の自然を維持する場になるかもしれない。

## 6. おわりに

氾濫原の生態系管理において重要な役割を果たす「攪乱」の継続は、草刈りコストなどの形で管理者にとっては負担になりがちである。しかし、河川管理者だけに依存するのではなく、多様な主体がそれぞれの目的のために実施した行為が、結果的に生物多様性や生態系機能の維持に役立つ形が実現すれば、攪乱を伴う生態系管理はコストというよりむしろベネフィットを生む行為になる。多様な主体との連携による河川管理の重要性は今後ますます重要になる。それぞれの主体のニーズを満たしつつ、全体として適切な生態系管理が実現するための工夫が、今後ますます重要になるだろう。

## 謝辞

本稿をまとめるにあたり、日本語：本研究は、(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(JPMEERF20202001)で得られた知見を活用した。

## 引用文献

- 1) Zong Y. et al. 2007. Nature 449: 459-463.
- 2) 澤田みつ子ほか 2010. ランドスケープ研究 3: 11-15.
- 3) Itakura H. et al. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 78: 144-153.
- 4) Mirck J. et al. 2005. Biomass and Bioenergy 28: 219-228.
- 5) Schmidt HP. et al. GCB-Bioenergy doi: 10.1111/gcbb.12889