HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ヌポロマポロ川における渓流氾濫原の侵食微地形
Author(s)	高橋, 剛一郎; 笹, 賀一郎
Citation	北海道大学農学部 演習林研究報告, 51(1), 89-114
Issue Date	1994-02
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/21380
Type	bulletin (article)
File Information	51(1)_P89-114.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

ヌポロマポロ川における渓流氾濫原の侵食微地形

高　橋　剛一郎*　　笹　　賀一郎**

Erosional Microtopography of the Nuporomaporo River Floodplain

by

Goichiro TAKAHASHI* and Kaichiro SASA**

要　　旨

自然状態下の地形変化が観察され，また著しい蛇行が発達している北海道北部の天塩川支流ヌポロマポロ川において，氾濫原の侵食微地形について現地観察を行った。

氾濫原の主な侵食様式である流路変動には，旧流路の土砂埋積によって流路方向が急変するタイプと，河岸侵食によって流路が曲流部の外側にシフトするタイプが認められた。流路急変タイプには，流路への土石流流入・堆積－流路埋塞－新流路形成と，曲流部の土砂堆積－流路埋塞－ループ短絡とがみられた。また曲流部におけるループ短絡には河岸侵食によるループ両端の接触・短絡もみられた。中～下部で流路急変タイプが少ないのは土砂移動規模が相対的に小さいことによるが，これは流路沿いに河畔林や流木が少なく土砂との混入機会が少ないことに起因しており，河畔林の少ないことが蛇行の発達につながったものと考えた。

また氾濫原には特異な侵食地形として「穴」と「トレンチ」が流路沿いに認められた。これらはいずれも氾濫原を流れた洪水流による侵食で形成されたものではなく，地表流による流路変動とは区別された。半球形状の穴は洪水時の渦流と地表下のパイプ流によって形成されたと考えられた。また，トレンチ状の侵食地形は湧水や伏流水など関与していることが示唆された。

キーワード：蛇行，流路変動，河畔林，流木，地下水

1993年9月30日受理　Received September 30, 1993

*富山県立大学短期大学部農業土木専攻
Department of Agricultural Technology, Toyama Prefectural University, College of Technology, Kosugi, Imizu-Gun, Toyama 939-03

**笹　賀一郎　北海道大学農学部天塩地方演習林
Teshio Experimental Forest, Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Toikanbetsu, Horonobe-cho 098-29

目 次

要旨
1．はじめに…… 90
2．調査方法…… 91
2.1 調査地概要 …… 91
2.2 調査方法 …… 91
3．渓流地形の実態…… 93
3.1 渓流地形の概要 …… 93
3.2 河床礫の粒径，流木，湧水 …… 95
4．蛇行・曲流と土砂移動…… 95
5．流路形状と流木・河畔林の関係…… 100
6．『穴』および『トレンチ』状の侵食地形 …… 102
6.1 侵食地形の実態 …… 102
6.2 侵食地形の形成 …… 105
6.2.1 『穴』の成因 …… 105
6.2.2 『トレンチ』の形成 …… 106
7．旧流路地形と湧水…… 108
8．おわりに…… 110
引用文献…… 111
Summary …… 112
写真…… 113

1．はじめに

北海道北部には河川工事や砂防（治山）工事が行われていない自然渓流がまだ存在している。これらの自然渓流では人間による地形改変が基本的に行われておらず，渓流で生じている様々な自然現象が人間活動による影響を受けていないということができる。渓流は地下水の挙動を含めた水の流動，土砂移動や流路変動といった地形の変化，河畔林の消長や魚類をはじめとした水生生物の生活などが行われている。これら個々の現象は独立で行われるわけではなく，相互に関係を持って推移している。

自然現象の多くは自然科学の対象として研究されているが，とくに地形と生物の生態との関係のように個々の学問分野で研究されている事象の間にまたがる境界領域関係は，研究の歴史が浅いこともあり未解明の部分が多い。自然現象の仕組みを明らかにするうえで，自然現象が人為的影響を受けていない北海道北部の諸渓流はきわめて貴重な存在といえる。

また応用技術の面においても自然渓流の存在は，人間の活動と自然環境の保全とをどのように図っていくかという今日的課題に対しての指針を与える場となる。従来河川・砂防工事は渓流環境を大きく改変する要因ともなってきたが，多くの場合，自然環境の保全に対する配慮はあまり行われてこなかった。現在，『多自然型川づくり』が推進されたり（建設省，1990年11

月），近自然河川工法（ゲルディ・福留，1990）が注目されるように，防災工事と自然環境の保全の両立が全国的に推進されつつある。しかしながらこの技術に関する歴史は浅く，多くの課題をかかえている。自然環境の保全を重視するためには自然現象の仕組み，相互関係を理解することが重要である。

ヌポロマポロ川は天塩川水系問寒別川の支流で，流域のうち集水域のほとんどすべてと下流堆積地域の一部が北海道大学農学部附属天塩地方演習林に属している。牧場や採草地の区間では流路の規整や護岸などが行われているが，上流部では河道に対しての一切の工事はなされていない。本研究では，渓流を中心として展開している様々な自然現象と，自然環境保全技術開発の基礎的知見を得るためにヌポロマポロ川の渓流地形の特徴を明らかにすることを目標とした。

2．調査方法

2.1　調査地概要

ヌポロマポロ川は知駒岳（標高 532.0 m）の南西に延びる標高 450 m 前後の稜線に源を発し西流し天塩川の支流である問寒別川に流入する（図-1）。流域面積と流路長はそれぞれ 22.6 km^2 と 14.5 km である。国土地理院発行 1/25000 の地形図から読み取った縦断図を図-2 に示す。

地質は，流域の東側の山地部分が蛇紋岩（片状蛇紋岩，塊状蛇紋岩）で構成され，一部にはんれい岩や白亜期の下部えぞ層群などが分布している。蛇紋岩地帯は標高 100 m 弱の等高線に沿ってN 30°E方向に延びる地形的な不連続部を境として上流域を構成している。この西側の丘陵は第四紀更新世の段丘堆積物および第三紀鮮新世のヌポロマポロ層である。更新世の段丘はヌポロマポロ川本流の左岸側にあり，左岸の下流側および右岸の丘陵はヌポロマポロ層である。これらの丘陵に挟まれた低地が沖積氾濫原となっている（松井　1971）。

氾濫原は生産された多量の砂礫（蛇紋岩の風化岩屑）によって埋積され，全体的にヨシが中心となった草原となっており，部分的にササが侵入している。丘陵地や斜面とは異なり，流路近傍の裸地を含めて氾濫原では木本，特に高木類はまれである（写真-1，2）。

2.2　調査方法

流路沿いに渓流地形の観察・記載を行った。地形以外の要素として流木（単なる枝条ではなく，明らかに幹であったと判断される木片）や湧水の位置なども記録した。

流路最深部に沿って縦断測量を行い，特徴的あるいは代表的と思われる地点において横断測量を行った。

粒径については川村・小沢（1970）による線格子法を用いてその特性を記載した。サンプリング個数は 100 個で，三軸径の算術平均を代表粒径とし，個数百分率で表した。サンプリング地点の選定にあたっては斜面から供給された大礫が集中していたり周囲と比較して明らかに

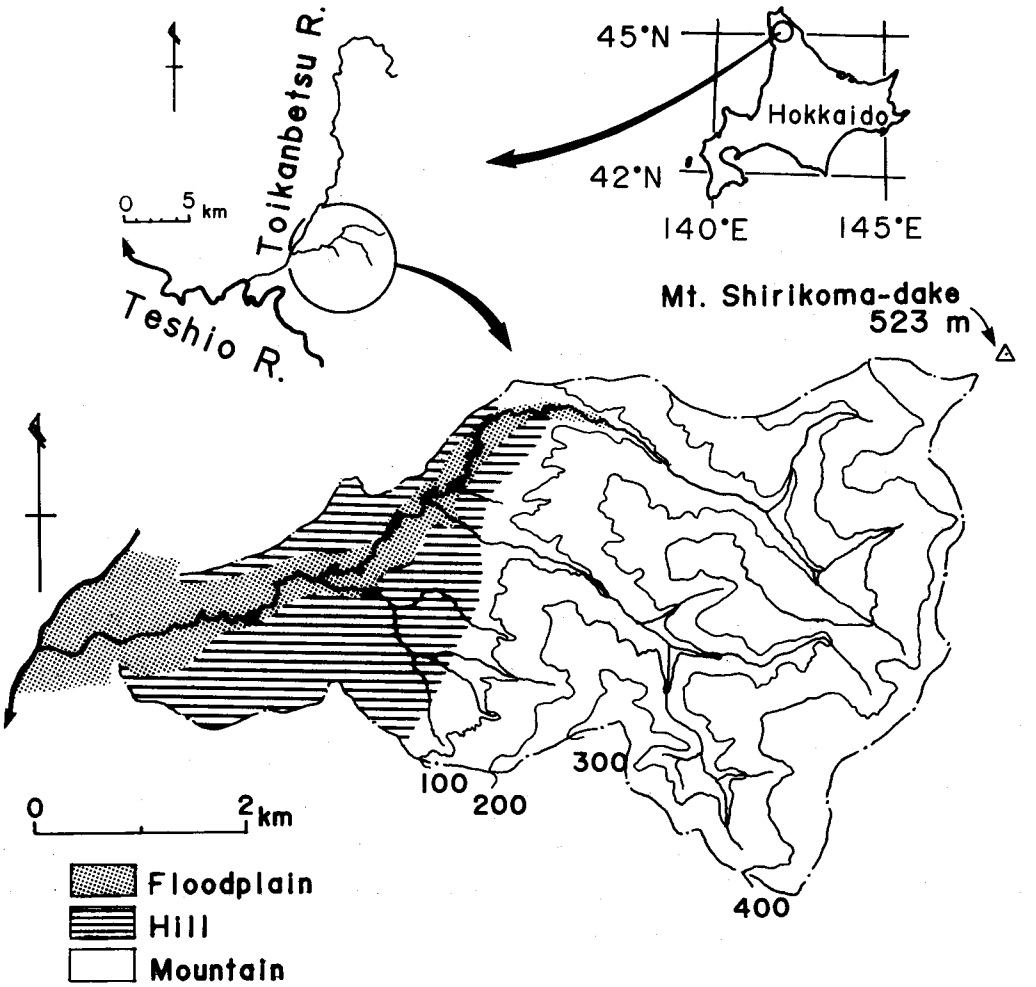


図-1 ヌポロマポロ川の概要
Fig. 1 Outline of the Nuporomaporo River

細粒の堆積物が集積しているところを避けた。

本報告では各地点の位置をヌポロマポロ川の間寒別川への合流点からの流路に沿った距離で示している。調査は下流から3番目の左小支の合流点（図-1参照）から上流で行った。下流部の民有地内では，流路は農地整備事業などによりショートカットや護岸などの改変を受けている。図-1には氾濫原において左岸から流入する3本の支流が描かれているが，それぞれの合流点はsp 3380 m，5580 m，5820 mの地点である。

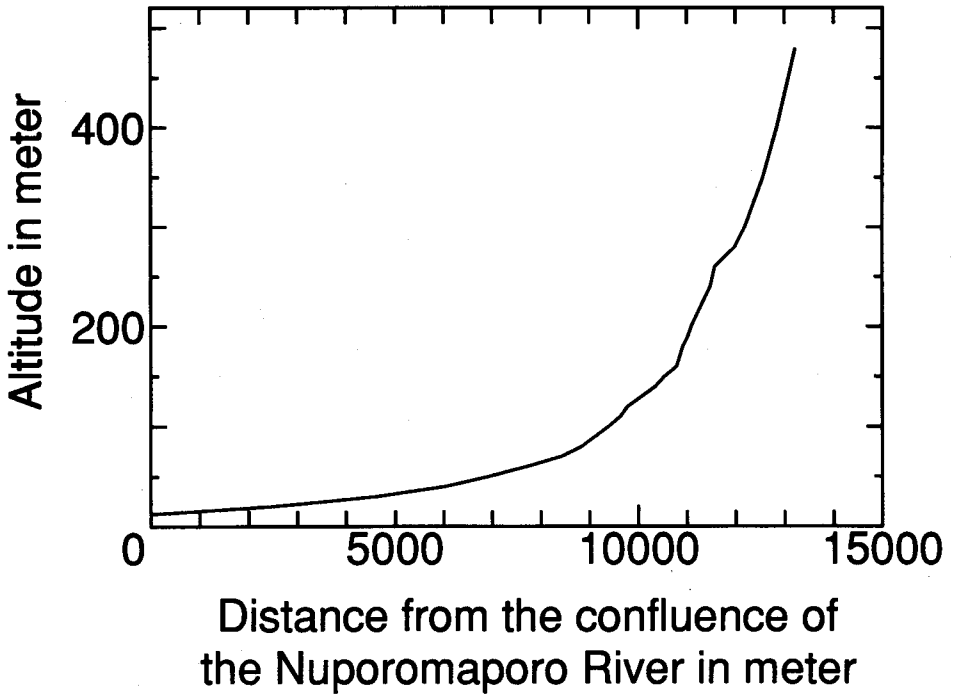


図-2　河床縦断図
Fig. 2　Longitudinal profile of the Nuporomaporo River

3．渓流地形の実態

3.1　渓流地形の概要

ヌポロマポロ川は河川の規模に比較して大きな氾濫原を発達させていることが特徴の一つである。この氾濫原はsp 9100 m付近から始まる。ここより上流にも拡幅部が存在するが，これは渓間の堆積空間であり，氾濫原とは区別した。

sp 9100 m地点付近ではそれほど幅は広くなく，間近に斜面が認められる。氾濫原の幅が広がりを持ってくるのはsp 8000 m付近から下流である。氾濫原は上流側では1/40～1/50とやや急であるが，中央部から下流部にかけては1/100～1/200と緩勾配で200 mから400 mの幅を持っている(写真-1，2)。間寒別川の氾濫原との出合付近ではその幅は500 m以上にも達し，流路幅に比較して氾濫原が極めて大きいことが特徴である。sp 5820 m地点からsp 9220 m地点までの平面図を図-3に示した。

流路付近に特異な形態をした侵食地形が認められたが，それらの位置はsp 6680 m付近左岸，sp 7890 m付近右岸，sp 8040 m付近左岸などである。これらについて後の章で詳述する。

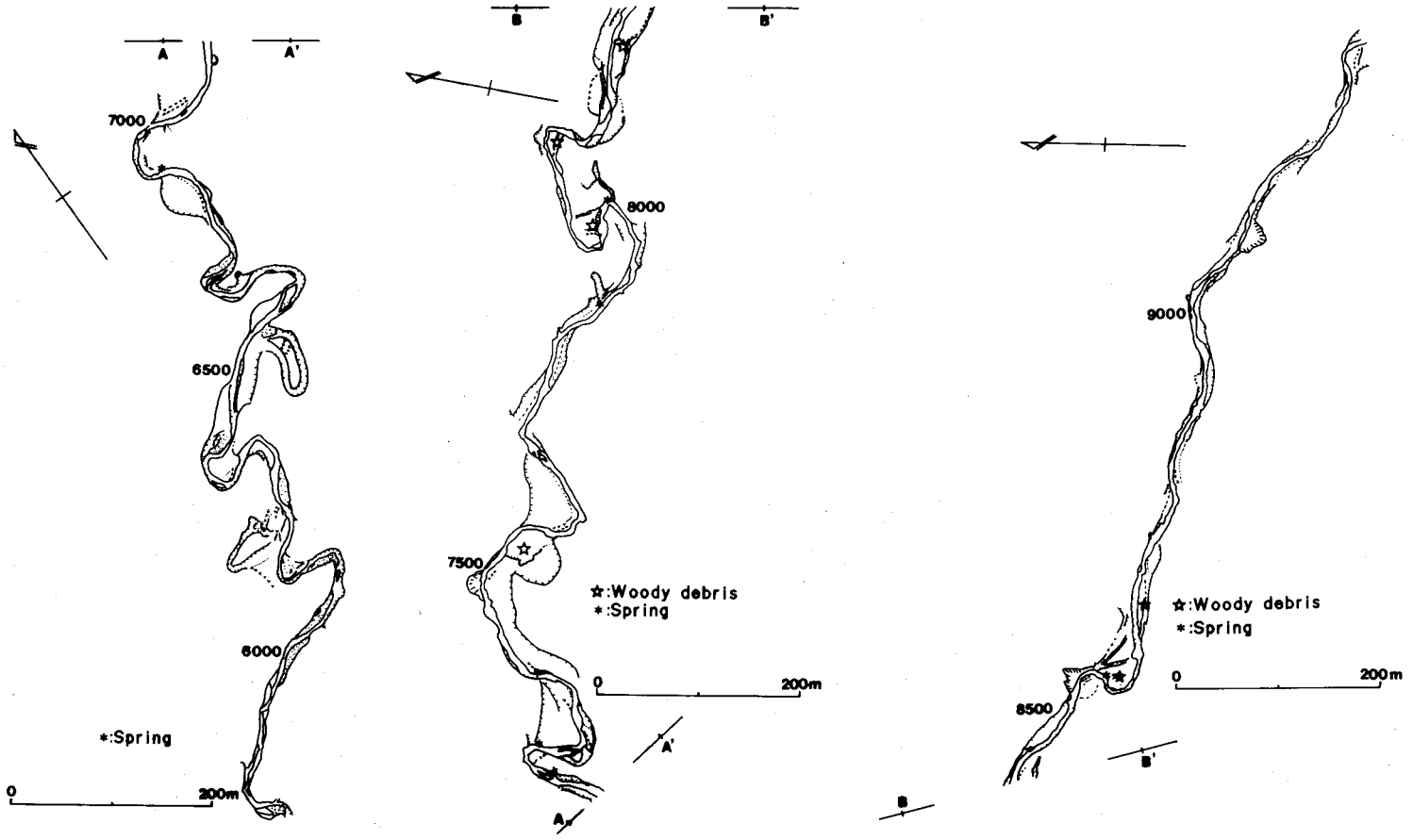


図-3 ヌポロマポロ川流路の平面図
図中の数字は問寒別川合流点からの距離（m）を示す

Fig. 3 Plane figure of the Nuporomaporo River channel. Numbers mean distance from the confluence of the Nuporomaporo River and the Toikambetsu River

3.2 河床礫の粒径，流木，湧水

sp 5830, 6110, 6540, 7070, 7740, 8380, 8590, 9170 m の地点で河床表面礫の粒径分析を行った。その結果を図-4に示した。各地点での平均粒径はこの順に 22.5, 58.5, 43.3, 34.3, 87.8, 61.4, 112.8, 157.5（単位：mm）と，概ね上流に行くに従い粒径が大きくなっていく傾向が表れている。

流木は流路変動などの河川の動態に影響を与えるが，ヌポロマポロ川の氾濫原には河畔林がほとんど認められず，流路付近には流木はわずかに sp 7530, 8055, 8215, 8450, 8580, 8665, 9010 m の地点においてのみ認められた（図-3参照）。

また流路付近において湧水が認められる（sp 6925, 7150, 7200, 7325, 7890, 8040, 8520 m, 図-3参照）。これらの湧水は夏季の渇水時においても認められている。

4．蛇行・曲流と土砂移動

ヌポロマポロ川の地形の大きな特徴は幅広い氾濫原の中を激しい蛇行をしていることである。この蛇行については高橋・笹（1985）や池田・伊勢屋（1986），池田（1991），五味ほか（1992）によって議論されてきた。

高橋・笹（1985）は小渓流の微地形と流路変動の過程を調査し，土砂移動が流路変動に大きく関わっている－土砂が流路を埋積するように堆積したため洪水流が迂回して新流路が形成される－とした（この研究ではヌポロマポロ川が対象地の一つとされ，その調査が行われたのは sp 5820-6620 m の区間であった）。これに対し，池田・伊勢屋（1986）は，主に本研究対象区域より下流部の氾濫原における流路変動を調査し，ループ状に大きく曲流している河道の最も接近している部分（頸部，ネック）の上流側と下流側が河岸侵食により接続され，その結果流路の短絡が生じる（neck cut-off）とした。そして，上述のような土砂堆積に伴う流路変動に疑問を示したが，池田は後にこのような流路変動があることを確認した（池田，1991）。また，五味ほか（1992）はヌポロマポロ川の氾濫原から峡谷までの広い区域の流路変動の形態を調査し，土砂堆積に伴う流路変動を記載している。

土砂堆積に伴う流路の変動は一般的な現象で，特に土石流が頻繁に堆積する扇頂部においては顕著である（笹，1978）。扇頂部を中心に流路が扇面を放射状に移り変わることは流路の首振り現象ともいわれるが，渓流での土砂堆積は，斜面からの直接供給のほかに，土石流と洪水流による流送によって引き起こされる。土砂流送の形態は渓床勾配や流送土砂の粒径，水深などによって異なる。土石流は急勾配渓流で生じ，堆積地の勾配も通常 4° 以上であるといわれる（高橋，1983）。土石流堆積地の下流にはより緩勾配の掃流土砂の堆積地が発達する。堆積土砂の違いは当然堆積機構や形態の違いにつながり，流路変動の形態にも影響を与える。

氾濫原上部の sp 8400 m 付近の右岸には大礫の重合堆積箇所があり，これらはその堆積形態からみて土石流フロントである。これより下流部では流路付近に土石流フロントと判別され

るような堆積形状は認められず，概ねこの付近が土石流の到達下限であると判断した。粒径調査によればsp 8380 m 地点より下流では平均粒径が88 mm 以下，sp 8590 m より上流では110 mm を越えており，この点からも堆積物組成に変化がみられる。

土石流の特徴に運動エネルギーが強大で直進性が強いことがある。土石流による流路変動

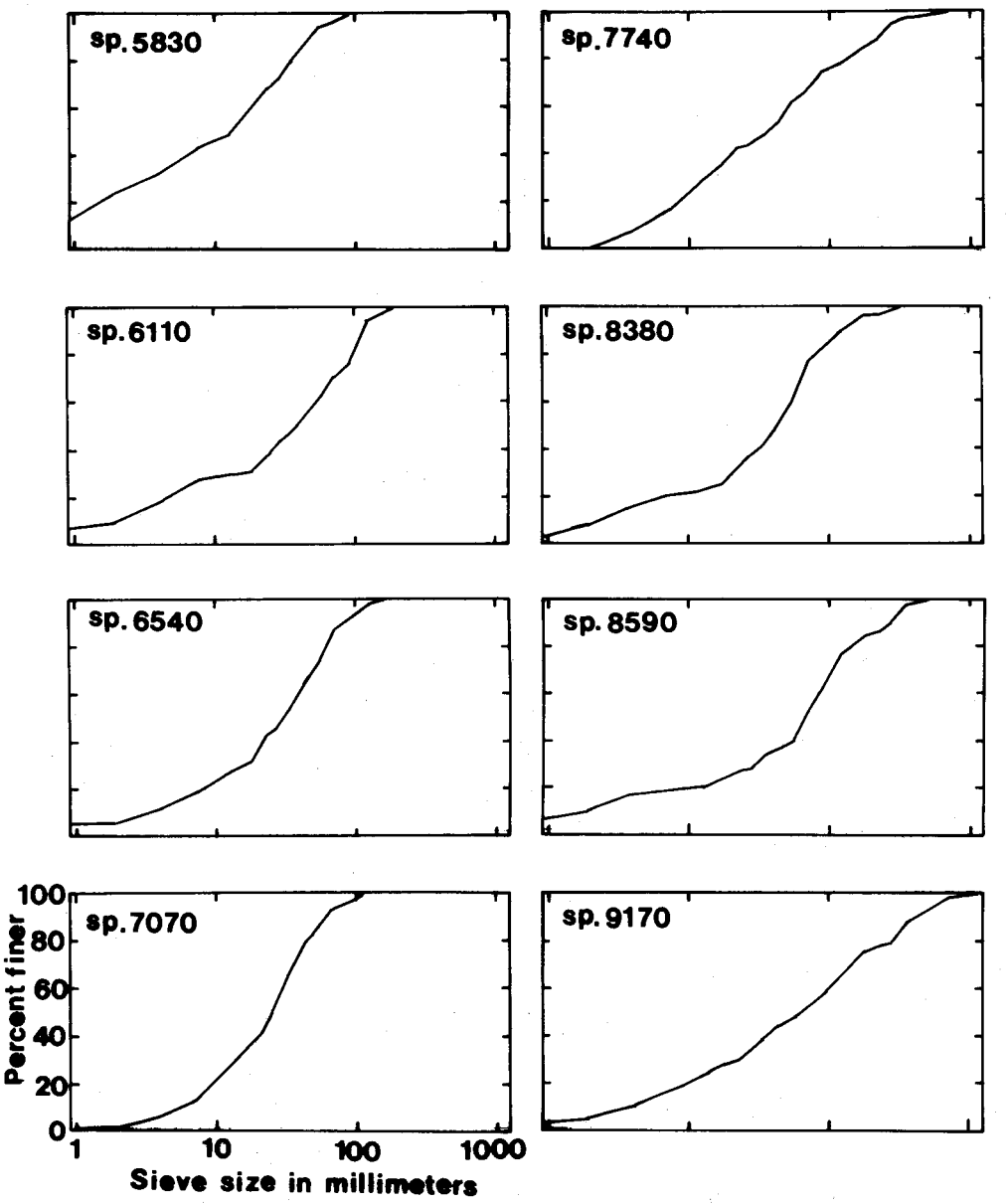


図-4 河床堆積物の粒径加積曲線
Fig. 4 Particle size distribution of bed material

が卓越する場では首振り現象により流路の変動が生じるが，流路そのものは大きく曲流することはなく比較的直線的である。ヌポロマポロ川の場合，およそ sp 9100 m の地点で谷が広がり，氾濫原が始まるが，上流からの土砂の供給が活発ではないため明瞭な扇状地形は発達していない。そこから現時点での土石流到達下限と判断された sp 8400 m 地点までの流路はそこより下流部と比較して直線的である。

sp 8400-9100 m の区間の流路変動は土石流によるものが多いが，sp 8560 m 付近（流路が逆S字状に曲流している）のように，洪水流による土砂堆積も認められた。

図-5に土砂の堆積に伴う流路変動（sp 6200 m）地点の流路形状を示した。ここでは現流路が完全に旧流路のループを短絡（neck cut-off）している。この部分は旧流路が土砂堆積によって埋積されたものと判断した。

流路の完全な埋積は，土砂の堆積形態からみて徐々に生じたものではなく，ごく短時間に形成されたもので，高濃度の土砂を含んだ洪水流であったこと，また，堆積ローブが複数認められることから，土砂の堆積は複数回起こったことが考えられた。

以上のことから流路変動を引き起こす洪水流は高い濃度の土砂を含んでいること，洪水流は基本的に流路形状に規制されて流下し，曲流部において流速が減少し，土砂が集合的に堆積すること，高濃度の土砂を含んだ流れが長距離に渡って維持されとは考えがたいことから，堆積土砂の供給源は堆積地の近くにあること，などが考えられた。

これに対して別のタイプの流路変動と土砂堆積が生じている曲流部が観察された。sp 6420 m 地点では曲流部において流路が外側にシフトし，内側に明瞭でフレッシュな土砂堆積が認められ（図-6，写真-3），現在この部分はポイントバーとなっている。堆積物の粒径については，ここでは線格子法を適用するには十分な広さがないので，東（1983）の石れき指標の考え方を参考に以下の手順で測定した。すなわち堆積面上に 1 m×1 m の方形区をとり，ここから大きい礫10個を選んで3軸長を測定した。それの代表粒径の算術平均は 109.3 mm であった。方形区の外で認められた最大の礫は 200 mm 程度であった。また，方形区内で20個の礫を無作為に抽出した結果によれば，粒径の算術平均値は 70.2 mm であった。これらよりこの堆積土砂の粒径は概ね数 10 mm から 200 mm 程度である傾向がうかがえる。

これまでの調査ではどのような過程でこの変動が生じたかを断定することはできないが，2つの可能性が考えられる。一つは流路を埋積するように土砂の堆積が生じたが，堆積した土砂量が流路を完全に埋積するには不十分であったために新流路の形成は生じず，側方にシフトしたとする考えである。もう一つは，流路のシフトはおもに曲流部の外側が侵食されたことによって生じたもので，土砂堆積は既に形成されていたポイントバーの上に新たに乗ったという考えである。前者の場合では，もともとはポイントバーは発達しておらず，堆積によってポイントバーが形成されたことになり，後者の場合はこの堆積が生じた時以前に既にポイントバーが形成されていたことになる。

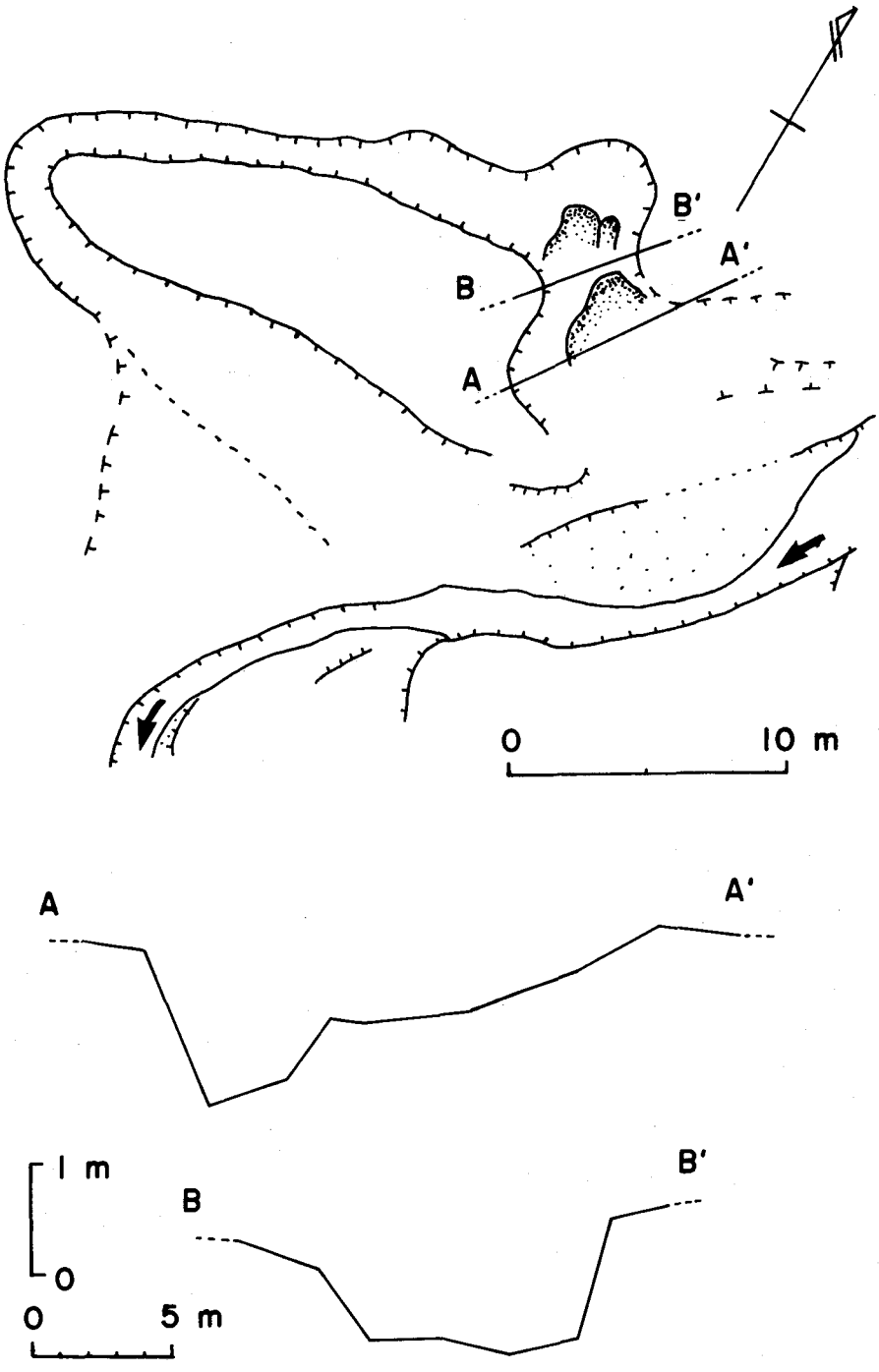


図-5 sp 6200 m 地点付近の微地形
土砂堆積が旧流路を塞いだため新流路が形成された。

Fig. 5 Micro topography around sp. 6200. The new channel was formed cutting the neck-part of the loop, after sediments blocked the upper part of the loop.

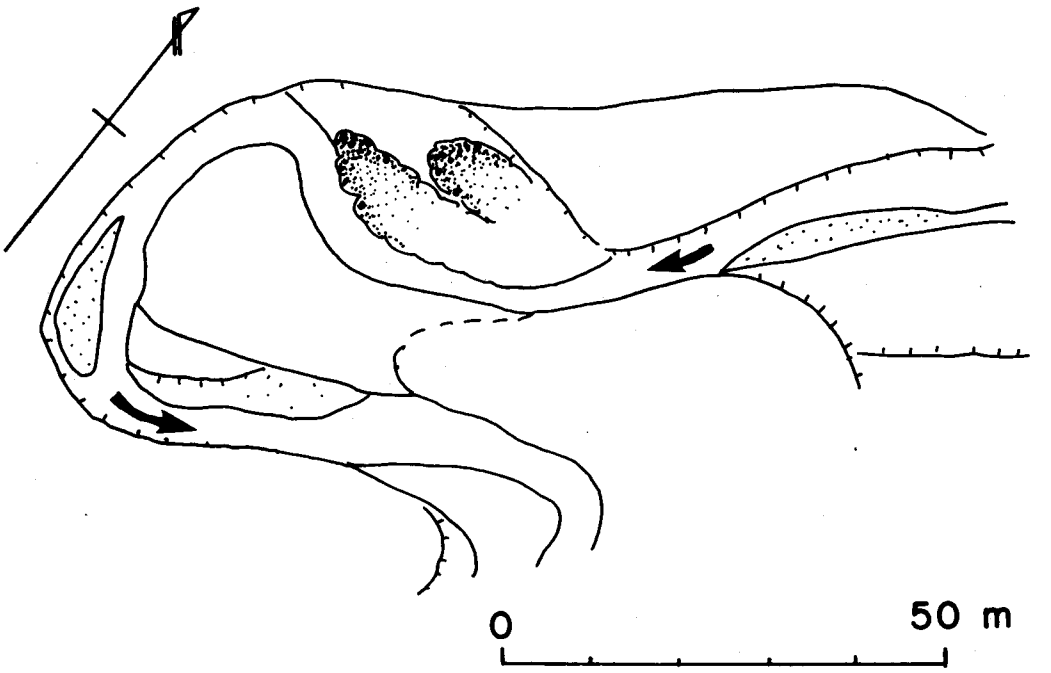


図-6　sp 6420 m 地点付近の微地形
前縁部に明瞭な堆積地が形成され，流路は左岸側に押されている。
Fig. 6　Micro topography around sp. 6420. The channel was pushed to the left side by sediment deposition with the clear edge.

土砂堆積は水深の大きい流心よりもその側方の砂礫堆や河岸の上に発生しやすい。しかし，流路の方向を完全に転ずるような流路変動では，土砂は流心を埋めるように堆積したことになる。土石流による首振り現象は現流路を埋積することにより流路を別の方向に転じるものであるが，先の事例は洪水流によってもこれと同様の現象が生じていることになる。

流心に土砂が堆積する現象は，第一に流路の屈曲が洪水流の流速を低下させること，第二に流速の低下によって容易に堆積を生じさせる程度の高い土砂濃度，そして第三に流路を埋積するのに十分な土砂量が流送されるという条件が必要である。

土砂堆積に伴うループの短絡には，十分な量の土砂の移動・堆積と曲流部のループの十分な発達が必要である。十分にループが発達するためには，交互砂礫堆の発達に伴う蛇行の発達や，sp 6420 m 地点でみられたような流路のシフトといった穏やかな流路変動が必要である。土砂移動が活発であれば，ループが発達する前に流路変動を起こし，比較的曲率の大きな弧もしくは直線状の流路形状がもたらされ，ヌポロマポロ川のような著しい曲流は発達しない。

1947 年以降にループの短絡が生じたのは一ヶ所を除いて sp 6540 m より下流においてであり（池田・伊勢屋，1986），下流部では穏やかな流路変動が卓越していること，そしてループの両端が侵食によって接触して短絡を起こす neck cut-off によるものであることなどが推察

される。

5．流路形状と流木・河畔林の関係

ヌポロマポロ川の氾濫原の大きな特徴の一つは河畔林と流木が少ないことである。河畔林や流木は河川に対してさまざまな影響を与えることが知られている（Swanson et al., 1982 ; Nakamura and Swanson, 1993)。

図-3に示したように，流路付近に流木が存在しているのはわずかに10ヶ所に満たない。分布している場所は概ね7500 m～9000 mの区間である。これより上流では氾濫原幅が狭まり，流路付近にも樹木（樹高10 m以下，胸高直径十数cm程度）が生育しているところが多い。しかし河床にみられる流木の多くはこれよりは大きく，また材の表面は風化が進んでいることから，古くから河床に残置されていたことが判断できる。流路近傍の小径の樹木が流木として下流に流されてしまった可能性があるが，その場合でも流路付近にその痕跡を残すだけの量は少ないということがいえる。いずれにしても現在河床に残されている流木の多くは氾濫原内の流路近傍で生産されたというよりは，さらに上流の峡谷部から運ばれてきた可能性が高い。流木の堆積状態は，いずれも単独で散在し，複数の流木や土砂などをまきこんでの重合的な堆積ではない（写真-7)。

流木は洪水時には土砂と同じく流下するが，その形態が著しく土砂と異なり，極めて細長いことが大きな特徴である。この河床材料としては卓越した長さのために，流下する際に河道の屈曲や砂礫堆，大礫などによる凹凸などに容易に捕捉され，滞留しやすいのは明白である。移動を停止した流木は洪水流にとっての抵抗体となり，上流側に土砂堆積を引き起こす。そしていったん堆積が始まると，堆積した土砂が流路形状を変え流れを緩くし，いっそうの土砂堆積が起こりやすい状況になる。

土砂堆積が流路変動に密接に影響していることを先に述べたが，流木の存在もまた土砂堆積および流路変動に関係することを示唆する。

流路が深いループ状に発達するには砂礫堆，特にポイントバーの発達に伴う穏やかな流路のシフトが必要で，土砂の移動・堆積が活発ならば曲流が十分に発達する前に急激な流路変動が生じ深いループは形成されないことを述べた。しかし土砂だけが移動・堆積する場合にくらべ，流木が混入すれば土砂ははるかに堆積しやすく流路変動を促進する。

図-7に天塩川支流アユマナイ川における流路変動の実態を示した。アユマナイ川は流域の規模や蛇紋岩地帯を含む点でヌポロマポロ川と類似しているが，流路の周囲には河畔林が発達し，河道には多数の流木がみられる（流路長100 m当たりの流木数は，ヌポロマポロ川が0.2本であるのに対し，アユマナイ川は4.0本)。ここでは，流木を巻き込んだ土砂の堆積が流路変動のきっかけになっていることが読み取れる（注：このことは既に笹ら（1982）によって報告されているが，ヌポロマポロとの比較をするために改めて調査を行った)。

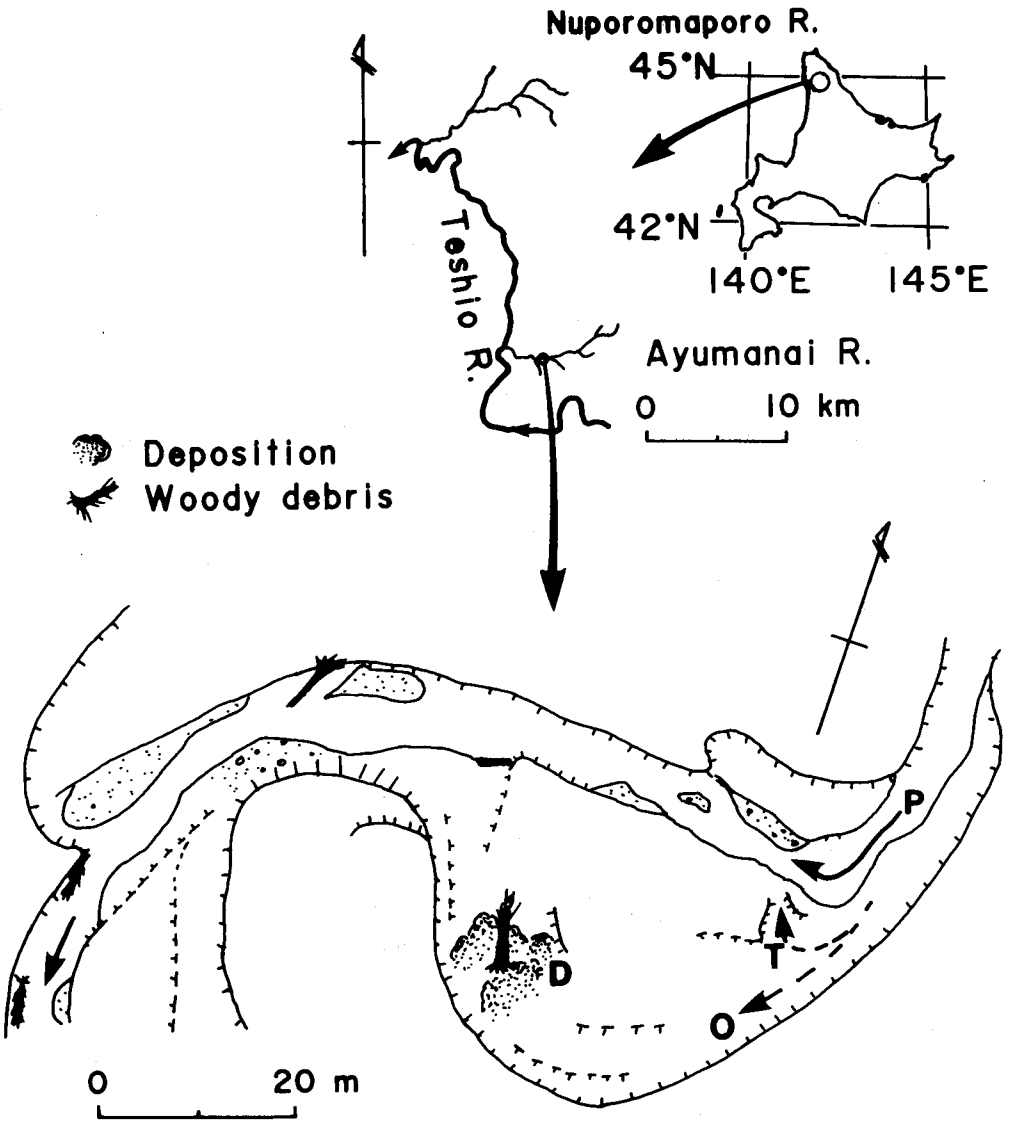


図-7　アユマナイ川における流路変動と土砂堆積
旧流路はOであったが，1981年洪水時に流路が変化した。流木を巻き込んだ堆積(D)によって流れはTの部分に新たな流路を掘り込んだ。しかしこの流路入り口部分が多数の小枝によってブロックされ，現在の流路Pへと再度変動した。

Fig. 7　Sediment deposition and channel course change in the Ayumanai River. The channel course was O, until the 1981 flood occured. The course O was changed by woody debris deposition to the channel T, which was changed immediately to the present course P by blocking with lots of small woody debris during the flood.

河畔林の発達している渓流では，河岸侵食によって立木が流出して流木化し，下流部において土砂を巻き込んで堆積を促進し，流路は別方向に転じる。その結果洪水流は新たに侵食を引き起こし，流送土砂と流木を生産するという連鎖が生じ，結果的に流路の変動もより活発になる。河畔林が存在しなければ，この連鎖の重要な鍵となっている流木は存在せず，土砂の生産・移動・堆積とそれに伴う流路変動は比較的穏やかに行われると考える。すなわち，ヌポロマポロ川氾濫原の流路形状の大きな特徴である，著しい蛇行，曲流の発達は河畔林が存在しないことが大きな要因であると考えられた。

6.『穴』および『トレンチ』状の侵食地形

6.1 侵食地形の実態

ヌポロマポロ川の流路付近には非常に興味深い侵食地形がいくつかみられる。ここではsp 6680 m 地点，sp 7890 m 地点および sp 8040 m 地点付近に形成された侵食地形の平面形状と横断形状をそれぞれ図-8，9，10に示した。

sp 6680 m 地点の侵食地形（河岸と河床にわたって穴があき，底に水が溜まっているので，

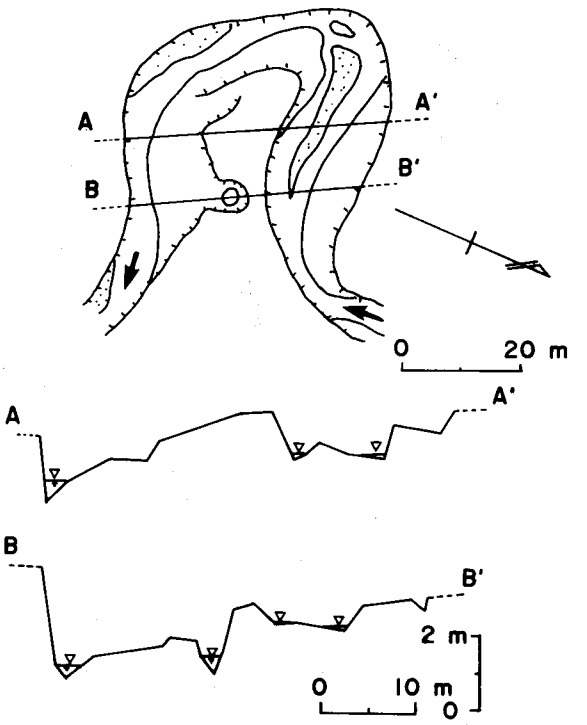


図-8 sp 6680 m 地点横断面 B-B' の中央部分にみられた半球状の「穴」
Fig. 8 A semi-globular concavity was observed at the middle part of the cross-section B-B' around sp. 6680

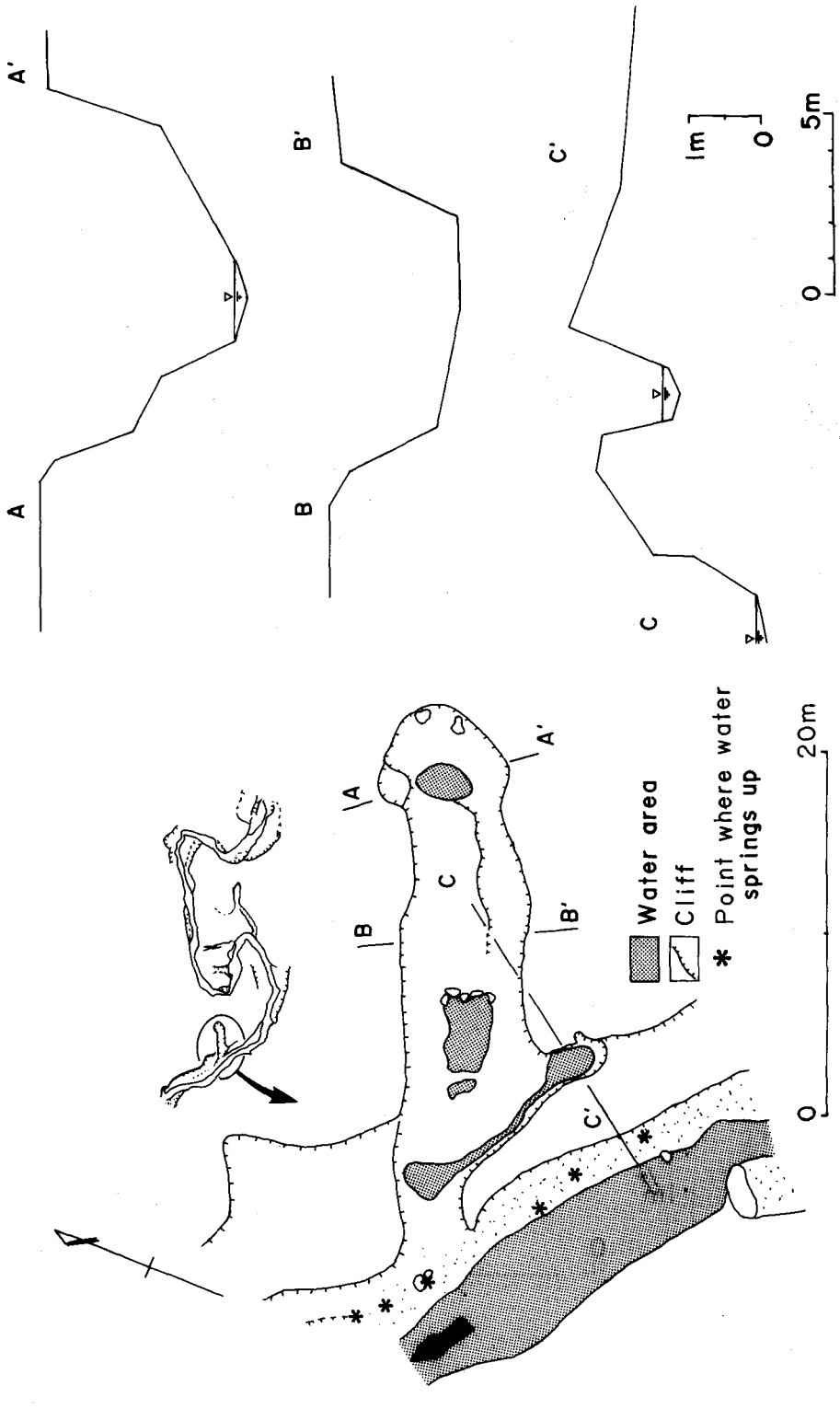
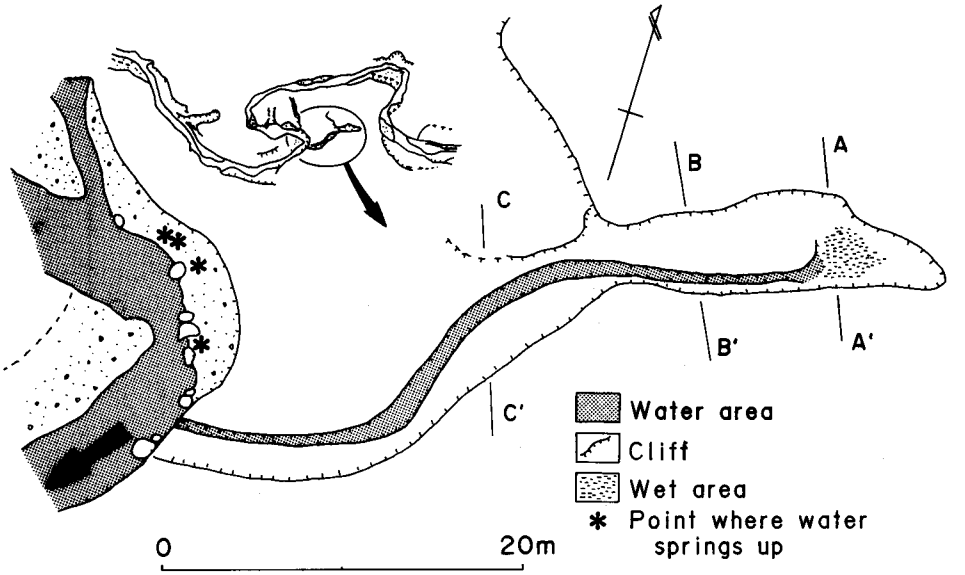


図-9　sp 7890 m 地点の「トレンチ」
Fig. 9　The trench-like groove around sp. 7890



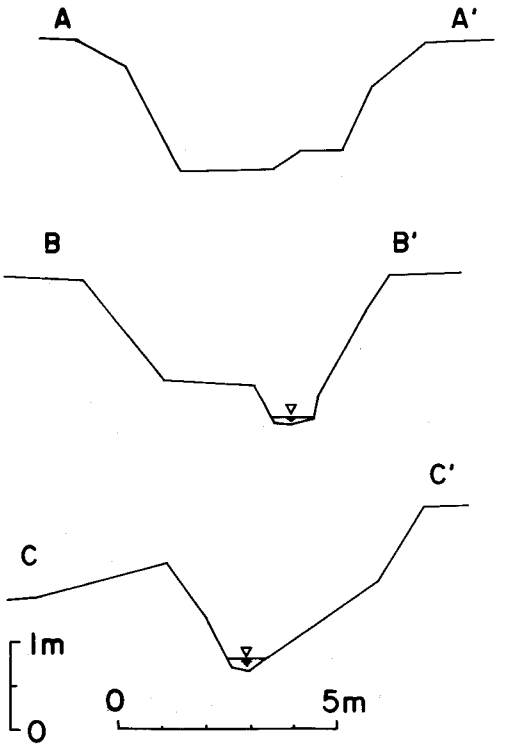


図-10 sp 8040 m 地点の「トレンチ」
Fig. 10 The trench-like groove around sp. 8040

以下では『穴』という，写真-4）の特徴は，形成された位置が大きく湾曲したループ状河道のネックの下流内側にあることである。河岸を彫り込むように円形の水溜まりが形成されているが，その部分では上流と下流の河道の間隔はわずかに2 m余りしかない。1977年撮影の空中写真ではこの穴は認められるが，1969年撮影の空中写真ではこの穴は認められないことから，この間に穴が形成されたものと考えられた。

穴の周囲には，形成時に河床または河岸からの洗掘礫が堆積していると考えられたことから，この粒径を把握するために6420 m地点の堆積地で用いた同一の手法で表面礫径を測定した。方形区内の大礫の平均と無作為抽出計測による粒径の平均はそれぞれ173.7 mm, 91.2 mmである。また，侵食された部分の内側には300 mm程度の礫が多数認められた。このことから，穴の形成時に掘り起こされ周辺にまき散らされた石礫のうち大きいものは150～300 mm程度と判断された。

一方，sp 7890 m地点の右岸とsp 8040 m地点左岸にも興味深い侵食地形がみられた。これらの侵食地形は流路から細長い平面形状をした凹地が氾濫原の中にうがたれているもので，その形状から，以下ではこれらを『トレンチ』と呼ぶことにする。

トレンチの最大の特徴は，氾濫原を深くうがって形成されていることである。sp 7890 m地点のトレンチの中央部ではトレンチ底面と氾濫原の高位面との比高はおよそ1.6～1.8 m, 奥の部分での比高は2.8 mにも達しており，sp 8040 mの地点でも同様に1.5～1.9 m程度の深さで掘り込まれている。

上述したように，sp 6680 m地点の穴には常に水が溜まっている。夏期の渇水時にも水は枯れることはなく，地表下から水が供給されていると考えられる。sp 7890 m地点のトレンチの最奥部では複数の浅い池ができており，渇水時でも水をたたえている。sp 8040 m地点のトレンチには明瞭な水溜まりは形成されていないが，トレンチの最奥部では水がジワジワと湧出し，湿地が形成され，そこから水路がトレンチの南側の崖に沿って流下し，ヌポロマポロ川の本流に注いでいる。

また，二つのトレンチとヌポロマポロ川との合流点には，ともに河原上に湧水が存在している（図-9-1，10-1）。

6.2　侵食地形の形成

6.2.1　『穴』の成因

前項に記したように，いずれの侵食地形においても湧水の存在が確認されていることは興味深い。特にsp 6680 m地点の穴についてはその形成の過程に伏流水の挙動が関与していることが考えられる。

穴の成因に関して池田・伊勢屋（1986）は，洪水時にネック部分を洪水流が越流し，その部分に生じた局所的な渦によって掘られたとした。筆者らはこの形成過程について以下のような3ケースについて検討した。

第一は越流による洗掘，第二は河岸付近の水平渦流による円形状洗掘，第三は河岸や河床からのパイプ流による土砂の吹き上げと池の形成などである。

当初筆者らは越流による洗掘が最も妥当な成因であると考えたが，穴の最深部とループのネックを隔てる平坦地との比高は2m足らずであること，池と流路との間に形成された砂礫堆積地（砂礫堆）と池最深部の比高はおよそ1m弱であること，また，洗掘によって掘り起こされ周辺にまき散らされた石礫のうち大礫は150～300mm程度であったこと，さらにネック部分の河岸の上の観察から洪水流がこの上を通過した痕跡や証拠を見いだせなかったことなどから，越流水による侵食がこの穴の成因ではないと結論した。

現在この穴と流路の間には砂礫堆が形成されており，流路の水が穴に到達することは比較的大きな出水時以外にはないと判断できる。1977年撮影の空中写真によれば，流れは中州をはさんで2筋（現在の流路とほぼ同じ位置を流れる流路と穴の正面に接するように流れる流路）が認められる。穴の形成状況は不明であるが，その時に洪水流が穴のすぐ横の部分を流れていたことは十分にありうることである。

二番目のケースは，洪水流が河岸に沿って流れるとき，河岸の脆弱部分が削られ，水平方向の渦流によって穴が形成されるた場合である。しかし，洪水流と水平方向に発達した渦で径200mm前後の石礫を掘り起こして深さ1m近くもの穴が形成されるかどうかに疑問が残った。

第三のパイプ流についてみると，まずこの穴にはヌポロマポロ川の水位が最も低い時でも水が溜まっていることから，地下水によって穴に水が供給されていることを示している。そして，ネックの上流側の流路と穴との距離が極めて近く，またそれを隔てる土砂は写真-4に示すように礫を多く交えており，透水性の大きいことがわかる。

洪水時にはネックの上流側の河道では洪水流はネックを隔てる部分の上流側左岸，すなわち穴の裏側部分に押し寄せる。穴から至近距離の部分に水衝部が生じ，その河床部には高い水圧が加わることになる。

このように，ネックを隔てる部分の基底は多孔質の構造であり，その距離はわずかであること，さらに上流側から高い水圧がかかることから地表水の一部が浸透し，下流側でそれが吹き出すパイピング現象が生じることが予想される。穴の深さと礫の大きさを考慮すると，内側から押し上げるような水の圧力によって礫が押し上げられ，また周囲の土砂や礫による緊縛が緩くなったと考えられた。ここに水平渦流の力が作用して穴が形成されたと考えられた（図-11）。

6.2.2 『トレンチ』の形成

前節で記したようにsp 7890m地点（写真-5，6）とsp 8040m地点のトレンチは氾濫原を深くうがっているが，この地形の形成過程もまた非常に興味深い課題である。現時点ではその成因を考察するに足る材料を得ていないが，現地計測による周辺微地形の検討からは以下の

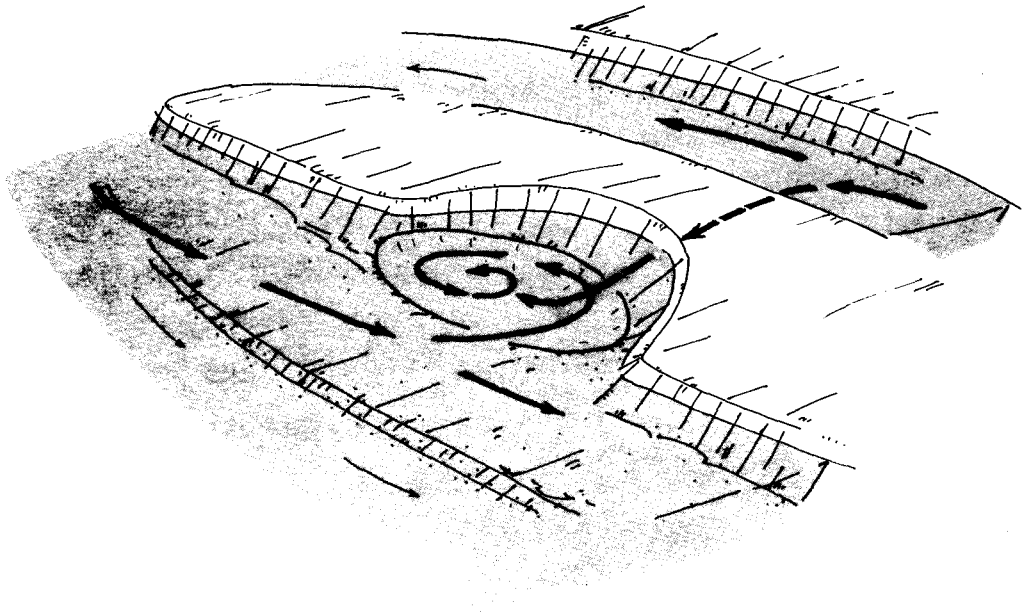


図-11　「穴」の形成過程
水平方向の渦と浸透水のパイピングによって半球状の穴が形成された。
Fig. 11 The semi-globular concavity was considered to be formed by the following two functions : erosion by a horizontal eddy and the flashing of bed loads by piping flow of underground water.

ようなことが推測された。

これらのトレンチが表流水によって形成されたものであれば，その表流水は氾濫原の上を流れトレンチの谷頭部に流入したはずである。そして，これほどの大きさのトレンチを掘り込むほどの流水であれば当然ながら谷頭部付近の氾濫原にはその痕跡が残されているはずである。しかしながら，sp 6680 m 地点の穴の形成過程と同様にトレンチ上部の氾濫原高位面には洪水痕跡と判別できるような形状はなく，少なくとも越流水による侵食ではないものと判断した。そして，例外なくトレンチの奥の部分に湧水がみられること，またトレンチの出口付近にも湧水が認められることから，トレンチと湧水には深い関連があることが示唆される。

平面形状に関してトレンチの位置に注目すると，いずれも谷頭部はトレンチの伸張方向の軸を延長した部分の間近に流路の急激な曲流部がある。そして，曲流部で洪水流が河岸を攻撃する際に，その攻撃方向の延長線とトレンチの軸がほぼ一致している。これは sp 6680 m 地点においても同様で，洪水流の方向と穴の位置と同一関係にあるともいえ，パイプ流がトレンチ形成に関係している可能性を示唆している。

7．旧流路地形と湧水

地中での水の流れは透水性の高い部分で活発になる。本調査地付近の氾濫原は基本的に砂礫で構成されているため，透水性はよい。また，流路変動が活発に繰り返されているため，かつて流路であった部分は大礫を多く含んでいるはずである。

以上は埋積流路に関してであるが，氾濫原の中にはごく最近まで流路であり，現在もその形態を新鮮に残している旧流路が存在し，現在も水の通路となっていることを示す現象が観察される。

図-12はsp 8560 m地点付近の微地形を描いたものである。ここではポイントバーが発達

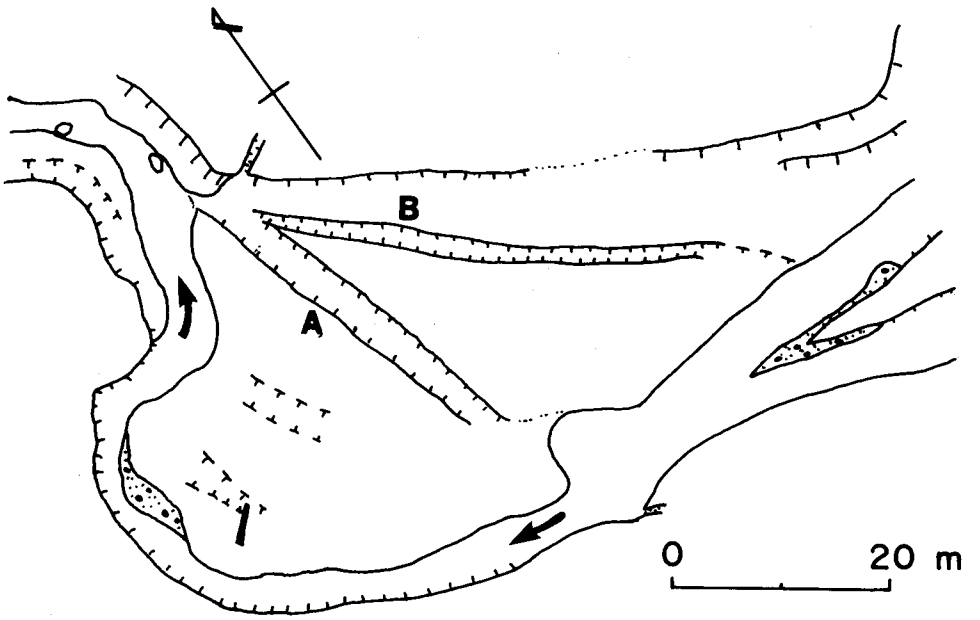


図-12 sp 8560 m 地点付近の微地形
ここで流路は左岸の河岸が侵食によって後退し，右岸にはポイントバーが発達している。ポイントバーの上にはかつての流路の痕跡が複数残されている。流路痕跡A，Bは低水時には水は流れていないが，水位の上昇とともに下流部から表流水が表れてくる。さらに水位が上昇するとAでは上流から流路の水が流入してくることが確認されている。

Fig. 12 Micro topography around sp. 8560. The Left side of the channel has shifted outwards due to bank erosion, meanwhile a point bar has developed on the opposite side. Abandoned channels were remained on the bar. Corresponding to rising of water level in the present channel, water came up from lower part of the abandoned channel A and B. When water level rised much more, water flew into the abandoned channel A from its upper end.

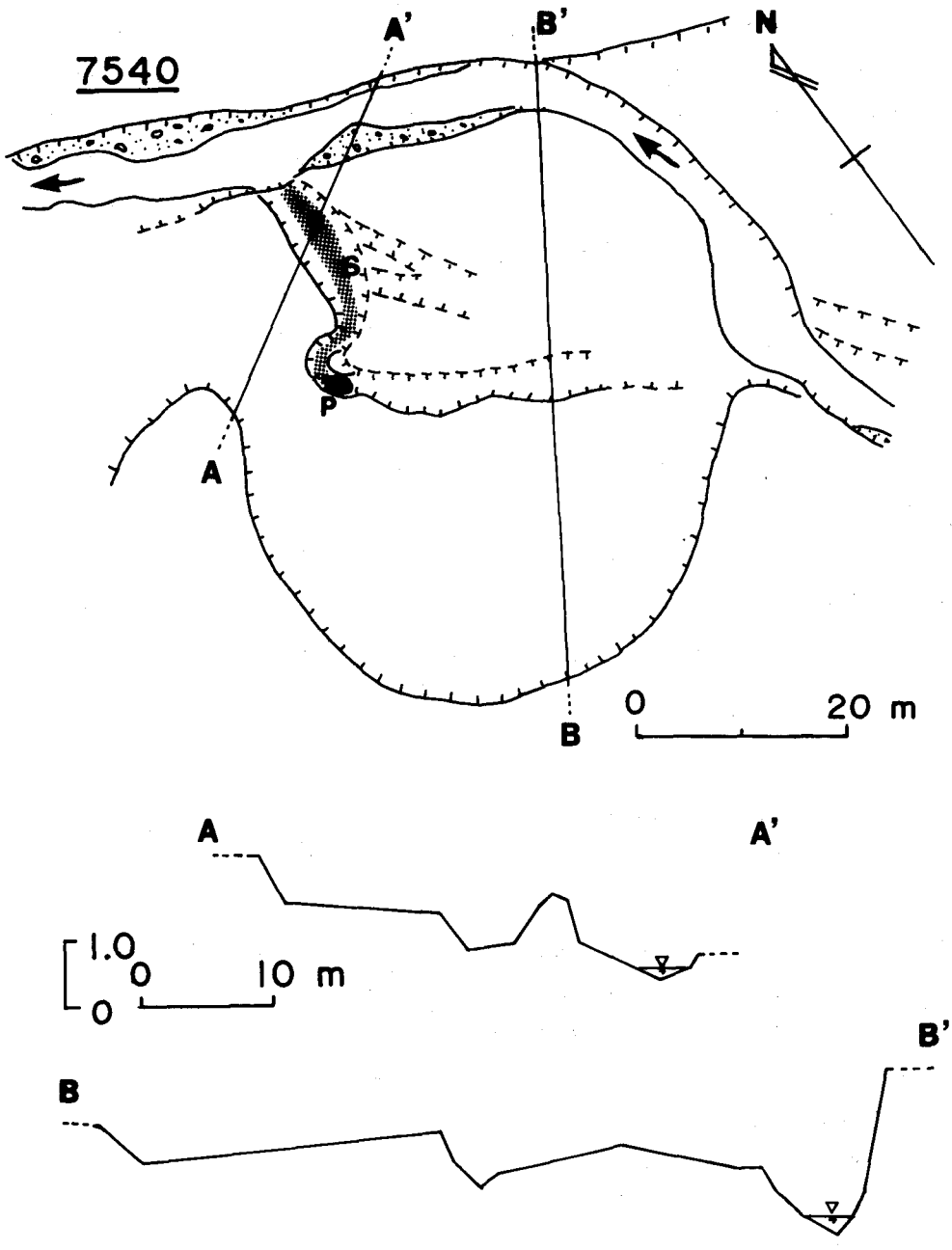


図-13　sp 7540 m 地点付近の微地形
P では常時水が溜まっている。洪水時には水位の上昇とともにその下流側（図中の S）に流水が表れる。

Fig. 13 Micro topography around sp. 7540. Site P kept always water. In accordance with rising of the water level, surface flow appeared below the P (area S).

しており，その上にいくつかの旧流路跡が認められる。図の説明に記したように，旧流路は現在でも洪水時に流路となっていることが確認されている。しかし，旧流路が水路になる過程は，単に現流路の水位が上昇しその結果として水が相対的な低地である旧流路に流れ込むものではない。本流からの水が旧流路へあふれる以前に，既に旧流路の下流側では表面に水が湧き出し，この水は旧流路の河床の下の浅い部分から表れてきたものと考えられる。そして本流の水位上昇に伴って現出してくることから，旧流路の上流側の本流から洪水流の一部が浸透し，その中の浅い部分を浸透して下流に滲み出すものと考えた。

図-13にも同様の例を示した。ここでは洪水時に旧流路が完全に水の通り道になるかどうかは確認していないが，本流の水位上昇時に下流側の旧流路で表流水が河床に表れてくることを確認している。

ここに示した以外にも，ポイントバーの形成されている曲流部などでは上述と同様の現象が観察されたことから，旧流路の地下が水の通路となることはきわめて自然であることが確認できた。

旧流路には形成から時間が経過し，不明瞭になったものや埋積されたものがあり，これらが氾濫原全体に拡散している。現流路がこれらの流路を横断したり，あるいはそれに沿って流れること，さらには旧流路が地下水の通路として機能していることが充分考えられる。

8．おわりに

今回報告した特徴的な地形事象と土砂流出の関係は河川を中心とした地形を考える上で重要な課題である。当初ヌポロマポロ川を対象に研究を開始したのは，特徴的な地形が多数見いだされたことに触発され，それらの地形の形成・発達過程に興味を抱いたこと，また砂防学的な興味からそれらの地形と土砂流出の関係を明らかにすることが直接的な動機であった。

本研究においては，主として氾濫原内の特徴的な地形の記載とその形成要因について考察を行った。一般に渓流地形の変化は土砂移動や河岸侵食，蛇行発達論などとの関連で捉えられているが，本研究で明らかにされたように渓流氾濫原は地表流，土砂移動あるいは河畔林などさまざまな現象が関連しており，今回は氾濫原浅層の地下水の挙動が氾濫原のダイナミズムを捉える上で重要であることを指摘した。

地下水については湧水がどのようなソースからいかなる通路を経て地上に表れるのか，埋積された旧流路の分布，特徴的な侵食地形の形成過程などの問題やそれらの現象の関係は氾濫原の形成や今後の推移を考察する上で重要な項目であり，今後の課題としたい。

これまでヌポロマポロ川流域では渓流地形を中心とした調査が行われてきた。本報告は一連の研究の中でも渓流地形の特性を記載したものであり，このほかに流域内での土砂生産活動に関する調査，渓流地形の基礎的地形単位としての瀬－淵に着目した調査，土砂堆積の特性や

分布，流域内のテフラの分布の調査，氾濫原内の地下水の調査などを行っている。これらを通じてヌポロマポロ川の特性や変遷，また一般的な現象としての河川の多様な相様と機能を明らかにしていきたい。

最後に，本研究を行う上で援助やご協力をいただいた，北海道大学農学部附属天塩地方演習林の教職員の各位，現地調査に協力いただいた北海道大学大学院農学研究科の五味高志氏，同大学院環境科学研究科の福島路生氏（現アラスカ大学大学院）に深謝の意を表する。また，本研究の一部は文部省科学研究費補助金（1990年度02856041）および田村財団（1991年度）からの補助を受けた。記して感謝の意を表する。

引用文献

ゲルディ，クリスチャン・福留脩文　1990：近自然河川工法　100 pp.（株）西日本科学技術研究所高知

五味高志，笹賀一郎，高橋剛一郎，新谷融　1992：間寒別川流域ヌポロマポロ川における流路形状区分と流路変動について　日林北支講　40，205-207

河村三郎・小沢功一　1970：山地渓流における河床材料のサンプリング方法と粒度分布　土木学会誌（JACE）55(12)　53-58

東三郎　1983：石れき指標に関する砂防学的研究　北大演研報　40(1)　197-228

池田宏，伊勢屋ふじこ　1986：ヌポロマポロ川の蛇行変遷　北方科学調査報告（筑波大学）7，25-36

池田宏　1991：河川蛇行の成因に関する研究の歩みと今後の課題　筑波大学水理実験センター報告　15，11-19

松井愈　1971：地質概論。「北大天塩・中川地方演習林の森林植生」（館脇操・五十嵐恒夫著）北大演研報，28(1)　5-13

Nakamura, F and F.J. Swanson 1993 : Effects of Coarse Woody Debris on Morphology and Sediment Storage of a Mountain Stream System in Western Oregon. Earth Surface Processes and Landforms **18**, 43-61

笹　賀一郎　1978：扇状地堆積物の再移動に関する研究一宝来沢扇状地・青木の沢扇状地を中心として一。新砂防，30(4)　1-8

笹賀一郎，藤原滉一郎，高橋剛一郎　1982：アユマナイ川における土砂移動と流路変動　日林北支講　31，252-254

Swanson, F.J., Gregory, S.V. Sedell, J.R. and A.G. Campbell 1982 : Land-Water Interactions : The Riparian Zone. In : Edmonds, R.L., ed. Analysis of Coniferous Forest Ecosystems in the Western United States. US/IBP Syntehsis Series **14**. Stroudsburg, PA. :Hutchinson Foss Publishing Company.

高橋剛一郎，笹賀一郎　1985：渓間の氾濫原における土砂移動と流路変動　新砂防　38(4)　3-9

高橋保　1983：土石流　芦田ほか「河川の土砂災害と対策」pp. 55-149　森北出版　東京

Summary

A precise survey was carried out to clarify the geomorphological processes of the Nuporomaporo River floodplain located in the northern part of Hokkaido, Japan.

Two types of channel course change were recognized on the floodplain which is characterized by remarkable meandering, few riparian forests and few woody debris. The first type is the continual shifting of the channel course to the outer side and the neck cutoff. The second one is the abrupt change caused by the blockage of the main channel section with the accumulation of sediment in channel bends.

Woody debris generally induces bedload deposition intermixing with itself, and possibly causes a channel course to change abruptly. Because of the small amount of woody debris in the Nuporomaporo floodplain, the major process of meander development is not the abrupt channel course change but the continuous shifting, which could develop channel bends to a high degree. Thus the small amount of woody debris is thought to be a reason for the remarkable meandering.

Specific erosional features were observed adjacent to the current channel. They were "Semi-globular concavity" and "Trench-like groove". The concavity was considered to have been formed by both pipe flow which spouted through the stream bank and whirlpool formed over the concavity. The grooves were suggested to have a relationship with the dynamics of groundwater or throughflow.

Water movement is one of the agents which form a floodplain. Further detailed investigations including the dynamics of underground water are needed to clarify the geomorphological formative process of a floodplain.

写真-1　ヌポロマポロ川の景観
sp 7000 m 地点付近より下流の状態を示す。
Phot. 1　A view of the Nuporomaporo River below sp. 7000

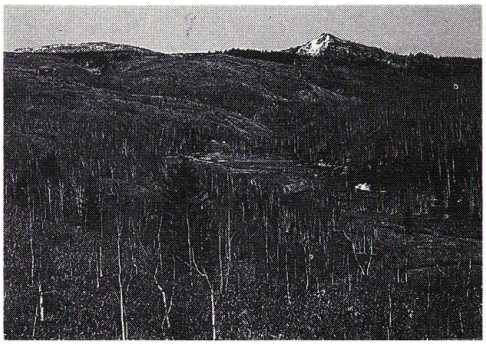


写真-2　ヌポロマポロ川の sp 7200 m 地点より上流の景観
Phot. 2　A view of the upper part of Nuporomaporo floodplain

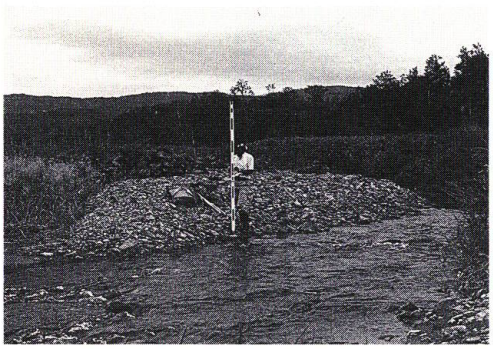


写真-3　sp 6420 m 地点の堆積地
Phot. 3　The new deposit formed at sp. 6420

写真-4　sp 6680 m 地点の侵食地形
半球状にえぐられ，そこには常時水が溜まっている。
Phot. 4　A semi-globular concavity keeping water always at sp. 6680

写真-5 sp 7890 m 地点の侵食地形の全景
Phot. 5 The trench-like groove formed at sp. 7890

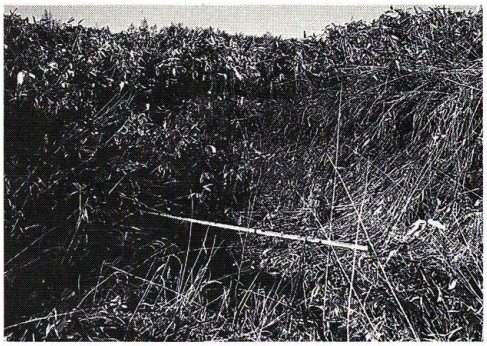


写真-6 sp 7890 m 地点の侵食地形の奥部 小さな浅い池がある
Phot. 6 Inner part of the trench-like groove with a small shallow pond at sp. 7890

写真-7 sp 8055 m 地点の流木
Phot. 7 Woody debris at sp. 8055