

釧路川の蛇行特性に関する調査研究

Research study on the meandering characteristics of Kushiro River

北見工業大学工学部
北見工業大学工学部
(株)北開水工コンサルタント
北見工業大学大学院
北海道開発局釧路開発建設部

正会員 内島 邦秀 (Kunihide Uchijima)
正会員 早川 博 (Hiroshi Hayakawa)
鈴木 信幸 (Nobuyuki Suzuki)
○学生員 中村 卓矢 (Takuya Nakamura)
渋谷 直生 (Sunao Shibuya)

1. はじめに

釧路湿原を貫流している釧路川(流域面積 2,510 km², 幹川長 154 km)における最近の河川水辺の国勢調査によれば、湿原部では淤が減少状況にあり、蛇行卓越区間で堆積、緩慢区間で洗掘の傾向にあると報告されている¹⁾。この現象は、湿原への土砂流入や乾燥化に関連していて、この要因を解明するためには常時、河岸と河床が水没している湿原部の河床・河道特性を把握することが重要である。

本研究の目的は、湿原内蛇行区間の河床・河道状況及び流況について現地調査し、河川環境管理や旧川復元事業等に対する基礎資料を得ることである。

2. 調査概要

(1) 調査区間

調査区間は図 - 1 に示すとおり、著しい蛇行区間(KP 22.0 ~ 23.0)と緩やかな蛇行区間(KP 27.0 ~ 28.0)を含む KP22.0 ~ 32.0 である。両蛇行区間は比較検討のため、それぞれ詳細調査、区間とした。調査は平成 15 年 10 月 27 日 ~ 29 日に実施した。当日の五十石観測所(KP36.80)における日流量は豊水流量に相当する 37.23 ~ 43.91 m³/s であった。



図 - 1 調査区間

(2) 調査項目と調査方法

調査項目は河床高、河道法線、流況、河床材料である。河床高、河道法線及び流況調査には ADCP(超音波ドップラー流速計)と GPS を使用し、これらを設置した小型ボートで図 - 2 のように上流に向かって河道内を左右岸交互

に移動しながら連続観測を行った。ADCP の流速測定開始水深は 0.54m であり、ADCP 設定は周波数を 2400kHz、水深方向の測定間隔を 0.2m、測定時間間隔を 2 秒とし、GPS は測定方式をディファレンシャル方式とした。観測時の横断測線間隔は、詳細調査区間で 50m 程度、その他の区間で 100m 程度となるよう目測で実施した。なお、横断測線が河道法線に対して直角でない場合には修正し、その測線上の測定値は直上・下流の測定データを用いて補間している。

河床材料調査は、KP22.0 ~ 30.0 区間の 1 km 間隔 9 地点で行い、河床材料を左右岸沿い及び河道中央で採取してふるい分析と沈降分析を実施した。左右岸沿いの採取にはエクマンバジ型採泥器を、河道中央の採取には自製の採砂器を用いた。これらの器具で採取された河床材料は表層部分の河床材料に相当する。

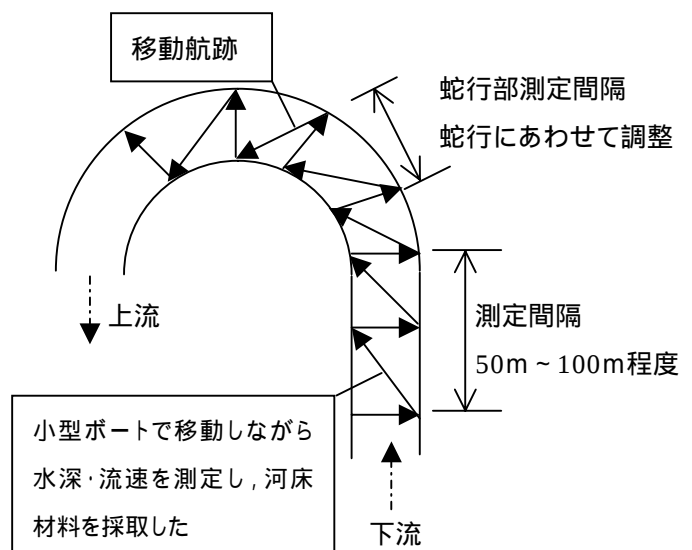


図 - 2 調査方法の概要

3. 調査結果と考察

(1) 河道平面形状

観測データにより、平面形状の特性要素として先ず全調査区間の各横断測線で川幅(B)を求める。次に湾曲部については単曲線で近似し、図 - 3 に示すように河道法線上で湾曲起点・終点を定めて、この 2 点間の距離を蛇行半波長(L)とする。曲率半径(R)はこの 2 点を通る直線を接線とする円より求め、接線の交角が曲がり角、即ち、蛇行角(θ)である。

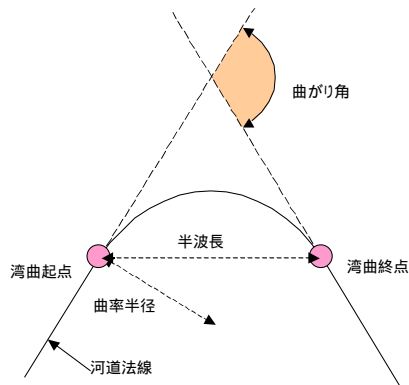
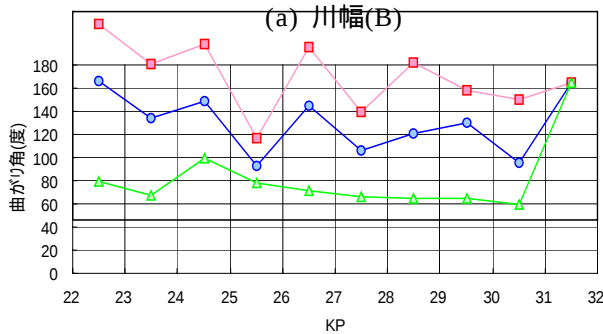
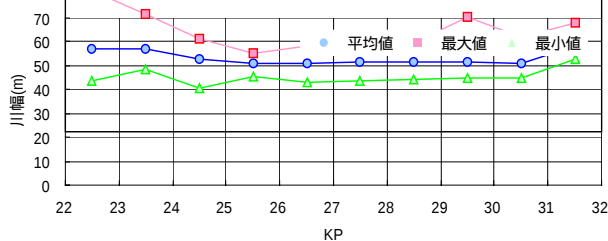
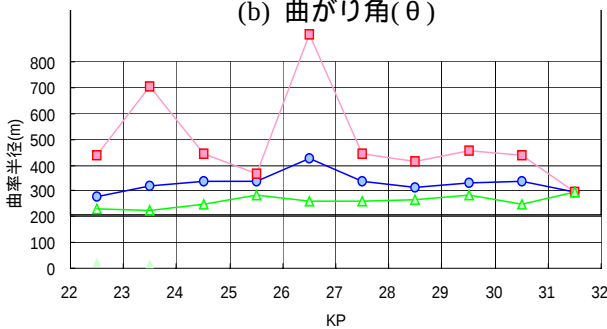


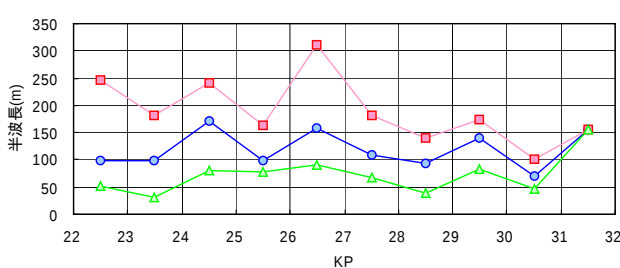
図 - 3 湾曲部平面形状の近似



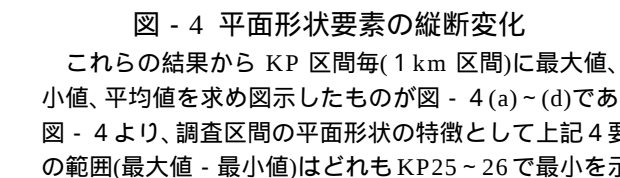
(a) 川幅(B)



(b) 曲がり角(θ)



(c) 曲率半径(R)



(d) 半波長(L)

図 - 4 平面形状要素の縦断変化

これらの結果から KP 区間毎(1 km 区間)に最大値、最小値、平均値を求め図示したものが図 - 4 (a)~(d)である。図 - 4 より、調査区間の平面形状の特徴として上記 4 要素の範囲(最大値 - 最小値)はどれも KP25 ~ 26 で最小を示し

た。一番変動の小さいのは B で、全区間平均で 30m 程度である。KP25 より下流側においては、B は 20 ~ 60m で他の区間に比べて大きい。湾曲は、 θ が平均で 90 ~ 120 度と大きく、R が平均で 70m 程度であり、著しい蛇行が連続している。一方、KP26 より上流側では、B も比較的安定しており、R が 100 ~ 200 程度、 θ も 50 ~ 100 程度であり、比較的緩やかな蛇行になっている。したがって、総体的に、KP25 より下流側は著しい蛇行区間、KP25 ~ 26 は安定区間、KP26 より上流側は緩やかな蛇行区間とみなすことができる。

次に単曲線の関係式($L=2R\sin(\theta/2)$)を用いて、L/B と R/B の関係は θ をパラメータにし、図 - 5 のように表される。図 - 5 には本調査データもプロットした。これより釧路川の本調査区間では、 $L/B=1 \sim 10$ (平均 4)であり、1 波長については $2L/B=2 \sim 20$ (平均 8)となっている。このことは従来の B と $2L$ (1 波長)の関係²⁾を網羅している。

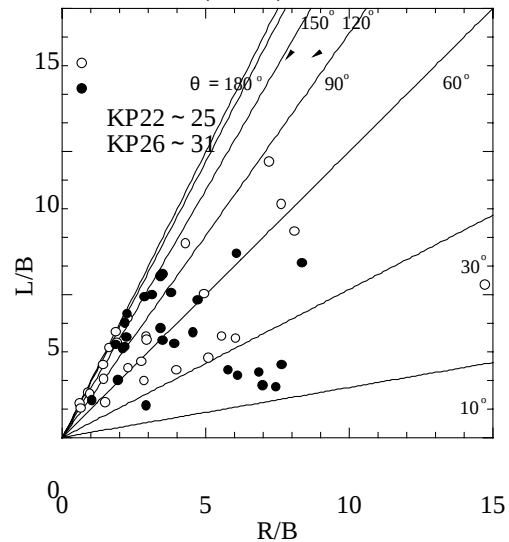


図 - 5 L/B と R/B の関係

(2) 河床縦横断形状

最深河床高と平均河床高の縦断図を図 - 6 に示す。同図には平成 13 年実施の測量結果もプロットしてある。平成 13 年と本調査結果と比較するとほぼ同様の傾向になっており、平均河床勾配を求めると 1/2852 となった。平均河床高と最深河床高の標高差は KP22 ~ 23 区間で大きく、先述のとおりこの区間の著しい蛇行が影響していると考えられる。冒頭で述べた蛇行の卓越区間で堆積、緩慢な区間で洗掘という傾向は読み取れない。このことは、河川水辺の国勢調査に関わる河川調査が渇水流量期に実施されているのに対して本調査が豊水流量時であることも一因と考えられる。

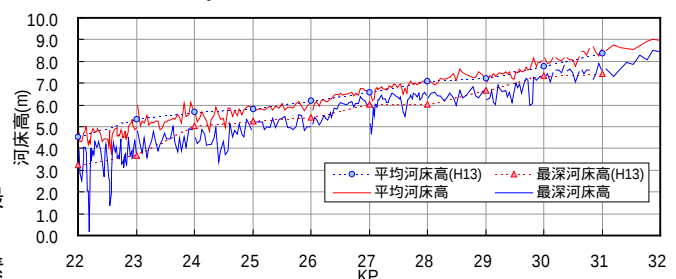


図 - 6 河床高縦断図

次に左右岸沿いと河道中央の河床高の縦断変化を詳細区間 I (KP22 ~ 23)、安定区間 KP25 ~ 26、詳細区間 (KP27 ~ 28) の 3 区間について図 - 7 に示す。同図から詳細区間の河床は複雑に変化するが、3 区間ともに左右岸沿いの河床は互いに逆位相の波形を成して交差している。この交点間の水平距離と左右岸河床の最大高低差がそれぞれ砂州長、砂州波高に相当するのが交互砂州河床である。このことから本調査区間の支配的河床形は交互砂州と推測される。一つ特徴的なことは、KP25 ~ 26 区間で明確であり、3 区間における湾局部と湾局部の中間位置に左右岸河床高と河床中央河床高がほぼ一致する、即ち、河床横断形が平坦な箇所が必ずと言って良いほど存在するということである。

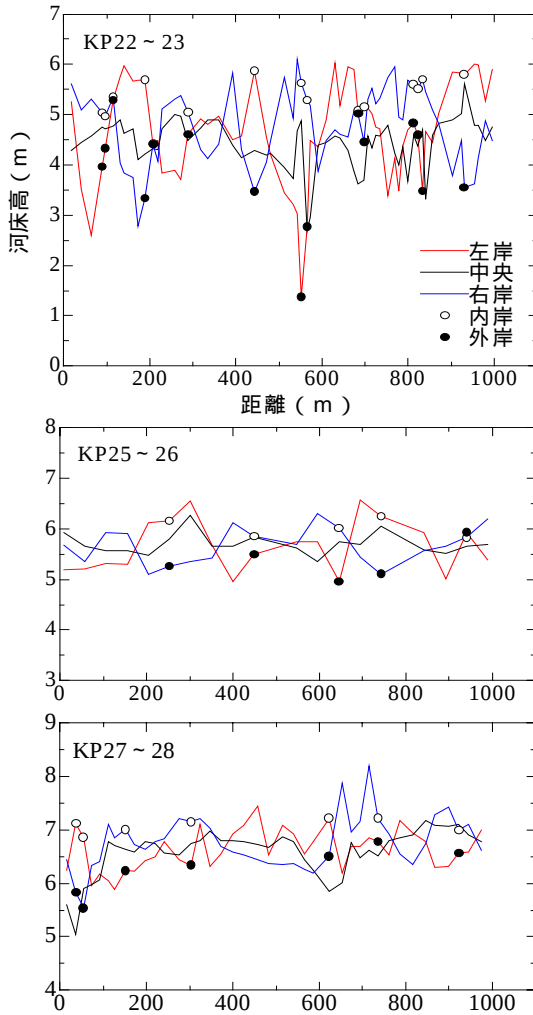


図 - 7 左右岸と河道中央の河床縦断図

(3) 流況

調査区間の流況を平均量で把握するために、横断測線の各測定点での水深平均流速の各横断面における平均流速と最大流速(流心流速)を図 - 8 に示す。平均速度は 0.6 ~ 0.8(m/s)程度で変化しており、最大流速は約 1.2(m/s)であった。

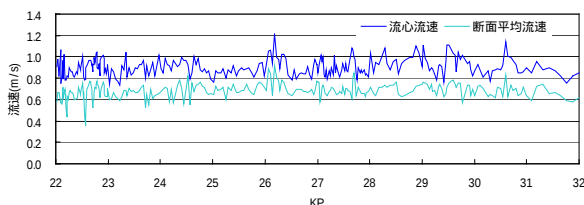


図 - 8 流速縦断図

次に、清水³⁾⁴⁾による 2 次元浅水流モデルを用いて、蛇行区間が著しい区間(KP22.470 ~ 22.996)の固定床流況解析を行った。解析は、流量 $Q=34.239(\text{m}^3/\text{s})$ とし、下流端 KP22.018 の水位を境界条件としている。

図 - 9 の実測値(a)と理論値(b)を比較してみると、流速ベクトルの向きや大きさ、主流ベクトルの位置が全体的に一致している。

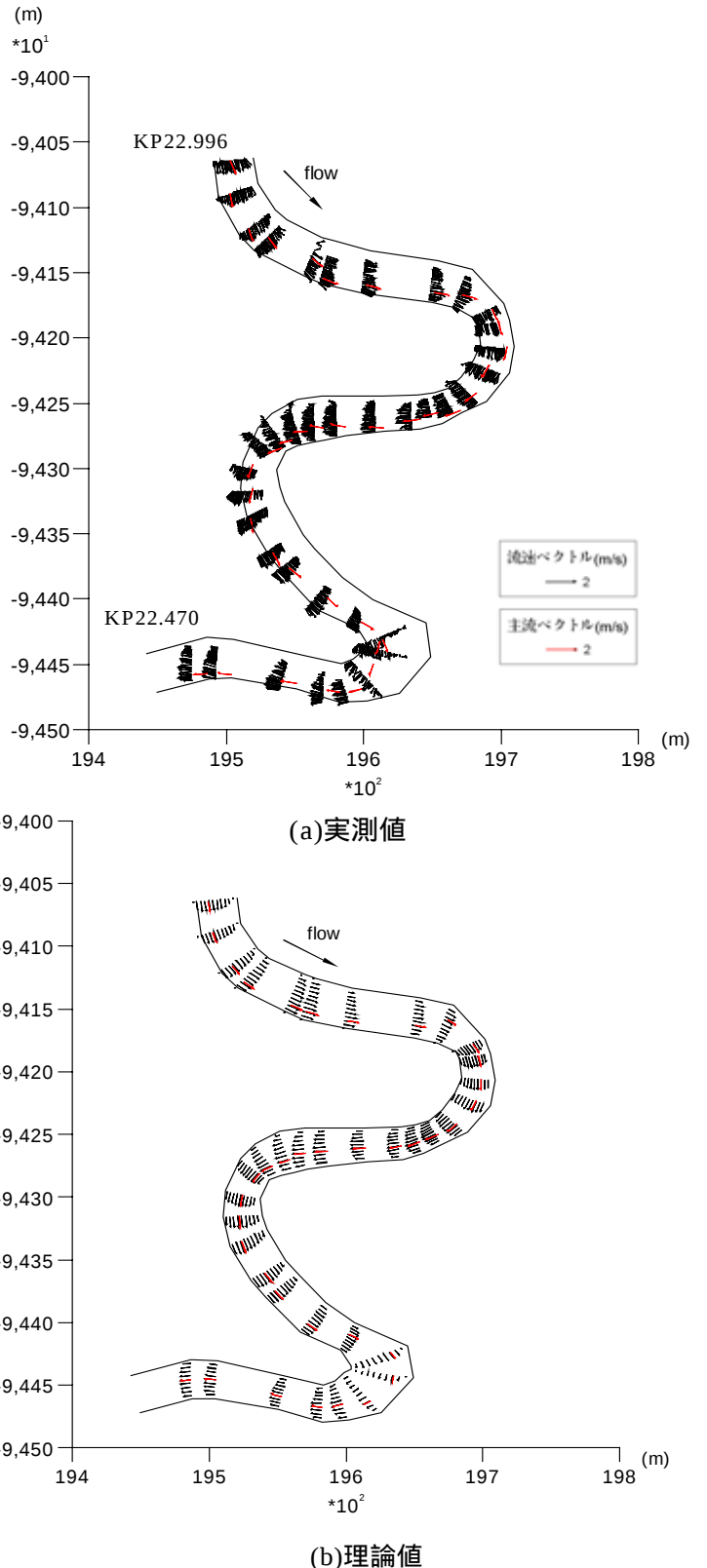


図 - 9 水深平均流速ベクトル図

しかしながら、実測値の方が、理論値よりも流速ベクトルの向きが複雑である。これは蛇行が著しい KP22～23(詳細区間)は、全体的に左右岸の深掘れ個所が多く、局所的に3次元性の強い流れとなっているためであると考えられる。今回は、x軸方向(流下方向)、y軸方向(横断方向)を考慮した2次元浅水流モデルであるため、当然z軸方向(水深方向)の影響を考慮していない、そのため再現性が悪いと考えられる。今後、z軸方向を考慮した3次元の流れの解析を行う必要がある。

(4) 河床材料

KP22～30区間のKP毎の9地点における左右岸及び河道中央の河床材料を分析した結果より、調査区間の平均粒径は0.05mm～2mm程度であり、河床材料は砂に該当している。左右岸での平均粒径は0.2mm程度であるのに対し、中央では1～2mm程度であった。

均等係数(図-10)は、全体で2～11の範囲でほぼ均一な粒度分布であると見せる。河道中央については2～4程度であり、左右岸沿いでは蛇行部に位置する地点の外岸で6～11程度と大きく、内岸で河道中央と同程度である。

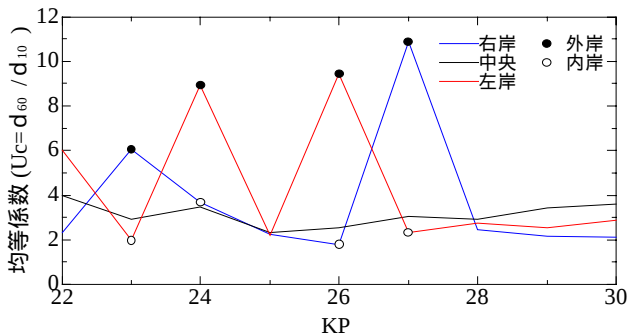


図-10 均等係数縦断変化図

次に、黒木・岸⁵⁾及び泉・池谷・伊巻⁶⁾の砂州形成領域区分図である図-11($I=0.001$ の区分線)と図-12に基づいて本調査区間の河床形態について検討する。

両図のパラメータ τ^* は無次元掃流力で、 $\tau^* = hI/(sd)$ であり、各地点の平均水深(h)、エネルギー勾配(I)、河床材料の水中比重($s = 1.50$)、平均粒径(d)から算出し、各地点の平均粒径4種(中央、左岸、右岸の各平均粒径とこれらを平均した粒径)についてプロットした。

図-11では全て砂州非発生域に区分され、図-12では河道中央の比較的大きい平均粒径を用いた場合に交互砂州に区分される。先述したように、左右岸沿い河床縦断形状は波形を成して交差し、交互砂州河床河川とほぼ同様の形状であったが、蛇行部と蛇行部の中間に、多くの場合平坦な横断形が出現するということが、砂州形成の沖積河川には見られない現象であり、釧路川湿原内蛇行区間の河床形態については、さらに検討する必要がある。

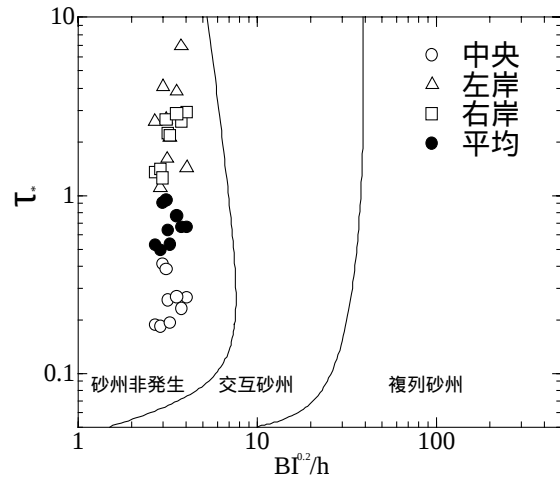


図-11 黒木・岸の砂州形成領域

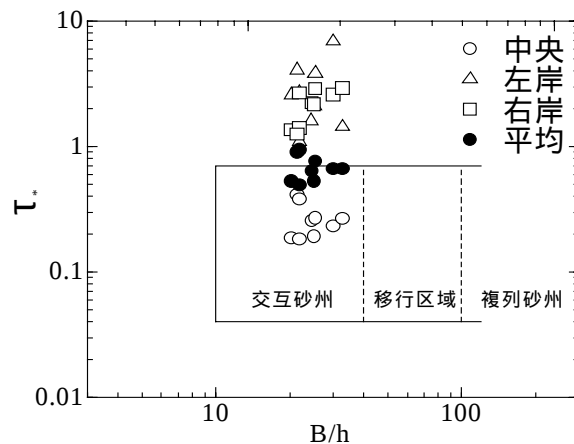


図-12 泉らの砂州形成領域

謝辞

本研究は(財)北海道河川防災研究センターの平成15年度研究助成(内島邦秀)を受けて行われた。記して謝意を表す。

参考文献

- 1)北海道開発局釧路開発建設部：平成14年度釧路川河川水辺の国勢調査アドバイザー会議資料，2003。
- 2)土木学会水理委員会：水理公式集[平成11年度]，土木学会，1999。
- 3)清水康行：沖積河川における流れと河床変動の予測手法に関する研究，北海道開発局土木研究所河川研究室 pp.26-65，1991。
- 4)清水康行：2次元流れと河床変動の計算，水理公式集[平成13年度]，例題プログラム集 河川編，例題2-6 pp.1-8，2002。
- 5)黒木幹男・岸力：中規模河床形態の領域区分に関する理論的研究，土木学会論文報告集，第342号，pp.87-96，1984。
- 6)泉岩男・池谷浩・伊巻幹雄：急勾配水路における砂礫堆について，新砂防，Vol.31，No.2，pp.9-19，1987。