

山地河川における河床幅と土砂堆積地の空間分布 —天竜川支流山室川下流部の事例—

土屋貞夫*・宮崎敏孝**

*信州大学大学院 農学研究科 森林科学専攻

**信州大学 農学部 森林科学科 農山村環境学講座

要約 山岳溪流では河床幅の空間分布が出水時水位や土砂滞留現象の制限要因になっている。本論では、河床幅と土砂堆積地の時空間特性を両者の相互位置・土砂堆積量・土砂浸食量から明らかにすることを試みた。河床形状を測量結果と河岸段丘面に成立した天然生同齢林の解析結果から、調査区間の土砂堆積量を算出した。その結果、土砂堆積量は河床幅の周期変動と同期して増減しており、土砂堆積地は河床幅の広い河道拡幅区間に形成され、土砂堆積量も河床幅に依存していた。しかし、出水時に土砂を堆積させる潜在的可能性は、河床幅が急激に縮小する区間で高い傾向が得られた。河床幅が拡幅する区間と縮小する区間では、後者の土砂浸食速度が速い傾向が認められた。河道拡幅区間に形成された土砂堆積地は、下流側から浸食を受け、堆積土砂量を減少させていることが推察された。

キーワード：山地河川・河床幅・段丘堆積物・河床堆積土砂量・年間土砂浸食速度

1. はじめに

日本の国土は環太平洋造山帯に含まれており、河川上流域の多くは急峻な山岳地帯が占めている。また、多量の季節性降雨が高頻度で発生する条件下である。山岳地帯で生産された大量の土砂は急勾配の河川を短期間で流下し、海洋へと流出する。日本国内における人間の生活範囲は土砂移動現象によって形成された沖積平野、三角州、扇状地などに成り立っているため、社会基盤の多くは土砂移動による災害を被る潜在的可能性を持っている。したがって、土砂移動のコントロールは防災を考える上で重要な課題である。

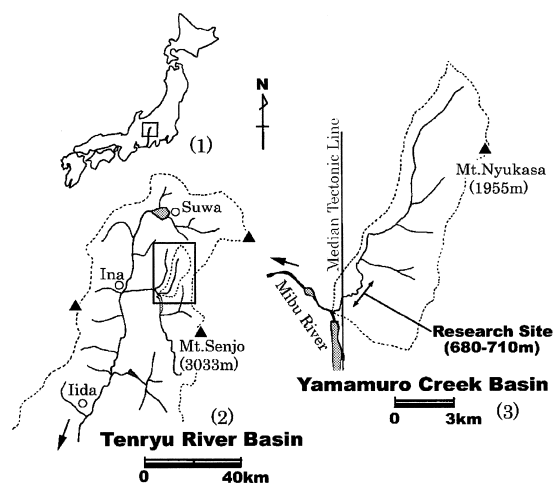
土砂流出の特徴は、水流出とは異なって、河川空間のいたる所で滞留・再移動を繰り返しながら、長時間をかけて輸送される点である。河川における土砂の滞留が発生する場所として河道拡幅区間に着目した研究が多くあり^{1,2,3,4)}、河道拡幅区間が土砂移動をコントロールする機能を有するとの知見が得られている。しかし、これらの議論からはどのような運動形態に支配されているかは明らかにされていない⁵⁾。

本論では、河道拡幅区間が土砂の滞留に与えた影響を定量的に把握する前段階として、相互に依存し

ていると考えられている河床幅と土砂堆積地の空間分布特性を解析する。具体的には、河床幅と土砂堆積地の分布に対する位相の一致性、大規模出水時に河床幅が土砂堆積の発生に及ぼした機構、中小規模出水時の河床幅による土砂流出速度の差異を検討し、土砂堆積地の堆積・浸食現象を帰納的に記述する。

2. 調査地概要

本研究の調査対象地は、天竜川左支川三峰川の右支流山室川である。流域は、赤石山脈の前山である伊那山地の北端に位置する。山室川は、伊那山地を縦断する形で南流する流域面積59.0km²、本川流路



図一 天竜川支流山室川および調査区間位置図

受理日 10月31日

採択日 12月18日

延長19.7km, 本川平均河床勾配1/30の河川である(図-1)。

地質は, 上流から古生代-秩父帯の礫岩, 三波川-御鉢帯の緑色片麻岩, 領家帯の花崗岩が分布する。流域内を中央構造線, 戸台構造線が横断するため, 変成作用を受け破碎された地質が広く分布する。

流域の年平均降水量は1500mm/yr程度であるが, 過去1959, 1961, 1970, 1982, 1983, 1999年に土砂災害が発生し, 多量の不安定土砂が本川河床に供給された。現在も溪岸崩壊が複数箇所で見られる。複数の地点では山腹崩壊の発生が見られる。1978, 1982年には, 土砂災害によって生活水準の維持が難しくなった高遠町芝平・荊口の2集落が集団移転した。この2集落は, 調査区間の上流に位置する。

河床地形の計測は, 山室川最下流部の1200m区間を対象として行った。調査区間は周囲の古段丘面より5~10m深く切れ込んだ穿入蛇行を呈し, 両岸に基岩が露出している。調査区間内に合流する支流はなく, 流量は調査区間を通してほぼ一定であると考えられた。調査区間の河床に横断人工構造物は建設されておらず, 人間活動による土砂移動痕跡の攪乱は軽微であると判断した。調査区間の平均河床勾配は1/47であった。

3. 調査手法

調査区間の1200mに沿って, 平均32.8mピッチの横断測線(全38本)を設置した。横断測線は河床幅が変化する地点, 流路が湾曲している地点などの平面地形変化点に設置した。また, 最低河床高の縦断形状を測量した。縦横断測量はレーザー距離計, 電子コンパスを使用して行った。

山室川は移動床河川であり, 基岩の縦横断形状は測定できていない。そこで, 測量時に基岩の露出していた測点間は基岩の傾きが同様であると仮定して, 推定した基岩の標高と縦断測量で計測された標高の差を堆積土砂厚とした。本論では, 確率100年規模以下の土砂移動を対象とし, 基岩に囲まれた部分を移動する土砂について考察を行った。

河床幅とは, 一般的に河床に対する谷壁の間隔を表す⁶⁾。しかし, 河岸の形状がV字谷を成している場合, 河床堆積地の形状や堆積土砂厚の違いによって, 同一地点においても計測値が変化する⁷⁾。本論では, 調査区間の河床全体に渡って大規模な土砂堆積を引き起こした1982年の段丘面上における谷壁の間隔を河床幅として取り扱った。

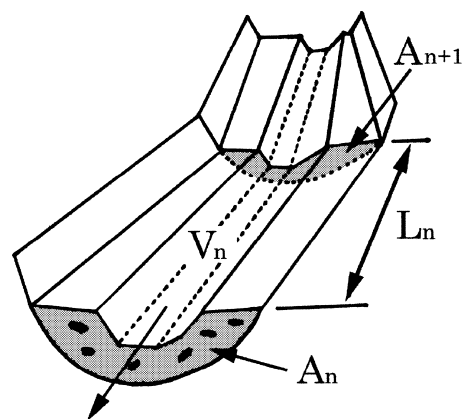


図-2 土砂堆積量の推定手法

各横断測線上に分布する堆積地について, 天然性同齡林分の侵入木本樹齡に基づいて堆積地の形成年代を推定した。段丘形成年代は, 調査年を P , 侵入植生の樹齡を X , 推定段丘年齢を Y とすると, $Y = P - (X + \alpha)$ から計算できる。ただし, 出水後に形成された裸地への植生侵入年数 α は最低でも1~5年必要とされ⁶⁾, 流域の気象・流量観測記録と照合して年代を特定した。

過去の土砂移動痕跡は, 河岸段丘として両岸に残されている。しかし, 形成直後の堆積面は河床全体を一樣に覆い, 出水減水期や後続の中小規模出水によって段丘が形成されたと考えられる。横断測線 n における土砂の堆積断面積 A_n は, 河床横断形状と基岩横断形状の横断面積の差から求めた。堆積地の土砂量(堆積土砂量 V_n)については, A_n とその上流に位置する横断測線 $n+1$ の堆積断面積 A_{n+1} の平均値に断面間の距離 L_n を乗じて計算した(図-2)。

$$V_n = (A_n + A_{n+1}) \times L_n / 2$$

本論では, 平均横断測線間距離(32.8m)あたりの平均土砂堆積量 V_a について

$$V_a = \sum_{k=1}^n \{ (A_k + A_{k+1}) \times L_k / 2 \} / n$$

を用いた解析を行った。

4. 河床形状の測量結果と段丘形成年代の推定

1. 河床形状の測量結果と段丘形成年代の推定

河床形状の測量結果を表-1に, 測量結果に基づいて作図した調査区間の平面図を図-3に示す。河道両岸には空間的に連続する複数の堆積段丘が形成されていた。2002年に段丘上に侵入した天然生同齡林分の侵入年代を計測したところ, 1~2年生幼樹と草本群落, 11年前, 17年前に木本植生が侵入した

表一 調査区間の測量結果および土砂堆積断面の算出結果

横断測線	河床幅 (m;1982年)	測線間距離 (m)	土砂堆積断面積 (m ²)				単位堆積断面積 (m ² /m;1982年)	河床幅変 化率 (%)	土砂堆積断面 積変化率 (%;1982年)	単位堆積断面 積変化率 (%;1982年)
			1982年	1988年	1999年	2002年				
XS-1	36.4	4.9	120.6	-	-	55.6	3.3	136.8	149.1	109.0
XS-2	26.6	101.9	80.9	-	44.2	38.5	3.0	111.8	88.0	78.8
XS-3	23.8	24.5	91.9	-	47.8	36.2	3.9	64.7	70.9	109.7
XS-4	36.8	34.4	129.6	-	65.9	51.6	3.5	105.7	102.5	97.0
XS-5	34.8	53.7	126.4	-	68.6	44.3	3.6	143.8	180.9	125.8
XS-6	24.2	24.2	69.8	-	24.3	14.9	2.9	101.7	186.1	183.0
XS-7	23.8	37.5	37.5	-	23.3	19.1	1.6	119.0	98.7	82.9
XS-8	20.0	52.1	38.0	-	31.1	16.3	1.9	62.1	36.0	58.0
XS-9	32.2	23.8	105.7	-	82.6	62.7	3.3	119.3	118.7	99.6
XS-10	27.0	25.4	89.0	-	46.9	27.9	3.3	84.4	107.0	126.9
XS-11	32.0	27.2	83.1	-	53.7	43.8	2.6	149.5	-	-
XS-12	21.4	24.1	-	59.5	41.3	31.1	-	120.2	-	-
XS-13	17.8	66.4	33.0	-	-	16.3	1.9	57.8	39.5	68.4
XS-14	30.8	26.2	83.6	74.0	62.3	49.2	2.7	141.3	194.9	138.0
XS-15	21.8	44.3	42.9	-	23.3	17.8	2.0	73.9	71.4	96.6
XS-16	29.5	29.1	60.1	49.4	28.1	23.2	2.0	100.3	108.3	108.0
XS-17	29.4	28.0	55.5	42.2	35.4	31.6	1.9	95.5	72.2	75.6
XS-18	30.8	49.7	76.8	-	67.2	43.4	2.5	96.9	91.7	94.7
XS-19	31.8	26.0	83.8	-	56.8	43.8	2.6	105.3	86.3	82.0
XS-20	30.2	12.3	97.1	-	67.4	43.3	3.2	179.8	273.5	152.1
XS-21	16.8	34.1	35.5	-	22.8	16.6	2.1	53.5	40.2	75.1
XS-22	31.4	16.3	88.3	-	67.2	51.2	2.8	90.8	92.5	101.9
XS-23	34.6	54.3	95.5	-	76.6	64.4	2.8	161.7	128.9	79.7
XS-24	21.4	11.1	74.0	-	57.6	49.4	3.5	109.2	122.9	112.6
XS-25	19.6	45.5	60.2	-	36.1	27.1	3.1	88.3	98.0	111.0
XS-26	22.2	39.3	61.4	-	48.5	36.8	2.8	129.1	160.8	124.6
XS-27	17.2	26.8	38.2	-	24.5	20.1	2.2	-	-	-
XS-28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
XS-29	19.8	-	50.8	39.4	30.2	25.7	2.6	126.9	-	-
XS-30	15.6	10.8	-	38.2	27.4	23.4	-	80.4	-	-
XS-31	19.4	38.8	47.7	36.0	24.2	21.4	2.5	142.6	-	-
XS-32	13.6	16.8	-	-	19.7	10.3	-	56.2	-	-
XS-33	24.2	40.1	79.1	-	62.5	41.1	3.3	71.6	44.0	61.5
XS-34	33.8	38.1	179.6	82.4	66.2	52.3	5.3	170.7	218.1	127.8
XS-35	19.8	27.9	82.4	35.0	23.7	17.7	4.2	119.3	257.5	215.9
XS-36	16.6	24.7	32.0	-	18.3	15.5	1.9	82.2	86.1	104.7
XS-37	20.2	40.6	37.2	-	28.2	20.6	1.8	142.3	-	-
XS-38	14.2	17.0	-	-	-	10.4	-	-	-	-
平均	24.9	33.2	74.8	50.7	44.2	32.8	2.8	-	-	-

段丘が分布していた。流域上流端に位置する気象庁 AMeDAS 入笠山⁷⁾、山室川の三峰川合流点下流に建設されている県営高速ダムの出水記録資料には、過去20年間に1982年7月、1982年9月、1983年、1988年、1999年の出水が記録されている(表一2)。特に1982年から1983年にかけては3回の出水が観測されている。出水時における山室川のピーク流量は1982年7月の出水が260.0m³sec⁻¹であり、続く1982年9月の105.0m³sec⁻¹、1983年の140.0m³sec⁻¹に比べても突出した計測値であった。また、高速ダムへの土砂流入量は、1982年および1983年の流入量が17.2万m³、16.7万m³であり(図一4)、明瞭な土砂流入量に算定できない程度である前後の年代に比べ、10~20倍に相当する突発的な土砂流入が記録さ

表一2 山室川流域における既往洪水履歴

観測地点	入笠山 AMeDAS	高速ダム		
		観測地点	入笠山 AMeDAS	
洪水発生日時	洪水期間(日)	総雨量(mm)	最大1時間雨量(mm)	最大流入量(m ³ sec ⁻¹)
1982年7月	5	412.0	42.0	260
1982年9月	4	315.0	23.0	105
1983年9月	2	220.0	19.0	140
1988年9月	2	147.0	18.0	79.9
1989年7月	4	139.0	27.0	-
1999年6月	2	128.0	18.0	167.8

れていた。

2. 考察

1982年から1983年にかけての土砂生産・流出は、出水規模の大きな1982年7月の出水によって開始され、後続の1982年9月および1983年の出水で河道に堆積した土砂が流出、下流の高速ダムに流入したと推察された。1988年と1999年の出水は他に該当する出水が前後に存在しなかった。したがって、調査区間に残存する段丘は1982年(17年生木本)、1988年(11年生木本)、1999年(草本群落、1-2年生木本)の出水で成立したと判断した。

5. 河床幅・土砂堆積地の空間分布

1. 河床幅と土砂堆積地の空間分布

河床の堆積土砂量と河床幅は、上流・下流方向(以下、縦断方向とする)に変動し、増減を周期的に繰り返す。ここで、周期変動は、ある時間断面における縦断方向の周期的な土砂堆積量の増減・河床幅の拡張と定義する。位置変化は、土砂堆積量・河床幅の周期変動における位相のズレと定義する。

各横断面における堆積断面積の1982、1988、1999、2002年に現れた周期変動と、1982年に形成された段

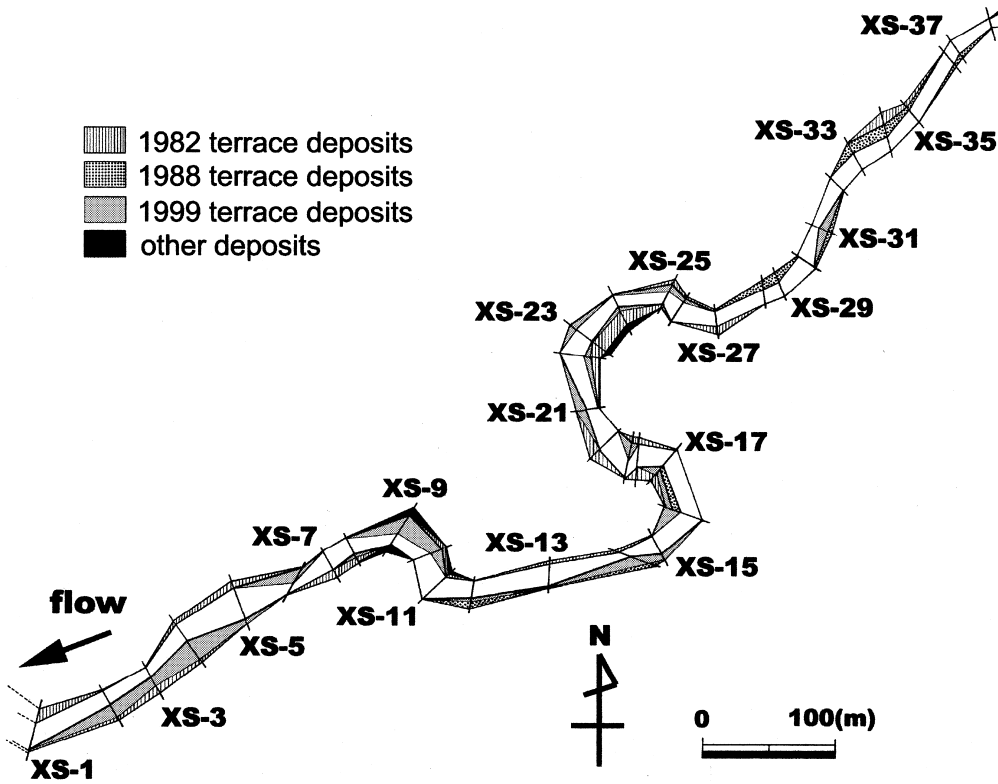


図-3 山室川調査区間における土砂堆積段丘の年代分布

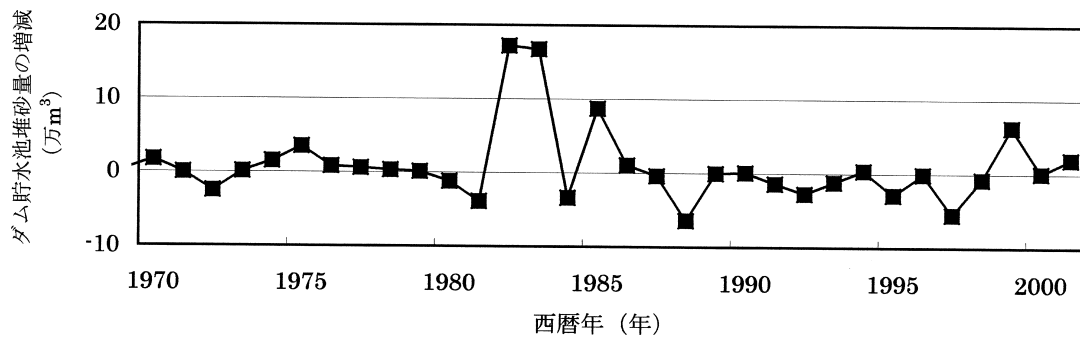


図-4 高速ダム貯水池への年間堆砂量の時系列変動

丘面における河床幅の周期変動を図-5に示す。

堆積断面の縦断変化は、波状を呈しているが、極大値・極小値を示す地点は各年代で一致している。また、堆積断面と河床幅の極値を示す地点もほぼ一致している。

2. 河床幅と土砂堆積地の変動周期解析

隣接した2本の横断測線の堆積断面積 A_n (下流側) と A_{n+1} (上流側) が $A_n > A_{n+1}$ である区間を L_I , $A_n < A_{n+1}$ である区間を L_D に区分した。同様に、河床幅 W_n と W_{n+1} が $W_n > W_{n+1}$ である区間を L_W , $W_n < W_{n+1}$ である区間を L_N に区分した。Marutani (1988)⁸⁾による河床幅と堆積断面積の周期変動の位相を示す手法を用いて、横軸に ΣL_I と ΣL_W , 縦軸

に ΣL_D と ΣL_N を取り、調査区間下流端からの距離を交互に累加し、階段状に図示した (図-6)⁸⁾。

その結果、 L_I と L_D との回帰直線の傾きは0.86, L_W と L_N との傾きは0.88であった。また、 L_I と L_D との回帰直線のY軸切片は145.9, L_W と L_N とのY軸切片は83.3であった。

3. 考察

L_I と L_D および L_W と L_N の回帰直線の傾きは、河床幅と堆積断面積の極値の空間配列を示すと考える。2本の回帰直線は、 L_I と L_W の距離延長100m に対して L_D と L_N の応答が約2 m異なる程度であり、この差異は調査手法の許容範囲内であると判断した。河床幅と土砂堆積量の変動周期は同期していると考

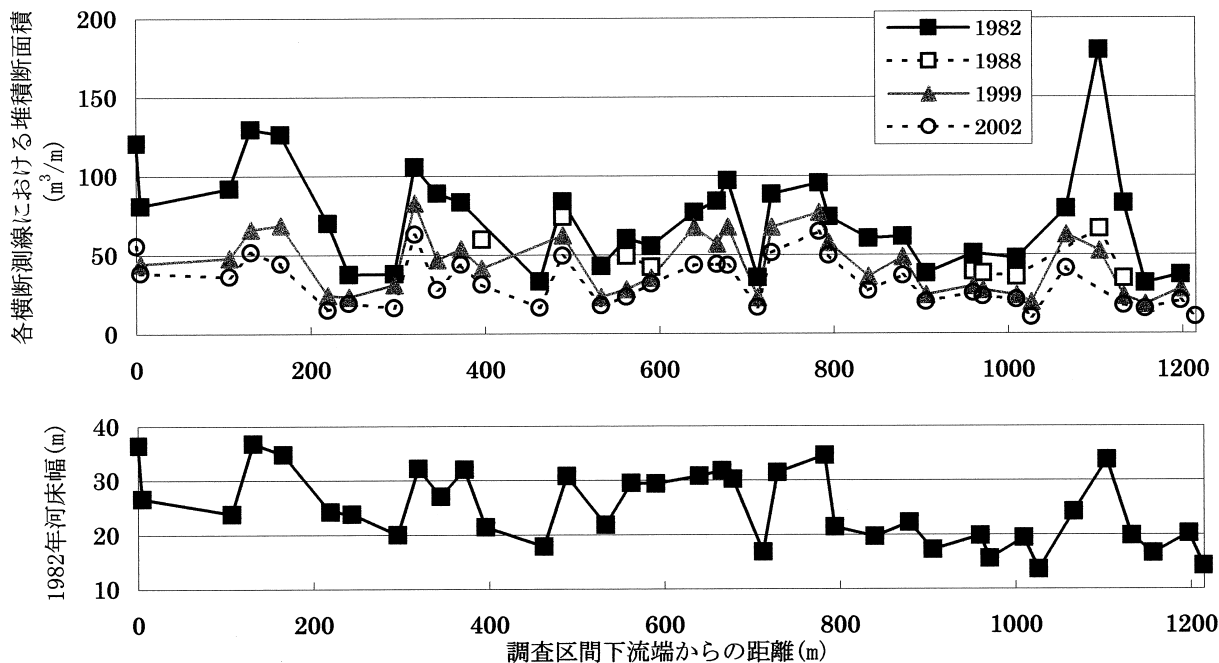


図-5 土砂堆積断面積 (上) と河床幅 (下) の縦断変動

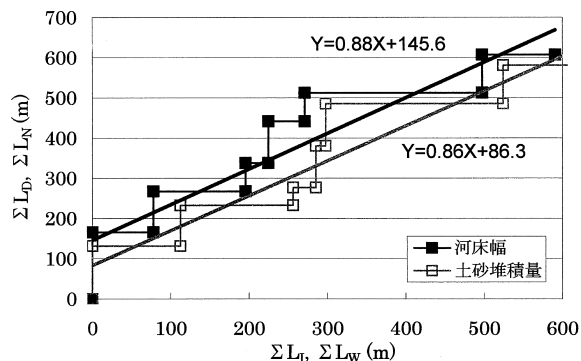


図-6 土砂堆積量と河床幅の周期変化と位置変動

えられ、同時に図-5の結果を支持している。また、Y軸切片の違いは位置変化を示すと解釈することができる。Y軸切片の値が L_I と L_D の回帰直線に比べて L_W と L_N の回帰直線で小さく、河床幅の変動周期に対して土砂堆積量の変動周期は下流に位置することを示していると考えられる。

6. 河床空間が土砂堆積発生時に及ぼす作用

1. 地形・土砂堆積量の変化率の定義

河床幅の空間分布が土砂堆積に及ぼす作用を検討するため、出水によって河床に土砂が堆積した1982年の出水による河岸段丘を対象として、河床の空間分布と各横断面における土砂堆積断面積の関係を検討した。

流域内の土砂の分布は時系列変動を繰り返してい

る⁹⁾ため、同一箇所の地形条件でも、常に同等の土砂調節機能を発揮するとは限らない。そこで、地形条件、土砂堆積量の空間変化は、同じ年代のある横断測線 n と下流に位置する横断測線 $n-1$ の変化率で表現した。

河床幅 W が横断測線 n と下流に位置する横断測線 $n-1$ で変化した割合 W_c を河床幅変化率

$$W_c = W_{n-1} / W_n$$

と定義する。また、堆積断面積 A (以下、 A とする)も同様に堆積断面積変化率 A_c を

$$A_c = A_{n-1} / A_n$$

と定義する。

堆積断面積 A を河床幅 W で除した単位堆積断面積変化率 $(A/W)_c$ を

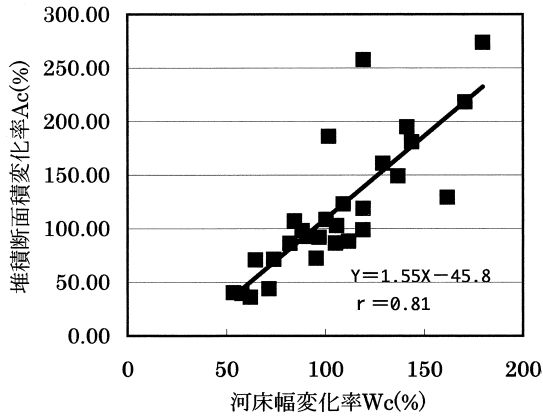
$$(A/W)_c = (A/W)_{n-1} / (A/W)_n$$

と定義する。

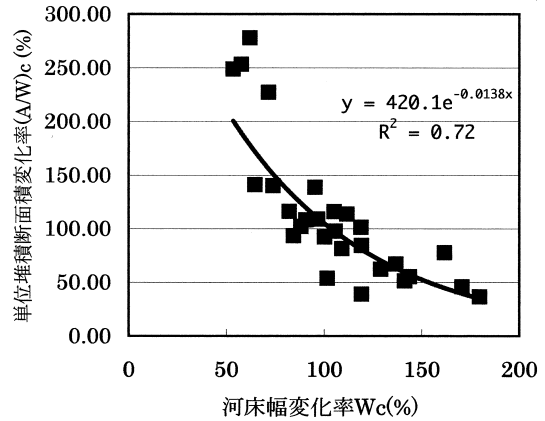
2. 河床空間が土砂堆積発生時に及ぼした影響

1982年の出水で形成された河岸段丘の A_c と W_c の関係を図-7に示す。 W_c の増加に比例して A_c が増加する傾向が認められ、相関係数は $r=0.81$ と高い正の相関がある。つまり、河床幅が縮小するほど A が減少、河床幅が拡大するほど A が増加している。

1982年の出水で形成された河岸段丘の W_c と $(A/W)_c$ の関係を図-8に示す。 W_c が減少するにしたがい、指数関数的に $(A/W)_c$ が増加する傾向が認められ、相関係数は $r=0.84$ と強い負の相関関係を示す。河床幅が縮小するほど単位堆積断面積



図一七 河床幅変化に伴う堆積断面積の変化



図一八 河床幅変化に伴う単位堆積断面積の変化

が増加，河床幅が拡大するほど単位堆積断面積が減少することを表している。

3. 考察

堆積断面積は各横断面に堆積した土砂の絶対量を表す指標である。図一七は，土砂堆積量が河床幅によって決定される土砂堆積許容量（いわゆるポケット部の容量）に依存することを示す。

堆積断面積は河床幅に堆積土砂厚を乗じた値に近似できるため，堆積土砂厚が同一である断面でも，河床幅が広い断面の場合には堆積断面積は大きくなる。これに対し，単位堆積断面積は河床幅によるバイアスを除去するため，各横断面における土砂堆積の潜在的可能性を表すことになる。図一八は，河床幅の減少が土砂堆積を発生させるインパクトを持つことを示し，土砂堆積の潜在的可能性が河床幅の縮小する区間で高いことを示唆する。

河床幅が拡大する区間では，単位堆積断面積変化率が指数関数的に減少して100%以下の値をとる。つまり，河床幅が拡大する区間では，堆積断面積が $A_n > A_{n-1}$ となり，上流ほど土砂堆積量が增大することを表している。基岩の河床勾配と流量が一定の条件下を考えると，河床幅が拡大する区間では，流路幅が拡幅して流水が分散するために掃流力が低下し¹⁾，土砂堆積が発生する条件が整うと考える。

土砂堆積機構には，河床幅の拡大することが要因である堆積機構と，河床幅が縮小することが要因となる堆積機構の2種類が存在し，両者が同時並行的に生起すると考える。前者は水流の分散による土砂掃流力の低下が要因，後者は水流の集中による堰上げ背水による土砂掃流力の低下が要因であると考えられる。

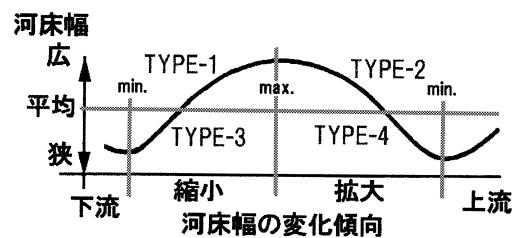
7. 河川空間における土砂浸食速度の空間分布

1. 河川空間における土砂浸食速度の空間分布

隣接した横断測線間の土砂堆積量を，河床幅に関する2種類の基準を用いて4種類にタイプ分けした（図一九）。2002年の現河床形状と1999年の河岸段丘から求められた土砂堆積量の変化量を堆積経過年数3年間で除して，平均年間浸食量（以下，土砂流出速度とする）を算出し，4タイプごとに土砂流出速度の平均値を求めた（表一三）。大規模出水によって河床に堆積した土砂は，後続の出水ごとに，堆積量が指数関数的に減少するとの報告がある³⁾。本論では，兩岸に河岸段丘が形成された1999年の出水を大規模出水，その後2002年まで河床形状を漸次的に変化させた出水を中小規模出水と定義する。ここで求められた土砂流出速度は，大規模出水後まだ時間が経過していない，比較的大きな値であることに留意する必要がある。

2. 土砂浸食速度の算出結果

計算された土砂流出速度（表一三）は，調査区間の平均河床幅（24.8m）以上である区間（TYPE-1・2）がそれぞれ $193.2\text{m}^3\text{yr}^{-1}$ ・ $147.0\text{m}^3\text{yr}^{-1}$ であり，平均河床幅以下である区間（TYPE-3：同 $114.9\text{m}^3\text{yr}^{-1}$ ，4：同 $72.7\text{m}^3\text{yr}^{-1}$ ）に比べて相対的



図一九 河床形状の分類基準とタイプ名称

表-3 河床形状タイプ別の土砂流出速度 (1999年-2002年)

横断測線	河床幅 (m; 1982年)	河床幅変化率 (%)	土砂堆積量 (m ³)		土砂流出速度 (m ³ yr ⁻¹)			
			1999年	2002年	TYPE-1	TYPE-2	TYPE-3	TYPE-4
XS-1	36.4							
XS-2	26.6	136.8	-	231.3				
XS-3	23.8	111.8	4687.0	3805.4		293.9		
XS-4	36.8	64.7	1390.7	1073.6			105.7	
XS-5	34.8	105.7	2314.2	1650.4		221.3		
XS-6	24.2	143.8	2492.3	1588.5		301.3		
XS-7	23.8	101.7	576.8	411.3				55.2
XS-8	20.0	119.0	1417.8	922.0				165.3
XS-9	32.2	62.1	1354.2	941.1			137.7	
XS-10	27.0	119.3	1643.1	1150.0		164.4		
XS-11	32.0	84.4	1366.1	974.1	130.7			
XS-12	21.4	149.5	1145.5	902.6		81.0		
XS-13	17.8	120.2	-	1571.7				
XS-14	30.8	57.8	-	857.6				
XS-15	21.8	141.3	1895.0	1484.9		136.7		
XS-16	29.5	73.9	746.2	597.0			49.7	
XS-17	29.4	100.3	887.8	767.2		40.2		
XS-18	30.8	95.5	2547.7	1863.6	228.0			
XS-19	31.8	96.9	1612.2	1135.1	159.0			
XS-20	30.2	105.3	765.2	536.7		76.2		
XS-21	16.8	179.8	1539.6	1021.7		172.6		
XS-22	31.4	53.5	733.6	552.4			60.4	
XS-23	34.6	90.8	3905.1	3139.5	255.2			
XS-24	21.4	161.7	744.9	632.1		37.6		
XS-25	19.6	109.2	2132.5	1741.4				130.4
XS-26	22.2	88.3	1664.0	1255.7			136.1	
XS-27	17.2	129.1	977.7	760.7				72.3
XS-28	-	-	-	-				
XS-29	19.8							
XS-30	15.6	126.9	312.2	265.8				15.5
XS-31	19.4	80.4	1000.1	867.7			44.1	
XS-32	13.6	142.6	368.2	265.6				34.2
XS-33	24.2	56.2	1651.0	1031.6			206.5	
XS-34	33.8	71.6	2452.4	1780.7			223.9	
XS-35	19.8	170.7	1255.4	978.5		92.3		
XS-36	16.6	119.3	518.2	409.6				36.2
XS-37	20.2	82.2	944.8	734.5			70.1	
XS-38	14.2	142.3	-	263.7				
平均	24.9	108.4	1517.5	1090.4	193.2	147.0	114.9	72.7

に速い結果が得られた。また、TYPE-1はTYPE-2よりも、TYPE-3はTYPE-4よりも土砂流出速度が大きく、河床幅が同一の条件下では河床幅が上流から下流に向かって減少する区間の土砂流出速度が大きいことが示唆された。

3. 考察

土砂流出速度は、河床幅の周期変動に連動して、変化する傾向が見られる。沖積河川における土砂堆積・浸食と河床幅に関する研究では、緩流河川（河床勾配1/1190）の拡幅区間において大規模出水時に土砂堆積、中小規模出水時に浸食され、狭窄区間では逆の傾向があるとの知見が得られている¹⁰⁾。河床勾配が急な本調査区間（河床勾配1/47）においても、同様の結論を支持する結果になった。

土砂浸食速度は、河床幅が平均以上と平均以下の区間では1.3~2.6倍の差で、平均以上の区間で速かった。同じ河床幅である条件下でも、河床幅が縮小する区間が拡大する区間に比較して1.7~2.0倍の差

で河床幅が縮小する区間で速かった。一般的に河床幅の縮小する区間（縮小区間）では河床幅の減少に伴って河床幅に占める流水幅が増大するため、滞筋が固定化するとされている¹¹⁾。土砂の堆積現象は、土砂移動が活発である出水時に流水が集中しやすい条件下において発生しにくい。したがって、河床幅の縮小する区間では、滞筋の固定化と掃流力による洗掘作用の増大により、土砂浸食速度が増大する。

大規模出水時において土砂を貯留する機能は、河道拡幅区間の下流部に河床幅が縮小する区間を設置し、この区間で跳水が発生する水理条件を整えた場合に発揮されやすいとする水理模型実験の結果が報告¹¹⁾されている。この条件を仮定した場合、土砂が河道拡幅区間に貯留される反面、河床幅が縮小する区間では射流が生じ、掃流力が増加すると考えられる。TYPE-1, 3の土砂流出速度が、河床幅が同程度のTYPE-2, 4に比べて大きい値になる要因は、常に下流側からの土砂浸食の影響を受けてい

るためと推察する。河床堆積地の土砂浸食過程は、土砂浸食量と土砂堆積量が平衡状態になる地点まで、下流から上流に向かって進行して生じると考えることができる。

8. まとめ

本論では、溪流地形学的手法を用いて、河床堆積地の形状から土砂堆積量の空間分布について履歴復元を行い、土砂堆積地の形成・浸食が生じる部位を土砂堆積量の時系列変動から推定した。

調査対象区間において、土砂堆積許容量は河道拡幅区間の河床幅に比例して増加し、土砂堆積現象は河床幅の拡幅する区間と減少する区間で異なった土砂堆積機構によって発生していた。大規模出水時に代表されるような河床全体に土砂堆積が生じた場合、河床幅の縮小する区間では堰上げ背水現象、河床幅の拡大する区間では流水の分散による掃流力の低下が原因になり、土砂堆積許容量の大きい河道拡幅区間に土砂が堆積すると考えられる。

土砂流出速度は、河床幅の増加に伴って加速する傾向が見られ、河床幅が平均値以上である区間が1.3~2.6倍速かった。また、河床幅が縮小する区間の土砂浸食速度は、河床幅の周期変動の位置的变化によって変化し、河床幅が拡大する区間よりも2倍弱速かった。河床幅が土砂浸食速度に与える影響は、河床幅の縮小による滞筋の固定化と洗掘作用の増大が要因と考えられた。また、土砂流出速度の空間分布は、河床堆積地の浸食過程を説明し、土砂浸食が河道拡幅区間の下流端から上流に向かって進行していることを示唆すると考えられた。

河床幅が拡幅している区間での土砂堆積量は多く、また、中小出水での土砂浸食量も多い結果が得られた。つまり、河道拡幅区間では土砂堆積量と浸食量の変化量が大きく、この現象を言い表す概念が「河道拡幅区間の土砂調節機能」であると考えられた。河道拡幅区間の土砂調節機能によって、調査区間の土砂堆積量は、現在見られる河床幅によって決定されたと考えられる状態から、地形条件に依存しないと考えられる状態へ、変化してゆくと推察される。

最後に本論を書くにあたって、長野県企業局南信発電管理事務所高遠ダム管理所より山室川の最大流

量資料・貯水池堆砂資料を提供していただいた。また、査読者から有益なコメントをいただいた。以上の皆さまに心より感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 新谷 融 (1972) 溪床土石の移動過程の調査方法. 新砂防83: 6-13
- 2) 丸谷知己 (1983) 一ツ瀬川源流破碎帯小支溪における堆積地の形成と地形条件に関する研究. 九大農演報53: 275-306
- 3) 真板秀二 (1988) 破碎帯流域における荒廃溪流の動態に関する砂防学的研究. 筑波大演研報 4: 21-127
- 4) 中村太士 (1990) 河床堆積地の時間的・空間的分布に関する考察. 日林誌72 (2): 99-108
- 5) 真板秀二・丸谷知己・中村太士 (1994) 砂防学における溪流地形研究の意義と役割. 新砂防 190: 19-28
- 6) 清水 宏 (1998) 溪相学ことはじめ. 238pp. (社)日本治水治山協会. 東京
- 7) 気象庁 (2002) 気象庁ホームページ電子閲覧室. <<http://www.data.kishou.go.jp/>> [2002/Sep./ 21]
- 8) MARUTANI, T. (1988) A Geomorphological Study for the Distribution of Sediment and the Constant Shifting of Balance on Devastated Stream Beds. J. Fac. Agr., Kyushu Univ. 33 (1・2): 153-165
- 9) MADEJ, M. A. and OZAKI, V. (1996) Channel Response to Sediment Wave Propagation and Movement, Redwood Creek, California, USA. Earth Surf. Process. Landforms 21: 911-927
- 10) ANDREWS, E. D. (1982) Bank Stability and Channel Width Adjustment, East Fork River, Wyoming. Water Resources Research 18 (4): 1184-1192
- 11) 天田高白・松村恭一・水山高久 (1988) 水路拡幅部における土砂貯留効果に関する実験的研究. 新砂防40 (6): 3-13

**The Spatial Distribution of Bankful Width and Sediment Deposit
in Mountainous Stream
—The Case of the Lower Yamamuro Creek, the
Branch of Tenryu River, Nagano, Japan—**

Sadao TSUCHIYA* and Toshitaka MIYAZAKI**

*Graduate School of Agricultural Science, Shinshu University

**Division of Rural Engineering, Department of Forest Science, Faculty of Agriculture, Shinshu University

Summary

The purpose of this study is to make clear the relationship bankful width and volumetric changes of sedimentation in mountainous stream. This is demonstrated at Yamamuro Creek, Nagano, Japan, based on field investigation by measuring terrace deposits and counting tree-rings on their surface. Results were summarized as follows. Longitudinal changes in cross sections were intervened by the bankful width. Sediment volume of riverbed were increased in sections of increasing bankful width, but potential of sedimentation in the term of floods was increased in those of decreasing. The annual sediment scouring rate in those of decreasing was greater than those of increasing. Thus, it was suggested that the sediment volume of riverbed was scouring lower part of wider bankful sections.

Keywords : mountainous stream, bankful width, terrace deposits, sediment volume of riverbed, annual sediment scouring rate