

1-15 河原の保全と復元に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平成13年～14年

担当チーム：河川生態チーム

研究担当者：尾澤卓思、萱場祐一、皆川朋子

【要旨】

近年、人為的な改変によって河原が減少し、これに伴い河原に依存して生育・生息する生物の減少が報告されている。本研究ではこのような状況を踏まえ、今後の河原の保全と復元に資することを目的に以下について検討を行った。

- ①河原が維持される冠水条件を明らかにするため、地被状況と冠水頻度との関係を雫石川を対象に解析した。その結果、雫石川では、1-5日/年程度の冠水頻度以上によって裸地が維持されることが明らかになった。
- ②河原の復元が実施された多摩川永田地区を対象に、河原復元のための樹木の伐採と高水敷の切り下げが、ハビタットや生物にどのような影響を及ぼすか予測を行った。
- ③河原の人為的な復元（造成）方法について、河原に依存した植物のうち、多摩川や鬼怒川で個体数の減少が報告されているカワラノギク *Aster Kantoensis* Kitam に着目し、その生育場としての河原の状態を整理した上で、放水によって細粒土砂を流出させ、透かし礫層を表層に形成する手法を提案し、これを鬼怒川サイトで検証した。

キーワード：河原、保全、復元、扇状地河川

1. はじめに

近年の河道改修、砂利採取、ダム建設等によって、河道の安定性は増し、治水安全度は高まったといっ
てよいだろう。しかしその一方で、河川の自然環境
に変化が生じてきている。特に扇状地河川において
は、高度成長期における大量の砂利採取、横断工作
物による下流への土砂供給量や流量の減少等によっ
て河道の複断面化や高水敷の樹林化、そして扇状地
河川に特徴的にみられる河原の減少が多く、河川で
報告されている^{1)~5)}。河原は、陸域にはない河川固
有の環境であるとともに、河原に依存する生物にと
って代替することができない重要なハビタットであ
ることから、近年生物多様性の保全を図る上におい
てもその保全が注目されている。このような状況の下、今
後、将来にわたり河原を保全し、河原に依存する生物を
保全していくため検討が多摩川永田地区をはじめとして
検討されるようになってきた。このことから、今後、人為が
及ぼした自然環境の変化や生物への影響を軽減し、
扇状地河川が本来有している河川のシステムを保

全・復元していくことが必要になると考えられる。

しかし、既に複断面化が進行し、水面と陸域との比高
差が大きくなってしまった河川においては、自らの営み
で河原を復元していくことが困難な河川も多く、樹木の
伐採や陸域化した部分の切り下げなどによる河原の人
為的な復元、さらに河原に依存する生物のうち、絶滅の
危機に瀕している種については、その系統保存のため
セーフサイトを確保する等の措置が必要になるものと考
えられる。

このような対策が必要な事例の一つとして多摩川
永田地区があげられる。多摩川永田地区では、河原
に依存する植物の保全を中心に、高水敷の切り下げ
や樹木の伐採による河原の人為的な復元が平成13
年3月から14年2月にかけて実施された。しかし、
河原の復元に伴う高水敷の切り下げや、樹木の伐採
もまた、現在の生物に影響を与えるものと考えられ、
造成された河原とともにその影響を予測し評価して
いくことが必要である。

また、河原の造成は新たな試みであり、今後、多

摩川永田地区のように川自身の力で河原が再生されることが期待できない場合は増加していくものと考えられることから、その造成手法についても検討をおこなっていく必要がある。

以上を踏まえ本研究では、今後の河原の保全と復元に資することを目的に、以下の課題について検討を行う。

- ①「河原」が維持されるための一つの条件である裸地の状態と冠水頻度について検討する。ここでは雫石川をケーススタディとして解析する。
- ②河原の復元が実施された多摩川永田地区を対象に、河原復元のための樹木の伐採と高水敷の切り下げが、ハビタットや生物にどのような影響を及ぼすかを予測する。また、出水後の土砂の堆積状況と冠水頻度との関係を把握する。
- ③河原に依存した植物のうち、多摩川や鬼怒川で個体数の減少が報告されているカワラノギク *Aster Kantoensis* Kitam に着目し、生育場としての河原の状態を整理した上で、河原の造成手法を提案し、これを鬼怒川サイトで実験的に検証する。

2. 河原が維持されるための冠水頻度の検討

扇状地上を流れる河川は、洪水時においては、砂州は移動し流路は容易に変更し、これに伴い植生帯は破壊される。これにより砂礫裸地の河原が再生される。したがって、河原が継続的に維持されるためには、裸地であることが一つの条件であると考えられる。そこで、地被状態の決定要因となる冠水頻度に着目し、地被状態と冠水頻度との関係について雫石川を例に解析を行い、裸地と冠水頻度の関係について明らかにすることを目的とする。ここでは、近年、地被状態が大規模に変化した雫石川を対象に冠水状況との関連性を分析する。

2.1 対象区間の概要

対象河川は戦後ハビタットの分布が大きく変化したこと、空中写真を始めとした資料が存在することを理由に北上川第一支流雫石川とした。図-1は雫石川の平面図を示す。雫石川は北上川合流点から11.4kmに位置する御所ダム下流から流下した後、大欠山を曲流し盛岡市西部に広がる扇状地面を流れ盛岡市内で北上川に合流する。流域面積は772km²、流程48.5kmである。昭和20年代にカスリーン台風(1947年)、アイオン台風(1948年)の襲来により破堤を伴う大被害を被った。その後、大規模な出水はあ

るものの甚大な被害には至っていない。雫石川における本格的改修は昭和7年から始まった「雫石川改良事業」である。北上川合流点から右岸8.7km、左岸8.9kmまでの築堤が行われ、雫石川の骨格が形成された。その後は低水護岸や根固工が部分的に設置されたが大規模な改修は行われていない。1960年代になると本格的な砂利採取が始まった。採取区間は北上川合流点から6~7km付近までで、採取期間は1964年~1972年の9年間、確認できた採取量は73万m³である。

今回対象とした区間は、北上川合流点から4.0km~7.0kmの区間とした。計画河床勾配は1/355、計画高水流量1,350m³/s、川幅は堤間で300~400mである。この区間は河道が緩やかに蛇行し、1蛇行以上、川幅の概ね10倍程度の長さが確保されている。この区間は下流域に比べるとグラウンドや田畑といった人工的利用が少なく、ハビタットの時間的変化が似通っているという特徴を持つ。

2.2 方法

(1) 河道内地形及びハビタットの把握

本研究では、過去数十年の地形やハビタットの分布を把握する方法として空中写真を利用した。表-1は利用した空中写真を示す。地形の把握は1977年及び1984年を除く5組について、ハビタットの分布の把握は7時期全てについて行った。地形の把握は空中写真を立体視することにより行い⁹⁾、北上川合流点から200m感覚に11.4kmまで横断面を作成した。立体視ができない水面下の形状は、この形状を台形と仮定し、撮影日の流量を元に粗度係数を0.035として不等流計算を行いその諸元を求めた。ハビタットの判読は、判読の対象となる場所の地形、色、テクスチャーから行い⁹⁾、空中写真の歪みを補正した地形図に判読結果を記入して面積を測定した。ハビタットの分類は、ハビタットの変化を概括的に把握すること、空中写真から読み取れる程度から、以下のように分類・定義した。

- a) 水面：空中写真撮影時に水面であった場所を水面と分類する。
- b) 裸地：空中写真撮影時に水面及び植物が繁茂していない場所で、グラウンド等人工的土地利用を行っていない場所を裸地と分類する。
- c) 草本地：空中写真撮影時に草本植物が繁茂している場所を草本地と分類する。
- d) 木本地：空中写真撮影時に木本植物が繁茂してい

る場所を木本地と分類する。

e) 人工地：グラウンド、田畑、河川構造物等人間がその場所を使用し、かつ、その形態が維持されている場所を人工地と分類する。従って、田畑が放棄されて草本植物が繁茂した場合には人工地とは分類されない。

(2) 冠水日数の意味と推定方法

木本植物が河道内のある場所に立地するかどうかは、植物の種子散布、発芽、定着、成長、競争、破壊といった各プロセスにおいてそれぞれを規定する条件と大きくかかわっている⁶⁾。冠水条件は流水に伴う種子散布の範囲や程度、土壌水分といった植物の発芽や成長、土砂の堆積や植生の流失等といった、定着・破壊現象等植物の立地に関する様々な要素を含んでおり、大規模なハビタットの变化との関連を検討する上で必要な要因を含んでいる。また、広域的かつ長期的な視点からハビタットを管理する場合にも、冠水条件は過去の流況から簡易に推定できるため都合が良い。

ところで、冠水条件としては、一定期間に冠水する回数や1回に冠水する時間等が考えられる。本研究では今回用いた流況に関する資料の状況、本研究の目的を考慮して、冠水条件を特定の時期に限定せず、一定期間を1年間とした。また、冠水時間については、用いた流量の資料が日平均流量であること、ハビタットと冠水状況との関連性を概括的に把握することが目的であることから冠水の時間単位を1日とし、1年間における平均的な冠水日数を計算した。冠水日数の算定は以下のように行った。まず、時間的に前後する2撮影時期（前後期）の全ての日平均流量データと後期の横断河床形状を用い不等流計算を実施した。また、横断河床を左岸側から3mメッシュに分割し、各メッシュの平均的な標高と不等流計算結果に基づく水位との関係から2撮影期間内の冠水日数を計算し、これを365日（1年間）で除すことにより冠水日数（日/年）とした。従って、2撮影時期間の冠水日数が1日で2撮影時期間の日数が365日より大きい場合には1日/年以下の冠水日数となる。なお、冠水日数の計算を行った断面は15断面、用いたメッシュ数はおよそ2000である。

用いた流量データは全て日平均流量であり、1938年～1967年(1946年～1949年は欠測)は御所ダムの計画時に推定したダムサイト流量を¹⁵⁾、1968年～1976年は明治橋流量観測所から推定した流量を、そ

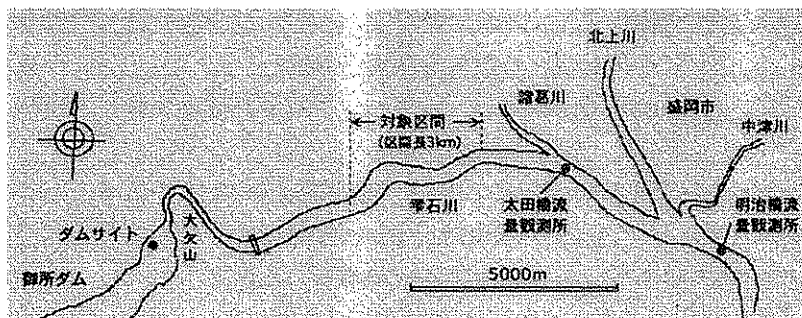


図-1 雫石川対象区間付近平面図

表-1 使用した空中写真と整理方法

撮影年月日	縮尺	カラー 航測横断面		ハビタットの把握	撮影日流量 (m ³ /s)
		白黒	作成		
1948年5月15日	1/10,000	白黒	○	○	30
1965年6月12日	1/10,000	白黒	○	○	30
1976年9月30日	1/8,000	カラー	○	○	20
1977年6月16日	1/10,000	白黒	○	○	13
1982年5月16日	1/10,000	白黒	○	○	60
1984年7月1日	1/20,000	白黒	○	○	10
1989年5月24日	1/10,000	白黒	○	○	15

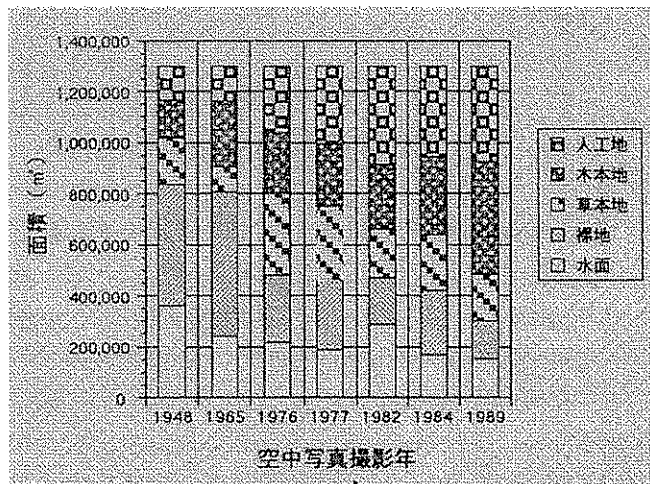


図-2 各ハビタット面積の経年変化

れぞれ太田橋観測所地点における日平均流量として用いた。1977年以降は太田橋観測地点での流量を用いた。明治橋地点からの流量の推定は、1977年以降の太田橋地点の流量と明治橋地点での流量との相関関係から行った。各流量観測地点の位置は図-1に示した。なお、太田橋観測所地点は諸葛川が合流するため対象区間の流量に比べて大きくなるが、諸葛川の流域面積が63.7km²と雫石川に比べて小さいため、太田橋観測所の流量データを対象区間流量として用いた。

2.3 結果

(1) ハビタットの变化と植被の概況

図-2は各撮影時における各ハビタットの面積を示す。水面は1948年以降撮影日の流量が大きかった1982年を除いて徐々に減少する傾向を示す。裸地は1948年で全体の面積のおよそ36%を示す。砂利採取が活発だった1965年に一旦増加した後減少し、1989年には12%にまで減少している。木本地は1948年では全体の面積の11%程度を占めるに過ぎなかったが、1965年及び1989年に顕著な増加を示している。特に、1989年の増加は大きく23%から34%と急激な増加を示す。人工地は1976年から1989年まで増加し、その後大きな変化はない。1989年における面積比は29%である。

図-3は、1948年～1989年5撮影日における平面図に水面、裸地、木本地の分布を示す。1948年は明瞭な砂州の形態が見られみお筋周辺に裸地が広がっている。1965年ではみお筋が狭くなり明瞭な砂州の形態が見られない。また、右岸の堤防沿いに新たな木本地の形成が見られる。1976年ではみお筋が分かれ中州の形成が見られここに裸地が広がる。1982年の分布は撮影時の流量が多く水面が1976年と比べ広がっている。また、裸地沿いに小規模な木本地が見られるようになる。1989年になると水際沿い、中洲にも木本地が見られるようになる。1995年に対象区間を踏査し相観から把握した植生分布の概略は、水面から比高差がない場所では裸地が広がり、裸地上にカワラハハコ、ツルヨシ群落が見られ、やや比高差がある場所にはイヌコリヤナギ群落、カワヤナギ群落が見られた。また、比高差もあり冠水頻度が小さいと思われるやや高水敷化した場所ではシロヤナギ群落、ハンノキ群落が、さらに比高差があり、水面からも遠くほとんど冠水しないと思われる場所ではオニグルミ群落、ニセアカシア群落、スギ・カラマツ等の植林が見られた。

(2) 流量と地形の変化

扇状地部における冠水頻度は、上流から流入する流量とその場の河道内地形により支配される。そこで、これらの要素が時間的にどのように変化したかを概観する。図-4は1940年～1989年までの流量を年最大流量、豊平低渇水流量について整理した結果を示す。1975年以降渇水流量で若干の減少が見られ

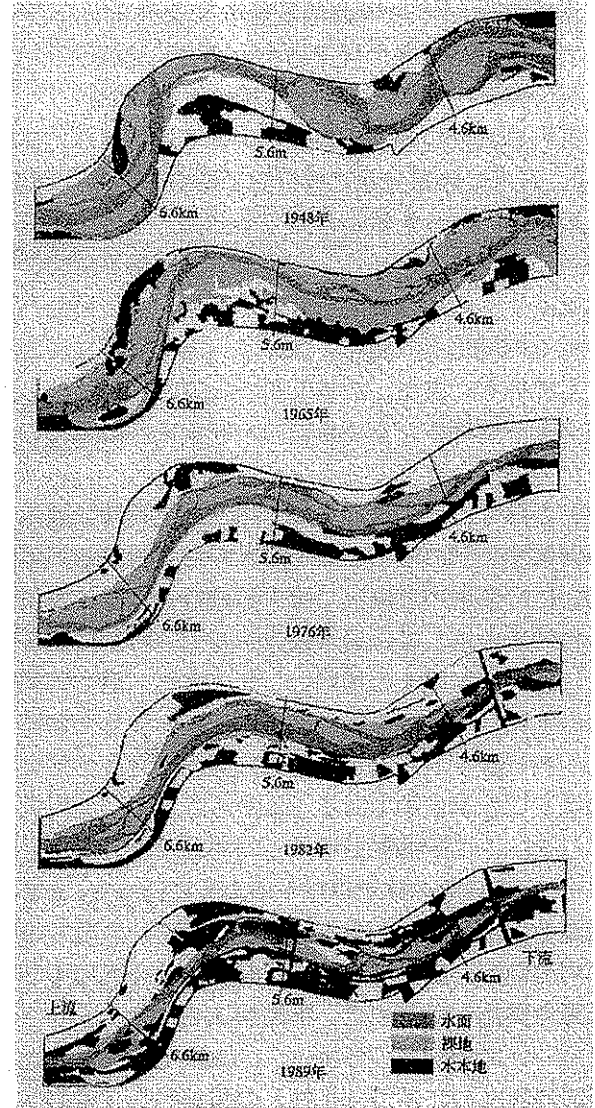


図-3 1948～1989年における水面、裸地、木本地の分布

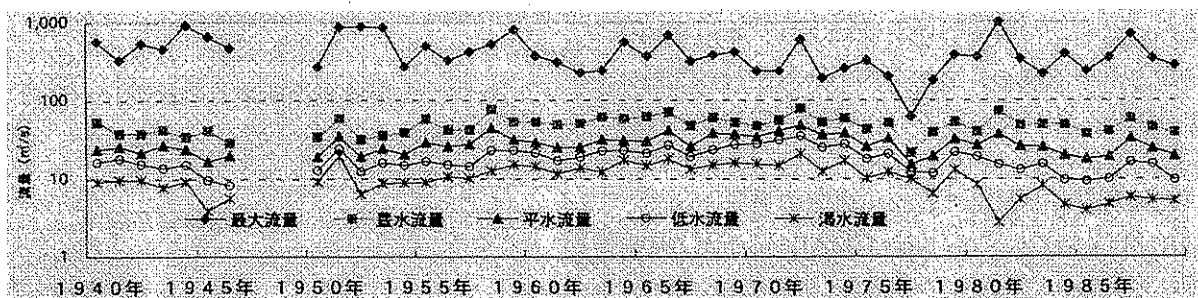


図-4 最大流量、豊平低渇水流量の経年変化

るが、その他に大きな変化は見られない。次に、地形の時間的変化を見るため、以下の2つの指標を作成し、地形の変化の傾向を把握する。一つは、前後する両撮影時期の同一位置における河床高の比高差の平均値で河床の全体的な低下、上昇の指標である。もう一つは差の標準偏差で河床の部分的な低下、上昇の程度を示す指標であり、例えば、低水路のみが低下するような場合は値が大きくなり、全体が低下するような場合は値が小さくなる。把握は対象区間200mピッチに行い、各時期間の縦断図として図-5に示す。①1948-1965年、②1965-1976年において両時期の差がマイナスに、標準偏差がプラスとなり河道中央部の低下が対象区間全域で生じていることが解る。ここで、両時期の差が1948-1965年で対象区間の上流で小さく、③1965-1976年の下流で小さくなっているのは、砂利採取は当初下流で行われ、その後、この影響が上流にまで伝わったからであろう。④1976-1982年では両指標は対象区間全域でほぼゼロとなっている。1982-1989年では、5km付近を中心に河床が全体的に低下していること、また、6.7km付近で若干の低下が見られるが、①、②に比べて変化量は少ない。

③冠水頻度と各ハビタットとの関係

冠水日数と各ハビタットとの関係を明らかにするために、冠水日数をその頻度から10の冠水頻度帯に分類し、各ハビタット別に各冠水頻度帯に属するメッシュ数を合計した。尚、ここでは撮影時に水面となっているメッシュは裸地として扱った。図-6はこの結果を横軸にメッシュ数を縦軸に各冠水頻度帯として示した。1948年は1~5日/年にピークがあり、それ以上、それ以下の冠水頻度帯ではメッシュ数があまり変化しない。ただし、0.5-1日/年でメッシュ数が減少する。1965年は1948年における分布とは大きく異なる。1~5日/年のメッシュ数はほぼ半数になり、ピークは0~0.1日/年に移動している。1976年、1982年、1989年では、1965年同様ピークは0~0.1日/年にあり分布は比較的似通っている。また、0.5-1日/年でメッシュ数が減少する傾向は1965年以降も続いている。各ハビタットと冠水頻度との関係を見ると0.5-1日/年及び1-5日/年の冠水頻度帯を境界としてハビタットの状況が異なっているように見える。すなわち、これより高い冠水頻度帯は裸地が多く、低い冠水頻度帯では人工地と木本地が多い。そこで、これらと冠水頻度との関連性をより詳細に見るため、各冠水頻度帯で全

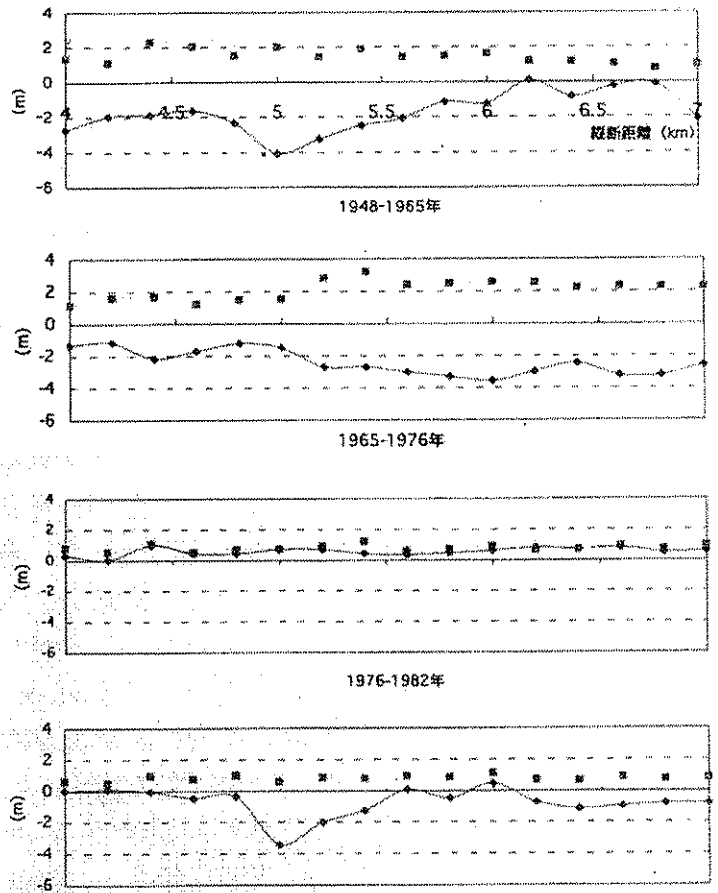


図-5 前後する2時期の河床高の差と差の標準偏差の縦断分布

メッシュ数に占める木本地、人工地及び裸地の割合を各時期について算定し整理した。なお、人工地には洪水の攪乱を受けにくいグラウンドや田畑等が多く含まれていること、これらの土地は人為的に維持しなければ木本地となる可能性がある「潜在的木本地」であること、から人工地は木本地に加算し、この合計を木本地の割合を示す尺度とした。結果を図-7に示す。木本地及び人工地の割合は、人為的攪乱を受けた1965年を除くと、冠水頻度が増加するに従い低下する傾向を示す。ただし、1989年は低水護岸の設置により低い冠水頻度帯でも人工地の割合が増加している。木本地及び人工地の割合が増加もしくは減少し始める冠水頻度帯は明瞭ではないが、1976年以降を見ると1-5日/年より冠水頻度が低下すると、これらの占める率が急激に増加し、0.5-1日/年では概ね40%以上となる。裸地の割合は、冠水頻度が増加すると増加する傾向を示す。人為的攪乱を受けた1965年を除けば、0.5-1日/年もしく

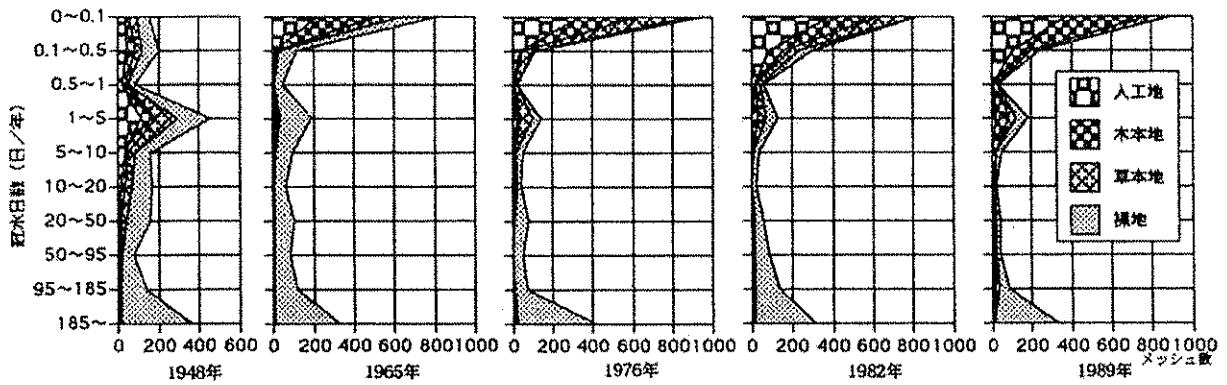


図-6 各ハビタットの冠水頻度別メッシュ数の分布とその時間変化

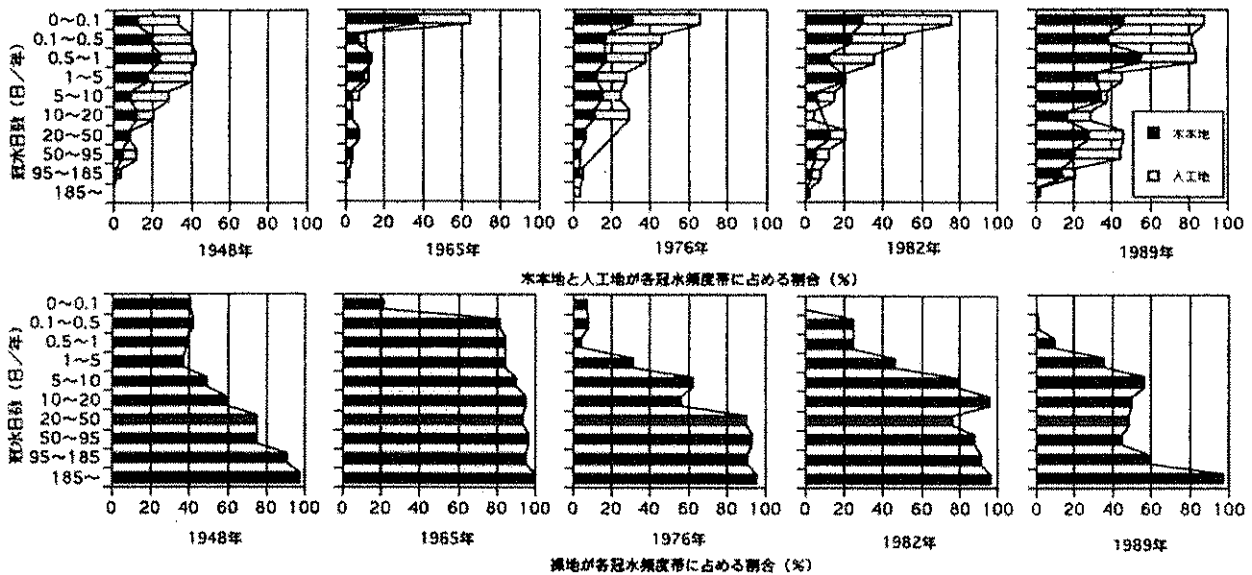


図-7 木本地及び人工地と裸地が各冠水頻度帯に占める割合

は1-5日/年を境界とし、これより冠水頻度が低下すると裸地率も増加する傾向を示す。その率は1-5日/年で概ね30~40%、5-10日/年で概ね50%を超える。1989年の高い冠水頻度帯で裸地の占める面積が少ないのは、これらの冠水頻度帯で木本地と人工地が増加したことによる。

2.4 まとめ

ここでは河原を維持するために必要な裸地と冠水頻度の関係について雫石川を対象に検討した結果、1-5日/年程度の冠水頻度以上により裸地が維持されることが把握された。

3. 多摩川永田地区における河原の復元

3.1 対象地区の概要

多摩川は、笠取山（山梨県塩山市、標高1,941m）を水源とし東京湾に注ぐ、流域面積1,248.6km²（山地68%、平地32%）、流路延長135.6kmの1級河川である。永田地区（51.7~53.3km地点）は、草花丘陵と立川段丘、拝島段丘間の多摩川が形成した古い扇状地の開削地形に位置する。平均河床勾配は約1/300、川幅300m程度、水面幅は30m程度である。永田地区の約0.5km上流に羽村堰が位置し、羽村堰からの放流量は、伏流する量、湧出する量を除き、ほぼ永田地区における流量を示すものである。1992年5月以降は、洪水時以外、通年2m³/s放流が行われている。

多摩川永田地区はここ20年間で扇状地河川特有の平たい、滞筋が複数出来る単断面的な河道から複断面の河道へ変化した。その結果、多く見られた河

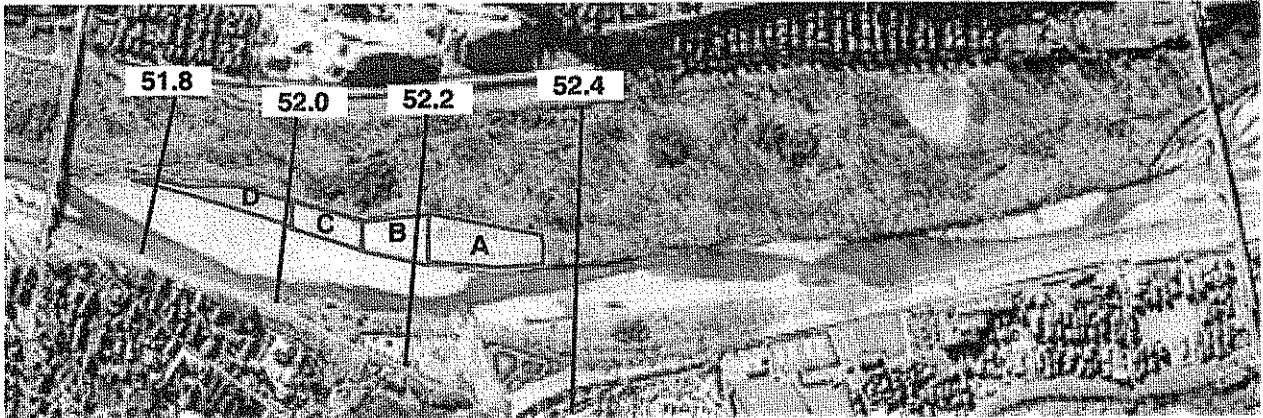


写真-1 河原復元が行われた区間

原は減少し、外来種であるハリエンジュからなる樹林が多く繁茂した。変化の主要因は、高度成長期の大量の土砂採取による河道形状の変化、上流からの土砂供給量の減少、羽村堰からの取水による流量の安定化の結果と推定されている⁹⁾。

3.2 河原の復元の概要とその影響予測

(1) ハリエンジュの伐採

永田地区に生育するハリエンジュは、明治時代からの上流の治山・砂防事業で植えられた⁹⁾ものが定着したものと考えられる。ハリエンジュは成長が早く、水平根が伸張し分布を拡大する。永田地区の大部分の個体は水平根からの萌芽個体である。このため、ハリエンジュの除去は、伐採のみではすぐに根萌芽してしまうため、抜根と水平根の除去が行われた¹⁰⁾

(2) 河道修復としての高水敷の切り下げ

河道修復はこの区間内の下流サイト(51.7km～52.4kmの右岸側の水際の高水敷)で行われた。河原は細粒土砂や礫の状況と冠水頻度を考慮し、以下の4つの区間にゾーニングされ造成された。写真-1は実施後の現地の空中写真である。

【区間A】最上流分の延長130m、幅50mの区間(区間A)はカワラノギクの保全サイトと位置付け、表層のハリエンジュの伐採、抜根、表土の剥ぎ取りを行い、河原を造成し、カワラノギクを播種し育成する区間である。高さは、おおむね5年に1度の冠水頻度である。

【区間B】区間Aの下流、約100m区間(区間B)は、横断方向に勾配をもたせ、多様な冠水頻度を持つように設定され、水際には少なくとも年に1度は冠水する高さとした。

【区間C】区間Bの下流約150m区間(区間C)は、

年に数回冠水する高さまで掘削することにより礫が現れるのが分かっていたので、その高さまでほぼ水平に掘削された。

【区間D】最下流区間(区間D)は、ほとんどの堆積物が砂で礫層はわずかであったため、地下水位より50cm以上(年に数回冠水する高さ)まで掘削され、現状の河原の高さにあわせられた。

河原復元のための工事は、平成13年3月～6月と平成13年11月～平成14年2月の2期にわけて行われた。前期は主にハリエンジュの伐採とA区における河原の造成、後者は高水敷を切り下げ、冠水頻度をそれぞれ変更するための工事である(B区～E区の造成)。この間、平成13年9月には、台風による出水が生じ、A区～D区の前面の低水敷が浸食され、植物帯が消失し、自然の裸地河原が出現した。また、C区～D区に冠水し、主に細粒土砂の堆積が見られた。なお、C区とD区のこの出水による影響は、後期の工事によって掘削が行われている。

(3) 土砂供給

河原の造成の他に、土砂供給が行われた。これは、特に永田地区上流で沖積層の厚さが薄くなっていること、また、対象区間では河床勾配が小さくなっていることを解消するため、土砂供給を行い河床を上昇させ、勾配を大きくすることにより掃流力を増加させ、河原を維持させることを目的としている。土砂は永田地区の直上流に土砂が敷き詰められた。土砂は小作堰(56km)に堆積したものが用いられた。土砂供給は、東京都水道局と京浜河川事務所により実施された。これまで永田地区の上流部には土砂供給は2回実施されている。

① H13.10～H14.3の間に設置：6,600m³

② H15.1～3の間に設置：8,650m³

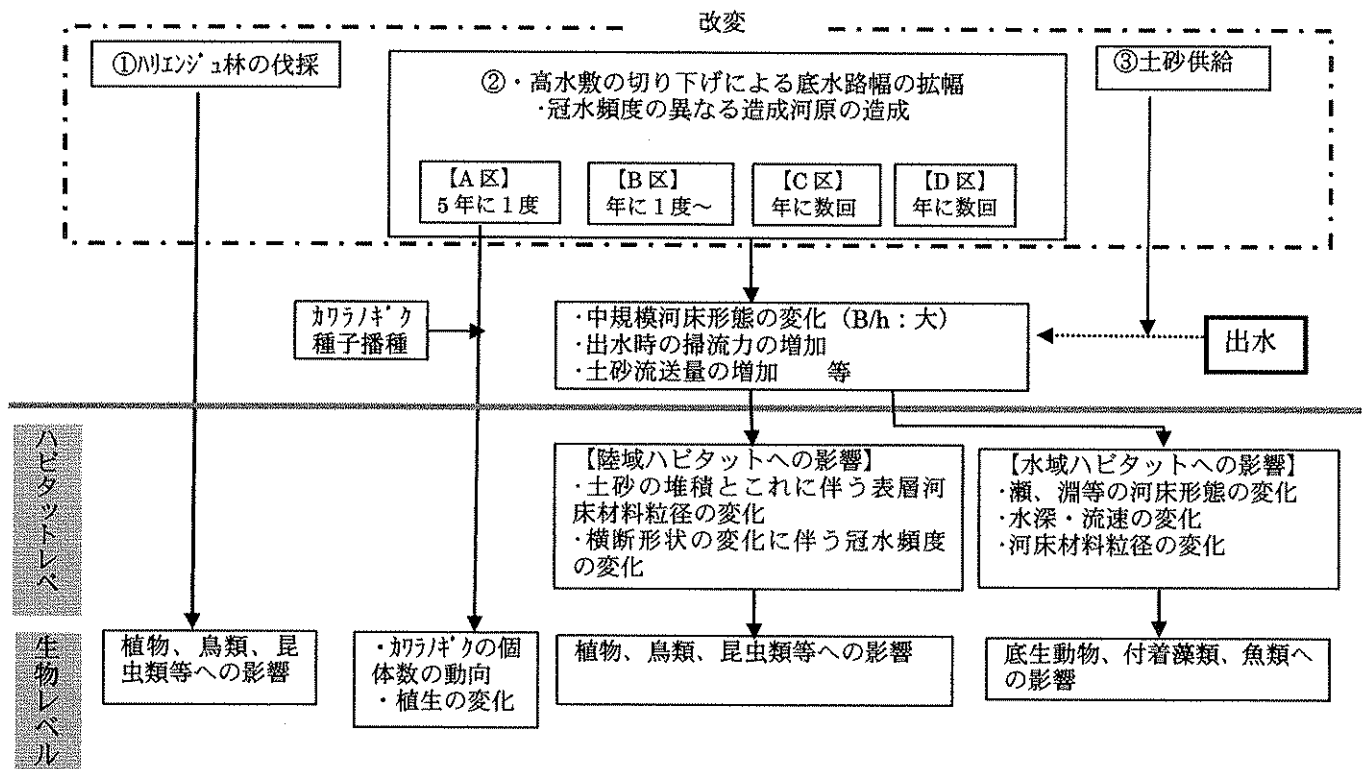


図-8 河原復元に伴うハビタット及び生物への影響予測

3.3 河原造成に伴うハビタット及び生物への影響予測

図-8に多摩川永田地区における河原の復元に伴うハビタット及び生物への影響予測を示す。直接的改変として、以下があげられる。

- ① 樹木（ハリエングジュ林）の伐採による消失
- ② 高水敷の切り下げ（低水路幅の拡幅）と冠水頻度の異なる造成河原の造成
- ③ 土砂の供給

これらに対するハビタット及び生物への影響として、①は主に鳥類や昆虫類等へ影響が及ぼされることが予想される。②は③とともに出水時に冠水する領域に影響を及ぼす。中規模河床形態の変化、掃流力の変化、土砂量の変化によって、低水路内の陸域と水域に影響が及ぼされる。陸域においては、土砂の堆積に伴う横断形状の変化や粒径の変化が生じる。これは冠水頻度に大きく規定することが予想される。ここでは低水路の拡幅、土砂供給が行われていることから、冠水頻度が大きいほど、土砂堆積が促進されやすく、河床材料の粒径や横断形状に影響を及ぼすことが予想される。そして、これらの変化は植物、鳥類、昆虫類等の生物へ影響を及ぼす。水域においては、瀬、淵等の河床形態、流速・水深、河床材料粒径の変化が生じ、それらの変化は付着藻類、底生

動物、魚類などの水域生物に影響を及ぼすものと考えられる。

3.4 扱う研究範囲と方法

本研究では、このうち、②③による陸域への影響について、主に河原の造成が行われた区間において、出水による土砂堆積の状況を平成14年4月から15年1月までに撮影された低高度空中写真と平成14年12月に撮影した空中写真及び現地調査からその分布状況の把握、堆積土砂の粒度分析を行った。また、これと冠水頻度との関係について把握した。なお、その他の項目については、河原の造成からの経過時間が少ないこと、河川生態学術研究会によりモニタリングが実施されていることからここでは扱わないこととした。

3.5 結果

工事完了後から2ヶ月後の平成14年4月及び7月、10月、平成15年1月に撮影された低高度空中写真から土砂堆積状況をみると、4月と7月の間に土砂の堆積が確認された。永田地区最上流部の土砂供給サイトにおける平成14年4月の写真には、3月までに設置された供給土砂がみられたが、平成14年7月の写真では、ほぼ流出していたことから、この土砂の一部も出水時に堆積したことが予想された。ま

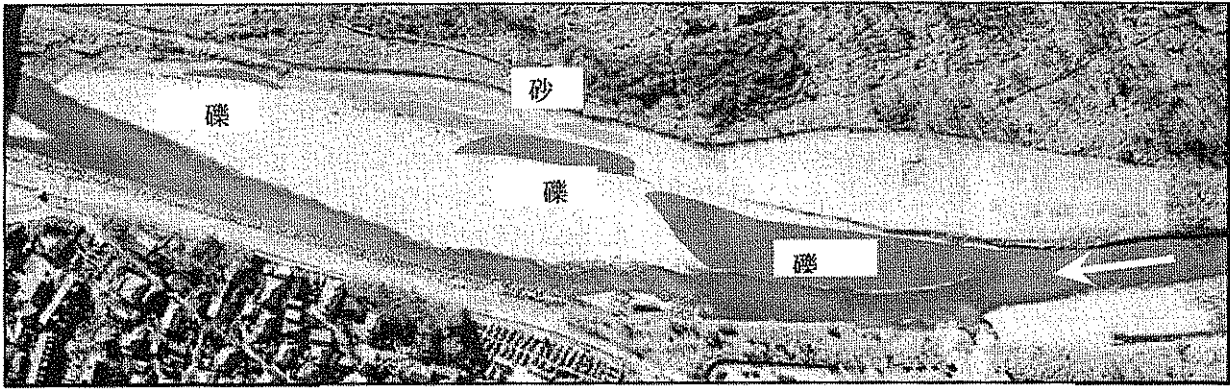


図-9 出水による土砂堆積状況の概要

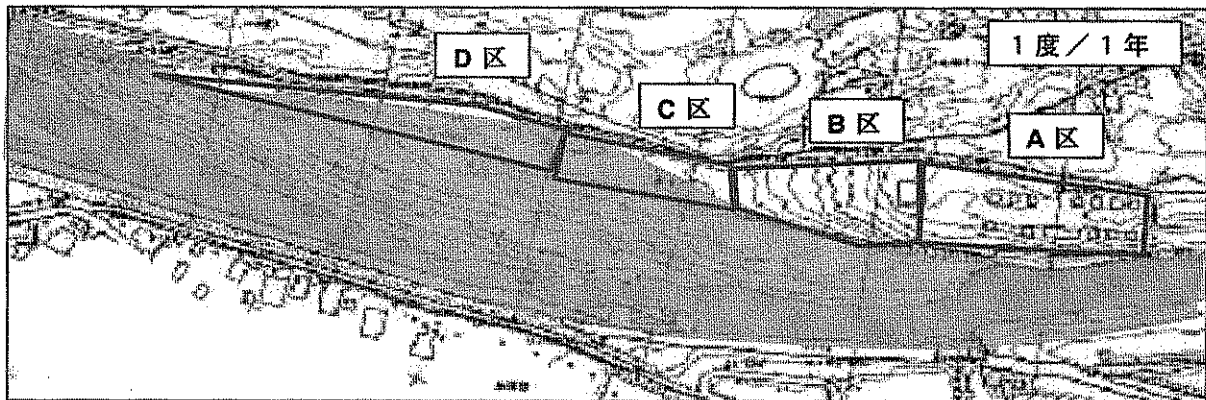


図-10 1年に1度の頻度で冠水する領域予測図

た、7月、10月にはD区における植生の拡大がみられた。その後の15年1月には特に変化はみられず、これは植生の管理が行われていることにもよる。

図-9は、平成14年12月に撮影した空中写真に現地調査土砂の堆積状況の概要を示したものである。主に砂と砂利の堆積物がみられ、堆積していない場所と比較すると粒径の細かいものが堆積していた。平成14年4月から12月の間における最大の出水は、台風21号により10月1日～2日にかけて生じており、警戒水位を超えるものであった。ピーク流量は平均年最大流量程度の約半分の流量とほぼ一致しており、ほぼ1年に1度の確率の出水頻度であった。図-10にほぼ1年に1度の頻度で生じる出水規模の冠水領域予測図を示す。図-9に示した堆積状況における砂の堆積部は、冠水領域の河原部の外縁とほぼ一致するものであった。また、造成された河原の前面の砂州部分には上流区間のみの堆積であり、出水時の掃流力が関与していることが考えられた。

3.6 まとめ

本地区は、経験された出水はわずかで、今後、継

続して冠水頻度との関係を調査していく必要がある。また、堆積した土砂の中には種子が含まれていること、堆積した土砂の粒径によって含まれる種が異なることが星野によって報告されている。このような堆積した土砂の中身の生物的な特徴を含めた調査が蓄積され、河原の復元後の予測モデルの構築も今後必要になると考えられる。

4. 河原の造成手法の提案と実験的検討

河原の造成においては、特に表層の状態にどのような「機能」を持たせるかが課題となる。そのため、ここでは、カワラノギクに着目し、その生育が可能な「河原」が具備すべき「機能」について整理し、これらを踏まえ、河原造成手法の提案を行い、鬼怒川サイトに適用しこの検証を行う。

4.1 カワラノギクのハビタットとしての機能を有する「河原」の状態

「河原」とは礫を中心とした河床材料で覆われかつ粒径の細かい材料が礫の中に詰まっていない状態で、かつ、植物がまばらにしか繁茂していない場所

のことである。このような状況は、自然の河川では扇状地でかなりの頻度で流水に洗われるところに存在する。流水に洗われることにより、河原表面の細粒分が流送され礫間に詰まった細粒土砂分（マトリックス）がない状況になる。多摩川グループではこのような状態を透かし礫層と呼んでいる⁸⁾。カワラノギクやカワラバタは透かし礫層に依存している生物である。

また、カワラノギクは栄養繁殖せず、種子のみで繁殖し、発芽から2～3年後に開花する1回繁殖型の植物である¹¹⁾。種子が発芽するためには、細粒土砂が詰まっていない礫の陰の存在が必要であり、ここに種子がひっかかり発芽する¹¹⁾。さらに、実生は、他の植物により光がさえぎられると生育することができなくなるため、植被率が低いことが必要となる¹¹⁾。

以上より、カワラノギクのハビタットとしての「河原」とは、細粒分が流送され礫間に詰まった細粒土砂分（マトリックス）がない状況であり、かつ、他の植生の分布がほとんどない裸地のような状態を具備するもの捉えられる。

4.2 「河原」の造成手法の提案

多摩川永田地区における検討では、透かし礫層を造成するためには表層の剥ぎ取り、スケルトンバケットにより細粒土砂と砂利、玉石を振り分け細粒土砂の除去を行った。しかし、手間がかかるため本造成では流水により細粒土砂を洗い流し表層材料の粒度分布を調整する方法を提案し、鬼怒川において適用した。

4.3 鬼怒川における適用

(1) 鬼怒川におけるカワラノギクの状況

利根川の一次支川である鬼怒川では、平成8年度に実施された河川水辺の国勢調査¹²⁾では利根川合流点から82kmから102kmに、1996年に村中らが行った調査¹³⁾では同じく88km地点及び104km地点にカワラノギクが比較的多く確認された。しかし、1998年8月（台風11号）及び9月（台風15号）の出水でその多くが流失・埋没し、個体数が激減している¹³⁾。このため、当該区間の河川管理者である国土交通省下館工事事務所、東京大学農学部生命科学研究科、著者らのグループ等が鬼怒川に生育するカワラノギクの保全を試みている。具体的には、冠水頻度が小さく出水に伴う流失の可能性が小さい河

川敷に人工河原を造成し、ここにカワラノギクの種子を播種し、この系統保存を行おうとするものであり多摩川永田地区と同様である。

そこで、河原を造成するサイトとして、造成場所は冠水頻度が小さく、工事用車両のアクセスがし易いことを念頭に置き、鬼怒川 91.2km 地点左岸側（氏家公園内、以下公園サイト）と鬼怒川 92.6km 地点

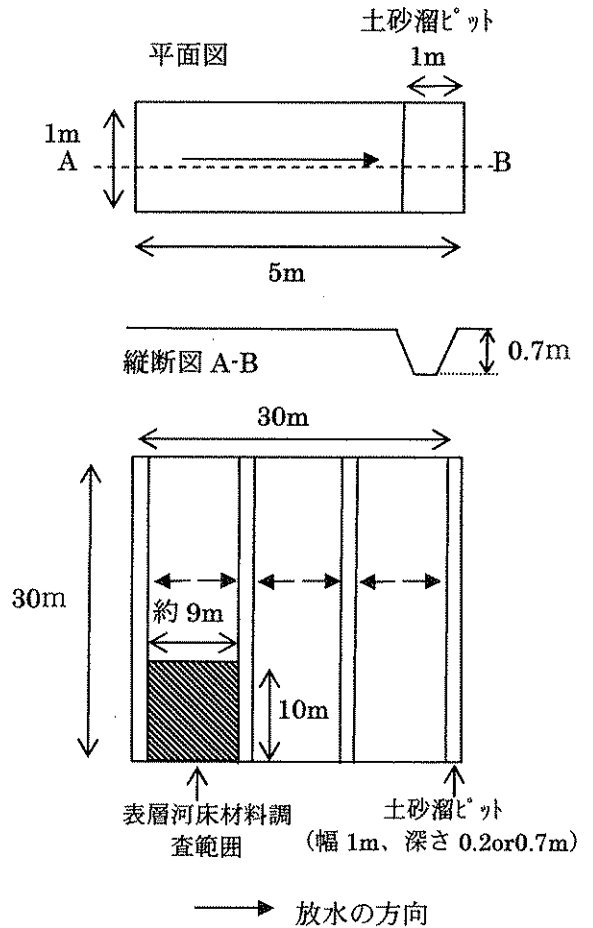


図-11 上：予備実験サイト
下：氏家公園サイト

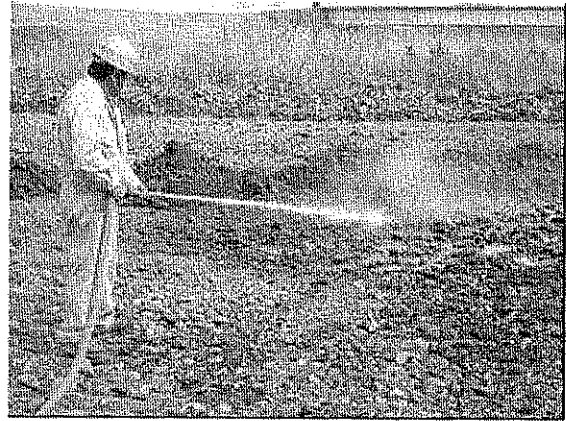


写真-2 放水による河原の造成

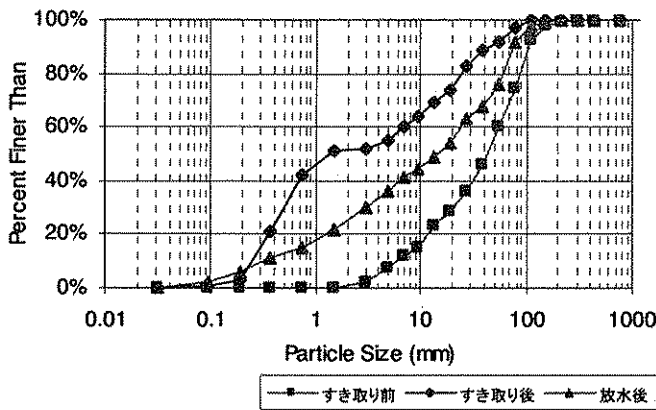


図-12 河床表層材料調査結果

左岸側（氏家橋上流約 100m 付近、以下氏家橋サイト）が選定された。各サイトの大きさは 30m×30m で、両サイトとも平常時における鬼怒川本川の水面からの比高が大きく流水の攪乱を受け難いため、表層にある玉石、砂利、砂、シルトが締め固まり、そこにカワラノギク衰退の主要因の一つと考えられているシナダレスズメガヤ *Eragrostis curvula*(Schrad.) Nees が繁茂していた¹³⁾。また、表層の玉石と砂利を剥ぎ取ると、その下層は礫より粒径が小さい細粒土砂（以下、細粒土砂）が主要構成材料となっている。

（2）洗い流し法による透かし礫層の再生

まず予備実験を行い洗い流し法による検討を行い方法の有効性の検証を行い、これを確認後、河原の造成を行った。

①予備実験

サイトの端に流水と土砂とを溜める土砂溜ピット（幅 1m、最大深さ 0.7m）を造成し（図-11（上））、動力消防ポンプを用いて、本サイト近傍にある池から取水した水をすき取り後の表層に放水した。この結果本手法により表層から細粒土砂を効率的に除去できること、そして、調整した表層材料の粒度分布がカワラノギクの播種と育成に適当であることが、カワラノギクの生態について研究を行っている研究者により確認された。

②河原の造成

予備実験結果を踏まえ 2002 年 3 月 15 日人工河原造成を実施した。ここでは、公園サイトでの実施状況を報告する。図-11（下）は公園サイト平面図を示す。サイトは 30m×30m の大きさで、10m の幅に 1 本幅 1m、最大深さ 0.2 及び 0.7m の土砂貯めピットを設置した。造成に先立ち表層をすき取る前の河

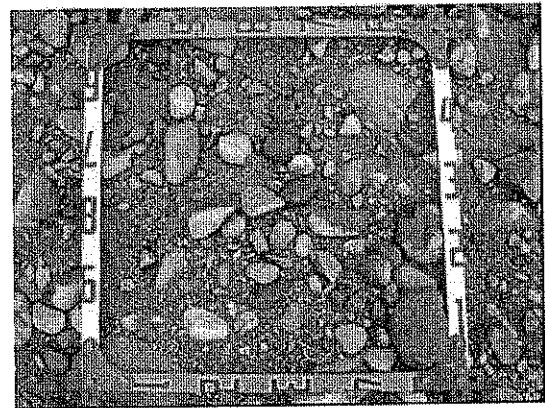


写真-3 放水後の表層

床材料の粒度分布の把握を行った。粒度分布の把握は wolman のペベルカウントにより行い¹⁴⁾、図-11（下）に示す 10m×9m の範囲で実施した。ペベルカウントは一種の線格子法であり、歩幅を目安にしながら足先の材料を拾い上げ材料の粒径を測定する方法である。トランセクトは 10m×9m の方形区の中にジグザグに設定し、方形区内の材料が空間的に偏りなく採取できるようにした。河床材料の粒度分布は、すき取り前、すき取り後、放水後の 3 回実施した。すき取りは、7t 級のブルドーザーで、ピットの造成は 0.4 m³級のバックホウで行った。すき取り及び土砂溜ピットの造成に要した時間は 4 時間程度であった。すき取りのスピードはブルドーザーの重量に影響される。氏家大橋サイトでは 16t 級のブルドーザーを使用したためすき取り時間が短く 2 時間程度で終了した。放水は予備実験同様隣接する池を水源とし水量を 0.6 m³/min として実施した。10m×9m の面積に要する時間は 5 分程度で、1 m²当たりの必要水量は概ね 30~40ℓと推定された。氏家大橋サイトでは近傍に水源がないため散水車を用いて放水を実施したが、単位面積当たり概ね同量の水を必要とした。放水角度は俯角を 45 度程度から 10 度程度まで実施したが、俯角がこの範囲内で小さい程細粒土砂の除去が効率的だった。細粒土砂の除去は、細粒土砂のみが選択的に洗い流され土砂溜ピットに貯留される場合と、流水により表層付近の材料が攪拌され、粒径の大きい砂利や玉石が上方に移動して表層材料の粗粒化が進む場合もあるようである⁶⁾。俯角を小さくすると細粒土砂がより洗い流されるのは、前者の効果が後者より大きいこと、そして、小さい俯角時に前者の効果が大きくなること、に起因していると考えられた。次に、表層材料の粒度分布

を比較する。図-12 に測定した粒径を個数加積粒度曲線で示した。すき取り後は表層材料が著しく細粒化し、 d_{50} は 1mm、全体のおよそ 50% が細粒土砂で占められている。放水後は d_{50} が 20mm、細粒土砂の割合は 20% 程度となり、細粒土砂の除去に対する効果が認められた。どの程度の粗粒化が期待できるかは、放水により攪拌される層内の砂利や玉石の割合に依存するため、本結果は公園サイトの状況を反映したものであることを断っておく。

4.4 まとめ

河原の動的システム復元に関する研究は未だ途上である。今後緊急対策として人工河原を造成する必要性は高まる可能性がある。課題であった表層粒度分布の調整には、流水の利用が効果的であることが示された。

5. まとめ

本研究は、人為的な改変によって近年河原が減少し、これにより河原に依存した生物が減少してきている現状を踏まえ、今後の河原の保全と復元に資することを目的に以下を検討した。

①河原が維持される条件を得るため、地被状況と冠水頻度との関係を雫石川を対象に解析した。その結果、1-5 日/年程度の冠水頻度以上により裸地が維持されることが明らかになった。

②多摩川で行われた河原復元（川幅拡幅など）に伴う影響について整理した。

③河原の人為的な復元（造成）方法について、河水を用いた放水を行い、細粒土砂を流出させ、透かし礫層を表層に形成する手法を提案し、これを鬼怒川サイトで検討した。

今後、河原の保全を行っていくためには、本来河川がもっている流量、土砂流送などを回復させ、川本来のダイナミズムを取り戻していくことが必要である。多摩川では、土砂供給を行いながら河原を維持していく方法について模索中であり、情報の蓄積が期待される。

参考文献

- 1) 李参熙・藤田光一・山本晃一：礫床河道における安定植生域拡大のシナリオ—多摩川上流部を対象とした事例分析より—、水工学論文集第 43 巻、pp.977-982、1999.
- 2) 皆川朋子・島谷幸宏：扇状地における河川の自然環境保全・復元目標の指標化に関する研究—多摩川永田地区を例に—、環境システム研究論文集、Vol.27、pp.237-246、1999.
- 3) 加賀谷隆：底生動物、多摩川の総合研究—永田地区を中心として—、河川生態学術研究会 多摩川研究グループ、2000.
- 4) 君塚芳輝：魚類の種組成と現存量の予測、多摩川の総合研究—永田地区を中心として—、河川生態学術研究会 多摩川研究グループ、2000.
- 5) 倉本宣：多摩川におけるカワラノギクの保全生物学的研究、東京大学大学院緑地学研究室緑地学研究 15、1995.
- 6) 砂田憲吾、吉川秀夫、芦田和男、佐々木寧、辻本哲朗、岡部健士、池田裕一、島谷幸宏、石川慎吾：河川の植生と河道特性、(財)河川環境管財団河川総合研究所、1995.
- 7) 奥田重俊、佐々木寧：河川環境と水辺植物—植生の保全と管理—、pp.116-129、1996.
- 8) 河川生態学術研究会 多摩川研究グループ：多摩川の総合研究—永田地区を中心として—、2000.
- 9) 建設省関東地方整備局京浜工事事務所：多摩川誌 1996.
- 10) 星野義延：植生動態、多摩川の総合研究—永田地区を中心として—、河川生態学術研究会 多摩川研究グループ、2000.
- 11) 倉本宣：多摩川におけるカワラノギクの保全生物学的研究、東京大学大学院緑地学研究室緑地学研究 15、1995.
- 12) 平成 8 年度河川水辺の国勢調査年鑑植物調査編、建設省河川局河川環境課監修、山海堂、1998.
- 13) 村中孝司、鷺谷いづみ、鬼怒川砂礫質河原における外来牧草シナダレスズメガヤの侵入と河原固有植物の急激な減少：緊急対策の必要性、保全生態学研究第 6 巻第 2 号、pp.111-122、2001.
- 14) Wolman, M.G. A method of sampling coarse river-bed material. Transactions of American Geophysical Union 35, pp. 951-956, 1954
- 15) 建設省東北地方建設局御所ダム工事事務所：御所ダム工事誌、pp. 1-34-1-44、1982.