

女鳥羽川の河床地形改変にともなった急激な側方侵食と土砂収支

村越直美・2000年度地球システム解析学実習II履修生*

*一柳宏・芦川吉邦・天野貴彦・庵尾浩司・安齋香・小川輝久・白木雄介・
関根基己・奈良達也・本木秀和・横山勝丘・愿山靖子

信州大学理学部物質循環学科

Bank erosion due to dam construction and sediment balance in Metoba River

Naomi Murakoshi and the students in Practical Training
in Earth Science II, FY 2000

Department of Environmental Sciences, Faculty of Science,
Shinshu University, Matsumoto 390-8621, Japan

Key words: dam, lateral erosion, sediment balance, Metoba River
堰堤, 側方侵食, 土砂収支, 女鳥羽川

はじめに

松本市市街地を流下する女鳥羽川は、流域長が約18km、流域面積が約56km²、流域内の最大標高差約1300mを流れ、田川・奈良井川に合流する河川である。その地形環境に対して人為的影響が強くはたっている都市型河川のひとつであり、近年では1991年から現在まで治水・親水目的の大規模な河床工事が行われている。信州大学旭キャンパス東側の女鳥羽川河床はコンクリート護岸され、河道中には数10mごとに堰堤がつくられ、地域住民による草刈りなどの河床整備が行われており、流域の中でも人為的な影響が強くみられる部分である。さらに1999年秋の豪雨による増水による深掘れ地形の発達（村越・1999年度地球システム解析学実習履修生，2002）など、人為的な影響と天然の変化が複合した急激な地形変化もみられるのが特徴的である。

2000年9月に一晩に160mmを超える降雨があり、女鳥羽川の水位が上昇した。その際に急激な洗掘による侵食が河床の特定の場所のみに起こった。

侵食が起こった場所は2000年の春に堰堤が設置された場所である。この異常洗掘が起きた堰堤は1999年の深掘れ地形の発達現場に設置された比較的新しいものである。この洗掘現象の規模を明らかにして、洗掘が起きた原因・要因を理解するために、地形の測量や堆積物の調査などの現地調査をおこない、土砂の侵食量と堆積物の収支を計算した。なお、堆積物の調査および測量の一部は信州大学理学部物質循環学科の地球システム解析学実習IIの一環として行われた。

新しい堰堤と洗掘地形

1999年6月の増水時に深掘れ地形が発達した（村越・1999年度地球システム解析学実習履修生，2002）女鳥羽川河床内に、翌2000年の3月にこの深掘れを横断して2カ所に流れをせき止める形で堰堤が設置された（図1，図2A）。堰堤は高さ50cm、一辺の長さが1mほどの三角柱型のコンクリートブロックを数段積み上げた石積み式のものである。こ

の堰堤はその設置状況から、深掘れ地形の発達にともなった土砂流出を防ぎ、深掘れの進行を抑制するために急遽設置されたようである。堰堤は前年に発達した深掘れした河道を横断して、左岸側のコンクリート護岸から右岸側の段丘化した河床に連続するように設置された。堰堤の右岸側上端は深掘れ地形の発達にともなって段丘化した河床堆積物に連続させ、横断方向にほぼ一定の高さの河床面となるように設置されていた。

2000年の9月11-12日にかけて降った160mmを超える連続降雨（図3）による女鳥羽川の増水時に、石積み式堰堤を設置したところ付近にだけ異常な洗掘が起きた（図2B）。堰堤は左岸側から前年に深掘れによって段丘化した河床（右岸側）に連続す

る形で設置されていた。今回、異常な洗掘が起きたのはこの右岸側の段丘化していた部分である。もともと堰堤は河道横断方向にほぼ一定の高さの河床面となるように設置されたが、このうち前年の増水時に段丘化して残されていた旧河床面が2000年の増水によって全て侵食され、堰堤の右岸側に曲率半径が数メートルの著しく湾曲した深さ1.5m程の河道が新しく出現した。それまでコンクリート護岸を覆っていた河床堆積物が取り去られたために、右岸側のコンクリート堤防は基底まで露出し、堤防壁面には侵食以前に河床堆積物に覆われていた部分だけコンクリートが風化を免れて、白色を帯びた未変色部分として露出している。



図1. 調査位置. 5万分の1地形図幅「松本」を使用.

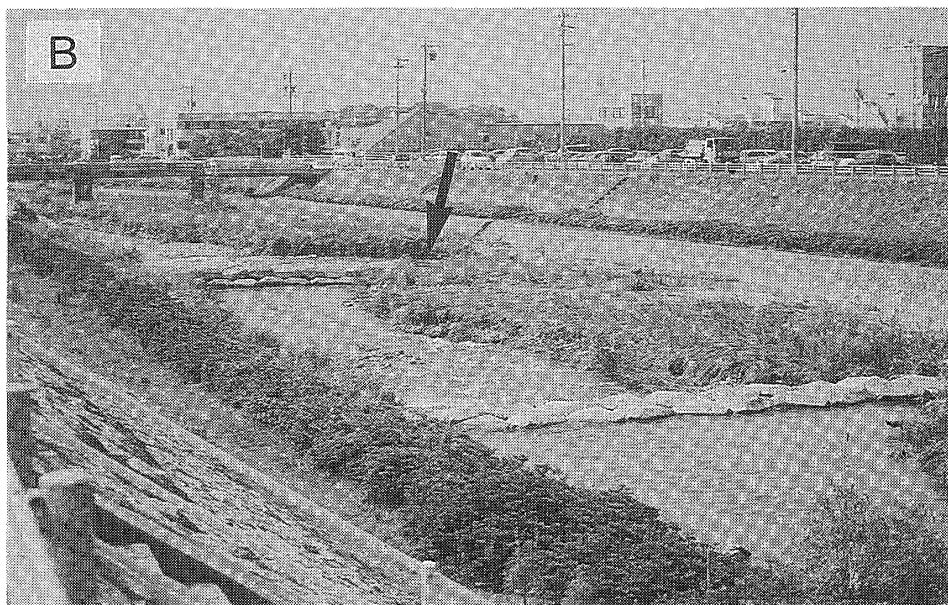
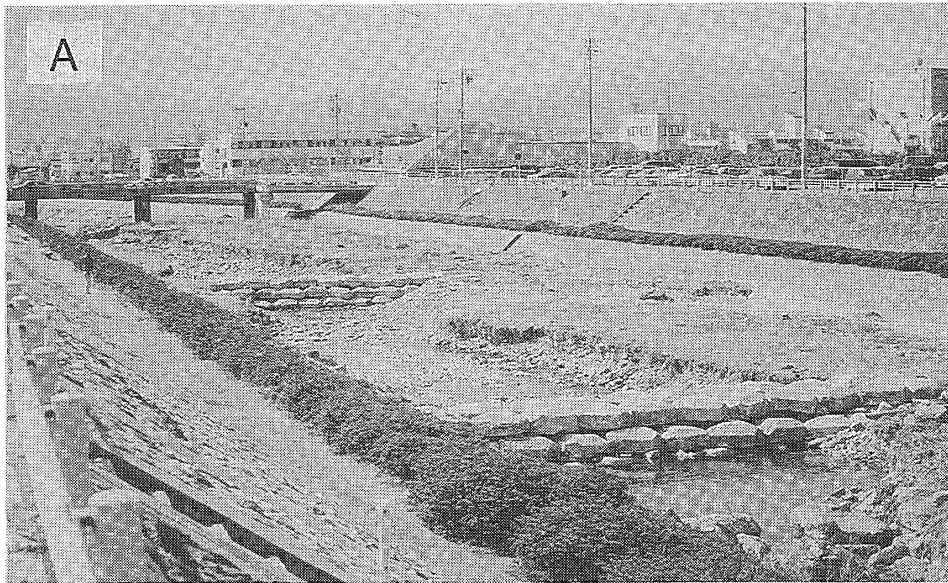


図2. 女鳥羽川の深掘れ地形河床に設置された堰堤。上流から下流の曙橋（左奥）方向をみたところ。
 A：2000年3月。前年に深掘れ地形が発達した河床に堰堤が2カ所設置された。B：2000年9月14日。下流側の堰堤（第2堰堤）の右岸側が大きく侵食されてしまった（矢印）。C：増水時のようす。

侵食および堆積量の推定

洗掘によって侵食された土砂量とその結果生産された土砂が下流側に供給されて新たに堆積したと考えられる堆積土砂量、およびそれらのバランスを算定するために現地調査を行った。地形の調査はレベル測量によって河道横断方向に数mおきに設定した測線に沿って河床断面図を作成し、それらを流下方向にならべ、3次元パネルダイアグラム（図4）を作成した。3次元化することによって侵食域と堆積域の体積の算定が可能となる。

河床横断面図上で侵食前の地形面を基準とし、侵食後にマイナスとなった部分の面積を侵食域、プラスとなった部分を堆積域とした。河道の伸びの方向に沿って隣り合った断面図間の距離と、区間の上流・下流端断面図内の侵食・堆積面積から、各区間の侵食された部分・堆積した部分の体積を算出し、それらを積算して計測区間全体の侵食域と堆積域の体積を算出した（表1）。

堆積域では砂礫堆の内部構造を観察し、その厚さを計測するために露頭観察用ピットを数カ所で掘り、堆積柱状図を作成した。堆積物を構成する最上部の新しいユニットが現河床の砂礫堆を発達させた堆積物、それより下位の堆積物との境界は砂礫堆発達以前の河床面あるいは砂礫堆発達時の侵食面と考え、堆積域の体積の算定にはこの最上部ユニットの厚さを考慮した。ユニットの認定には、下位層を削る侵食面、または旧河床面を示す土壌や植生を含む下位層に対して粒度が急変して粗粒化する明瞭な境界で重なる、上方細粒化を示す一連の堆積物を最新の砂礫堆ユニットとした。

パネルダイアグラムから算出した侵食量と堆積量は、体積にしてそれぞれ約260m³、約180m³となった。2000年9月の増水の際には調査区間の上流では大きな侵食が起こっていないことから、上流からの土砂流入は無かったと考えられる。したがって調査区間内で侵食量と堆積量の差、すなわち約80m³の土砂が調査区間から下流に流失したことになる。

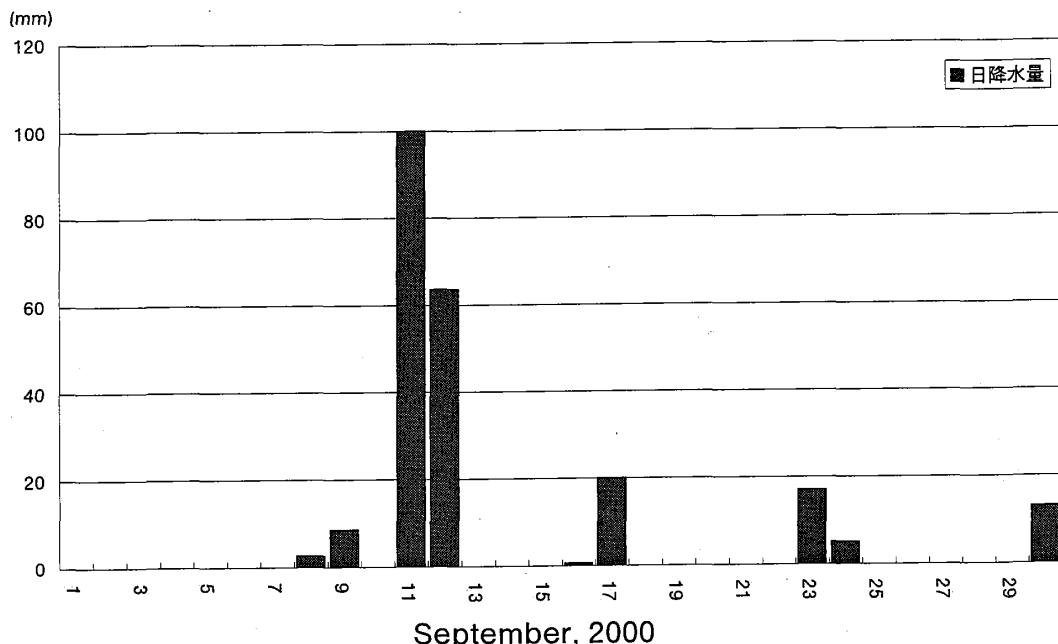


図3. 2000年9月の松本の降水量（データは気象庁月報，2000による）。9月11-12日にかけて163.5mmの連続降雨があった。

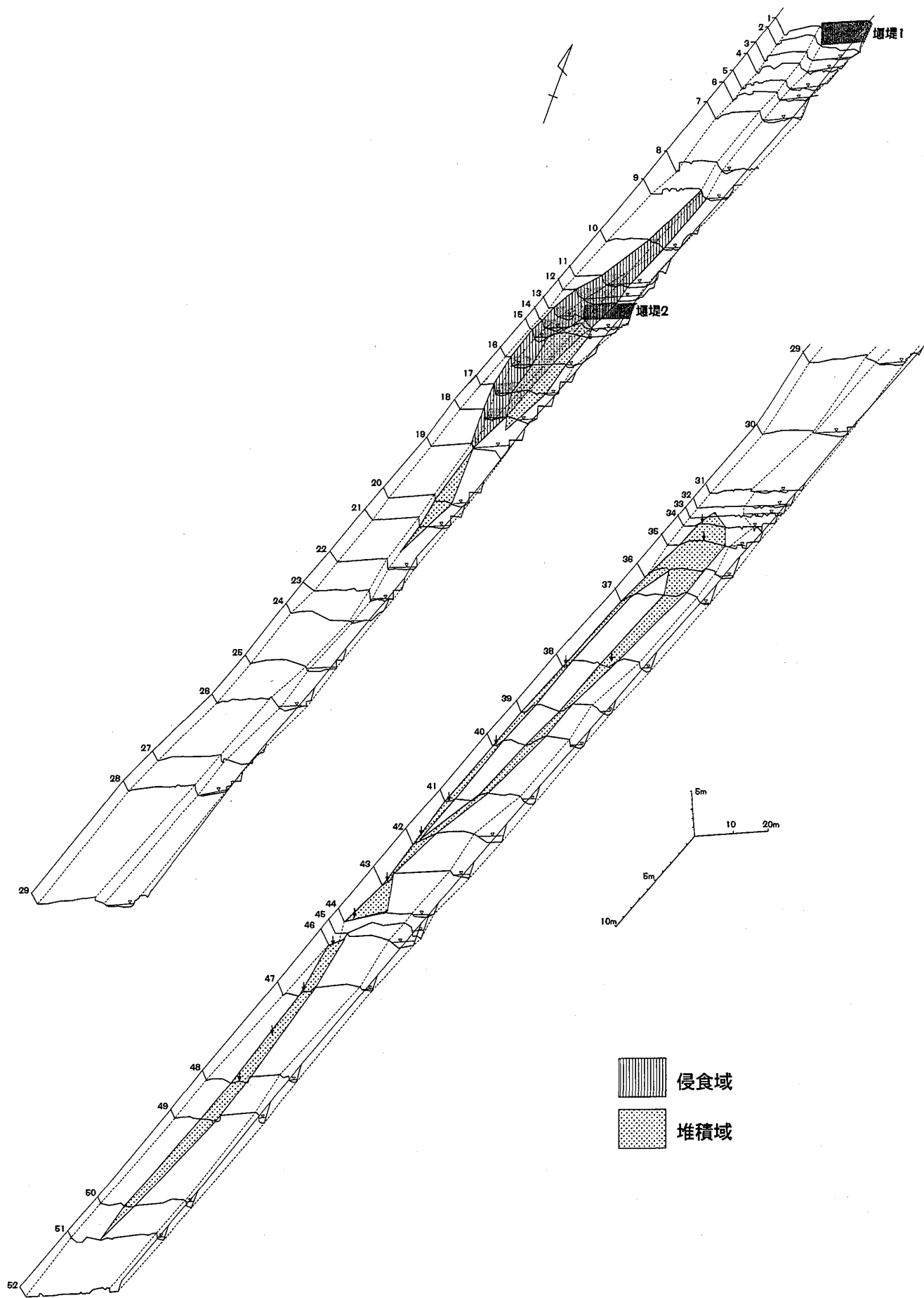


図4. 調査区間の測量結果をまとめたパネルダイアグラム。縦線部分は侵食域，砂目部分は堆積域を示す。流路左の数字は測線番号，矢印は堆積物調査のための砂礫堆掘削地点。

表1. 測量結果から得られた碎屑物収支. 太字は侵食域と堆積域の総体積.

測線No.	侵食域面積 Se	堆積域面積 Sd	測線区間	区間距離 L	侵食域体積 Ve	堆積域体積 Vd
10			10～11	6.4	11.441	0.000
11	5.363		11～12	2.5	22.401	0.000
12	13.128		12～13	3.0	33.702	4.469
13	9.441	4.469	13～14	2.0	19.769	11.150
14	10.335	6.760	14～15	1.7	16.998	9.012
15	9.666	3.966	15～16	5.2	54.276	20.623
16	11.229	3.966	16～17	5.1	52.495	15.916
17	9.385	2.346	17～18	4.3	33.524	3.363
18	6.309		18～19	6.8	14.300	1.773
19		0.782	19～20	8.9	0.000	5.120
20		0.391	20～21	4.1	0.000	0.534
21			21～22	3.6	0.000	0.000
22			22～23		0.000	0.000
23			23～24		0.000	0.000
24			24～25		0.000	0.000
25			25～26		0.000	0.000
26			26～27		0.000	0.000
27			27～28		0.000	0.000
28			28～29		0.000	0.000
29			29～30		0.000	0.000
30			30～31		0.000	0.000
31			31～32		0.000	0.000
32			32～33	0.7	0.000	0.013
33		0.056	33～34	1.4	0.000	0.606
34		1.006	34～35	3.3	0.000	6.711
35		3.352	35～36	5.0	0.000	15.188
36		2.793	36～37	4.5	0.000	8.213
37		1.006	37～38	12.1	0.000	16.055
38		1.676	38～39	8.9	0.000	9.803
39		0.614	39～40	5.4	0.000	1.986
40		0.168	40～41	9.9	0.000	3.174
41		0.503	41～42	7.0	0.000	4.644
42		0.838	42～43	6.8	0.000	4.921
43		0.615	43～44	7.2	0.000	5.210
44		0.838	44～45	1.8	0.000	0.503
45		0.000	45～46	1.7	0.000	0.349
46		0.615	46～47	9.1	0.000	5.078
47		0.503	47～48	15.9	0.000	12.938
48		1.173	48～49	7.2	0.000	5.124
49		0.335	49～50	15.1	0.000	4.184
50		0.223	50～51	6.2	0.000	0.461
51			51～52		0.000	0.000
52			52～53		0.000	0.000
53			合計		258.907	177.119

女鳥羽川の地形変化の傾向

2000年の増水で発生した地形変化による土砂収支は調査区間内でマイナス傾向となり、区間全体では侵食傾向が卓越していることがわかる。調査区間の中で顕著な侵食域となっているのは、2000年の春に石積み式堰堤がつくられた地点（2カ所あるうちの下流側）である（図4）。この場所は堰堤の設置以前の1999年には深掘れ地形が生じていることから、天然の状態では上流に向かってさらに深掘れ傾向が続くと予想されていた場所である（村越・1999年度地球システム解析学実習履修生，2002）。したがって堰堤が設置されたことによって深掘れ傾向から側方侵食へと土砂の動きが急激に変化したと考えられる。また顕著な堆積域となっている地域は堰堤下流，すなわち堰堤付近の側方侵食によって供給された砂礫が下流で堆積している場所である。今回堆積した土砂のほとんどは、直上流の河道の側方侵食によってもたらされたのである。

女鳥羽川河床では前年までは急激な下刻傾向にあった調査地点が、堰堤設置後の2000年9月の豪雨時に側方侵食に転じ、新しい流路が形成された。新流路形成時の侵食にともなって生産・供給された砂礫によって河床には砂礫堆が発達し、これによってさらに側刻が助長される状況となった。河道内に砂礫堆が形成されるとそれによって流路が転流・偏流するためである。前年に深掘れによって形成された河道もその河道幅が若干拡張しつつあり、この傾向は砂礫堆を構成する砂礫が増水のたびに活発に動く間は続くと考えられる。

2000年9月に女鳥羽川でおこった異常洗掘による侵食地形の発達には、軟岩からなる河床堆積物が埋積した河道中に硬いコンクリートで部分的な構造物をつくったために、軟岩部分のみが選択的に削られた結果である。堰堤工事の際に、石積み式堰堤の高さを前年の深掘れを免れて残った河床面の高さに合わせて設置して、増水時の水深が河道横断方向に均等になり河床が受けるストリームパワーが等しくなるようにしても、流れを受ける側が軟岩とそうでない

部分というように物性の差があると、結果として生じる地形にもその差が反映され不均衡な地形が生じる。この場合、流れによる侵食力に対する軟岩とコンクリートの強度差が地形に表れたといえる。

河床縦断方向で考えてみると、河口の河床低下の影響で潜在的には河床低下傾向にあった河道中では、ストリームパワーは土砂を動かして下刻するのに消費されていた（村越・1999年度地球システム解析学実習履修生，2002）。これに対して堰堤が設置された後では、流れに対して抵抗性が強いコンクリートブロックが置かれたために下刻できなくなり、消費されずに余った流れエネルギーが抵抗性が相対的に低い軟岩を削った結果、側刻が生じたともいえる。

今後このような河川環境の下では、側刻が起きた堰堤の上流側の堰堤付近でも旧河床堆積物が増水時に側刻されて、地形が急激に変化することも考えられる。また側方への侵食がさらに進めば、ついには現在の河道位置を固定しているコンクリート護岸が侵食破壊され、洪水の危険性が高まるなどの弊害が予想される。

引用文献

- 池田宏，1998，軟岩と河川地形—デブリ・コントロールの見方—。日本地形学連合編，地形工学セミナー2，水辺環境の保全と地形学，37-58。
- 気象庁月報（CD-ROM），1999，Vol. 2，（財）気象業務支援センター。
- 村越直美・1999年度地球システム解析学実習履修生，2002，1999年大雨によって女鳥羽川河床に発達した深掘れ地形と碎屑物収支。信州大学理学部紀要，37，1-9。