

揖斐川上流の河床縦断形に関する研究

A Study on the Longitudinal Profiles of the Upper Ibi River

原 暁生*・池田 宏**

Akio HARA*, Hiroshi IKEDA**

I はじめに

河川の縦断面形の成り立ちを正しく理解することは地形発達の解明、人工構造物による河床変動の予測をする上で必須である。このために河川の縦断面形について数多くの研究がなされてきた。しかしその大部分は、河川が運搬した砂礫によって河道とその周辺が形成されている沖積河川を対象としてなされており、水流が岩盤を侵食している過程にある岩盤河川は平衡状態にないものとみなされてきたために、このような区間で見られる山地河川の縦断面形に関する研究は余りなされていない。また山間部に降った豪雨が平野部における洪水を引き起こすことや、現在ではダムや砂防ダムといった人工構造物が数多く造られていることから、山地河川の縦断面形の成り立ちを解明する必要がある。

平衡状態にある河川の縦断面形は指数曲線で近似できるとされている(高山, 1974, p.187)。そしてその勾配は、流量と流送砂礫の量とその大きさによって支配されている。このとき河床砂礫の下流への粒径減少率は、1つの河川の中でも岩質によって異なることから勾配の下流への減少率、すなわち河床縦断面形の concavity の程度も河床砂礫の岩質に支配される(池田, 1970)。また流送砂礫に占める含砂率の下流方向への増加による表面砂礫の堆積状況の

急変によって河床勾配の急変が生じる河川では、河床縦断面形は2つの指数曲線で示される(小玉, 1994)。このように複数の指数曲線の組み合わせから成る場合があることがわかっている。

山地河川における縦断面形の研究が少ないのは平衡状態にないこととともに、その形を決定している因子の特定が難しいことが挙げられる。山地河川においては支流の合流によって流量も流砂量も下流へ大きく変化する。また河床砂礫の大きさと量も局地的な供給源の影響を受けて変動する。特に河岸や河床に岩盤が露出する岩盤河川では、川幅や河床形態も基盤岩石の性質に支配される(藪地, 1991)。それゆえ岩盤河川の河床縦断面形は、流量・流砂量・粒径に加えて岩盤の性質を反映した勾配によって成り立っているものと考えられている(杉浦・池田, 1993)。

そこで本研究では、流域が一様な岩石(地層)からなる山地河川区間を対象とした。そしてその河床縦断面形の形状とともに、流域面積ひいては流量の変化に対する河床勾配の変化を調べてその特徴を明らかにし、その成因を現地調査の結果より推定した。

II 調査地域の概観

木曽三川の一つである揖斐川は、岐阜県揖斐郡藤橋村徳山の北西部、高倉峠付近を源として越美山地

*筑波大学第一学群自然科学類(現 筑波大学第一学群自然科学類研究生) **筑波大学地球科学系・水理実験センター

中を揖斐峡と呼ばれる深い谷を刻み、岐阜県揖斐郡揖斐川町にて山間を抜ける。ここより濃尾平野を緩やかに流れていくつかの支流が流入した後に、河口より約4 km上流で長良川と合流して伊勢湾に注いでいる。幹川流路延長は121km、流域面積は1,840 km²の河川である。

この揖斐川最上流部の2河川、旧徳山村本郷集落付近で合流する東谷（揖斐川本流）と西谷について、その谷頭から両者の合流点までを調査流域とした（第1図）。このとき東谷と西谷は谷長・流域面積において同規模である（第1表）。このように2つの谷はともに流域面積100km²程の山地河川である。また主流をなしていることから、この地域の河床縦断

面形の特徴を調べるには適当であるといえる。

この流域の地質の大部分は、美濃帯に属するチャート・石灰岩・緑色岩類などの海洋性の堆積物と火山物質や砂岩・泥岩などの陸源の碎屑岩が大陸縁部で混合した堆積岩コンプレックスからなる。またその年代としては、美濃帯の全域にジュラ紀～白亜紀最前期の放散虫を含む地層が分布していることが明らかにされている（山下，1988，p.37）。またこの地域は砂岩層が広く分布しており（猪木，1991，p.14），現地調査の結果をあわせると砂岩層優勢地域とすることができる。なお流域北東部の一部は中生代白亜紀の花崗閃緑岩および礫岩層からなる。

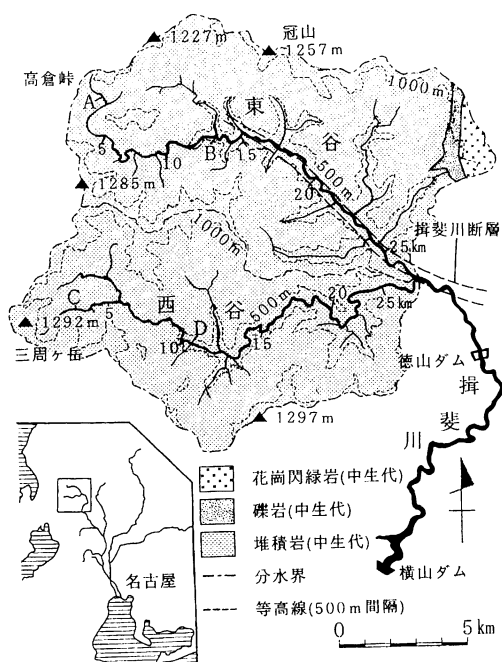
流域の分水界は標高1,200 m前後の定高性をもつ傾斜の緩い平頂峰からなっている。これに対して谷は葉脈状に発達しており、形成されている地形は急峻である。その為に平地は少なく、旧徳山村（徳山ダム集水域）における土地の98.3%は山林で、残りの2%弱が耕地や宅地等に利用されているにすぎなかった（岐阜県藤橋村，1990，p.174）。特に宅地のほとんどは標高500 m以下の川沿いに発達する段丘面上に集中していた。

活断層である揖斐川断層が北西～南東に走っており、東谷はこの上に断層線谷をなしている。これに対して西谷の等高線500 m以下で示される低いところの河道は、曲流して穿入蛇行をなしている。

第1図の河道中に縦断面形の特徴を示す変曲点A・B・C・Dを示した。これについては詳細を後に述べる。

ところで、揖斐川流域の年平均降水量は約2,200mmであり、特に調査流域では約2,900mm（徳山ダム流域平均値）（岐阜県藤橋村，1990，p.155）と多い。また山間地の最大日降水量は350mm以上であり、ところによっては700mmに達する。このために揖斐川は木曽三川の中でも降水量が多く、出水がもっとも速いと言われ、台風による洪水がしばしば起こっている。また山間地においては、集中豪雨による山崩れや土石流といった土砂災害が10年に1回程の頻度で発生している（岐阜県教育委員会，1993，p.33）。

揖斐川ではこの治水の必要性から1964年に横山ダムがつくられており、さらに現在では治水・利水及



第1図 調査地域の地形・地質

第1表 東谷と西谷の流域の特性
（国土地理院発行 1/25,000地形図による）

		東谷	西谷
流域面積	A(km ²)	122	93
谷長	L(km)	27	27
流域最高点高度	Hmax(m)	1143	1252
流域最低点高度	Hmin(m)	294	294
平均起伏比	(Hmax-Hmin)/L	0.031	0.036

び発電を兼ねた多目的ダムとして徳山ダムを建設中である。その形式は中央土質遮水壁型ロックフィルダムで、またその規模は堤高161m、集水面積254.5km²、総貯水容量66,000万m³で日本有数の大きさをもつダムとなる（岐阜県藤橋村, 1990, p.156）。また支流のいくつかには砂防ダムをはじめとする砂防施設がつくられ、災害防止が進められている。

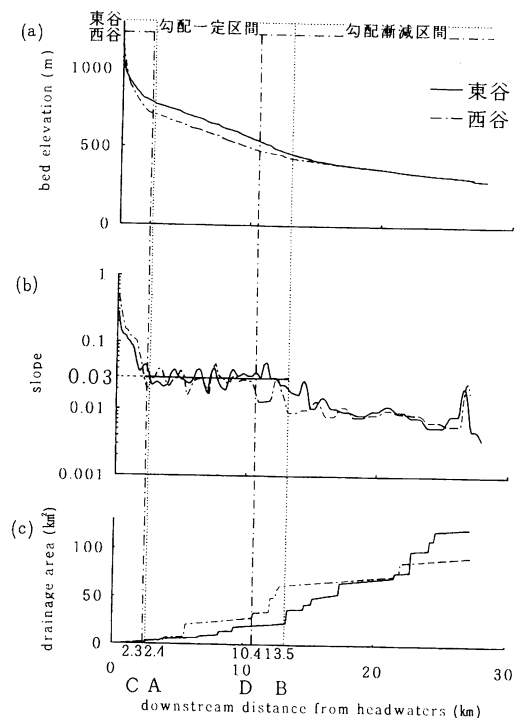
Ⅲ 河床縦断面形

Ⅲ-1 河床高度・勾配および流域面積の縦断変化

1/25,000地形図において東谷と西谷の河床縦断面図を、等高線が川を切ることによって谷頭からの距離を求め、さらにその値をもとに谷頭からの距離100mごとの高度を求めて作成した（第2図（a））。次に河床勾配の谷頭からの縦断変化を片対数グラフ上にプロットした（第2図（b））。なお500m離れた2点間の平均勾配を求めて、その上流側の点における値とした。このとき谷頭付近における変化を示すにはデータ数が少ないことから、谷頭より100mごとの河床勾配を算出している。最後に流域面積を各支流の合流ごとに面積法によって求めて、その谷頭からの縦断変化を示した（第2図（c））。これらは東谷と西谷を重ね合わせた図であり、それぞれは凡例に示すとおりである。

第2図（b）より、東谷と西谷の河床勾配の縦断変化がきわめてよく似ていることがわかる。同じ地質条件とはいえその特徴は一致しており、東谷ではA・B、西谷ではC・Dを変曲点とする3つの区間に分けて説明される。本研究ではこの河床勾配変化の特徴から、A-BおよびC-D区間を勾配一定区間、BおよびDより下流部を勾配漸減区間としている。そこで河床勾配の変化をたどると、値は谷頭より急激に減少する。しかしA・Cより勾配一定区間においては0.03前後の一定した値をとって減少しない。ところがB・Dを境に、これより下流部の勾配漸減区間においては値が緩やかに減少している。

河床縦断面形は、河床勾配の縦断変化が指数曲線（片対数グラフ上で直線）ならば指数曲線になるという対応がある。よって揖斐川上流における河床縦断面形は1つの指数曲線では表せず、concavityの

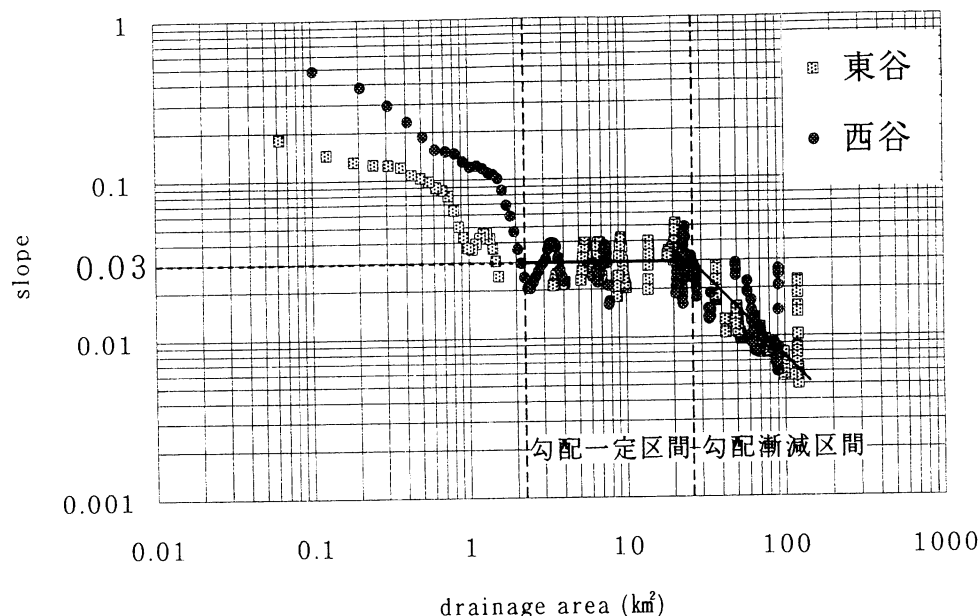


第2図 東谷と西谷の河床縦断面形
（国土地理院発行1/25,000地形図より作成）

大きい最上流部、直線的な縦断形を有する勾配一定区間、concavityの小さい勾配漸減区間に分けられるという特徴を持つ。これは第2図（a）からも明らかである。

以上のように揖斐川上流の河床縦断面形の特徴をまとめることができる。これは谷頭より約27kmまでについて見たものであり、沖積河川に比べるとその勾配の値は大きく、勾配一定区間といっても区間長は10km前後とあまり長いとはいえない。しかし逆に考えれば、このような不規則な河床勾配の縦断変化をなすのが、河床に岩盤が出ている岩盤河川区間を含む山地河川の特徴であるといえよう。また勾配一定区間は、東谷・西谷で値までも一致して同様に見られたことは特に注目される点である。

ところで第2図（c）に示される流域面積の縦断変化を見ると、流域面積の増加は主に支流の合流によるものである。また東谷と西谷では合流する支流の大きさや数は異なっている。しかし変曲点における流域面積の値はきわめて近い値をとっていること



第3図 河床勾配と流域面積の関係
(国土地理院発行 1/25,000地形図より作成)

がわかる。そこで流域面積が河床勾配決定要因の1つとされる流量の値を想定できるものであることから、河床勾配と流域面積の関係を調べた。

Ⅲ-2 河床勾配と流域面積の関係

第3図に河床勾配と流域面積の関係を示す。それぞれの値は谷頭より100mおきに求められた第2図作成時のものを用いてx軸に河床勾配、y軸に流域面積をとってこれを両対数グラフ上に示した。このとき東谷を□、西谷を○で示してある。さらに第2図同様に河床勾配の値によって勾配一定区間と勾配漸減区間を示した。

東谷と西谷がきわめて似た変化をしており、特に勾配一定区間と勾配漸減区間では一致していることがわかる。つまり河床勾配の変化は第2図のX軸で示される谷頭からの距離よりも、流域面積に強い相関を持つといえる。このような特徴を示す河床勾配の変曲点における流域面積の値は2km²と約27km²である。

勾配一定区間では流域面積が2km²から約27km²まで支流の合流により増加していることから、河床勾配決定要因の1つとされる流量が勾配一定区間の上流

部と下流部では少なくとも数倍違うだろうと考えられる。ところが流量が増えても河床勾配は0.03前後の値を取って減少しない。これは、勾配一定区間における河床勾配は流量に単純には対応していないことを示しており、山地河川においては沖積河川とは違った勾配決定要因が存在することを示唆している。よって本研究では、特にこの区間における勾配決定要因を明らかにしようとした。

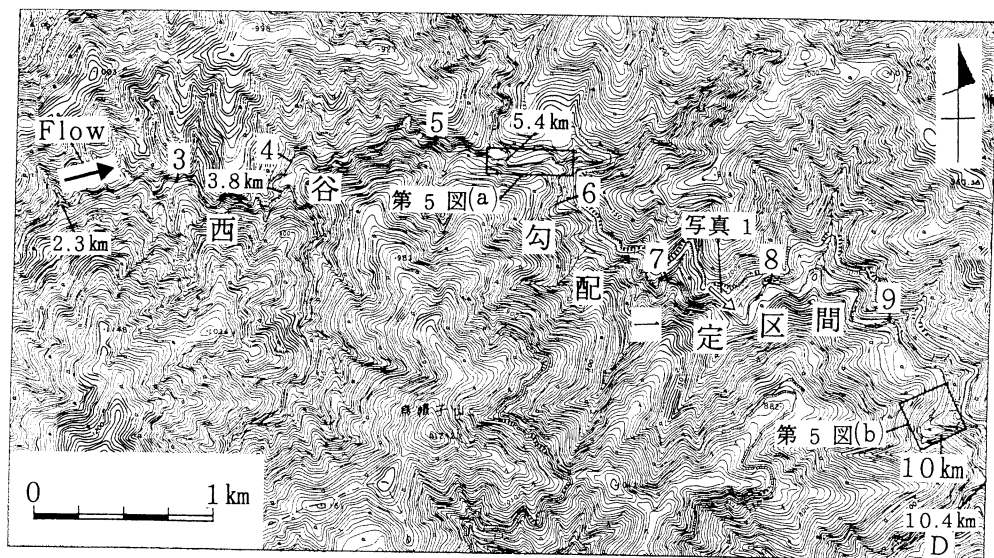
一方勾配漸減区間では、河床勾配は流域面積の増加に反比例して減少している。特に東谷は断層線谷、西谷は穿入蛇行をなしているという平面的な違いがあるにも関わらず、両谷の河床勾配と流域面積の関係は一致している。

以上のように、東谷と西谷の河床縦断面形の特徴が明らかになった。そこで比較的容易に接近できる西谷において現地調査を行った。

Ⅳ 勾配一定区間の河道形状

Ⅳ-1 step-pool

西谷における勾配一定区間の流路長は谷頭より2.3km地点から10.4km地点までの約8.1kmである(第



第4図 西谷における勾配一定区間の河道形状
(国土地理院発行 1/25,000地形図「広野」を複製)



写真1 step-pool の連続する河床形状
(位置は第4図参照)

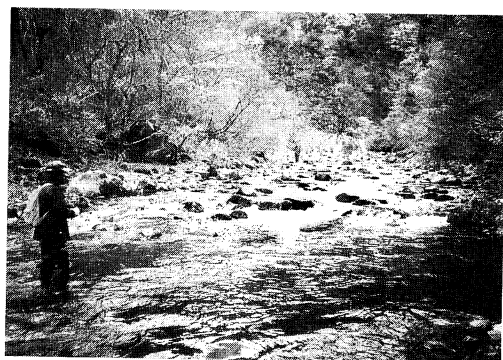


写真2 河床から見た step-pool の様子
(位置は第5図(a)参照)

ることがわかる。また河道は細かく折れ曲がっている。支流の合流は谷頭より3.8km, 5.4km, 10.4km地点が主なもので、特に5.4km地点における合流前後で流域面積は7.9km²から20.6km²に増加する。

勾配一定区間において見られた河床形は step-pool であった(写真1)。急峻なV字谷の谷底に水面が白く波立つ瀬(step)と、その間に緩やかな流れの淵(pool)が交互に現れている。このような形状から階段状河床形とも呼ばれている。stepは径0.8m~1.5mほどの礫が集積して形成されている(写真2)。このような大きな礫が集積するために水

4図)。また流域面積は2.4km²から28.0km²まで増加する。この区間においては急峻なV字谷となっている

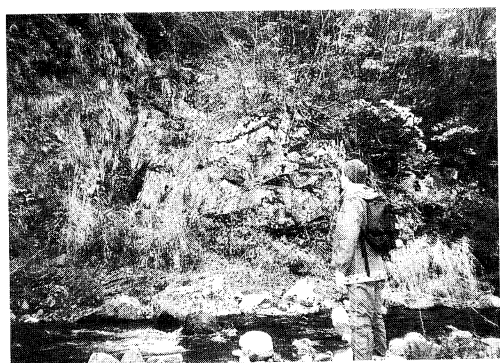


写真3 大きな礫を供給する側岸の基盤
(位置は第5図(a)参照)

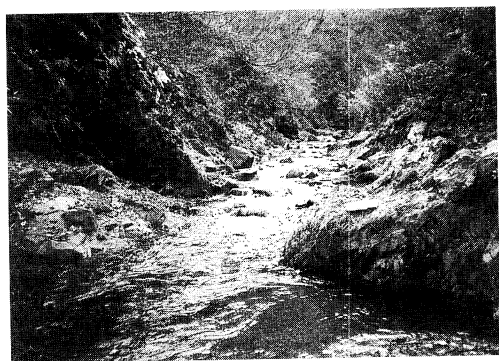


写真4 流量が少ない地点における step-pool の様子
(位置は第5図(b)参照)

流は乱されて、さらに局所的に急になっている。一方、pool における平常時の流れは穏やかで水深が深い。

step を構成する大きな礫は新鮮な砂岩で、その円磨度はあまり大きくなかった。これは砂岩の基盤における節理の間隔が広く、径1 mを超えるような礫を供給するためである(写真3)。その供給場所は河床・河岸そして谷斜面であると思われるが、巨礫の円磨度から供給されてからあまり動いていないだろうことをがわかる。ところで斜面崩壊による礫供給は小規模なものが所々に見られるだけであった。

谷頭から5.4kmで支流が流入する前は流量が少ない(写真4)。ここも勾配一定区間であることから、流量の変化が河床勾配に単純に影響していないことが明らかである。このとき下流部との大きな違いは河道幅が狭いことである。しかし河床形は step-

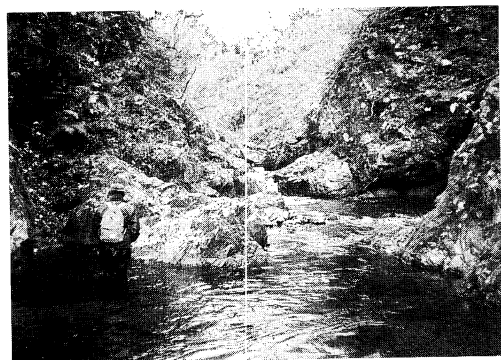


写真5 河道内の基盤の様子
A4 ノートがスケール
(位置は第5図(b)参照)

pool で、しかも step には径1 m程度の礫が集積している。このように、勾配一定区間内における step 構成礫の大きさには上流から下流方向への縦断変化は見られなかった。これは、砂岩の基盤から供給される礫径に大差がないためであろう。

勾配一定区間においては pool の側岸、河床において基盤が見られた(写真5)。これは pool が安定した集積体(step)の下流側に生じる岩盤洗掘によるもの(藤田, 1993)であるためであろう。ところで、pool の形態や深さなどにも、縦断的变化は見られなかった。これは、pool の形態や深さが、step と基盤の存在の仕方により決められているためであると思われる。

以上のように勾配一定区間における河床形は step-pool であった。この河床形が基盤から供給される巨礫によって形成される step と、直接基盤が侵食されている pool からなるように基盤と密接な関係を持つことから、この区間は岩盤河川区間であるといえる。しかしこのような河床形が形成されるのは巨礫を供給する砂岩優勢な岩質によるものであり、岩盤の性質が重要であることがわかる。

IV-2 step-pool の分布とその河床縦断面形

step-pool という河床形の河床縦断面形は詳細に見れば階段状に示される。そこで階段状の程度、つまり step-pool の分布と、step の勾配に注目した。これはこの区間の実際の縦断面形と、この区間内における上流部と下流部の違いを明らかにするため

である。

現地測量により、平面図と模式縦断面図を作成した。支流の合流によって流量が変わる5.4km付近を第5図(a)に、勾配一定区間の最下流部にあたる10.0km付近を第5図(b)に示した。その場所については第4図に示すとおりである。それぞれ500m余りにわたって巻き尺・ハンドレベルおよび折尺を用いて測量を行った。1つのstep-poolにおいて、その間の比高と、step・poolそれぞれの距離を測量した。この際の比高は、高さが出るように定点を合わせて持った折尺の値をハンドレベルで読んで得た。

河道の平面図は、空中写真(国土地理院発行;縮尺1/15,000)の拡大を基図として現地で修正を加え、その中にstep-poolの分布を示した。また模式縦断面図は、stepのみが勾配をもつものとし、poolは水面を水平であるとして階段状に示した。

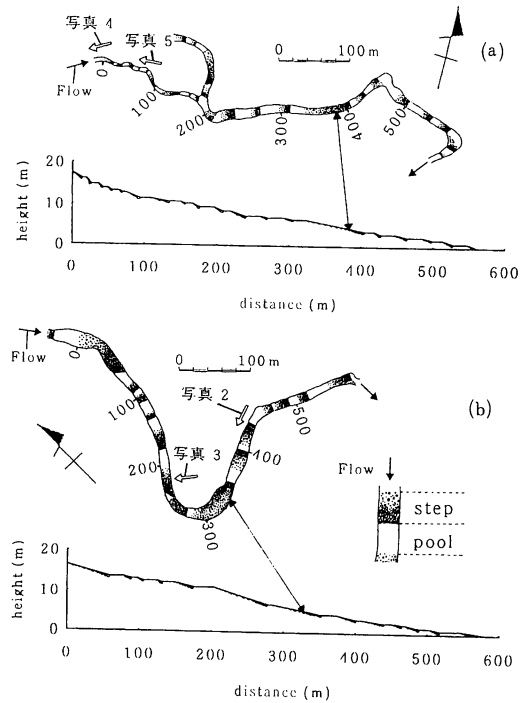
模式縦断面図に注目すると(a),(b)ともに全体の平均勾配がやはり0.03であることがわかる。ところでそのstep-poolの階段状について、この中で規則的なものを見いだすことはできない。それは、stepとpoolの縦断方向の距離には長いのもあれば短いもあり、またstepの距離が同じぐらいであっても、その勾配を比べると急なものと緩いものが存在するためである。

次に流量の違うⅠとⅡ、またⅠにおける合流前後を比べると、流量が少ないところでは河道幅が狭いことが平面図から見て取れる。このときstepの面積は小さくなっているが、やはり階段状には縦断方向への変化が見られない。

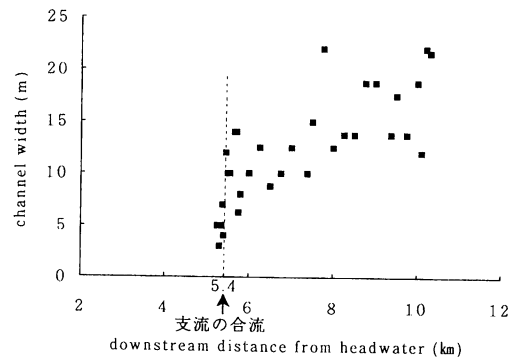
以上のように、step-poolの階段状の程度やstep・poolの分布の仕方から勾配0.03で一定であることを説明するには至らなかった。

Ⅳ-3 河道幅の変化

勾配一定区間における河道幅は一様に狭く、平常時でも水面幅と大差は見られなかった。これはstep-poolという河床形の特徴であるが、その河道幅は流量に対応しているためか上流ほど狭い。このほかにこの区間において下流方向へ変化するのは流量が挙げられるだけであることから、現地で測量し



第5図 勾配一定区間における平面図と模式縦断面図



第6図 河道幅の縦断変化

て得たデータおよび拡大した空中写真による測定値をあわせて、河道幅の縦断変化を示した(第6図)。支流の合流前後に注目すると、第8図・第9図でわかったとおり合流前の河道幅は狭い。さらに合流後は値にばらつきはあるものの、少しずつ広がっていることがわかる。

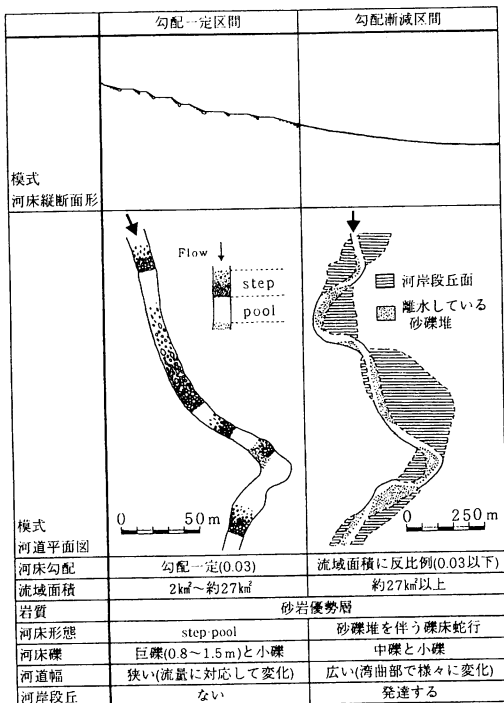
河道幅にはこのような縦断変化があることから、Ⅳ-5においてこれを用いて勾配一定を説明すべく考察を行っている。

IV-4 勾配漸減区間との比較

勾配漸減区間では砂礫堆を伴う礫床蛇行を確認できた(第7図, 模式平面図)。蛇行している河道内に砂礫堆を形成して, 集中発散を繰り返す流れである。また河岸段丘が発達している。河床礫は主に30cm以下で, 勾配一定区間に比べるとかなり円磨度が高い(写真6)。これは, 洪水時には砂礫堆を形



写真6 勾配漸減区間の河床礫
(西谷の谷頭より約12.5km地点)



第7図 各区間の特徴

成する流れの荷重となって運搬されて磨耗作用を受けているからであろう。

またこの区間における河道幅は広い。これは蛇行した河道内に砂礫堆を形成して, 集中発散を伴う流れによる礫の運搬形式をとるためであろう。また蛇行した河道の攻撃斜面において溪岸崩壊をいくつか確認することができた。これは側方へ河道が移動していることを示している。さらにこのような流れであるために土地の隆起によって河岸段丘が形成されたものと思われる。

以上のような勾配漸減区間の流れの特徴から, この区間は沖積河道的性質が強い区間といえる。すなわち山地河川であるが, 現在の河床勾配決定要因が沖積河川のものと同様な沖積河道区間といえる。さらに東谷は断層線谷であり, 穿入蛇行をなす西谷とは形状に違いがあるが, 東谷においても西谷と同様に砂礫堆を形成して細かく蛇行している。

以上のように, 勾配一定区間はstep-poolを河床形とする岩盤河川区間であり, 勾配漸減区間は砂礫堆を伴う礫床蛇行をなす沖積河道区間であることがわかった。そこで両区間で何が違うのか第7図にまとめた。これをもとにどうして勾配一定区間から勾配漸減区間へと変化するのかを考える。

河床礫に注目すると両区間における河床形の違いがはっきりとわかる。勾配一定区間においては角張った巨礫が多く存在し, 特にこれらは集積してstepを構成している。これに対して勾配漸減区間においては, 円磨度の高い30cmぐらいまでの礫が砂礫堆を構成している。さらにこれは, 洪水時には流れによって運搬される流れの荷重としての働きをしている。

ところで, 山地河川の勾配は流量・流砂量および砂礫の粒径に加えて, 河床に残留している巨礫や露出している基盤による河床の凹凸にも支配され, 凹凸の効果によって急勾配で安定することがわかっていく(杉浦・池田, 1993)。よって, 勾配一定区間における巨礫の流れに対する働きは, 先に述べたとおりstepを構成して安定していることから, 河床の凹凸つまり粗度として存在する。これは流れに対して様々な渦や乱れを生じさせてエネルギーを消耗させる働きをしていると考えられる。

以上より次のような仮説がたえられる。流量が少ないところでは巨礫や岩盤が河床の粗度として働く勾配一定区間をなすが、流量が増すと巨礫は動かされるようになる。このとき一度動いた巨礫は破碎作用を受けて小さくなり、さらに動きやすくなって磨耗作用も受ける流れの荷重となって運搬される勾配漸減区間に移行しているものと考えられる。

IV-5 勾配一定区間の成因

最後に、勾配一定の理由を考察する。前述のように勾配一定区間の勾配決定要因として、流量・流砂量・粒径そして河床の粗度があげられる。このとき、流量が勾配に単純には効いていないであろうことは前述のとおりである。また、河床礫の粒径は縦断的变化は見られず、step-poolの分布にも縦断的な変化が見られないことから河床の粗度も一様である。最後に残ったのは流砂量であることから、これによって勾配一定を説明すると下流へ流砂量が増大するということになる。しかし、河床勾配が変化しないほど流砂量が増大するとは考えにくい。

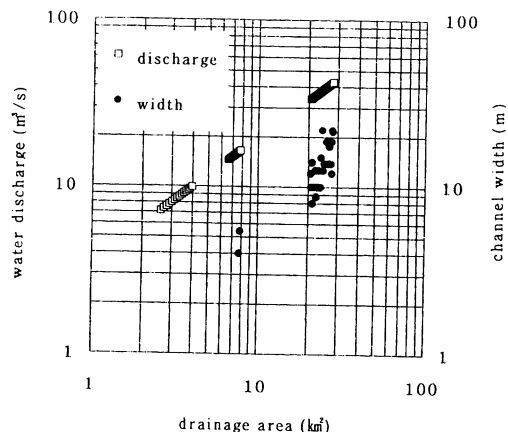
そこで、下流へ広がっている河道幅に注目した。まず両対数グラフ上において洪水流量・河道幅の流域面積との関係を調べた（第8図）。このとき、洪水流量は流域面積の値から推定する Dickens 式を用いた。

$$Q = CF^{3/4}$$

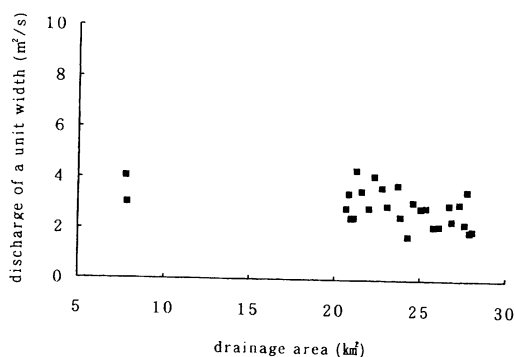
Q: ピーク流量 (m³/sec), F: 流域面積 (km²),
C: 定数 (3.5)

河道幅は、流域面積の増加に対し指数曲線的に広がっており、また洪水流量に正比例していることがわかる。これは流量が増えた分だけ河道幅が広がっており、これは勾配一定区間においては単位幅流量が等しいことを意味している（第9図）。その値は2～4m³/sである。このとき谷がV字谷をなしており、河道幅も狭いことから、洪水水位も等しいといえる。

よって勾配一定区間においては河道幅が広がるために、下流へ洪水流量が増加しても勾配 (0.03)・単位幅洪水流量 (洪水水位)・step-poolの分布・礫径は一定していることから、単位幅あたりの流れは変化しないことが推定される。このために勾配が一



第8図 流域面積と洪水流量および河道幅との関係



第9図 単位幅流量と流域面積の関係

定であると考えられる。

V おわりに

揖斐川上流の河床縦断面形には、勾配一定区間と勾配漸減区間が存在し、それぞれは岩盤河川区間と沖積河道区間であった。また、勾配一定の理由として単位幅当たりの流れが変化しないことによるものであると推定された。このように山地河川の河床縦断面形の成り立ちを明らかにすることができた。

しかし勾配一定区間を基盤の性質が反映された岩盤河川区間であるとしながら、本研究では岩盤の影響に対してまだまだ不明確である。基盤の走行傾斜や節理の入りかたと step-poolの分布の関係を検討することが必要であろう。

ところで、美しい渓谷をなしていることで有名な黒部川の岩盤河川区間の勾配は、やはり0.03前後で

ある。このように 岩盤河川の縦断面形成り立ちには共通点がありそうなことから、他の河川についても調べてみるべきであろう。また本論文中では岩盤河川における巨礫や基盤の凹凸を河床の粗度として扱ったが、このような考え方はまだまだあまりなされていない。しかし岩盤河川を扱う上で重要な考え方であると思われることから、この効果を定量的に明らかにする必要がある。さらには河床、もしくは側壁にまで侵食という条件を取り入れた水路実験によって step-pool をはじめとする岩盤河川の成因を明らかにすることが望まれる。

謝 辞

本研究は筑波大学第一学群自然科学類の平成6年度卒業研究として行われたものである。現地調査においては、上武大学商学部の伊勢屋ふじこ助教授、建設省国土地理院の稲沢保行氏、佐藤浩氏、そして大学院生の鈴木睦仁氏、学群生の中野彰夫氏、中村智美氏にご協力いただいた。また筑波大学水理実験センターの飯島英夫技官には、測器をはじめとする機器を扱う際にご尽力をいただいた。皆様に心から感謝の意を表します。

引用文献

- 池田 宏 (1970) : 三重県, 朝明川・三滝川・内部川の河床縦断面形について. 地理学評論, 43, 148-159.
- 猪木 幸男 (1991) : 『日本地質図大系 中部地方』朝倉書店, 136p.
- 揖斐郡教育会 (1992) : 『岐阜県揖斐郡 ふるさとの自然』 揖斐郡教育会, 202p.
- 岐阜県藤橋村 (1990) : 『徳山ダムの記録』 藤橋村企画課ダム対策室, 543p.
- 小玉 芳敬 (1994) : 渡良瀬川下流部における河床勾配の急変と河床表面砂礫の堆積状況. 地理学評論, 67A-5, 311-324.
- 杉浦 友宣・池田 宏 (1993) : 山地河川勾配に与える河床の凹凸の効果に関する実験的研究. 筑波大学水理実験センター報告, No18, 139-149.
- 高山 茂美 (1974) : 『河川地形』 共立出版, 304p.
- 藤田 直二郎 (1993) : 岩盤河床における巨礫の集積による Step-pool の形成に関する実験的研究. 筑波大学第一学群自然科学類, 平成4年度卒業研究, 47p.
- 藪地 結吏 (1991) : 穿入蛇行河道の側方移動に河床・河岸の凹凸が及ぼす影響. 千葉大学理学部, 平成2年度卒業研究, 56p.
- 山下 昇・紺野 義夫・糸魚川 淳二編 (1988) : 『日本の地質5 中部地方Ⅱ』 共立出版, 310p.