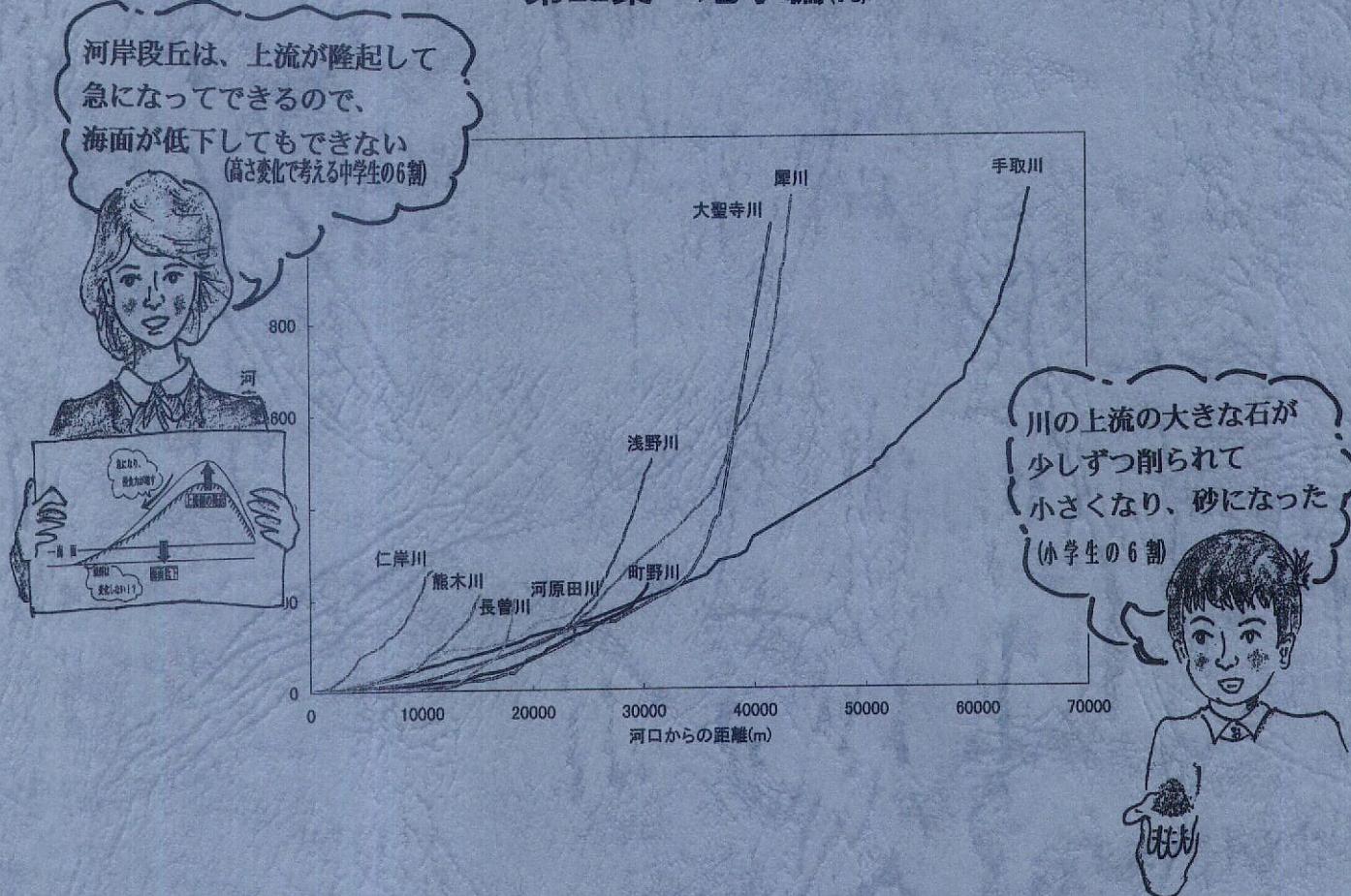


石川の自然

第22集 地学編(10)



平成 10 年 3 月

石川県教育センター

《内容・観点別目次》

河川地形は、どのように観察したら
いいのだろうか? → P 4

河川地形に対する児童・生徒の
イメージは、どのようなものか?

県内の川では、どのような河川地形が
見られるのか?

- ① 上・中・下流に対する小学生のイメージ → P 8
② 下流の砂のでき方に対する小学生のイメージ → P 9
③ 河岸段丘のでき方に対する中学生のイメージ → P 9

河原の砂の大部分は、上流でできている

- ・手取川での調査と考察 → P 13
◎県内河川の全体比較と検討 → P 52

河原の砂の粒度変化は指數関数的であり
河川勾配変化に対応している → P 54

河川勾配を変化させる遷移点の要因は、
大きく4つある → P 54

(主な河川地形と見られる所)

- ・砂防堰堤、堤防、ダムなど(P14, 15, 16, 23, 33, 44, 45, 49)
- ・渓谷、峡谷(P14, 18, 29)
- ・土石流、地辺り地形(P14, 28, 47)
- ・インブリケーション(P14)
- ・リップルマーク(P16, 17)
- ・滝(P18)
- ・河岸段丘(P20, 29, 33, 51)
- ・扇状地(P21, 49)
- ・自然堤防、氾濫原、後背湿地(P28, 29, 39, 40)
- ・中流の大きな岩(P17, 28)
- ・地質による景観の違い(P33, 34, 39, 47)
- ・甌穴(P34, 39, 44)
- ・先行性河川の蛇行(P39, 45)
- ・狭窄河口(P40)
- ・能登の上流(P39, 44)
- ・天井川(P49)
- ・街中の河川整備(P34, 45)

県内各河川の特徴(パターン)は?

能登と加賀での河川の違いは? → P 56

→ P 55 「河岸段丘」形成の指導法の提言

石川の河川地形を読む

—河川の作る地形の観察と川原の砂の分析を通して—

新保修*

はじめに

過去、「石川の自然」地学編では、県内各地の代表的な地質を中心に紹介してきた。その実績の上に立ち、前回の地学編第9集では、「石川の海岸地形を読む」と題して、県内各地の海岸地形を紹介しながら、その地域的特色を、主に地質面と砂浜の砂の粒度分析の面から検討した。琴ヶ浜の鳴き砂の浜の砂や千里浜の渚ドライブウェーの砂の特徴なども、その比較検討の中から明らかになった。今回はその調査研究対象を、海岸に流れ込む「川」にしてみた。

きっかけは、前回の研究で、砂浜の砂の分布に大きな影響を与えていたのは日本海の沿岸流と共に、砂浜に流れ込む河川が運んでくる砂などの堆積物らしいことが分かったことである。前述の琴ヶ浜の鳴き砂や前回新たに見つかった片野の鳴き砂などは、それぞれ上流の仁岸川や南の九頭竜川から供給されていることが明らかになっている。

そこで、今回この地学編第10集を出すねらいを次の3つとした。

1つは前回と同様、今回の報告を「地形を読む(地形の成因を探る)」ということを考えるきっかけにしてほしいということである。本来地質巡査は、特色ある地質ポイントの観察を通して、普遍的な「地学的な物の見方や考え方」を養うことを目的とするものだろう。つまり、典型的な地形的特色を示す特別な地点の理解にとどまらず、私たちが日常的に暮らす地域の地形的特徴の理解につながるものであるべきだろう。そのような眼で身の回りの景観を見ることができることを「地形を読む」と表現し、そのような眼を持った児童・生徒の育成を第一のねらいとした。

川は私たちの生活する場に身近でありながら、山から平地、そして海へと、通過する地域の地質的情報を次々と提供しながら流れ続けており、その意味では身近な地形を読むというねらいに最も合った対象とも言えるだろう。

2つ目のねらいは、このような河川地形を読むための具体的な方法の提案である。効果的で、しかも児童・生徒が実際に実行できる方法が望ましい。今回は、①事前に地形図及びそれから作成した河川の縦断曲線を元に調査のポイントを絞る、②現地で景観を調査すると共に川原の砂や礫を採取する、③採取した砂の粒度分析などの結果と①、②の結果から総合的に対象河川の特徴を検討する、という方法をとった。今後の河川調査法の参考になれば幸いである。

さらに今回は、3つ目のねらいとして“児童・生徒が河川地形に対して持っているイメージ”を生かした調査・観察ポイントの設定を考えた。児童・生徒（あるいは教師）の中には、地域や河川の実態の違いを無視した「上流の河川地形の特徴は…、中流に見られる特徴は…」と言ったような概念的な捉えはないだろうか。あるいは逆に、馴れ親しんだ地域の河川のイメージと教科書的イメージとの間のギャップに、戸惑いを持っていることはないだろうか。従来よくある河川地形の解説書では、上流、中流、下流の典型的な地形形態を対象河川に当てはめて紹介する形が殆どである。今回は児童・生徒のイメージを事前に調査し、それを生かしながら観察していく形に取り組んでみた。そうすることで、始めて地形を読む眼が養えると考えたからである。

本紀要が、郷土の自然により親しみを持ち、地学的な見方や考え方への関心の高まりに役立つことを願っている。

※本紀要で使用する地層の名称や年代等については、紺野(1991)に依った。

I 河川地形の捉えと概説

河川の作用としては侵食、運搬、堆積の3作用が主なもので、その作用の結果が河川地形を作っている。私たちの生活している周りの地形のほとんどは、この河川の作用によって作られたものと言ってもよいだろう。

ここでは、これらの地形を作り出している河川の3作用の役目についてまとめながら、河川の働きと地形形成の関係について考え、今後の調査研究の基本となる「研究課題」を設定する。

1. 河川の作用と縦断曲線

(1) 河川の定義

流水がほぼ同じ経路を流れるようになったものが河川であるが、雨の降ったときだけ水の流れる“渓谷”となっている場合もある。一般には雨の降った場合の、流水とそれを形成している凹地とをひとまとめとして“河川(川)”と呼んでいる。凹地は“谷(河谷)”と呼ばれ、谷底には水の流れる河道(流路)と川原とが見られる。

(2) 河川の3作用

河川は侵食・運搬・堆積の3作用によって地表の形を変えていく。日本の平野の大部分は第四紀の期間に川の堆積作用によって作られたと考えられている。第四紀に高くなった山が侵食され、相対的に低まった地域に運搬されて堆積したわけである。このように河川の作用は概して地表の起伏を小さくする方向に働くが、侵食と堆積作用は運搬作用を介して表裏の関係にあることに注意したい。

このような河川の3作用をまとめたものが3ページの表1である。

*石川県教育センター 地学研究室

金沢市高尾町ウ31番地の1

① **侵食** 水に溶けて削られる「化学的侵食」と、水の機械的な力で削られる「機械的侵食」とがあるが、日本では一般的に機械的侵食が比較にならないほど大きい。侵食作用には、川底を削って掘り下げる「下方侵食」と川岸を削って川幅を広げようとする「側方侵食」があり、共に働きは流速の2乗に比例し、水と一緒に食する事は意味がある。また、側方侵食は河道の平面的な形の安定性の問題となり、河川の縦断曲線を検討運搬される物質が多いほど大きい。下方侵食は河川の縦断方向の安定性の問題となり、流路の形の検討も重要にすることはある。なお下方侵食は、侵食基準面（海面）との高度差が大きいほど強く働く。したがって、一般に川なってくる。なお下方侵食が、下流では側方侵食が強く現れる。これらの侵食作用の大きさや方向は、岩石の質の差の上流では下方侵食が、下流では側方侵食が強く現れる。一般に古い岩石は堅いため侵食作用に対するなどの地質的条件や植物の被覆状態などによって変わってくる。一般に古い岩石は堅いため侵食作用に対する抵抗が強い。これに対し、新しくて柔らかい岩石からできているもの、代表的なものが火山であるが、これらは侵食作用が激しく、深く陥深い谷を作っていることが多い。

② **運搬** これにも「化学的運搬」と「機械的運搬」とがあり、水に溶かして運ぶ化学的運搬は「溶流」と呼ばれ、石灰岩は特に溶けやすい岩石である。機械的運搬には、大きな岩塊や礫が河床を滑ったり転がったりして運ばれる場合や、小礫や砂が河床から水中に舞い上がってはまた河床に落ちるというように跳びはねながら運ばれる「掃流」と、砂や粘土のように、水中に長く浮かんだままの状態で遠くまで流される「浮流」とが運搬ある。洪水の際、川の水が濁っているのは、このような泥や粘土が多量に混っているためである。機械的運搬の大きさは流速で決まり、運搬される岩片の体積は流速の6乗に、量は5乗にほぼ比例すると言われている。この流速は、川底の勾配と流量に関係し、勾配が大きいほど、流量が多いほど速くなる。したがって運搬作用は、表裏の関係にある侵食と堆積とを単につなぐだけでなく、この2つの作用により形作られた河川の縦断面は、傾斜に影響されながら働いていることになる。このようにして岩片や土砂は、運搬の間に大きさの違いによるふるい分け（分級作用）を受け、次第に角がとれて丸みを帯びるようになる。

③ **堆積** 堆積作用には、運搬作用の違いにより2種類がある。溶流と浮流による運搬物は大部分海まで運ばれる（沈殿）が、掃流による物質は河川勾配が緩やかになるにつれて途中に堆積していく（停止）。つまり堆積作用は、その地点における機械的な運搬力より、その地点まで運ばれてきた運搬量が多い場合に起こる。堆積能力は、岩片の大きさや流速で異なるので、岩片は運搬される間にふるい分けられ、上流では大礫が、下流にしたがって礫や砂となり、下流では砂や泥が主体となる。

(3) 3作用と河川の縦断曲線

河口からの距離を横軸にとり、河床の高さを縦軸にとって、流路に沿う川の断面図を表したもの、河川の「縦断曲線」と言う。右は手取川の例であるが、このように一般に上流側では急で下流に行くほど緩やかな曲線となる。この曲線のでき方を考えてみる。

形成初期の若い河川では、図2点線のように土地の傾斜は隆起部分は急で、傾斜の急に変わる所があつて全体としては滑らかではないだろう。そこで上流部の急な所では盛んに河床の侵食が起こり、その結果上流部の傾斜は緩やかになっていく。それに対し最初緩やかだった下流部では、上流から運搬されてきた物の堆積が起こり、結果として河床が高まり、図のように流路の傾斜は高まることになる。このようにして上流から下流までの流路はなめらかにつながる。侵食と堆積との間の釣り合いがとれて運搬だけが行われるようなら一種の平衡状態となる。このような河川を「平衡河川」という。

〈縦断曲線と遷移点〉

ところで、図1の手取川の縦断曲線を見ると、滑らかではなく、所々で傾きが急に変わっている。このような点を「遷移点」と言う。一般に日本の地盤変動の激しい所では、完全な平衡河川になる前に地盤の隆起や海水準の変動などが起こり、そのため平衡状態が失われると川は新たな平衡状態に達しようとして、図3のようになり再び侵食・運搬・堆積の3作用を開始して新たな平衡曲線に近づく。川が侵食できる下限の面を「侵食基準面」下げることはできない。川が侵食できる下限の面を「侵食基準面」と言うが、図3のように陸が隆起したり海水準が下がると今までの平衡関係が壊され、新たな平衡曲線に近づこうとして新たな侵食が始まる。その新・旧曲線の交点が遷移点ということになる。なお、これについて詳しくは第VI節を参照)

つまり我々の調査する河川は、平衡河川に近づこうとして常に侵食・運搬・堆積の3作用を営み続けていると言える。したがって、河川の縦断曲線を分析すれば、その川の現在の3作用の様子を推測することができるだけでなく、その川の流路を含むその地域一帯の過去の地質状況を推測することもできそうである。

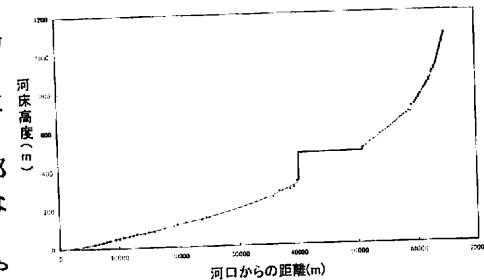


図1 河川の縦断曲線の例（手取川）

①=侵食された部分
②=堆積した部分



図2 河川の縦断曲線のでき方モデル

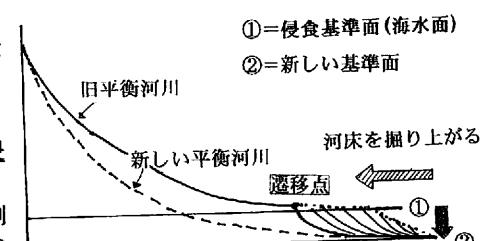


図3 変異点のできるモデル図

作用	作用の種類	作用の仕方とその影響	作用に影響するもの
侵食	化学的侵食	下方侵食 → 河川の縦断面変化	流速、流量 河川勾配 地質、植物の被覆状態など
	機械的侵食	側方侵食 → 河川の幅と流路変化	
運搬	化学的運搬	溶 溶 掃 流 → 分級作用	流速 河川勾配 流量
	機械的運搬	浮 流 漂 磨、砂の円磨	
堆積	停止 (掃流物)	→ 河川の縦断面変化	流速 河川勾配 流量
	沈殿 (溶流、浮流物)	→ 河川の幅と流路変化	

表1 河川の3作用

2. 研究課題の設定

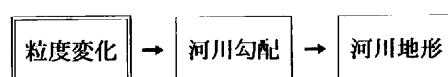
(1) 河川の縦断曲線と礫の粒度変化の関係

1で述べた河川の縦断曲線から読み取れそうなことを、もう少し具体的に考えてみる。これに理論的根拠を与えたのが、ステンベルグの礫の摩滅の法則である。これは「礫の粒度変化は指數関数的である」ということを、数式的に示した経験則である。 $(p = p_0 e^{-cx})$ 、 p は砂礫の重量、 x は流下距離、 c は磨耗係数である。礫の形状・比重を一定とすれば、砂礫の重量は粒径に置き換えられる。さらにシュリツツは、河川勾配は粒径と比例して変化するとした。この2つから言えるのは、「礫の粒度変化が河川勾配を作った」ということである。つまり河川を流れる礫の粒径の変化が河川の縦断曲線を作り、その変化に伴って、それに対応した特徴的な河川地形(以後、川の働きができる様々な地形を総称してこう呼ぶ)が形成されるということである。

(2) 河川地形形成の今研究での新しい捉え方

このように、川の縦断曲線などの条件変化が流域の地形変化を生み、それが流域に特有の河川地形を形成していくというのが今までの河川地形に対する一般的な捉え方だろう。

右の図のように、一方向の単純な関係である。しかし、これは理想的な平衡河川の場合にのみ当てはまるのではないだろうか。1で述べたように日本の川の多くは平衡河川ではない。地盤変動による流路の地形変化や地質の変化など、川の縦断曲線の勾配を変化させる



一般的な捉え方

他の要因があるのではないかと考えられる。そしてそれらが縦断曲線の遷移点を生むことになっているのではないだろうか。そしてこの勾配変化が逆にその地域に堆積する礫の粒度を変化させることも考えられる。また、流路の地質変化が、図4では始点になっている礫の粒度変化の規則性を乱すことも考えられる(ステンベルグの法則では、礫の形状・比重が一定という条件、即ち同じ地質中を流れるという前提条件がある)。そうすると、これから調べる実際の河川において、河川地形を変えていく元々の始まりを粒度変化にしていいのかという疑問が出てくる。

そこで、実際には大きな影響を与えていると考えられる「地盤変動による流路の地形変化や地質の変化」を、河川地形形成の原因と捉えなおしてみたらどうだろうか。つまり、従来「川の河川勾配が粒度の変化などで変化し、その変化に合わせて様々な特色ある河川地形が形成されてきた」と捉えてきたものを、「川の河川勾配の変化による侵食や運搬、堆積作用の違いにより生じた様々な河川地形は、流路の地盤変動による地形変化や地質の違いを、より敏感に反映している結果である」と捉えるのである。この捉え方で言えば、例えば扇状地や滝などの地形も、従来の「川が作った地形」と言う捉え方もできるが、そこにはそのような河川地形を作る地形的・地質的特質があったのだと考え、河川はその特質をより早く、鮮明な形で提供してくれる働きがあると捉えるのである。

このように捉えると、河川地形を観察することは、単に河川の働きでできた結果としての地形の観察ではなく、そのような地形を形成させた、その地域の大きな地形的特色や地質的特質を探るための、より積極的な活動という意味を持つ。これは、身近な景観の観察からその裏に潜む地学的特質を探るという「地学的な物の見方や考え方」を養いたいという、「はじめに」で書いたねらいに沿ったものと言えるだろう。

また、シュテルツの「河川勾配は、粒度に比例する」という説も、平衡河川の場合には言えそうだが、実際の河川ではどうだろうか。先述のように、河川勾配が粒度に影響を与えることもありそうである。これについても検証してみる必要がありそうである。

〈人為的河川地形について〉

一般的に日本の川は治水工事などの人為的な手が多く入り、上流から下流まで自然のままの川はほとんどないと言われている。石川県の川の場合も同様であろう。人為的な施設の代表的なものとしては、護岸工事やダム建設などがあげられるが、実際に河川調査に出掛ければ、これらの施設やそれにより新たに変化した河川地形が見られるだろう。例えばダムにより変化するであろう河川勾配と砂礫の粒度変化の関係などは、平衡河川では見られないもので、調査してみる価値がありそうである。また、昔から治水のために払われてきた多くの工夫や努力のあとも見られるだろうし、これからも課題もあるだろう。最近は、長期的視野に立ったこれらの施設の在り方や環境教育的視点からの検討も加えられてきている。そこで、人為的施設の観察も積極的に行い、それが河川の縦断曲線、および河川地形や砂礫の粒度分布に与える影響についても調べてみることにした。

以上から、次ページのように今調査研究の研究課題を設定した。

【河川地形観察調査の研究課題】

1. 河川勾配の変化は、その流域地域の地形や地質的特色を反映しているといえないだろうか。

- ① 特に勾配の急変する遷移点前後では、河床勾配変化による侵食や運搬、堆積作用の違いが示す特有の河川地形が見られるのではないか。
- ② 遷移点前後の河川地形は、その地域の地殻変動による地形変化や地質的特色を敏感に反映したものと言えるのではないか。

2. 一般の川でも、河川勾配は粒度変化に比例すると言えるのだろうか。

- ① 遷移点付近では、河川勾配が粒度変化に影響を与えるのではないか。
- ② 複数の種類の礫を含む一般河川での粒度変化は、種類によって変化する特徴が異なったりして遷移点の原因になるのではないか。

3. 人為的な河川施設にはどんなものがあるのだろうか。

- ① それらは河川の縦断曲線にどのような影響を与えていているのか。
- ② それらは流域の河川地形や砂礫の粒度分布にどのような影響を与えてているのか。

河川地形の捉え方と上の研究課題の関係を示したのが次の図5である。

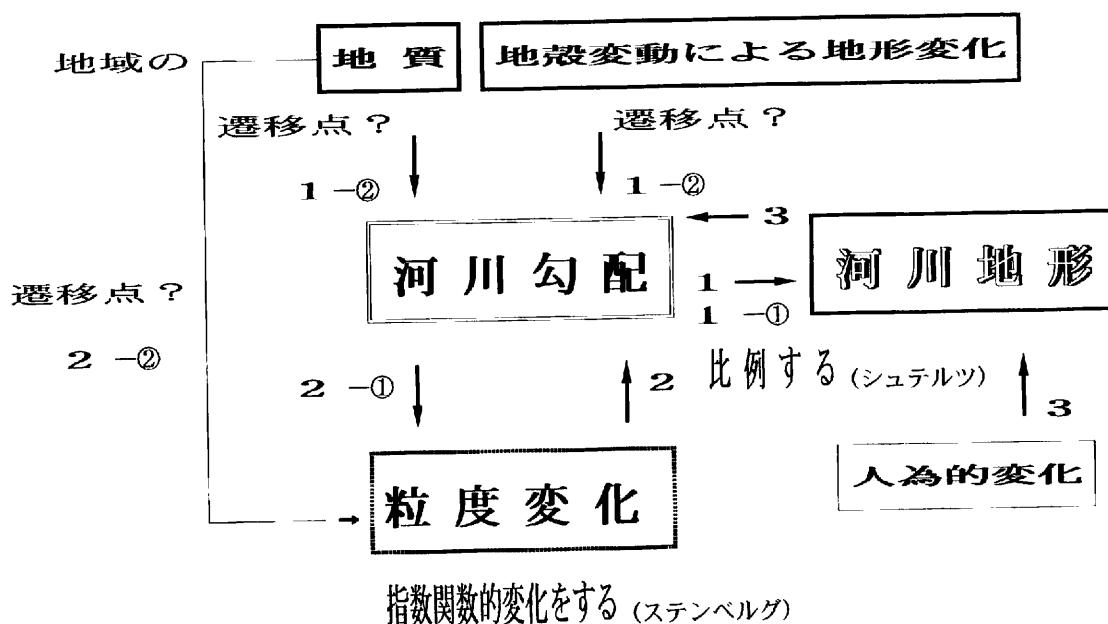


図5 【河川地形の捉え方と研究課題の関係】

Ⅱ 河川地形の調査方法と観察観点の設定

1. 河川地形の調査方針

前節までの検討をまとめた「河川地形の捉え方と研究課題の関係」(図5)を見ると、川の「河川勾配」を基本に調査を進めていけばよいことが分かる。この河川勾配の特徴を元に、実際の河川地形や粒度変化を観察調査し、勾配変化とこれらの結果を比較検討することから、その川の流域地帯の地質や、地殻変動による地形変化の様子を考察していくことである。

なお、実際の河川地形の観察や砂の採取に当たっては、以下の点に留意した。

- ・現場の先生方や児童・生徒が実際に実践できるような手軽で分かりやすい方法で行なう。
- ・ある地域の川だけではなく、県内すべての川で使えるような汎用性のある方法を提案する。したがって、各地で実践して得た結果を比較検討することで、石川県内全域の地質や地形変化についての傾向についても考察することができる可能性がある。

2. 河川地形と川原の砂の調査方法の提案

具体的な調査方法について説明する。今回の研究は、このような手順と方法で行えばどのような結果が得られるかという「調査方法の提案」という面も含んでいる。

(1) 調査の手順

《今回提案する一連の調査方法》

① 事前の活動…河川縦断曲線の作成と遷移点の発見

- ・調査したい河川の「河川縦断曲線」を作成し、傾斜の特徴や遷移点の場所を検討する。
- ・地形図や地質図と河川縦断曲線を比較し、傾斜の特徴のある地域や遷移点の場所の前後で、地形や地質的に変化が見られないかを検討する。こうして、現地調査の調査ポイント候補を選定する。
- ・同時に河川の砂礫の粒度変化を調査したいポイントを、遷移点の前後を基準に選定し、上の地形、地質調査のポイントと合わせて、最終的な観察ポイントを決定する。（ただし現実には、現地の希望ポイントの川岸に降りることができずに場所をずらしたり、断念したりしたこともある）

② 現地の活動…河川地形の観察と砂礫の採取活動

- ・現地で地形図や地質図と対比しながら河川地形および周囲の地形の観察を行う。その際、直接河川の作った地形でなくとも、その影響を受けたものやその地域の地質を表している地形、および人為的な施設などにも注意する。観察結果は、主に写真資料やスケッチとして残しておく。
- ・現地の砂礫を採取し、持ちかえる。

③ 事後の活動…縦断図と粒度グラフ、観察結果の検討

- ・河川勾配の変化は、その河川の流域地域の地形や地質的特色を反映しているか【研究課題1】の検討。
- ・河川勾配は、砂礫の粒度変化に比例しているといえるか【研究課題2】の検討。
- ・人為的施設にはどのようなものがあるか。それらは河川勾配や粒度変化などに影響を与えているか【研究課題3】の検討。
- ・県内の他の河川の結果と比較検討し、河川毎の特徴が見られないかの検討。→県内河川の比較検討

(2) 具体的方法

(1)で述べた手順で行なうが、特に大切な方法について具体的に提案する。

① 河川縦断曲線の作成

河川縦断曲線の作成に当たっては、国土地理院発行の2万5千分の1地形図を使った。対象河川の河口から4mmづつ切って河口からの距離を表し、それを縦断する等高線の値を読み取り、横軸が河口からの距離、縦軸が河床水位のグラフに表した。厳密に言えば、地形図の河川は上空から河川を射影したものであり、実際の距離とはやや異なるが、4mmは100m相当なので、その違いは誤差範囲とした。

また実際に地形図を見てみると、下流を中心に護岸されている流域部分が多く、これらの部分の河床水位はあまり記録されていないことが分かった。そこで石川県土木部河川課の「水系河川台帳附図」(2万5千分の1)から、足りない部分を中心に値を読み取り、グラフ作成の資料に加えた。

こうして縦断面曲線を作成する。さらに、平衡河川なら指數関数的に変化するということなので、それならば片対数グラフに表せば直線的に変化するはずである。そこで片対数グラフも作成し、遷移点の特定に生かすと共に、どのように平衡河川と違っているのかを検証してみることにした。

② 砂礫の採取地点の条件～どのような場所で採ればよいか～

河川のどの部分（川原や土手、川の中など）で資料を採取すればよいのかという问题是大きな問題である。現場を見ると、いろいろな大きさの砂礫が流域のいろいろな場所にあり、同じ地点でも大きな石があったかと思えば砂が溜まっていたりして必ずしも一定ではなく、採取地点の決め方により、試料の内容は大きく違ってくることが分かる。そこで資料の採取ポイントの条件を“その地点の流れに応じた侵食や堆積が平均的、継続的に行われている地点”とした。そこで、まずこの条件に当てはまるような堆積物はどのような物なのかを、水の流れと粒径の大きさの関係から考えてみることにした。

・流速と粒径との関係

右の図は、高校教科書にもよく出てくる「流速、粒径と、河川の侵食・運搬・堆積の関係」を表す図である。Iの帯は、底に静止している粒子が動き始める境界（運動開始速度）を示している（幅はデータに幅があることを示している）。この境界よりも上の領域になると、粒子が移動することになる。IIの線は、移動している粒子が停止して堆積し始める境界を示す。この境界よりも下の領域では、粒子は沈んで堆積する。例えば図の粒径0.1mmのもので言えば流速がa以上で侵食・移動され、aからbの間で運搬され、b以下で堆積されることが分かるだろう。

この図を見ると、河床や川原を形成している礫や砂、泥の様子がいろいろと分かる。

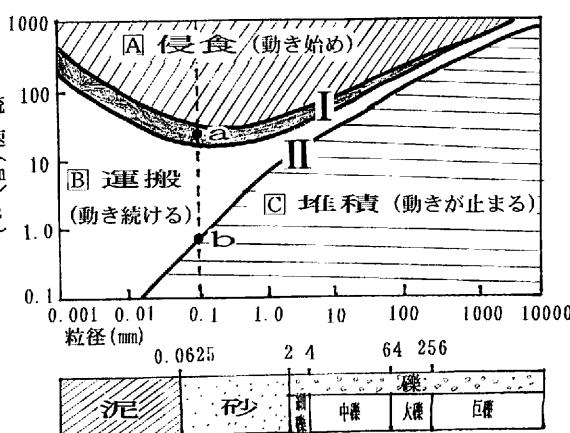


図6 流速、粒径と、河川の侵食・運搬・堆積の関係

<河床の泥・砂・礫の動きやすさ、止まりやすさ>

泥…境界Ⅰを見れば分かるように、最小の流速で動きだすのは泥ではなく、砂である。泥でできた河床はなめらかで、流れの乱れが起こりにくいのに加え、粘着力や凝集力があるために、砂よりも動きだしにくくと考えられる。しかし、いったん動きだすと水に浮いて遠くまで運ばれる。

石少…境界ⅠとⅡの間隔が泥よりも狭くなっている。したがって、砂は流速が小さくても動き出しが、流速がさらに小さくなるとすぐ止まる。

礫…礫のⅠとⅡの間隔はさらに狭まり、上へ移動している。したがって礫は流速が大きないと動かないし、流速が少しでも小さくなるとすぐ止まる。

《この性質から説明される自然現象の様子》

- 川原の礫は洪水の強い流れの時だけ移動する…礫は砂や泥に比べ、流速が少し遅くなると静止してしまう。つまり短い距離しか運ばれないことになり、再び動きだすには前よりも大きな洪水が必要となる。したがって大きな礫は洪水の度ごとに下流に運ばれるということではない。
 - 川原のまわりの氾濫原には泥が堆積する…氾濫原には洪水の際にごり水が溜まる。そこには大量の泥が浮遊している。
 - 河口の砂州や海岸の砂浜には砂だけが溜まる…動きやすく泥よりも止まりやすい砂が、礫や泥から分離されて堆積する。
 - 沖合の海底には泥が溜まる…浮遊して海に流れこんだ泥が最終的に溜まる。
- …など、いろいろな自然現象が説明できそうである。

以上の考察から、以下のように「採取地点」と「採取物」を決定した。

採取地点と採取物の決定

条件：その場所の流れに応じた侵食や堆積が平均的、継続的に行われている地図

- ↓
・礫は、洪水などの非日常的な影響を反映する
- ・泥の堆積は、その場所が溜りになっている

採取地点・物：川岸の、砂を中心とした堆積物

採取点を川の中央でなく川岸にしたのは、採取しやすいという面もあるが、中央は礫の間に砂が溜まつたりして正確な採取が難しいという点もある。川岸の採取では、その川の流れそのものを直接表しているとは言えないかも知れないが、それが反映したものとして、すべての川で同じ条件で採取し比較することで客観性を持たせたい。具体的には、砂が堆積していて、しかも溜りになっていない川岸を見つけ、水の流れから20cm前後離れた辺りの砂を500g程度、表面から10cm位の深さで採取した。その中に細礫や泥の混じることもあるが、それはそのまま試料とした。採取地点は、場所や環境を写真やスケッチと文書で記録する。

(3) 砂の粒度分析とその考察の方法

県内各地の河川で採取してきた砂を持ち帰り、粒度分析を行った。

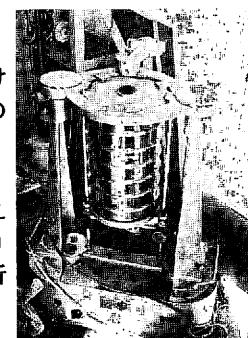
- 採集してきた砂を乾燥させ、資料として保存する。

- 砂を粒度毎に分ける。

砂100~200gをふるいに入れ、振盪器(しんとうき)で25分間振動させて、粒度毎に分ける。使用したふるいは国際基準の物で、目の細かさ(メッシュ、Mと書く)は右下表2の通り。なお4M以上は礫、200M以下は泥である。

- 粒度を分析する。

各メッシュ毎の重量%の分布結果を、後の計算のため ϕ (ファイ)値毎の分布に置き換える。M値と ϕ 値との対応は右下表。その結果を重量累積曲線に描き、Inman(1952)に基づき、中央値(M ϕ)、中央粒径値(Md ϕ)、淘汰度($\sigma\phi$)、歪度(s $k\phi$)の各解析パラメーターを算出した。以下、各々の値の算出方法と説明を載せる。



〈使用した振盪器〉

- 中央値 (M ϕ)

重量累積で16%と84%に相当する ϕ 値をグラフから読み取り、右式で計算する。

粒度分析した中で、出てくる砂の粒子が1番多くある箇所の粒径値(ϕ 値)を表す。

$$M\phi = \frac{\phi_{16} + \phi_{84}}{2}$$

メッシュ	μm	ϕ (ファイ)
4	4750	-2.25
14	1180	-0.25
26	600	0.625
50	300	1.75
100	150	2.75
200	75	3.75
沙	20	—

- 中央粒径値 (Md ϕ)

粒径分布の中央値。すなわち、粗い方もしくは細かい方から積算して、ちょうど50%になる所の粒径値である。グラフから読み取る。

$$Md\phi = \phi_{50}$$

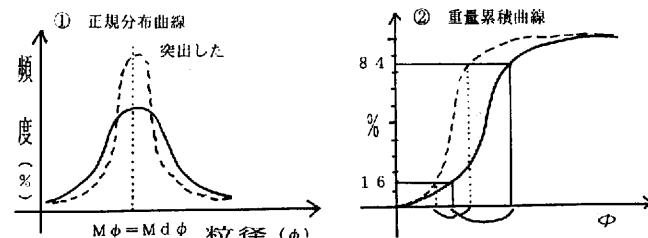
- 淘汰度 ($\sigma\phi$)

重量累積で、84%と16%に当たる ϕ 値から右式で計算する。 ϕ の程度粒子が揃っているかを示し、値が0に近づくほどばらつきが少なく淘汰度が高いと言える。

$$\sigma\phi = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{2}$$

表2 (メッシュと ϕ の対応表)

以上3種のうち、粒度が正規分布を示す場合は右図のように、 $M\phi$ と $Md\phi$ が一致する。また、正規分布曲線が突出(図の点線)するときは、粒子のばらつきが少なくなり、揃ってくることを意味し、累積曲線にすると、立ってきて $\sigma\phi$ 値は小さくなる。



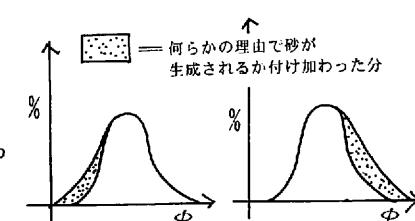
- 歪度 ($s k \phi$)

今まで算出してきた $M\phi$ や $Md\phi$ 、 $\sigma\phi$ を用いて右式で計算する。

値が負になる場合は、粗い方の砂が何らかの理由で生成されたか付け加わっていることを示し、正になる場合は、細かい方の砂が、生成されたか付け加わっていることを示している。値の大きさは、その度合いを示している。

$$s k \phi = \frac{M\phi - M d \phi}{\sigma \phi}$$

$s k \phi < 0$ の時



以上4つの値を元に、県下各地の河川の川原の砂の粒度を分析し、比較してみた。

なお、具体的な分析方法については、最初の調査河川である手取川で説明する。

3. 観察者のイメージを考慮した観察地点の設定

(1) 従来のイメージの問題点を探る

① 上流・中流・下流のイメージについて

国立教育研究所の下野によれば、長良川流域に住む小学5年生の子どもに長良川流域の上・中流域で撮影したビデオを見せて、川のまわりの様子、川の流れ方、川原の様子などについて記述式の調査をしたところ、「上流ではごつごつした大きい石があるが、下流にいくと角が取れた小さな石になる」、「上流では流れが速く、下流ではゆっくりになる」などの教科書的な知識に基づく回答が多く見られたという。そして「実際の映像には、上流でも石ころや砂の多い川原があり、下流でも大きな礫や流れの速い所があるにもかかわらず、そのような事実が目にとまらず、前述のような型にはまった見方をしてしまう」(「灘の学習」1983.6)と述べている。つまり、「河川地形に対する観念的前進のようないまではまった見方をしてしまう」という現象が児童・生徒の中にあり、そのような見方で対象に接するため、自然の中から都合のよい事実だけを選択した観察になっているのではないだろうか。

② 下流の砂のできかたについて

①で述べたように砂は下流だけでなく上流にも見られるが、教科書にも出ている下流の砂の生成について児童・生徒はどのような捉え方をもっているのだろうか。上流の礫が流されながらだんだん削られて小さくなつて砂になったというイメージが多いのではないかだろうか。当然そのような説明だけでは、上流に見られる多量の砂の存在や、砂防ダムの意味が説明できない。礫や砂・泥がどのようにしてきて河川地形の形成に影響を与えていているのかと、いう点で基本的で、砂防ダムを扱う防災教育の面からも、特に小学校の学習で重要な問題と考えられる。

③ 河岸段丘のでき方について

河川が作る地形はいろいろあるが、その中でもよく見られるものに「河岸段丘」がある。この地形は県内各地で(川の流域に止まらず)比較的よく見られ、しかも分かりやすい。また、その生成には地殻や海面の変動が伴い、地面と海面との相対的運動が大変になる地学的な物の見方や考え方を養う基本としても打ってつけだろう。では、その河岸段丘のできかたを生徒はどう考えているのだろうか。高校教科書や一般書の説明は次のようなものである。「谷底平野のできている地域で、地殻変動による隆起や気候の寒冷化による海面低下によって、侵食基準面との高さ差が大きくなると河川の下方侵食が激しくなり、氾濫原が新たに掘り下げられる。河川は以前の氾濫原を深く刻んだ谷を流れ、以前の氾濫原は階段状の地形として谷より高いところに残される。これが河岸段丘である。」

筆者自身はこのような説明を、漠然と図7のように捉えていた。つまり、上流側の地面の隆起で川底が傾いて傾斜が増し、そのため川の下方侵食力が増して、新たな川底が掘り下げられるというものである。ところがこの説明では、海面低下の場合が説明できない。川底の傾斜が海面低下だけでは変化しないからである! その点について言及してある資料は、調べた中では見当らなかった。ちなみに中学の教科書では(小学校では成因は扱わない)「海岸段丘」の成因を地殻変動による隆起や海面低下(この場合は説明できる)で説明し、「河岸段丘についても、同じ原因ができる」とだけ書かれているものがほとんどである。中・高等学校の児童・生徒はどのようにこの成因を捉えているのだろうか。河川地形のみならず地形の生成という面で、特に中・高等学校において基本的で重要な内容と思われる。

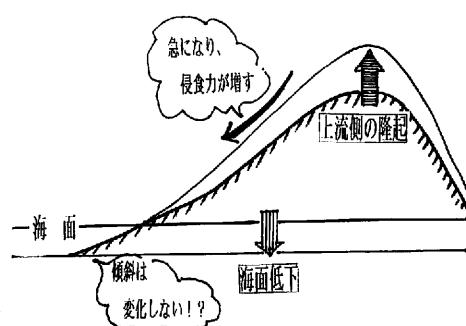


図7 〈誤った河岸段丘形成の捉え方?〉

(2) 意識調査のアンケート実施と結果（要旨）

児童・生徒の持っているイメージを明確につかみ、それを生かした現地観察をするため、意識調査を実施した。その際、指導する教師自身の捉えも指導に大きく影響することから、教師の捉えも調査した。調査方法や対象、および内容や結果については紙数の関係で要旨に留める。（詳しくは、「川のイメージ調査」、「河川形態の解剖」の報告書参照）

① 調査の目的

- ・川の上流・中流・下流にはどのような河川地形が見られると思っているか（対象：小・中学校生徒・教師）
- ・下流にある砂は、どこでどのようにしてできたと考えているか（対象：小・中学校生徒・教師）
- ・河岸段丘はどのようにしてできたと考えているか（対象：中学校生徒・教師）

② 調査対象・人数・方法

- ・対象：能登・加賀地区の教師および小学校4、6年の生徒、加賀地区の中学生
- ・人数：教師一小学校・能登22人、加賀24人。
児童・生徒一小学校・輪島市立町野小学校4年生37人、6年生46人。
金沢市立額小学校4年生67人、6年生61人。
中学校・金沢市立小将町中学校3年生91人。
- ※地域により川のイメージが違う可能性も考慮し、教師・生徒とも能登地区と加賀地区とで実施した
- ・方法：教師の面接法で捉え方の類型や傾向をつかみ、それを元に記述法で児童・生徒の調査を実施。
結果の統計処理は χ^2 検定法で行い、統計的に有意と出た結果について考察する。

③ 調査内容…紙数の関係で省略。（詳しくは上述の報告書参照）

④ 調査結果と考察…紙数の関係で、ごく簡単に結果を中心に述べる。

1. 上・中・下流のイメージについて（小学生対象の結果）

(1) 大部分の河川地形の分布については、典型的な教科書的捉えをしている

- ・大きな石のある場所、流れの様子、砂や石のたまっている場所、滝の有無などについて、教科書的な捉えをしている子が多い。
- ・上・中・下流における堤防の有無については、あまり明確なイメージはないようだ。手取川上流に多くある砂防ダムのような施設は堤防とは捉えず、「堤防」は「護岸堤」に限定しているようだ。
- ・「川のまがりくねり」は山などの地形に曲げられた局所的曲がりと捉える者が多く、平地の中である「蛇行」のイメージは殆どない。因みに、これは教師の調査でも同じ傾向だった。

(2) 何からイメージするか（教科書の川か地元の川か）で、イメージの異なる地形がある。

- ・上流の「滝」の有無については、教科書からイメージの子は殆ど「時々見ることができる」と答えたのに對して、地元の川からイメージした子では「見られない」が多い。
- ・下流の「ゴツゴツした大きな石」は、教科書からイメージの子は殆ど「見られない」と答えたのに対し、地元の川からイメージした子には「よく、かなり見ることができる」もかなりいる。
- ・金沢地区中流の「川の曲がり」については、教科書からイメージの子は「時々見ることができる」と答えたのに対し、地元の川からの子には「見られない」が多い。（実際、加賀地区の中流には蛇行が少ない）

(3) 地域の川の特性は、ある程度イメージに違いを生んでいるようだ。

- ・上流の「滝」については、金沢の方が輪島より「よく見ることができる」イメージが強い。
- ・上流の「川の曲がり」については、金沢の方が輪島より「よく見ることができる」イメージが強い。
- ・中流の「人工的な堤防」は、金沢の方が輪島より「よく見ることができる」イメージが強い。
- ・下流の「川の曲がり」については、金沢より輪島の方が「よく見ことができる」イメージが強い。

以上の結果から、次のような結論を得た。

- ・児童・生徒には確かに教科書的な河川地形のイメージが強い。しかし、地元の川を日頃から見ていてそこからイメージした場合には、項目によりかなり実態に合ったイメージを持っていることが分かる。
- ・同じ石川県内でも、河川形態の特徴が違う加賀地区と能登地区に住む児童・生徒の持つイメージは、かなり異なっており、それぞれの河川形態の特徴にかなり影響されていることが分かった。

→ 地元河川の特徴を生かし、河川本来の働きがよく分かる観察地点を提供する必要がある

「石川の自然」第22集 地学編（10）発刊にあたって

新しい学力観が提唱され、創造性の育成や個性尊重が叫ばれて久しいにも関わらず、教育現場は未だ混迷の時期を抜けたとは言い切れません。現在盛んに言われている「理科離れ」の危機もこのような状況の中から生まれてきたものと考えられます。

理科教育に限らず、教師としての心構えとして常々大切に思い、肝に銘じてきただことが3つあります。1つは、「教師としての専門性を高める」ことです。当然のことのようですが、何が基礎・基本か、本質を見抜く鋭い洞察力を磨くのは容易なことではありません。しかし、どうしても必要な条件でしょう。2つめは「豊かな人間性」です。人と人として、互いのパーソナリティーを尊重しながら子ども達と接する中で、眞の教育はなされるはずです。子ども達の見方や考え方を知り、通い合う豊かな感性を持つことが大切でしょう。そして3つめは、「今の教育の方向性を的確に掴む」ことです。そのためには「不易」（変わってはいけないもの）と「流行」（変えねばならぬもの）を見据え、固執しすぎたり流されるままになったりしないようにすることが肝心です。

当教育センターでは、地学研究室・生物研究室を中心となって自然学習に関する教材の開発に取り組むとともに、小・中・高等学校の先生方を対象とした野外観察教材の基礎資料「石川の自然」を刊行してきました。今回発行の「石川の自然」第22集 地学編(10)は、「河川地形の観察及び調査」を実践されようとする先生方のための教材基礎資料として、地学研究室の所員が本県の主要河川における調査結果をまとめたものです。調査は加賀から能登までの主要な8河川を対象に、上流から下流までほぼ全域に渡って行いましたので、先生方の勤務校の近くで利用できる場所も何箇所かあると思います。

先に述べた3つの心構えに即して内容の特徴をあげれば、まず「自然の見方（地学的な物の見方や考え方）」を育てることを大切にしました。例えば「ここには扇状地がある」という説明ではなく、「なぜここに扇状地ができたのだろう」という問題意識を持ちながら河川地形を読み取っていく力を子ども達につけていく、そのための観点を大切に編集しました。また、そのための具体的な調査方法の提案もしています。この方法を元に多くの先生方がご自分の眼で調査され、さらに専門性を高めていただければと思います。今回の紀要のもう一つの特徴は、単に地学的な面から重要な内容を紹介しただけではなく、学習する子ども達の見方や考え方を生かした点です。例えば小学生の多くは川の上流には砂がないと思っています。中学生の大部分は河岸段丘の形成を正しく説明できません。そのような子ども達の実態を無視して観察させても、表面的な知識の詰め込みに終わりがちです。子ども達の見方や考え方を知り、逆にそれを生かした観察地点の選定などはできないものか、今回は意識調査のアンケートを生かした内容になっています。最後の、今の教育の方向性を的確に掴むという点については、先生方お一人お一人にお任せしたいと思います。この紀要是ささやかですが、そのための素材になると信じておりますので、ぜひ有意義にご利用いただければと思います。

各学校におかれましては、野外観察を年間学習計画に取り入れると共に、この資料を積極的に活用していただければ、児童・生徒の心の中に自然に対する感動と興味が生まれるものと信じております。先生方の児童・生徒へのご指導を期待しています。

今後も当教育センターでは本県の自然についての調査・研究を継続し、各種の野外学習資料を提供していきたいと考えておりますので、関係各位のご指導とご鞭撻をよろしくお願ひ致します。

平成10年

石川県教育センター
所長 安田 俊彦

目 次

「石川の自然」 第22集 地学編(10) 発刊にあたって	安田 俊彦
右川の河川地形を読む——河川の作る地形の観察と川原の砂の分析を通して——	新保 修
はじめに	1
I 河川地形の捉えと概説	
1 河川の作用と縦断曲線	1
2 研究課題の設定	3
II 河川地形の調査方法と観察観点の設定	
1 河川地形の調査方針	4
2 河川地形と川原の砂の調査方法の提案	4
3 観察者のイメージを考慮した観察地点の設定	7
①上、中、下流のイメージ ②下流にある砂の生成 ③河岸段丘の生成	
III 石川県の河川地形の概観と調査河川の選定	10
1 各地域の河川形態の概観 2 調査河川の選定	
IV 手取川の河川地形を読む	
1 手取川流域の地形・地質図と遷移点の場所	11
2 手取川の縦断曲線と調査ポイント	12
3 手取川の粒度分析結果	13
4 場地観察と考察 〈上流域の観察〉	13
〈中流域の観察〉	18
〈下流域の観察〉	21
V 県内各地の河川地形を読む	
1 下流に砂礫の崩壊点がある大聖寺川	25
・地形・地質図と遷移点の場所 ・縦断曲線と調査ポイント ・河原の砂の粒度分析結果 ・大聖寺川に見られる川のはたらき	
2 近代的河川整備が進む犀川	30
・地形・地質図と遷移点の場所 ・縦断曲線と調査ポイント ・河原の砂の粒度分析結果 ・犀川に見られる川のはたらき 《犀川と浅野川の縦断曲線の比較》	
3 先行性河川の町野川	36
・地形・地質図と遷移点の場所 ・縦断曲線と調査ポイント ・河原の砂の粒度分析結果 ・町野川に見られる川のはたらき	
4 先行性河川の河原田川	41
・地形・地質図と遷移点の場所 ・縦断曲線と調査ポイント ・河原の砂の粒度分析結果 ・河原田川に見られる川のはたらき	
5 琴ヶ浜に流れ込む仁岸川	46
・地形・地質図と縦断曲線の関係 ・仁岸川に見られる川のはたらき	
6 邑知潟に流れ込む長曾川	48
・地形・地質図と縦断曲線の関係 ・長曾川に見られる川のはたらき	
7 内湾に流れ込む熊木川	50
・地形・地質図と縦断曲線の関係 ・熊木川に見られる川のはたらき	
VI 研究のまとめ～県内河川の比較と研究課題の検討～	52
1 砂の生成場所とその成因について	
2 河川勾配は粒度変化に比例するのか・河川地形の捉え方について・河川勾配と礫の粒度変化の関係	
3 遷移点の成因による分類 《「河岸段丘形成」指導への提言》	
4 県内各河川の特徴と類型 あとがき 《県内調査河川の縦断曲線と全体近似》	58
VII 主な参考文献	60
VIII 資料	
1 《県内主要河川の縦断曲線と河川地形の特徴》一覧図	61
2 《県内主要河川の縦断曲線作成資料と、河原の砂の粒度分析一覧表》	62

【コラム欄の目次】

特徴的な河川論述①	「渓谷（V字谷）と峡谷」	…14
特徴的な河川論述②	「インブリケーション」	…14
特徴的な河川論述③	「地氷り地形」	…15
特徴的な河川論述④	「滝のでき方」	…18
特徴的な河川論述⑤	「河岸段丘のでき方には2種類ある！」	…20
特徴的な河川論述⑥	「扇状地地形」	…21
特徴的な河川論述⑦	「先行性の河川」	…39
特徴的な河川論述⑧	「自然堤防と氾濫現、後背湿地」	…40
特徴的な河川論述⑨	「川の姿の模式『済・淵・瀬』」	…44
特徴的な河川論述⑩	「天井川」	…49
特徴的な河川施設①	「2種類の『砂防堰堤』」	…15
特徴的な河川施設②	「堤防・護岸・水制」	…23
特徴的な河川施設③	「多自然型河川工法」	…34
特徴的な河川施設④	「床止め（落差工）と（帶工）」	…45

2. 下流にある砂の生成について（小学生対象の結果）

結論のみ記す

○川の下流によく見られる砂は、「上流から流れてくる大きな石が、水の力などで少しづつ削られてだんだん小さくなってきたのだ」という誤った捉えをする児童が約6割いる。

- ・下流に砂が多い理由を、川の力(水力または速度)の変化に關係づけて説明できる児童が約4割弱しかいない。
(一番最後だから、下流は浅いから、砂は軽いから、など見える物の変化で説明しようとする)
- ・砂とは、そもそも岩が細かく壊れたり土砂が崩れたりしてできた物だという砂の生成そのものが不明確な児童が約一割いる。
(上流にもともと砂山がある、海から砂が上がってくる、落葉や腐った土・苔からできるなど)

→ 上流の河原や崖崩れ地点に砂があることを気付かせる必要がある

上流にある砂防ダムの観察と、その意義を考えさせる必要がある

中流の大きな岩などに気付かせ、そこにある理由を考えさせる必要がある

川の水力の大きさやその変化について実感できるような説明が必要である

「砂の生成」という視点での観察が必要である



3. 河岸段丘の生成について（中学生対象の結果）

- ・土地の隆起による河岸段丘生成の過程を聞いた後、海面の下降でもできるかを聞いた。その結果の要旨を記す

	考え方のパターン	説明と考察
A	高さの変化…上流と河口の高さの違いを、①勾配角度的に捉えるイメージと、②高度差と捉える場合の2種類がある。 <small>(従来的思考)</small> 15%	この捉え方では、陸地の隆起の場合は全員が上流が高くなつて河川の傾斜が増すという考え方であった。しかしそこのイメージが、左の①か②の違いで海面低下の場合に考え方が分かれた。(右は、①と②のイメージの違い) ① 傾斜大 ② 高度差大
	① 勾配角度的に捉えるイメージ (Aグループ中の6割) ② 海面と上流との高度差が変化すると捉えるイメージ (Aグループ中の4割)	この捉え方では海面が下降する場合の説明ができない(P7参照)。実際、このグループの生徒の約7割は「海面の下降では河岸段丘はできない」と答えていた。しかし残り3割は、海面低下の場合は「河口から侵食していく」という異なる考え方で説明している。
B	川岸・川幅の変化…川岸が階段状に削られたり、川幅が狭くなったりしてできるという考え方 <small>(本質的思考)</small> 27%	川岸が削れて階段状になりこれが隆起するという考え方と、隆起する場合に川底は隆起しないでその周りだけ隆起するという考え方がある。後者の場合、周りだけ隆起すると残された川の川幅が狭くなり(右図①)、その後流れが急になって階段状になるという(右図②)、実際と逆のイメージがかなり多くあった。 ① 狹くなる ② 階段状になる
C	参考未斗書白の説明…理由付けがなく、事実だけを書いてある 15%	土地が隆起するとなぜ川底を掘り下げる力が増すのかの説明がなく、事実だけを説明している。
D	空白・不明・その他 43%	特に「空白」の人数が多い。

※この結果を生かした「河岸段丘形成の指導法」についてはVI節を参照

以上の、生徒の意識調査の結果から、次の研究課題を追加する。

【河川地形観察調査の研究課題】

3. 地域に合った上・中・下流のイメージが持てるような観察地点を探す

4. 砂の生成や堆積の様子が明らかになる、観察や実験からの証拠は得られないか？

5. 河岸段丘の成立について分かるような観察や考察法はないのか？

また、その成り立ちを分かりやすく中・高校生に説明する方法は考えられないか？

Ⅲ 石川県の河川地形の概観と調査河川の選定

石川県の「石川」という県名は、上流から大量の砂礫を運んでいたかつての“暴れ川”、手取川の下流域（手取扇状地）からきている。この手取川を含む加賀地区の南部の山地から流れてくる大小の河川や、能登地区的丘陵地を流れる川など、県内には主要河川40を数える。その大部分は日本海へ直接流入するが、富山湾や七尾湾、飯田湾に流れこむ小河川もある。ほぼ全ての河川の水源及び河口とも県内にあるというのも、石川の河川の特徴である。

1. 各地域の河川形態の概観

加賀と能登の地形的特色の違いは、河川地形の違いにも表れている。ここでは、その大まかな違いと特徴について下表3のようにまとめてみた。

表3 <加賀地区と能登地区の河川形態の特徴>

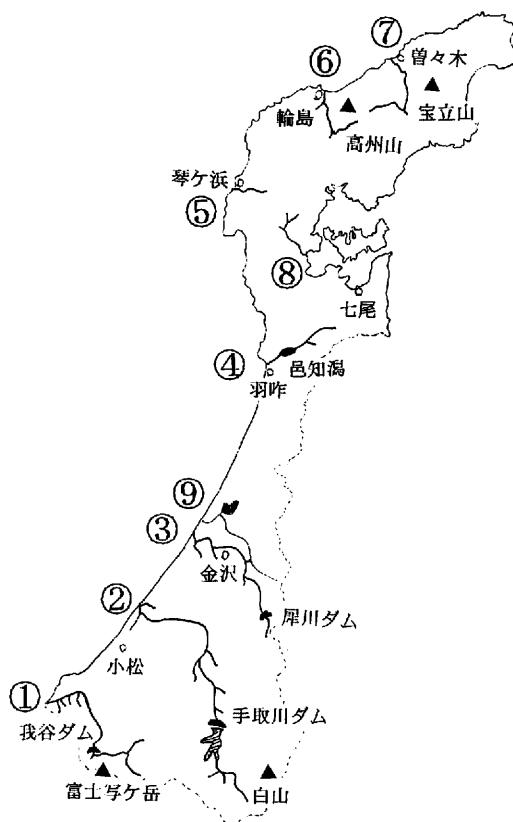
	加賀地区	能登地区
地形的特徴	南東部に、白山を始めとする標高2000m級の山岳地帯を水源として連なっている	最高峰は標高637mの宝達山で、多くが200～300mの低丘陵であるなどらかな丘陵性の地形で、末端は段丘状のまま海岸線に落ち込んでいる
年間降水量	山間部では3500mmを越える これが急流になる一つの原因だろう	平均2500mm、多くの地区では2000～2500mm
河川形態と地域の特徴	比較的短い流路で日本海に注ぐため、山地では急流をなし、山麓ではしばしば大きな扇状地を形成する。傾斜が急なまま扇状地の先端がそのまま海に潜り込むことも少なくない。 こうして流れこんだ数々の河川が生み出した沖積平地が連なり合って、帯状の加賀平野を形成している。	丘陵からの小河川が生み出す複雑で狭い河谷と、河口付近の狭い平地をそれぞれに持つ、独立した河川。平地の末端は段丘状のまま海岸線に落ち込んでいることが多く、これが能登特有の景勝地を生んでいる。

2. 調査河川の選定

調査地点は、加賀、能登地区の特徴を示していると思われる代表的な河川を選ぶことにした。また、その他にも、山地から呂知地溝帯に流れ込んでいる能登南部の長曾川や、「鳴き砂の浜」として有名な琴ヶ浜に流れ込んでいる能登中部の仁岸川などを含め、結果として調査した河川は下表の8河川となつた。

※なお、犀川と比較のために考察した浅野川も加えておく

河川名	等級	流長	流域面積
① 大聖寺川	二級	44.00km	209.0km ²
② 手取川	一級	77.00	809.0
③ 犀川	二級	41.70	256.3
④ 長曾川	二級	14.24	44.2
⑤ 仁岸川	二級	12.00	20.0
⑥ 河原田川	二級	25.00	127.8
⑦ 町野川	二級	35.00	168.9
⑧ 熊木川	二級	12.00	47.2
⑨ 浅野川	二級	32.50	80.0



※石川県河川海岸図(昭和)及び石川県地名大辞典(昭和)参考

IV 手取川の河川地形を読む

これから、実際に調査研究を実施した結果を紹介する。まず初めは県内最大の規模で、しかも河川地形として典型的な特徴を持つ「手取川」を手本に、具体的な調査方法の説明を交えながら紹介する。

事前調査

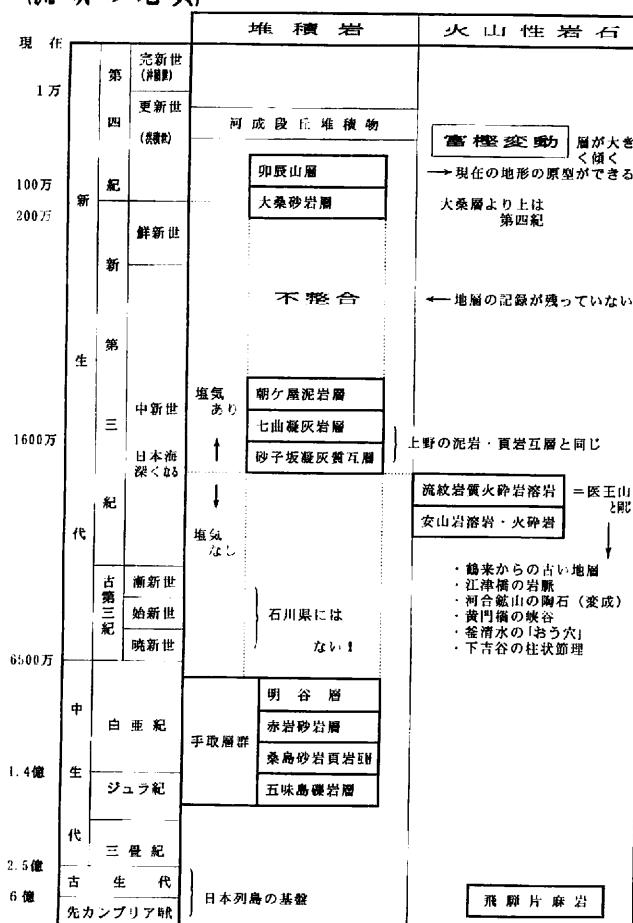
1. 手取川流域の地形・地質図と遷移点の場所

（概説）

手取川は県内最長の1級河川で流長77km。岐阜県境の大山（おほさん）峰を水源に、険しい山間を比較的短い流路で日本海へ注ぐため、上流では急流をして見事な峡谷を作り、

山地を抜けた鶴来町辺りでは大きな手取扇状地を形成している。河川はその中で流れを90度西に転じ、美川で日本海に注いでいる。扇状地は土砂で形成されており集水力に乏しく、流域には手取層群と呼ばれる後期中生代の地層が分布、崩壊しやすい砂岩・礫岩・頁岩を含むため、古来から暴れ川として知られた。そのため昔から「震堤」などの治水対策が行われてきており、近年では支流の大日川の大日川ダムや本流の手取川ダムが完成、治水と共に水利、発電などにも利用されている。

（流域の地質）



（河川地形の見られる主な箇所）

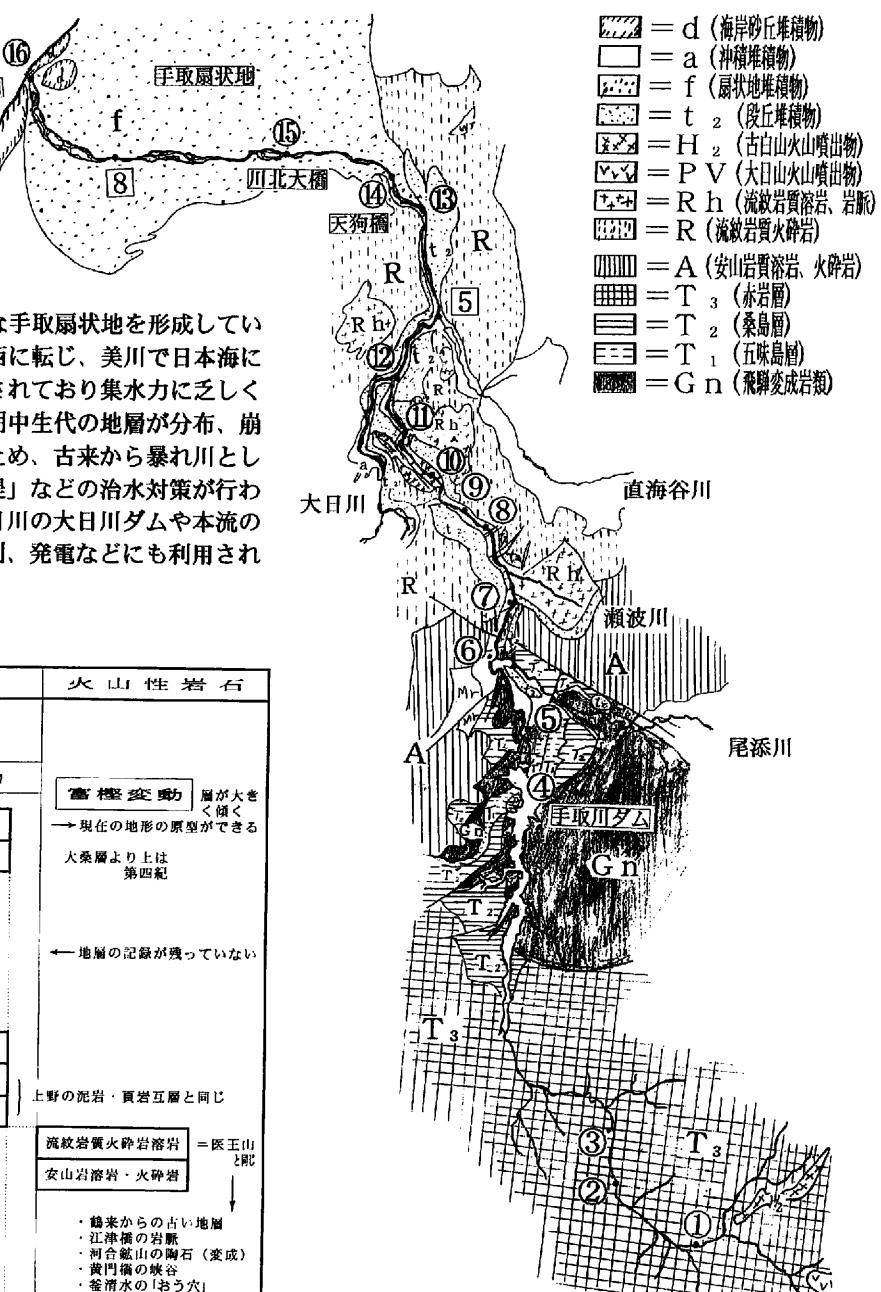
上流

- ① 市ノ瀬…V字谷、砂防ダム
- ② 百万貫岩…土石流と地氷り地形

③ 砂防ダム…ダムの影響

- ④ 手取川ダム…多目的ダムの意義
- ⑤ 女原・東二口大橋…断層とダムの影響
- ⑥ 濱戸野…河原の石の観察、漣痕

(11)



中流

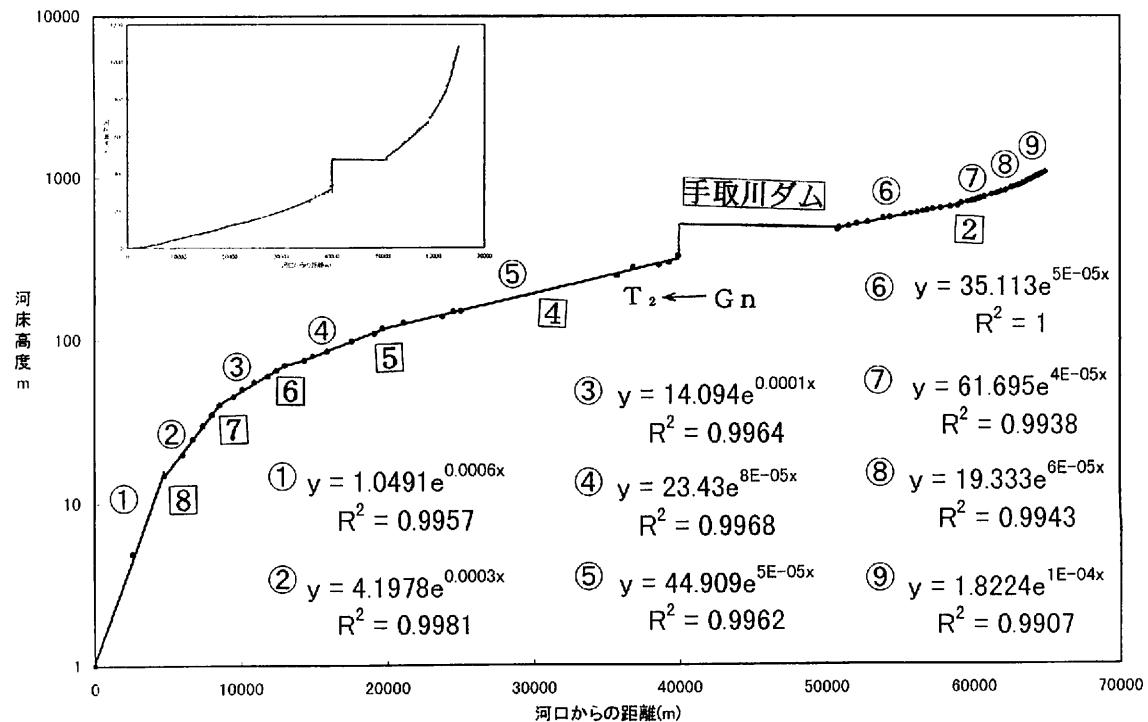
- ⑦ 対山橋…峡谷の始まり
- ⑧ 線ヶ滝…峡谷、滝
- ⑨ 不老橋…峡谷
- ⑩ 黄門橋…峡谷
- ⑪ 雲竜橋…峡谷の終わり
- ⑫ 江津…岩脈、めがね岩
- ⑬ 白山町…河岸段丘

下流

- ⑭ 天狗橋…扇状地の扇頂
- ⑮ 川北大橋付近…下流の様子、護岸
- ⑯ 美川大橋付近…河口の様子

2. 手取川の縦断曲線と調査ポイント

1. 手取川の縦断曲線



《縦断曲線の分析》

地形図から読み取った値で作成した手取川の縦断曲線が上左の小図である。上流や中流の一部がやや凹凸になっているが、全体的にはやはり指數関数曲線に近い（近似式を求めるとき $y = 20.519e^{0.0006x}$ 、 $R^2 = 0.9014$ ）。 R^2 値は 1 に近いほど近似がよく、指數関数曲線に近いことを表す。（他の河川との比較は、第VI節 P58 参照。）

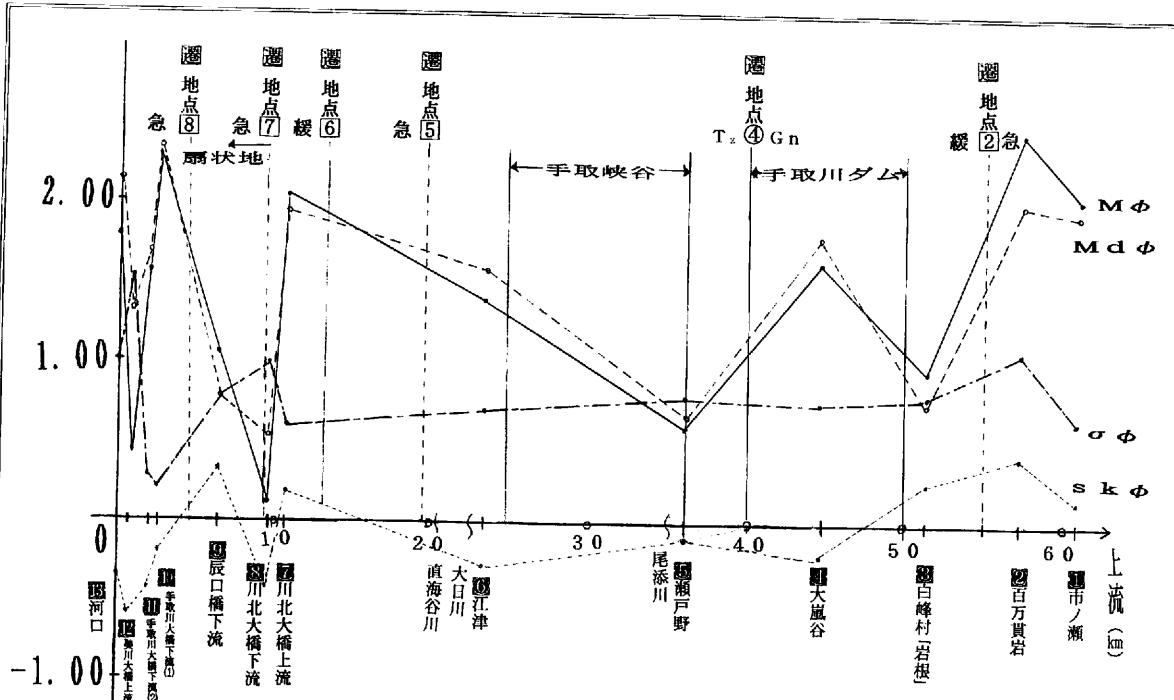
そこで遷移点の位置を明確にするため、片対数グラフに表したのが上図である。ここから手取川の河川縦断曲線は遷移点を結ぶ複数の直線で近似されることが分かる。つまり、縦断曲線は「複数の指數関数グラフの連続」で成り立っていると言える。これは変動の激しい日本の河川の大きな特徴ではないかと思われる。何本のグラフの合成とするかは近似の仕方で多少変わるが、ここでは近似の正しさの基準となる R^2 値が少なくとも 0.99 以上となるよう考えた。その結果、手取川の縦断曲線は図のように合計 9 本の指數関数グラフの連続でできていると考えられる（ダムの部分は除く）。この対数グラフの傾斜は e の係数を表され、値が大きいほど勾配が急であり、最初の数は y 切片を表す。概して最上流は急で、その後一旦緩やかになり、下流に向かうに従い傾斜が増すという特徴がある。これは片対数グラフで見ると分かりやすい。これらの特徴は、一般的に言えるのか、他の河川との比較が重要である。なおグラフの作成、および近似式の算出にはエクセルの対数近似プログラムを用いた。

手取川の縦断曲線は全体として平衡河川に近いが、合計 9 本の指數関数グラフの連続でできていると考えられる。グラフの傾きは最上流では大きいがその後緩やかになり、下流に向かう程大きくなる傾向がある。

2. 調査地点と観点の設定…地点番号は前ページの地形図の番号

- ① 全体的な砂の生成について…河川勾配の不連続な変化が、砂のでき方の議論にどう影響を与えるのか、粒度分析や現地の観察により検証する必要がある。
- ② 地点②・百万貫岩の下流辺り(河口から59m、高さ670~700m)…ここを境に、急な河床勾配がやや緩くなる。地質的には同じ T_3 (赤岩層) 内だが、流路がここで大きく曲がるのが関係するのかもしれない。
- ③ 地点④・手取川ダムの上下の河床勾配の変化…グラフの近似式はダム上流の勾配が下流より小さい。ダム建設による砂礫堆積状況の変化が、この地点を境に河床勾配を変化させたのではないか。また、ダム下流の地点25(ガラス)前後の傾斜がややデコボコする辺りは G_n (飛騨片麻岩) 地帯が T_2 (桑島層) に変化する境目に相当する。この地質の違いによる変化ではないか。
- ④ 地点⑦～⑩の間(河口から36m～25m)…手取峡谷の間だがデータがない。ただ、この前後でグラフがスムーズにつながることから、峡谷を作る作用は局所的ではなく中流全体の形成に影響を与えていると考えられる。峡谷地形になっている間の観察を注意したい。
- ⑤ 直海谷川との合流付近辺り(河口から19.7m、高さ118m)…ここを境に河川勾配はやや急になる。地質図ではこの辺りで流紋岩質火碎岩の山々が左右から迫ってくる。この地形的影響や上流で合流する直海谷川の影響が河川勾配を変化させたのではないか。
- ⑥ 地点⑭・天狗橋下流(河口から13~14.3m、高さ70~75m)…勾配はやや緩やか(e の係数は $0.00008 \rightarrow 0.00005$)になり、その後また元の勾配に近く(0.0001)になる。この前後は地質の変化はないが、地形的には山間を抜け扇状地ができ始める地点で、扇状地形成による河床砂礫の分布変化が勾配変化の原因ではないか。
- ⑦ 地点⑮・川北大橋下流(河口から8.5~10m、高さ40~50m)…上流に比べてかなり急な遷移点。地質的変化がなく、下流付近という点から、河口から形成されてきた河岸段丘の先端ということも考えられる。
- ⑧ 手取川橋上流(河口から4.75m、高さ15m)…扇状地内の下流。地点⑦より 1 つ新しい河岸段丘の境目という可能性がある。
- ◎⑦、⑧については P22 からの観察と考察を参照

3. 手取川の粒度分析結果



《各パラメーターの分析》

- ・ $M\phi$ (平均粒径) … 最小は \square の百万貫岩付近の 2.46 で、かなり上流。最大は河口まで 9.6km 地点の \square 川北大橋下流の 0.12 である。したがって今回のように砂だけを調べた場合は、礫のように上流から下流へ次第に細かくなっていくというような単純な規則性は見られない。しかし、かなり上流とダムの前後、さらに下流付近の乱れを除けば、粒度は全体として細かくなっていく傾向(左上がりのグラフ)が見られる。粒度変化を乱している要因を、今後縦断曲線と現地での観察により、探っていく必要がある。
- ・ $Md\phi$ (中位粒径) … 最小は、河口まで 2.5km 地点の \square 手取川大橋下流(1)の 2.36。最大は河口まで 9.6km 地点の \square 川北大橋下流の 0.53 である。傾向は $M\phi$ と同じ。
- ・ $\sigma\phi$ (離散度) … \square の百万貫岩付近が 1.08 と少し高いが、そこを除けば上流から \square 川北大橋上流まで、ほぼ一直線に左下がりで変化し、よくなっている。これは川岸の砂が上流ででき、下流へ運ばれていくうちに分級作用で淘汰度が高まったと考えられる。 \square 川北大橋下流地点と \square 美川大橋上流付近で淘汰度は悪くなる。
- ・ $S_k\phi$ (頑) … 上流、中流、下流で特徴的な変化を示す。手取ダムまでの上流では \square の百万貫岩付近の 0.42 がやや値が大きく、全体的に細かい砂がより多く含まれている。ダム下の \square 濱戸野からは \square 川北大橋上流まで負の値をとり、今度は粗い砂がより多く含まれるようになる。しかし、何れも大きな変化ではなく、かなり正規分布に近いと言つてよいだろう。ところがその後の \square 川北大橋下流では、急に大きな負値になり、ここらで急に粗い砂の供給があったことを示している。その後、 \square 辰口橋下流で正値になるが、次から再び負値をとり、 \square 美川大橋上流まで粗い砂の供給が増加していく。ここで、かなり激しく砂の出入りのあることが分かる。この下流付近の急激な変度変化の要因を探る必要があるだろう。

4. 現地観察と考察

普通、河川を上流・中流・下流域に分けるが、その定義は明確ではない。縦断曲線で言えば、曲線の立ち上がり急な部分が上流、横軸に接近した緩やかな部分が下流で、その中間が中流域というのが一般的である。

ここでは、2. の縦断曲線の分析から定めた調査ポイントを中心に、3. の現地の砂の粒度分析結果と現地の様子の観察結果を総合して検討してみる。(以下の番号は、2. の「調査地点と観点」の番号と対応している)

《上流域の観察》

- [1] 砂は上流でできているらしい！…砂の生成と最上流の地形について**
- (1) 粒度分析結果から…川原の砂の粒度分析グラフを見ると、砂粒の大きさの度合いを示す $M\phi$ と $Md\phi$ の値変化は、河川勾配の不連続な変化にも関わらず、上流から下流にかけてほぼ細かくなっていく傾向を示している。一方その過程で、砂の揃い方を示す淘汰度 $\sigma\phi$ は、最下流を除いてかなり規則的に良くなっている(左下がりグラフ)。これは、砂は上流からの岩や石が徐々に削られたり砕けたりしてだんだん小さくなってきたのではなく、上流で一度にできたことを示している。徐々に出来るなら、砂粒の揃い方が下流に近づくにつれて段々良くなる傾向は示さないはずだからである。(それぞれの場所での大きさで、同じようにばらつくはずである)つまり、砂は上流の崖崩れや岩石の崩壊により一気に生成し、その後の分流作用でその大きさや重さによって分かれながら徐々に堆積して下流に向かうので、淘汰度は下流へ行くほどよくなっていくと考えられる。(ダムの上流付近や最下流での乱れについては、それぞれ P 15 の [3]、P 24 の [9] で検討する)

(2) V字谷と砂防堰堤群の存在(市ノ瀬付近)…市ノ瀬白山登山口より支流の柳谷川を望むと、白山を背景にした典型的なV字谷の中に、多くの砂防堰堤が連続して建設されている壯観な風景が見える。このように多くの砂防ダムが、上流に連続しており、しかも多量の砂がそこに堆積していると実態が、砂は上流で生成されているという事実を示している。この付近の地質は手取層群中の赤岩・明谷層で岩体は非常に固い。したがって河川の側方浸食より下方浸食の方が激しく、上流に典型的なV字谷を形成したのだろう。その一方でこの谷に数多くの砂防堰堤が見られるのは、谷の両岸を形成している手取層群の礫岩や砂岩・頁岩の互層の、風化による崩壊が激しいことや、赤岩層の上に乗っている白山溶岩がもろくて崩れやすいためだろう。過去には何回も大洪水を起こした記録も残っている。堰堤の真ん中は空いていて、地盤ごと移動するようになっているのが特徴である。下流にある一般の堰堤とは、形も目的も違う(P-15の特徴的な河川施設①参照)。

第四節 溪谷 (V字谷) と峡谷

峡谷や渓谷が作られるのは、造山運動と密接な関係がある。造山運動が働いている所に付随して峡谷や渓谷が見られる。

く峡谷谷〉 土地が絶え間なく隆起し続け、川がそれを侵食し続けていくとその結果、高い山の中を深い谷が刻むことになる。逆に言えば、谷の両側の高い崖は造山運動によって隆起した高さを表している。両岸の崖が垂直の節理を持っているたり固い岩であったりすると、垂直に近い急な崖を作る。これを「峡谷」と言う。柱状節理のある安山岩や玄武岩、固い石灰岩や砂岩、地質方向を斜断するような所に峡谷ができるやすい（P.18 「4手取峡谷の観察」参照）。

く渓谷> それに対し、あまり固くない岩石の時や表面が風化している場合などは、谷が下刻するにしたがって両岸の岩石も崩れ落ちるので、結果としてV字形の横断面となる。これを「渓谷」という。手取川上流の場合は岩帶は固いが、風化による崖崩れが渓谷を形作ったと言えるだろう。

『幼年期の地形』 この峡谷や渓谷を作った造山運動は、現在も続いている可能性がある。造山運動が弱まつたり停止した場合には、川の侵食は両岸V字谷と砂防堰堤群(鶴)を削り、川幅を広くしていき、その結果「壮年期の谷」と呼ばれる勾配の緩い谷になるからである。したがって、この手取川上流のV字谷や峡谷は、この地域の造山運動が旺盛で河川の側方侵食よりも下方侵食が卓越していることを意味している。

※峡谷や渓谷はすべて河川が直接侵食したわけではない。河床を下に削り込む作用で崖の下端が削り込まれ、不安定になった急峻な崖斜面が自重で崩れることもある。その場合河川は、その土砂を下流へ運搬するに過ぎない。このように河川は、谷底を削るとともに運搬もするという複雑な機能を持っている。

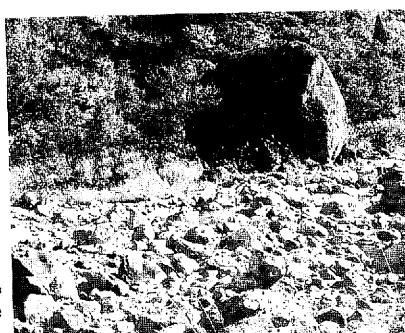


V字谷と砂防堰堤群(柳谷)

[3] 土石流と地盤変形…百万貫岩付近の遷移点について

(2) 百万貫岩付近の観察…白峰へ向う途中、宮谷川との合流点を過ぎた辺りの河床に、通称「百万貫岩」と呼ばれる巨大な礫がある。ここら一帯は手取層群中の一番上にあたる赤岩層であり、この百万貫岩も赤岩砂岩である。近づいて観察すると粗い砂礫でできており、大小の珪石(サトコ-ツイト)の円礫が含まれている。このことからこの地層は河川堆積物からできた層であると考えられる。

堆積物からできた層であるところだつて、
① 百万貫岩と土石流…岩の大きさは約21×15×13m、重さは約4800tもあり(129万貫:建設省鉄工事監査課調査)、上流の宮谷川から洪水の際に流されてきたというが、計算上ではこの石を流すには20m/sの流速が必要で、これは現実には不可能な数字である。したがつて、大きな石が下にある小さな土砂の上をベルトコンベアーの上に乗せられたように滑ることで運ばれてきたのではないかと考えられている。



〈百石貫岩とインプリケーション〉

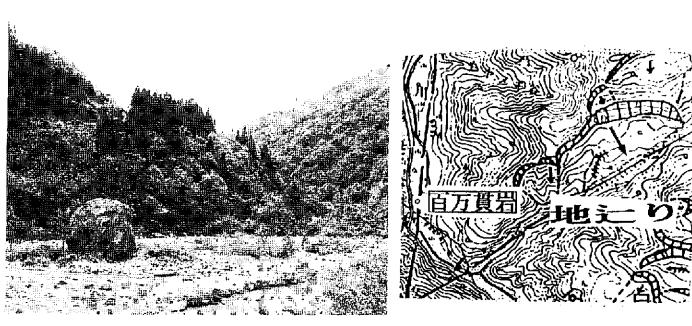
その他の河川地図 = インプリケーション

川原の礫を見ると、上写真のように下流方向に同じような角度で傾いている規則性が見られる。これをインプレケーション（覆瓦状構造）という。これは大雨や洪水などの際、転がって止まった礫に後からきた礫が重なつて止まり…ということが重なってできたもので、石の傾きの方向から当時の水流の向きが推論できる。また、そぞの礫の大きさからその水流の強さも推定できる。手取川では、下流付近でもかなり見られる。それだけ下流でも流れが速いことが分かる。

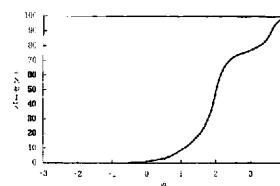
② 遷移点の考察…これらを境に河川勾配は緩くなっていた。地質的変化はないので、地形的に考察してみる。

特徴的な河川地形③ 地辺り地形

百万貫岩の上流方向(右写真)を見ると、川が大きく曲がっており、その右岸上方から山が崩れていることが分かる。地形図の等高線の広がり方や建設省の地辺り地形図(右図)から、確かにこれらは地辺り地形であることが分かる。上流からの強い川の流れで山の下が削られ、それが地辺りを起こし、その結果、川は流路を変えて大きく曲がったのではないだろうか。このように、川が山の下を削ることによっても地辺りは起こる。

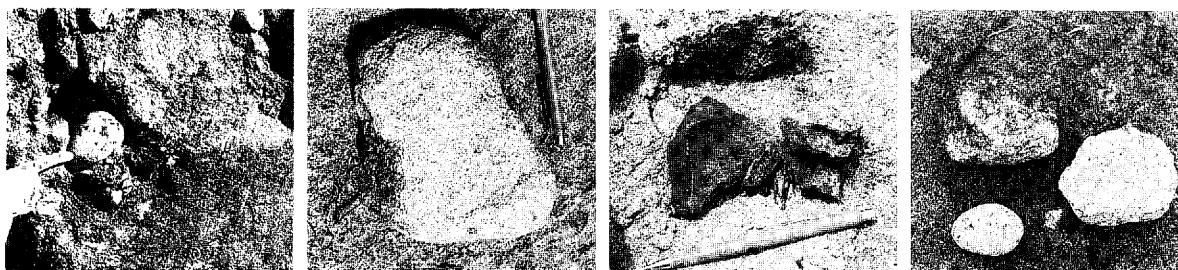


この地辺り地形の結果、河川は流路を曲げられて速度が落ち、勾配がやや緩やかになったと考えられる。つまりこの付近での遷移点は、河川の流路変化が原因と考えられる。そういう面で粒度分布を考えると、ここよりやや上流の、勾配が緩やかになった辺りでおそらく粗い砂礫が多めに堆積してしまい、緩やかになったこの地点では、より細かい物が多めに堆積すると考えられる。事実、右グラフのように、この地点の重量累積粒度曲線を見ると、より細かい方にもう一山できている。また、この地点で $\sigma \phi$ がよりバラつくこと、 $S k \phi$ がより細かい砂の供給を示していることも説明できる。また百万貫岩対岸には、かなり大きな砂の川原がある(上写真的手前)。これもこの影響でできたと考えられるが、上流には砂の川原はないと思っている多くの児童・生徒にはよい観察地点だろう。



〈重量累積粒度曲線〉

③ 川原の石の観察…川原では、様々な赤岩砂岩(礫、砂、泥っぽい物、珪石など下写真参照)や上流の白山から来たのではないかと思われる安山岩も見つかった。



〈百万貫岩中の珪石〉

〈砂が多い赤岩砂岩〉

〈泥が多い赤岩砂岩〉

〈安山岩〉

3 ダムの影響の考察…多くの砂防ダムと手取ダム

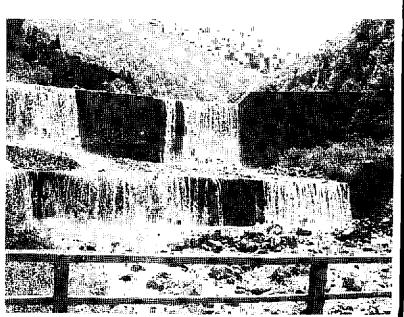
(1) 粒度分析結果から…粒度グラフの $M \phi$ や $M d \phi$ の値を見ると、ダム上流の④白峰村「岩根」で粗く、手取湖(ダム付近の上流)内の⑤大嵐谷付近ではぐっと細かくなり、ダム下流の⑥瀬戸野では再び粗くなっている。これを河川縦断曲線の変化と比較すると、ダム内では傾斜が緩くて細かい砂が溜り、細かくなっていると考えられる。またダム下流で再び粗くなり、しかもダム以前よりも粗い傾向を示しているのは、ダム下流の傾斜の方が上流の傾斜よりも強いからではないだろうか。 $\sigma \phi$ がダム内で一時的にばらつくのもこの影響と考えられる。また $S k \phi$ はダム内で粗い砂の供給が多い傾向になる。この理由は不明である。

(2) 多くの砂防ダム…風嵐・河内谷付近

風嵐辺りから上流にかけて、手取ダム上流には土石流防止のための「砂防ダム」が連続して作られている。

特徴的な河川施設① 2種類の「砂防堰堤」

(1) 上流のV字谷の砂防ダム…市ノ瀬の写真(P14)のように、1つ1つ独立したダムが連続している。1つのダムは1枚のブロックででき、両端は比較的緩やかに留められ、中央も少し空いた形をしている。土石流がくると、1つのダムで完全に止めるのではなく、受けとめながら後退し、次々と下のダムへ移動することで土石流のエネルギーを減少させるのがねらいである。したがって短い距離に多くのダムを連続して建設している。



(2) 中・下流の砂防ダム…高い主ダムと低い副ダムが1組になっている。上流部分に土石流を堆積させて災害を防ぐのが目的。主ダムを越えて落ちてきた土石流の高度差エネルギーを減らすことで、副ダムを越えられないようにする。時間がたてば少しづつ土砂で埋まってしまうが、それでも傾斜は緩やかになり、土砂はそれだけ運ばれにくくなるという考えだ。

〈砂防堰堤；主と副の2重構造〉

ダムの上流と下流では流れの様子が全然違う、上流の流れは静かで河床の礫も見えないが、下流は流れが速くて波立ち、大きな礫が川原にごろごろしている。主ダム・副ダムとも河床は殆ど上砂で埋まっているようだ。

小野によると、右図に示したように、自然のままの急な川では岩盤が露出していたりして河床にデコボコがあり、大きな礫はそれにひっかかる。また、礫の間を細かな砂利や砂がたくさん埋めていないと大きな礫は洪水時に運ばれにくいということが最近の水路実験から確かめられているという。そうすると、急な自然の川では、細かい砂利がたまるので、大きな岩石もいっしょに動かされる。

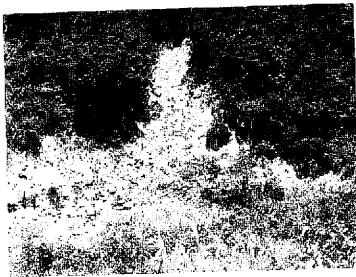
〈砂防ダムと河床の岩くず(礫)の動き〉(横山1996による:「川とまわり」編)



〈周辺の観察〉



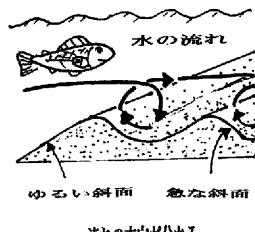
〈ダムの掲示板〉



〈川岸の崖崩れで砂ができる〉



〈水の流れが作る渦痕(れんこん): 水中にもできる〉



〈流れの方向が分かる〉

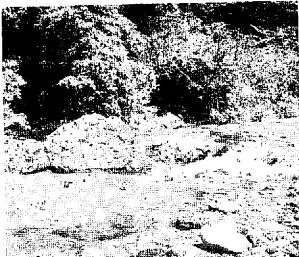
(3) ダム湖と支流の様子

① 桑島大橋上流…広い川原にかなり大きな礫をはさみながら大きさのばらついた礫が、きれいなインプレッションを見せて下流に傾いている。礫種は今までと同じ。

② 支流の大嵐谷橋付近…地質図ではここから飛騨片麻岩地帯に入っている。川原の石は全体的に白っぽく、砂礫の淘汰も悪くて今までとは明らかに違っている。川の中には、今までには見られなかった片麻岩の大礫が散在している。ここから本流の手取川に片麻岩が供給されていくのだろう。また川原では結晶質石灰岩も見つかった。これは片麻岩の岩脈からの物だろう。



〈桑島大橋上流のインプレッション〉



〈大嵐谷川の片麻岩〉



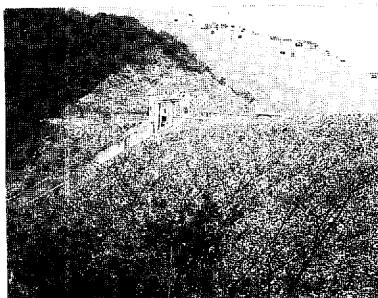
〈川原の典型的な片麻岩〉



〈結晶質石灰岩〉

(4) 手取ダム…多目的ロックフィルダム

① 概要…昭和55年完成。堤長420m、堤高153mの国内2位の多目的ロックフィルダム。ダムの法面には、この付近の五味島層を形成している五味島礫岩を使用している。この層は手取層の基底礫岩層で、下位の飛騨变成岩類とは不整合である。ダムは場所や用途によって重力式コンクリート式、アーチ式、ロックフィル式などの構造があるが、ダムを建設する場所が岩盤でなくて、しかも岩石が近くから用意に入手できる場合などによくロックフィル式が使われる。ダムは川をせき止めて作られたものだが川でも湖でもない。川は常に上流から水を流しているし、湖は流れから独立した水塊である。手取ダムは満水の状態で平均67日かかって水が出ていく。したがって、水の流れから考えるとダムは湖と川の中間と言える。

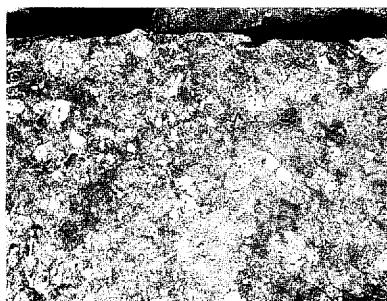


② 五味島礫岩の観察…ダムの法面や周囲の五味島礫岩を観察すると、花崗岩や片麻岩、特に白っぽい結晶質石灰岩などの、こぶし大程度の礫を含む物が多い。次ページ写真のように、種々の大きさの礫を含むのが特徴で、その表面も丸いものや角ばった物などいろいろである。また、礫同士は離れていて隙間を砂が埋めている。これは当時（1億数千年前）の十石流の跡と考えられる。

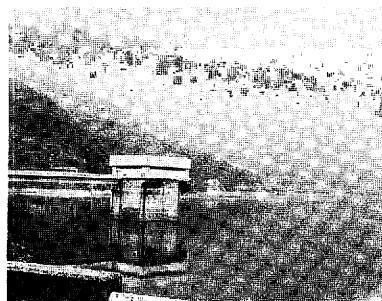
③ 地形の観察…ダム湖に接する山の稜線が地にり地形になっている。ダムを作つて水を貯めると、周囲の山で地にりを起こすことがあり、その影響ではないかと考えられる。（次ページ写真参照）

④ 河川勾配と粒度分布…粒度分析の結果で書いたように、ダムを境に砂の粒度は細かくなり、河川勾配は緩やかに変化する。ダム湖内の④大嵐谷地点の重量累積粒度曲線を見ると(下右グラフ)、細かい方に砂の供給が2箇所ある。これはダムによる河川勾配変化(人為的に長期間水を貯めおくことも含めて)の影響ではないだろうか。つまり本来の細かい砂に、貯めおくことにより堆積する細かい砂が新たに加わったと考えられる。このように見えてくると、砂の粒度、及び河川の縦断曲線の変化に、ダムの存在は大きく影響していると言えるだろう。

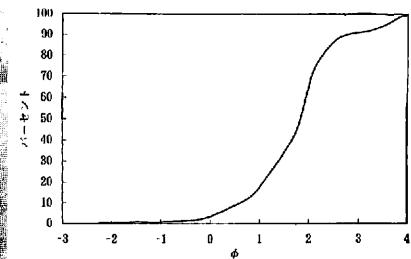
したがって、P13の[1]で行なった「砂の生成の分析」で、ダムより上流を除いて考察したことは、ダムによる人為的影響の大きさから考えて、妥当であったと言えよう。



(土石流の跡)



(ダム周囲の地図り地形)



(大嵐谷の重量累積粒度曲線)

(5) ダム下流の観察…断層とダムの影響

手取ダム下流で河川勾配はやや上下する。また、ダムの影響が下流にどう反映しているのかを観察する。

① 東二口大橋の逆断層…ダムを出た付近の河川勾配がやや上下している。この辺りの地質図を見ると、川を横切って断層が走っている。これは飛騨片麻岩と五味島礫岩の逆断層である。写真左のように、橋げたの下は飛騨片麻岩(下流側)だが、上流側は五味島礫岩が見られる。この断層が河川勾配に乱れを起こしたものではないか。



(橋の下の逆断層：飛騨片麻岩・五味島礫岩)



(女原の川原：砂はない)

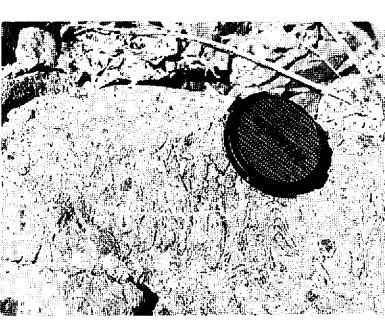
② 女原の川原…川原はゴツゴツした大きな岩が多い。砂は殆どなく、採取できなかった。上流のダムで砂は留められ、放流した時も流れが急でここには堆積しないからだと考えられる。川原には大礫が目立つが、上流から流れてきた物としては大きすぎるし、ゴツゴツしている。種類もここの地質を反映する五味島礫岩が多く、この付近の崖が崩れてできた岩だと考えられる。川原の石の中にはこれまでの上流とは異なり、桑島砂岩や五味島礫岩が新たに見つかった。共に川の周囲やダムの周りの地質で、そこから流れ込んでくることは十分に考えられる。また、ここでも大嵐谷と同様に結晶質石灰岩が見つかったが、これらはその礫を含む五味島礫岩がある地域なので、片麻岩の岩脈からの礫か、あるいは五味島礫岩の中からか、可能性は2つ考えられる。

(6) 潜戸里野…川原の石の観察と漣痕

① 川原の様子…地質図では片麻岩地帯を抜けて、手取層群の桑島砂岩頁岩互層に入る辺りになる。川岸には、流れで削られ風化する際に固さの違いによって凹凸ができ、互層の様子が分かりやすくなった崖が観察できる。川原の水や砂が少ないので、上流のダムの影響だろう。ここでも川岸の崖から落ちた大きな礫が見られる。

② 川原の石の観察…この川原では、上流の地質状況を反映する多くの石を採集することができる。桑島層の砂岩・礫岩・頁岩、飛騨片麻岩、結晶質石灰岩、五味島礫岩。それにダム上流の赤岩砂岩や安山岩、ひん岩なども、数は少ないが見つけることができる。これらはダムができる前に供給された可能性もあるし、放流の際に流れ込むこともある。黒色の泥質頁岩や砂岩にはシジミ貝の化石の入ったものがあり、爪石として知られている。

③ 漣痕(リップルマーク)の観察…砂防ダム上流の波の静かな川岸で見た漣痕(P16圖)が、ここでは泥岩の地層中に保存されている。当時の環境を推定すると、泥が堆積するような場所なので、静かでそんなに流れはなかっただろう。具体的には、大きな川の河口付近か湖の岸辺辺りなどが考えられる。漣痕の傾きで当時の流れの方向が推定できるが、ここでは波形の先端がやや丸い感じで、行きつ戻りつの振動波だったことも考えられる。



(テトリシジミの爪石の表面)



(桑島砂岩層の漣痕)

《中流域の觀察》

どこからが中流域かという境界は難しい。最初に書いたように河川縦断曲線（普通日盛）形で見ると、手取ダム上流までは急で明らかに上流だろう。ダム下流においても、瀬戸野辺りまでは曲線もデコボコして安定性がなく、また河川地形の観察からも上流と考えられる。その後は峡谷、扇状地と続くが、これらは一般的には上流または、上流から中流にかけての地形として位置付けられている。ただ河川勾配を見ると、峡谷辺りから地点⑭の扇状地まではほぼ同じで、その後は緩やかになる傾向が見られる。したがって手取川の場合は、教科書で扱うような一般的河川とはやや異なり、この峡谷辺りから扇状地形成までを中流と位置付けるのが妥当と思われる。峡谷と同時に、中流域の地形と言われる河岸段丘の見られることからも、この分け方がこの河川には合っていると思われる。

④ 手取峡谷の観察…始まりから終わりまでの様子

瀬戸野から下流へ尾添川合流後しばらく行くと、川の両岸が切り立った「手取峡谷」に入る。下吉野から白山下にかけてのおよそ7kmに渡り、河岸段丘の下に流紋岩溶岩や凝灰岩を削った30mあまりの深さの峡谷が続いている。両側の絶壁からはいくつか滝も流れ落ち、河床には大小無数の甌穴も見られ、手取川流域屈指の景勝地として知らされている。峡谷ということで、ここ一帯の河川勾配の変化の調査、および砂の採集はできなかった。そこでここでは、峡谷の始まりから終わりまでの地形の変化を中心に観察する。

(1) 対山橋…峡谷の始まり

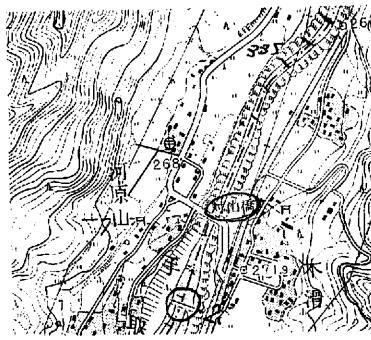
下の地形図を見ると、対山橋の少し上流を境に川の両岸に崖の記号が現われる。これが峡谷の始まりと考えられる。そこでここから観察を始めた。対山橋から上流方向を眺めると(下左写真)、右岸(向って右)はやや切り立って峡谷っぽいが、左岸(向って左)には礫の川原が広がっている。ただ、左岸のもう少し上流方向を見ると白い建物が建っている辺りは下が切り立って峡谷っぽくなっている。下流方向を見ると、川幅が狭く両岸は切り立っていて峡谷地形と言ってよいだろう。したがってここが「手取峡谷」の始まりと考えられる。地質図を見ると、こちらの地質は安山岩地帯である。下流の流紋岩や流紋岩質火砕岩でできた峡谷と違ってそれほど急ではないのは、その影響かもしれない。また、地質図では橋の下流辺りに断層線が走っている。下流を見ると堰堤の落差が見られ、その左右の山は谷地形になっている。この落差のある所が断層線の場所なのかもしれない。



〈上流方向：峡谷の始まりの様子〉



〈下流方向：緩やかな峡谷地形〉



〈対山橋付近の地形図〉

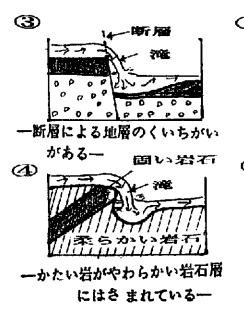
※縮尺1/5万の地形図引用

(2) 繊ヶ滝…下刻作用の差から生まれた滝

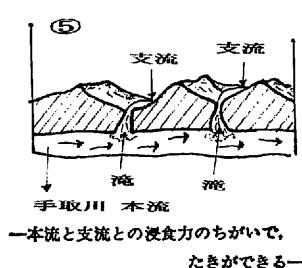
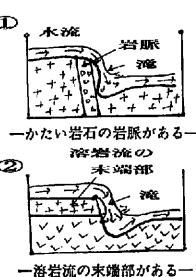
手取川の支流の駿馬川が本流と合流する場所にできた滝。落差約20m、幅約2mの一文字滝で、滝壺近くまで下りることができることから観光名所にもなっている。この滝を初めとして、手取峡谷にはいくつかの滝が流れ落ちているが、その多くは支流が本流と合流する場所である。これは、一般的の滝のでき方としては珍しいものである。

特徴的な河川地形④ 滝のでき方

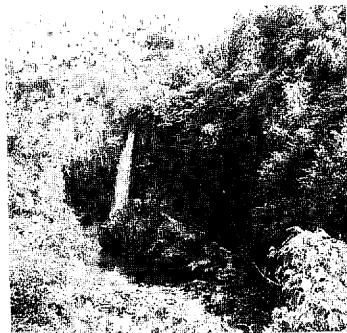
滝のでき方にはいろいろな要因がある。普通は下左図のように、①固い岩石の岩脈がある場合や、②溶岩流の末端部にできる場合、③断層による地層の食い違い、あるいは④硬い岩の層が軟かい層にはさまれて川の上流に向って傾斜している場合などが多い。ところが手取川の滝は、支流の谷底が本流よりもはるかに高い位置にとり残されていて、合流点付近で支流の流れが急降下するという形である。これは、⑤本流の手取川の侵食力が支流の侵食力よりも如何に大きいかを物語っている。このような谷は氷河地形ではよく見られ、「懸谷」と呼ばれるが、今の河川では非常に珍しい河川地形である。



〈ふつうの滝のでき方〉



〈手取川峡谷の滝のでき方〉



〈峡谷へ落ちる綿ヶ滝〉

(3) 不老橋

…流紋岩質火砕岩の峡谷

橋の下の河床は、流紋岩質火砕岩の凝灰岩地帯にある。安山岩地帯の対山橋と異なり、急な崖の典型的な峡谷地形である。河床には凝灰岩が削られた窓穴も見られる。

(4) 黄門橋

…流紋岩質溶岩および岩脈の峡谷

流紋岩質溶岩および岩脈を削ってできた峡谷。川岸には大小の窓穴が見られ、滝も何本か峡谷に流れ込んでいる。手取峡谷を代表する景勝地である。不老橋付近と比較しても、より険しい感じで、不老橋付近の流紋岩質火砕岩(R)と、この辺りの流紋岩質溶岩および岩脈(R_h)の地質の違いが反映しているのかも知れない。右岸の奥方向には、ここらの地質を形成している雲竜山が見える。周囲の山と違って釣鐘状の形をしているのは、粘気の多い岩質のせいである。



〈不老橋付近の峡谷〉

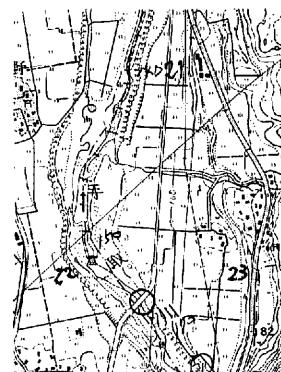


〈黄門橋付近の峡谷〉

(5) 雲竜橋…峡谷の終わり

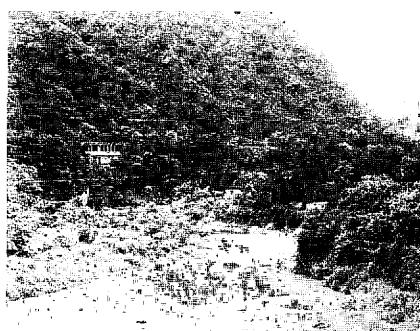
上野の雲竜橋辺りにくると、景観が変化していく。

両岸は広い段丘堆積物地帯になり、下流にはもう峡谷地形は見られなくなる。地形図を見ても、この橋辺りを境に下流方向には崖の記号が見られなくなっていく(右図)。上流を見ると(下左写真)、左(右岸)の白いスノーケルターと右下の家の間が狭くなっている。下流の右岸(下右写真)には、ここに分布している上野(ゆの)の泥岩・頁岩互層が右岸手前に見られるが、雲竜山の流紋岩質溶岩および岩脈の熱変成を受けて、青っぽく変色しているのが分かる。ただ雲竜橋よりさらに下流を見ると、地形図(右)のように左岸から離れて崖が見られ、右岸も少し下流に崖が見られる。この左岸の崖は、かつてここらの川幅が常時広かった時に側面侵食されてできたものだろう。



〈雲竜橋付近の地形図〉

*国土地理院2万5千分の1地形図引用



〈上流方向：峡谷の終わり部分〉



〈雲竜橋から見た下流方向：右岸手前は上野層。もう峡谷はない〉

5 河岸段丘付近の観察

手取川には黄門橋から鶴来町にかけて「河岸段丘」が発達している。特に河川勾配がやや急になる地点19付近から下に顕著である。ここではその前後の地形観察の結果を紹介する。

(1) 合流による影響と「めがね岩」…大日川との合流地点「江津」

橋の手前で大日川と合流する。合流直後の手取川右岸に大きな、砂が主体の川原ができる。また、川の中はかなり大きな礫や小石も見られる。峡谷を作った急流が洪水などの際に、この大きさの礫を一気に上流から運搬してきたものと思われる。また合流付近の川原には、大日川から供給された多くの小石が堆積している。砂が大量に堆積しているのは、この橋で合流して川幅が大きくなっていること、流路が変化していることに関係していると思われる。その結果として、河川勾配はこの地点⑫から下流にかけてやや緩くなっているのだろう。

また橋の約100m下流の河床には通称「めがね石」と呼ばれる石英斑岩の岩脈が見られる。川の侵食で周りの軟らかい凝灰岩類が削り取られ、更に中央部が侵食を受けてこのような形になったものと思われる。



〈大日川との合流点付近〉



〈江津橋下流河床の「めがね岩」〉

(2) 典型的な河岸段丘…白山町付近

遷移点[5]を少し過ぎた白山町では、典型的な河岸段丘の様子がよく観察される。

特徴的な河川地形⑥—河岸段丘のでき方には2種類ある！

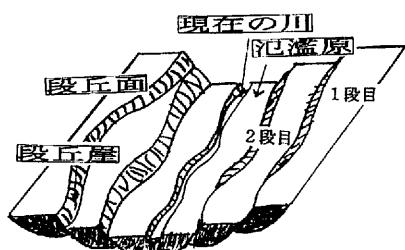
1. 河岸段丘の定義と概説…川が作る平野は、自然のままなら洪水が氾濫してできる平野で、その形成時期は沖積世(完新世)であることから、沖積平野と呼ばれている(P11地質図中のa)。ところが日本では過去(主に更新世)に河川が作った平野面が沖積低地より高く、台地または段丘をなすものが少なくない。これを河岸段丘と呼ぶ(地質図中のt₂)。

平らな部分を「段丘面」、崖の部分を「段丘崖」と呼び、段丘面は上位にあるものから第1、第2段丘と呼んだり、上位、中位、下位段丘と呼んだりする。右図の第1段丘面と第2段丘面との間の段丘崖は第2段丘面と同時に作られたものである。つまり、段丘崖の形成期はその下にある段丘面の形成期と同じである。

2. 河岸段丘の成因…河岸段丘のでき方には色々な要因が絡み、実際のことはまだよく分かっていないというのが結論(貝塚1977)

のようだ。ここでは概略を説明する。でき方は大きく右表のように分けられる。その中で一般的には構造段丘と、海水面変動などによる堆積性の段丘が多いようである。構造段丘とは、地盤が隆起したり傾きを増す働きによって河川の浸食力が大きくなり、「谷中谷」(谷底平野の中にさらに谷ができる)ができて、元の河床面が新たな段丘面となつたものである。堆積性の場合は、氷河期と氷河期の間の海水面の上昇によつて川の水位が上昇して土砂の堆積が進んだあと、氷河期に再び水面が低下したり、豪雨により河床が削られたりして段丘が形成されたというものである(指導法の考察はVI節参照)。

3. 河岸段丘の利用…一般には、川に近いところの平地と、その外側の段丘面とでは、土地利用がかなり違つてくる。段丘面は一般に水が得にくいため、畠地や果樹園に利用され、道路や集落も発達している。水の得やすい谷底の平地には水田が多く、工場などが建つてゐる所もある。急な段丘崖の多くは森林や草地になつてゐる。このように急な段丘崖につけられた道路の多くは、ジグザグしながら登つていて。



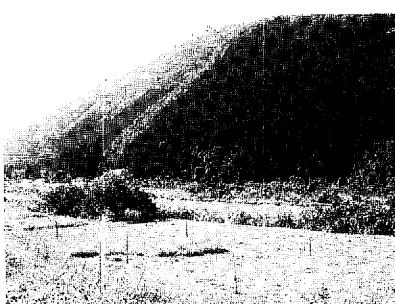
〈河岸段丘の構造と名称〉

〔河岸段丘のでき方〕

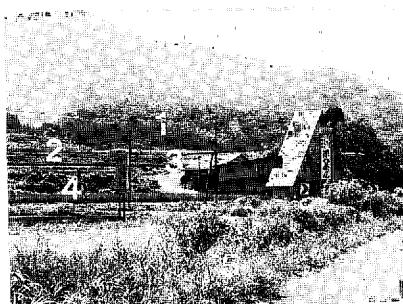
河岸段丘	侵食性	構造段丘 - 地盤変動
	堆積性	組織段丘 - 岩石の硬さの違い (岩盤は硬むかい)
	侵食性	突発的要因 - 大規模な崩壊・火山活動
	堆積性	海水面変動 - 氷河期・間氷期の海水面変動や、気候変化による流量変化

白山下の手取川右岸には、最高5～6段の河岸段丘が見られる。段丘面は地形図で分かるように緩やかな階段状の地形をしており、容易に場所を見つけやすく、段数も数えることができる。この地図では5段まで判別できる。

下真中の写真は、地図の◎点で撮影したもので、道路を含めて5段の段丘面が見られる。地形図の記号や観察から、こちらの段丘面の利用はほぼ水田と分かるが、これは発電所建設後のこと、明治初年までは鶴来町のタバコ産業の基礎となり、その後は桐材生産や畑作が行われていた。一方左岸を見ると、こちらは川岸まで山が迫つており、段丘面は見られない(下左写真)。このように手取川の河岸段丘形成は、左右同時には行われなかつたことが分かる。この、流紋岩質火砕岩の山が両側から迫つてゐる付近が遷移点[5]に当たる。ここから開けて段丘地形になったのが、河川勾配変化の原因だろう。



〈下流方向から：左岸は山が迫る〉



〈典型的な「河岸段丘」地形〉



〈白山町の地形図〉

※国土地理院2万5千分の1地図より

(3) 流紋岩の岩脈と用水取入口…一の宮大橋

① 川原の流紋岩の岩脈…大橋の下の川原には、ここらの地質を構成している流紋岩質火砕岩(リーフ)の中に流紋岩質溶岩および火砕岩の岩脈が貫入している様子が見られる。両端のグリーンタフに冷やされて、その方向に垂直に節理の入っているのが分かる。

② 大橋の上流方向右岸には、現在の用水の取入口があるが、下流には凝灰岩をくり抜いて作られた旧七ヶ用水の取入口が見られる。



《下流域の観察》

一般には扇状地の形成地点を上流から中流への変換点としている。しかし「中流域」でも述べたように、手取川の河川勾配曲線を見た場合、明確な下流は存在せずに扇状地のでき始める辺りから、川の流れが網状水路になったり、自然堤防や後背湿地ができたりと、中・下流特有の景観に変わり、そのまま海に流れ込んでいる。

そこで扇状地形成から下を下流と位置付けた。

6 扇状地地形…天狗橋付近

(1) 粒度分析結果から…2. (P12)で分析したように、山間を抜けた扇状地の扇頂付近でしばらくは河川勾配が上流に比べて緩やかになっている。これは、扇状地で一気に土砂が堆積し、河川勾配が緩やかになったためと考えられる。ところがその下の扇央部に入ると、河川勾配は上流部よりも却って急になっている。このような例は全国の扇状地でもいくつか知られており、それは山地内の峡谷部では川幅が基盤岩で限られるために水深と流速が増大し、緩やかな勾配が出現しているためと考えられる(「写真と図で見る地形学」貝塚他より)。

(2) 天狗橋付近の観察

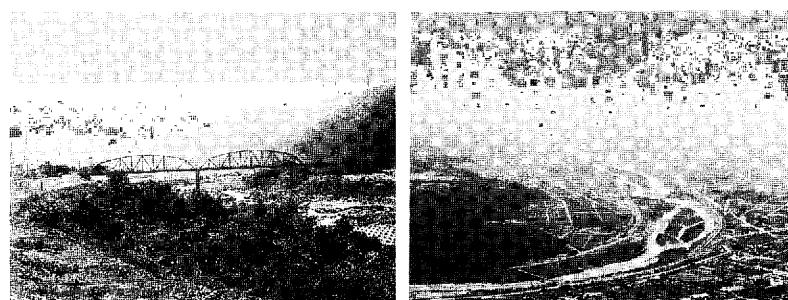
天狗橋から上流を見ると、下左写真のように山々が迫っていてここから開けており、ここが扇状地の扇のかなめ(扇頂)と分かる。ここを中心に半径12km、東の富樫山地と西の能美山地との間に約110kmの角度で広がる。

① 地名の考察…扇央部の地図(次ページ)を見ると、集落名の末尾に「島」の付いている所が、山地が迫っていない右岸の微高地に多く立地している。これらは何れも、洪水の被害を避ける場所を選んで集落を作ったなごりだろう。また扇端部の金沢市内には、「泉」の付く地名が多い。これも扇状地の末端部で地下水が清水となって湧き出していた地点を表すものと考えられる。

② 網状流河川…扇状地では砂礫堆が複数の列を作っているので、普段はその間をぬうように流れるため、網状流河川となるのが特徴である。

右の天狗橋の下流を見ても、獅子吼高原からの写真を見ても、扇頂辺りから網状流河川になっていることが分かる。川の両側には「自然堤防」と呼ばれる砂質の高まりができる(右写真の左の高まり)、その外側は泥質の「後背湿地」が広がっている。

(自然堤防、後背湿地についてはP39特徴的な河川地形⑤参照)



〈天狗橋下流から見た扇状地の扇頂〉

〈獅子吼高原から見た扇状地〉
(手前が天狗橋。下流は網状)

特徴的な河川地形⑤

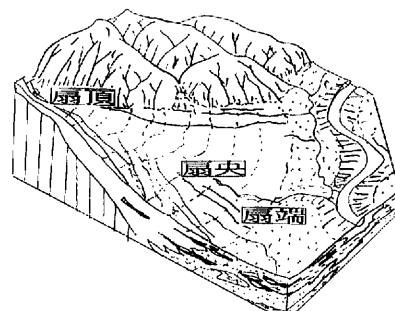
扇状地地形

① 概略…「扇状地」は、川が山間の谷からより緩やかな平地に出る地点を起点として、平地に向けて扇のように広がった地形を言う。扇の要に当たる部分を「扇頂」、扇の縁を「扇端」、扇頂と扇端の間を「扇央」と呼ぶ。扇頂から下流の扇端に向い徐々に勾配を緩めながら傾斜している。一般に勾配が1000分の1以上で砂礫からなる地形である。

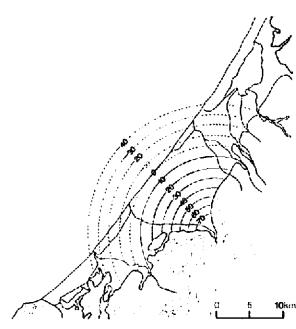
② でき方…川は山地の狭い渓谷から開けた平野に出ると、急に川幅が広がり、その結果流速や水深は小さくなる。すると土砂の運搬力も落ちて、山から運ばれてきた土砂は粗い砂礫から順に流れに沿って堆積していく。こうして扇状地ができるのだが、この地形は一気にできるのではない。川底が洪水による土砂の堆積によって高くなっていくと、より低い所へ流れようとする川の性質から、大洪水の度に流れの向きを変え、長い年月の間に放射状に堆積した扇状地を作ったのである。扇状地のできる条件としては、①上流の山地が侵食されやすく、急斜面である、②下流の土砂が堆積する地域が、川が自由に流れを広げたり移動したりできるほど広い、③堆積する砂礫が持っていたり、水面下に没してしまうような地形ではないこと、などがあげられる。

③ 手取扇状地の特徴…上の、扇状地形成の3条件から見ると手取川は、上流の白山火山や、中流の峡谷で削られる大量の凝灰岩や流紋岩など侵食されやすい山地を持っており、下流域の広い沖積平野と共に条件にかなっている。ただ、右図のように平野部が狭く、扇状地がそのまま海に接しており、このような扇状地を「臨海扇状地」と呼ぶこともある。

④ 地形的特徴と土地の利用…扇状地では、比較的粗い砂礫が厚く堆積し、川の水が地下に浸透しやすいため、普段は多くの水が地下に伏流し、扇端付近で湧水となって湧き出てくる。そのため扇央部は地下水位が低いので、水をあまり必要としない桑畑や果樹園などとして利用され、扇端では豊富な水を利用して古くから水田が開発され、集落が形成してきた。

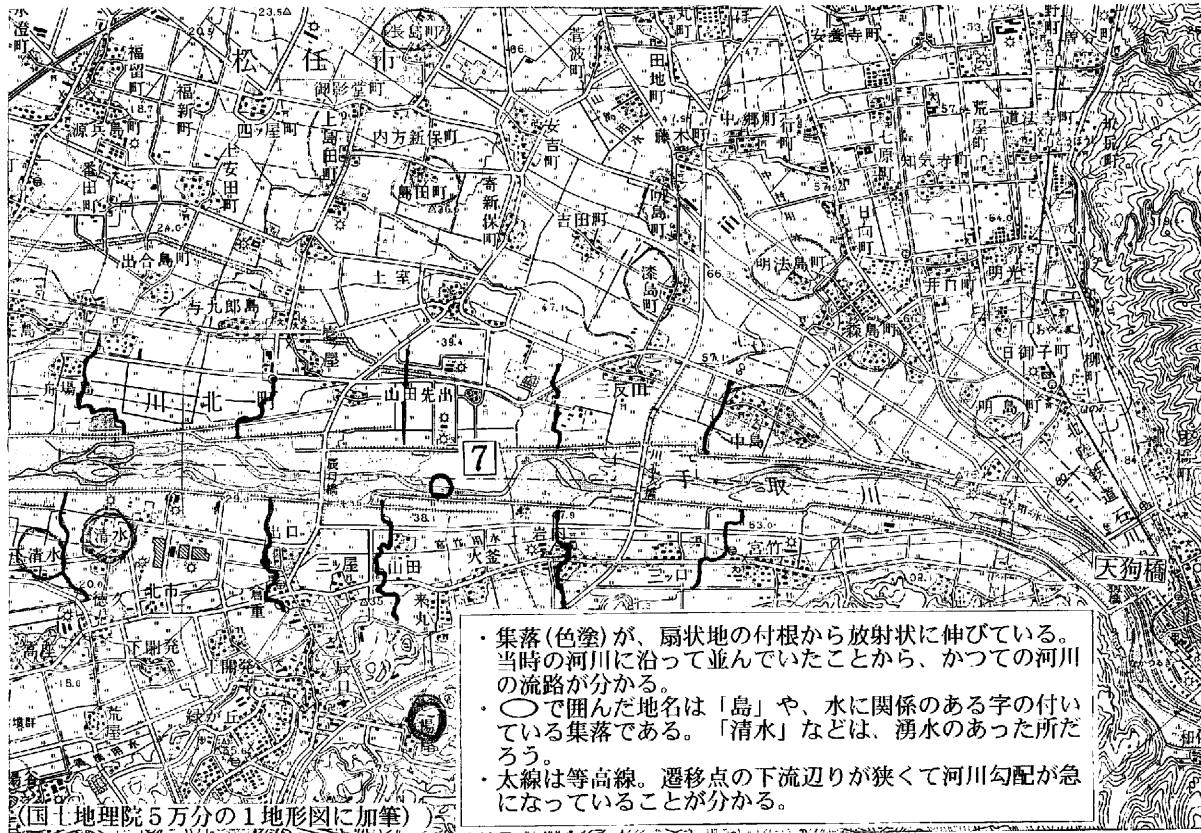


〈扇状地地形〉



〈海に接する手取扇状地〉

※アーバンポタ1992より



〈手取川扇状地内の集落名と網状流路の様子〉

[7] [8] 河岸段丘形成の先端か？…下流付近の遷移点の考察

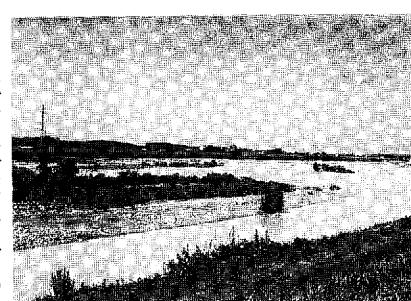
(1) 粒度分析結果から

① 地点⑯(遷移点[7])の影響をどう考えるか…縦断曲線はこの地点で河川勾配が急変化する。一方、13ページの粒度変化を見ると、この地点を境に大きく変化している。粒径($M\phi$, $Md\phi$)は急激に粗くなり、粒の揃い($\sigma\phi$)も悪くなり、ばらけてくる。Sk ϕ は一転してマイナス値を取り、粗い砂の供給が多くなる。この地点を除くと、粒度の各要素はその前後でスムーズにつながることがグラフを見ると分かる。したがってこの急激な変化は、この地点の局所的な要因によるものと考えられ、これらの事実は、全てこの地点の河川勾配が急になっていることと合致していると言えるだろう。この急な河川勾配の変化の原因として、扇状地堆積物中での地質的変化は考えられないで、この遷移点が、河口から形成された河岸段丘の先端にあたる可能性もある。

② 遷移点[8]の影響をどう考えるか…遷移点[8]付近での砂の採取ができなかったため、ここでも遷移点[7]のように大きな粒度面の変化があるのかは不明である。地形的面での観察から考察する必要がある。

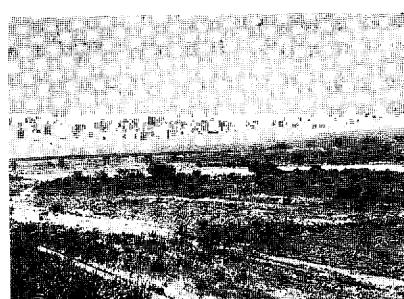
(2) 川北大橋付近(遷移点[7])の観察

① 流れの様子と地形の傾斜…遷移点[7](地点⑯)付近を観察しても、ここを境に段丘が形成されているかは、よく分からぬ。ただ川の様子は確かにここから波立っており、ここから下流では礫の大きさも粗くなっているようだ。右写真は遷移点[7]の少し上流からのものだが、途中から波立っているのが分かる。川釣りをする人の間では、ここから手取川大橋までは急流になり、よく釣れる場所だと経験的に知られているようだ(「いしかわ人は自然人」No.37・P16: 佐野 修)。そこで地形図の等高線の間隔を前後の場所と比較してみると、上図のように遷移点前後で狭くなっていることが分かる。この事実から、やはりこの付近の河床は急勾配に変化しており、それがこの地点の粒度分布の急激な変化の原因と考えられる。



(遷移点[7]付近の様子～波立っている)

② 網状流路区間と河川勾配…網状流路の特徴は、中洲から発達して水面に顔を出し植生がすみついで位置が固定した「島」のあることである(中洲と島とは植生の有無で区別する)。従来の研究では、流路が網状流路になるか蛇行流路になるかは、河川勾配に影響され、一般に傾斜が急になると網状流路になるとされている。そこで手取川の中洲の分布を調べてみると(上図)、扇状地の出来始めの天狗橋付近に少しあるが、目立ち始めるのは川北大橋を過ぎた辺りから河口にかけてである。距離にすると河口から10km前後辺りからで、これをP12の縦断曲線と比べると、ちょうど遷移点[7]の、河川勾配が急になる地点と重なる。その下の遷移点[8]は手取川橋上流の、河口から5km前後地点で、そこから中洲(島)は一層大きくなっていく。



(川北大橋下流の「中洲」…植物が生えて、島になっている)

(3) 扇状地の堆積土壌の調査から

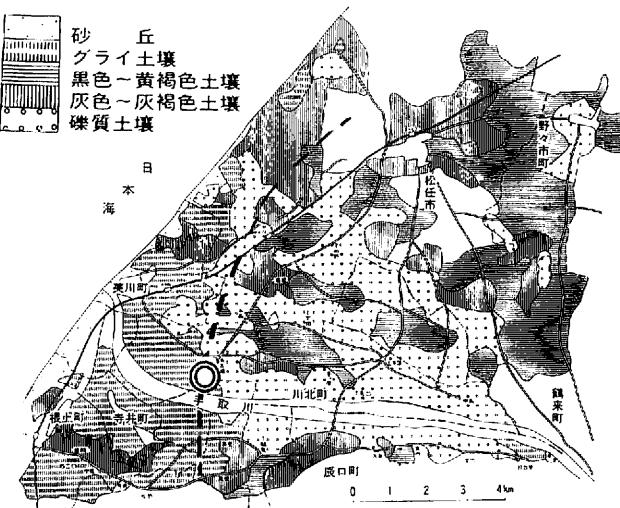
これまでの分析から、河口付近に遷移点ができた原因として、河岸段丘の先端という可能性を考えられる。ただ、扇状地と言っても、河川が絶えず流れを変えることによってできたことを考えれば、その全体が同じ堆積物であるとは限らないだろう。そこで扇状地の、特に河川の流れによって変化する土壌の分布が分かる資料を探してみた。その結果、右図の「手取川扇状地の土壌」(「川北町の自然環境」・藤)を得た。これを見ると、同じ扇状地内でも複雑に土壌が変化していることが分かる。特に注目したいのは、図の横線の「黒色～黄褐色土壌」の分布である。これを見ると、図のように鶴来町の扇央を中心にはば放射状に分布する傾向が見られる。これは、扇状地を形成した多くの河川が、この土壌を形成する砂礫をこの位置まで運搬してきたと考えれば説明がつく。そこでこの放射状の先端をつなぐと(図の点線：筆者加筆)、現在の手取川とは図の◎点で交差する。

この点は川北大橋の少し下流辺りで、丁度遷移点

⑧の位置と重なる。また、ここはグライ土壌の境目もある。すると、この扇状地内の土壌の違いが遷移点の原因とも考えられる。ただし、遷移点⑦については明確な土壌の違いは認められない。

以上の分析を総合し、これまでの考察の結果を次のようにまとめた。

手取川河口の扇状地内における遷移点形成の原因としては、・河口からの河岸段丘形成の先端によるもの、・扇状地内の土壌の違いによるもの、の2つが考えられる。どちらか、または他の要因があるのかについては今後の調査を待たねばならない。

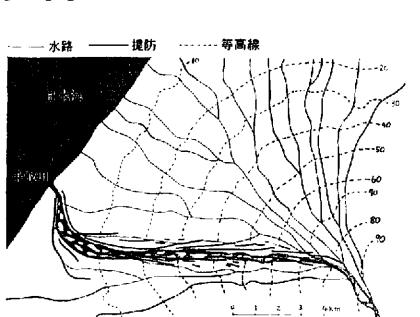


(手取川扇状地の土壌・「川北町の自然環境」(藤 則雄)より)

③ 霧堤などの治水工事…手取川中～下流の堤防には「霞堤」と呼ばれる、下流に向ってハの字に並んだ堤防を始め、急流河川ゆえのいろいろな治水対策が見られる。

特徴的な河川施設② — 堤防・護岸・水制 —

〈堤防〉 河川工事の基本は堤防である。越流堤や横堤など、目的に応じて種々の形がある。霞堤は、堤防の間があいていて、洪水になるとその隙間から水が堤防の外へあふれ出るようにしたものだが、手取川は地形勾配が急なため、水は堤防が重複した空間にたまって大きく溢れることはない。水が引き始めると、溢れ出した水が再び堤防の間から川に戻るという巧みな構造になっている。今では放射状流路は1本の河道に整理され、残りの流路は農業用水路などに使われている。この他にも洪水を防いだり川岸を丈夫にするためのいろいろな工夫が見られる。これも元々「暴れ川」だったからだろう。



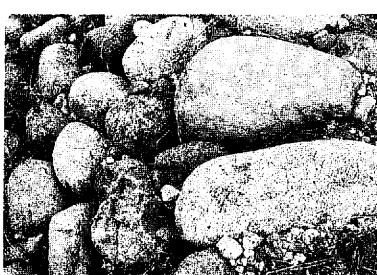
〈護岸〉 堤防を流れによる侵食や浸透から守るために設けられる被覆を護岸と言う。かつては柳などの植栽や石張が主であったが、現在ではコンクリートブロック張などが一般的である。

(手取川の放射状流路と霞堤群)

〈水制〉 堤防の保護、護岸前面の洗掘防止、河床の安定などのために、堤防の前面に配置される構造物を水制と言う。水制には、川岸から川の中心に向って杭を打ち込んだ「杭打水制」と、急流河川で杭打ちができない場合、おもし籠などの石材を使って、川床に固定する「牛水制」、さらに牛水制と違って水制の中に流水を通さずにブロックして跳ね返すことで水の方向転換を図る「ブロック水制」とに大別される。



〈霞堤の様子～石垣が延々と続く～〉



〈霞堤を作る石～礫岩などが多い～〉



〈ブロック水制の一つ～蛇籠～〉

※霞堤を作っている大小の礫は、手取川下流の石を用いているようだ。したがって礫岩や安山岩、流紋岩が主で壊れやすい泥岩や頁岩は見当らず、砂岩も少ない。この石を観察する活動を行なっても面白いだろう。

9 下流～河口の観察

手取川大橋付近で川の流れは北東に向きを変える。これは石川県の加賀地方の海岸に特有の、海岸砂丘の形成によるもので、加賀地方の河川に共通する特徴と言える。また、この付近の海流の流れが南西から北東方向であることも関係しているのだろう。手取川下流の特徴は、これまで見てきたように、いわば「中流のまま海に流れ込む」形である。したがって、下流の川北大橋下流に大きな流木が見られたり、手取川大橋付近でも、かなり大きな「爪石」を見つけることができる。海に流れ込む美川大橋下流の河口付近でも、河原にはかなり大きな礫が多量に堆積している。児童・生徒にこのような様子を観察させることで、手取川の特徴を考えさせたいものである。



（川北大橋下流の大きな流木）



（手取川大橋付近で見つけた「爪石」）

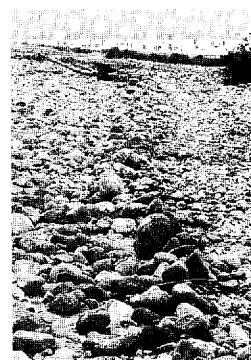
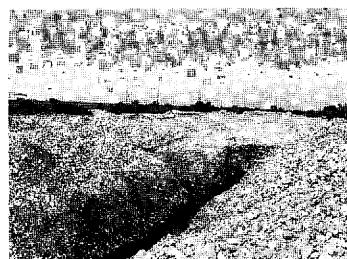
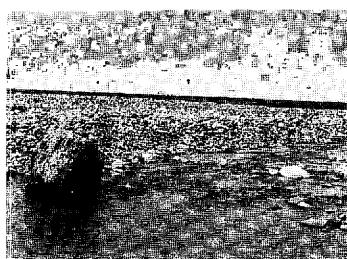


（美川大橋下流の河口：礫浜）

《人為的に変化している景観…児童・生徒の見学で気をつけたい点！》

手取川下流付近の景観には、かなり人為的に手の入ったものが見られるので観察の際に注意したい。例えば、川中に大きな礫(?)がありピックリするが、よく見るとコンクリートの塊で、おそらくこの付近の工事の物だろう。また、

深くて細い支流が何本も見られることがあるが、その多くは人工的に作られた水路である。河原には礫が規則正しく並んでいる（インプリケ）



（礫と違うコンクリートの塊）

（何本もある人工的な水路）

（人工的な礫の並び）

ーションではない）のが見られるが、これはおそらく河原上を移動した工事車輛の跡だろう。

10 河口付近の乱れの考察

⑩の河口まで2.5kmを過ぎた辺りから、粒度的に大きな乱れが見られる（P13参照）。⑪美川大橋上流までは急激に粗くなり、ばらつきも大きくなっている度合いは上流並みになる。外部からの粗い砂の供給も大きくなる。その後河口ではやや持ち直し、粒も細かく粒度も揃う傾向になり、外からの粗い砂の供給も減少傾向となる。この河口付近での急激な変化の原因は何だろうか。そこでこの原因は「河口からの海砂の影響（逆流）ではないか？」と仮説を立ててみた。以下この仮説を検証する。

【検証】

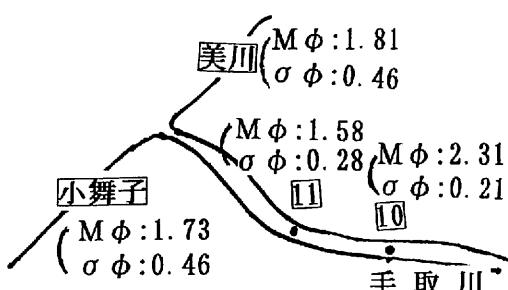
河口の粒度の乱れは海水の逆流の影響ではないか？

海岸からの砂の流入が原因とすれば、満ち潮や引き潮に伴って沿岸の海岸の砂が流入してくることが考えられる。この付近は南からの沿岸流により、砂は南から供給されており、粒度面の変化は南から北へ、ほぼ一様に変化していく規則性があることは、前回の「石川の自然」の調査で明らかになっている（「石川の自然」第20集 地学編⑨「石川の海岸地形を読む」参照）。

そこで、手取川河口の南と北にある「小舞子」と「美川」の海岸の砂浜の砂と、手取川河口の砂とを比較してみた。結果は右図のようになった。手取川河口のグラフ変化を見ると、仮説が正しければ⑩地点までは海からの影響はなく、⑪地点からその影響が入ると考えられるが、右のデータではどうだろうか。

M_dφは⑩地点の2.31に小舞子の1.73が混じって美川の1.81になったとすれば大まかな傾向の説明はつく。⑪地点より下流については、その混ざり具合の変化過程と捉える。同じことはM_dφにも言えるが、河口での細かさが美川よりもやや細かい点が違う。σ_dφについては、⑩地点の0.21に小舞子の0.46が混じって、美川の0.46になったということになり、手取川の南北で値が同じだが、⑪地点の粒度の揃いは、小舞子からの砂のばらつきにより消されてしまったと解釈すれば、これも大まかな傾向の説明はつく。ただ河口付近での大きな乱れは、他の要素からと考えられる。S_kφについては、⑩地点の-0.22に小舞子の-0.09が混じって美川の-0.12になったということになり、変化の傾向は説明がつく。ここも河口付近では変動が大きい。

このように見えてくると、粒度の各パラメーターの変化は、河口からの海水の逆流の影響として解釈できそうである。ただ、何れのパラメーターも河口付近で値がかなり変動しており、このような傾向が他の河川でも見られるかどうか今後の調査の結果とも比較する必要がある。



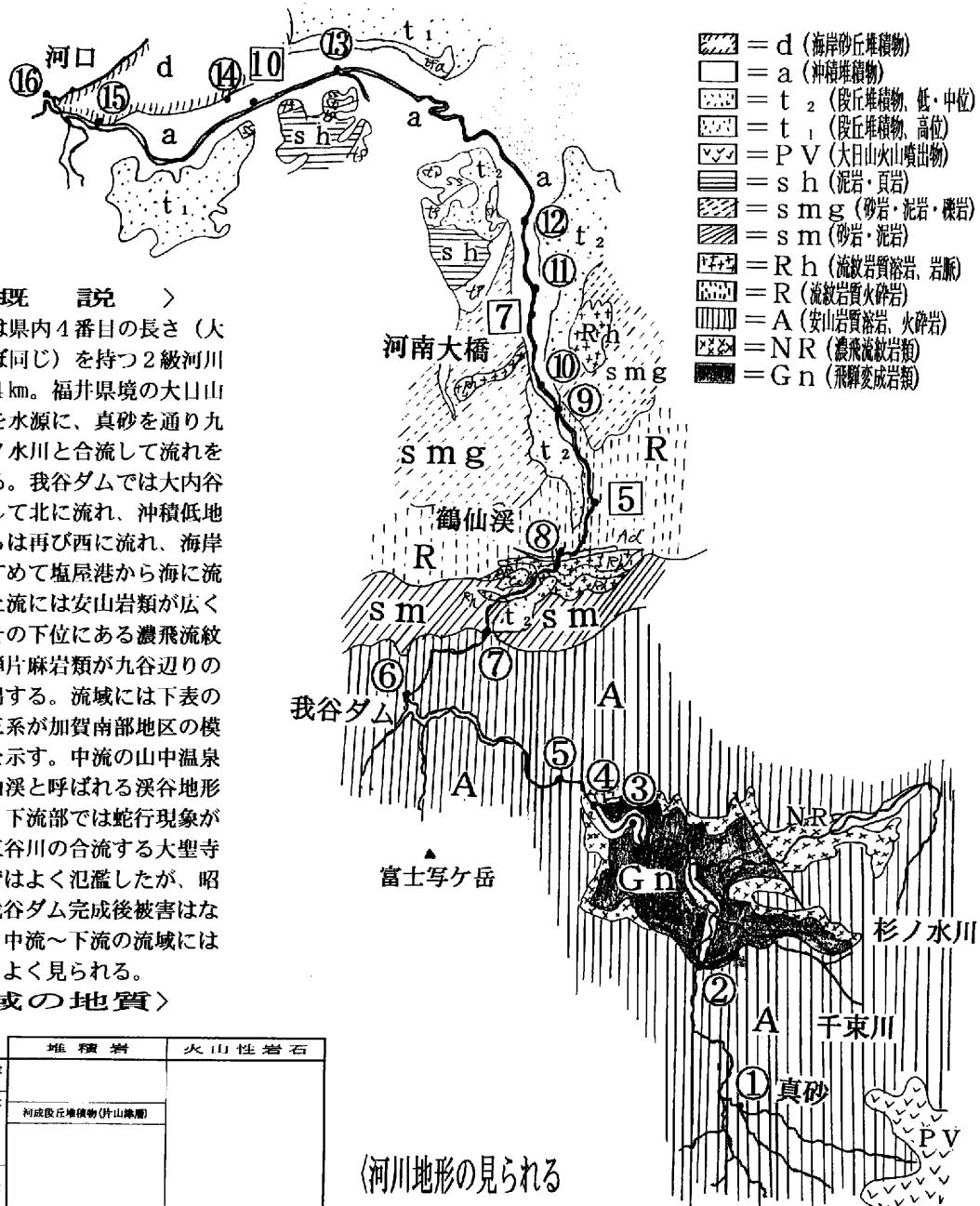
（手取川と沿岸の砂の粒度の比較）

V 県内各地の河川地形を読む

1. 下流に砂礫の崩壊点がある大聖寺川

事前調査

1. 大聖寺川流域の地形・地質図と遷移点の場所



〈 河川地形の見られる 主な箇所 〉

上流

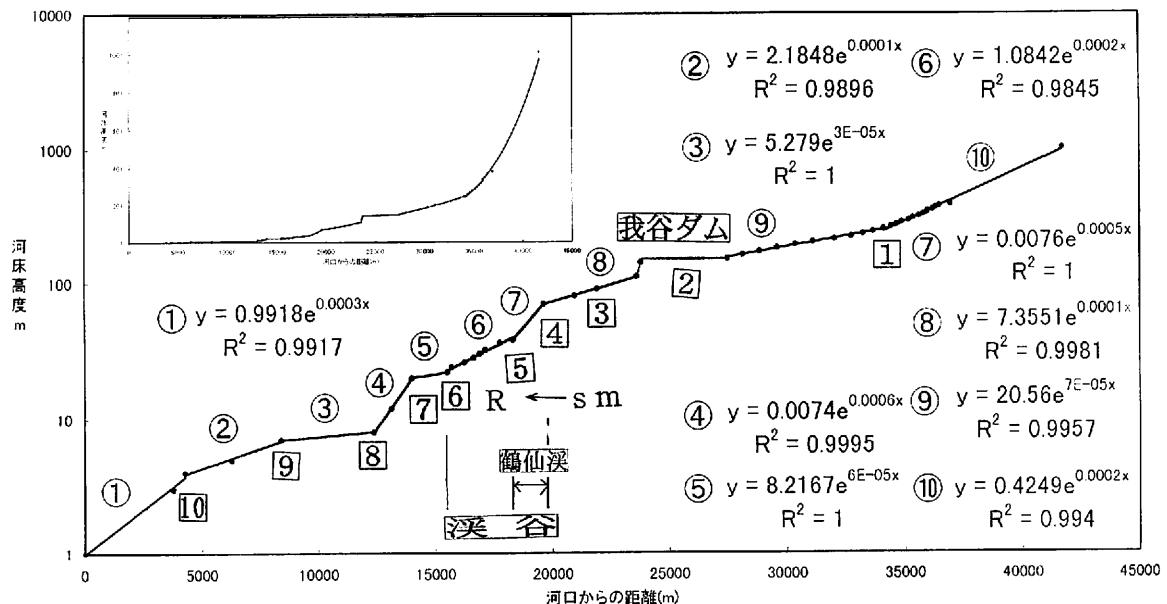
- ① 真砂町…上流の様子
- ② 千束川合流点より上流…地質の遷移点(A→Gn)と地形の様子
- ③ 中島橋付近…かつての「氾濫原」、断層、地辺りと流路の変化
- ④ 地蔵橋下流…地質の遷移点(Gn→Nr)
- ⑤ あそ橋上流…大礫の目立つ箇所
- ⑥ 我谷ダム…上・下流の比較

中流

- ⑦ 我谷町…地質の遷移点と地形(A→Sm)
- ⑧ 鶴仙渓…渓谷地形
- ⑨ 二天橋付近…渓谷の終わり
- ⑩ 河南町付近…河岸段丘
- ⑪ 大堰宮公園…河川敷の利用
- ⑫ 保賀橋…下流の様子、中州
- ⑬ 三谷川放水路…放水の影響
- ⑭ 上木町…後背湿地
- ⑮ 塩屋大橋…河口付近の様子
- ⑯ 河口…様子、砂浜との比較

2. 大聖寺川の縦断曲線と調査ポイント

1. 大聖寺川の縦断曲線



《縦断曲線の分析》

手取川と同じく指数曲線に近似できるが、意外にもその傾きはより急で、近似率も良い($R^2 = 0.9683$ 。つまりより平衡河川に近い。詳細は第VI節P58参照)。特に鶴仙渓より下流はほぼきれいな指数曲線になっており、ここで典型的な中～下流の河川地形が見られる可能性がある。片対数グラフから図のように計10本の指数関数グラフの連続と捉えた(ダムの部分は除く)。これを手取川と比較し、次の差異点と共通点に気付いた。

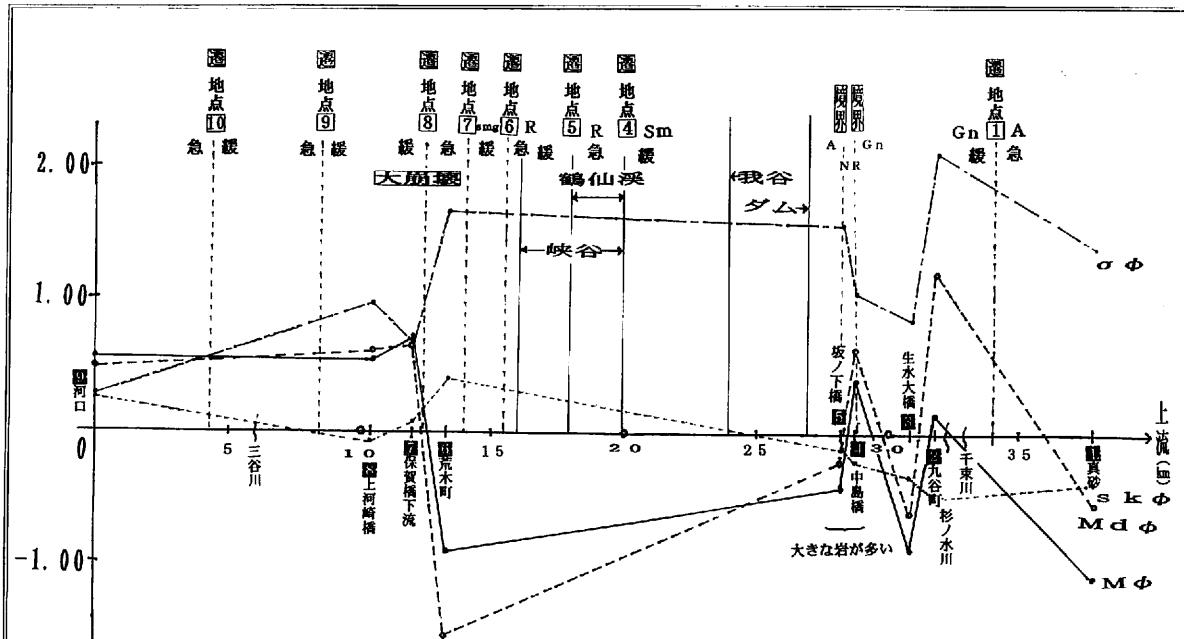
- (1) 手取川の場合は、最上流を除くと片対数グラフの傾きは概して下流に向う程大きくなる傾向にあったが、大聖寺川では、[4]、[7]辺りで急に傾斜が大きくなる特異な変化を示している。
- (2) 河口辺りの変化を見ると、特に下の3本のグラフ変化の傾向はそれぞれ手取川と似ている。しかも、それぞれの境目の位置は、標高は異なるが河口からの距離はほとんど同じである。詳細は第VI節で。
- また、手取川はごく河口近くで急に勾配が増す。これが、手取川の全体的傾斜は大聖寺川より緩やかなのに、急河川と感じる理由なのかも知れない。

大聖寺川の縦断曲線は、合計10本の指数関数グラフの連続でできており、平均勾配は手取川より急だが平衡河川に近い。グラフの傾きは最上流では大きく、その後は一般的に下流に向かう程大きくなる傾向にあるが、中～下流付近で2箇所、急に変化する箇所があるのが手取川とは異なる特徴である。

2. 調査地点と観点の設定

- …地点番号は前ページの地形図中の番号
- もそれに関係ありそうだ。
- [1] 地点②・千束川合流前(河から34m、高さ250m)…ここを境に、急な河床勾配がやや緩くなる。地質的には安山岩(我谷層)から片麻岩への境界にあたる。飛騨片麻岩が固くて削りにくいのが原因かも知れない。
 - [2] 地点⑥・ダムの上下の河床勾配の変化…グラフの近似式は我谷ダム上流の河川勾配が下流の勾配より小さい。この傾向は手取ダムと同様で、ダム建設による砂礫堆積状況の変化が(上流で堆積、下流で侵食)、この地点を境に河床勾配を変化させたと考えられる。
 - [3] 地点⑦・我谷町辺り(河から22m、高さ90m)…安山岩から砂岩・泥岩(栢野層)への境界。ここから傾斜がやや急になるのは、地質の違いによる変化ではないか。
 - [4] 地点⑧・おろぎ町、萬歳橋付近(河から19.6m、高さ70m)…ここを境に河川勾配が急になる。地質図では砂岩・泥岩(栢野層)から流紋岩質火碎岩(山中層)に変化する辺りで、流紋岩質や安山岩質の溶岩も複雑に挟まれている。地形的には渓谷の「鶴仙渓」が始まる地点である。やはり地質の違いが河川勾配と地形変化の原因と考えられる。
 - [5] 地点⑤・山中温泉(河から18m、高さ38m)…ここで勾配は、やや緩やかになる。地質的には上流と同じ山中層だが、[4]で書いた複雑な層が挟まってこないので変化の原因かもしれない。渓谷中だがここで鶴仙渓が終わるの
 - [6] 地点⑨・二天橋付近(河から15.5m、高さ22m)…ここからやや緩やかになる。山中層(R)から河南層(smg)や、河成段丘堆積物(片山津層)への境界付近で、地質の変化が原因と考えられる。地形図ではここで峡谷地形も終わるので、現地の観察で確かめたい。
 - [7] 地点⑩・河南大橋上流(河から14m、高さ20m)…ここから急傾斜となる。下流付近のこのような変化は手取川では見られない。地質的には河南層中に流紋岩の山中層を挟んでいる地点だが、これが影響するなら、固くて河川勾配は緩やかに変化すると考えられる。砂の粒度変化や現地観察を含めて、総合的に考察したい。
 - [8] 地点⑪・保賀橋上流(河から12m、高さ8m)…ここを境に河川は急に緩やかになる。地質的には沖積堆積物。ここから広がっているのが原因かもしれないが、[7]の急変化との関係も含めて、総合的に考察したい。
 - [9] 地点⑫・三谷川放水路(河から8.4m、高さ7m)…ここで河川勾配がやや急になる。放水路の影響か、手取川下流のように河口から形成される河岸段丘や土壤変化的影響か、観察から考えてみたい。
 - [10] 地点⑬・熊坂川放水路(河から4.3m、高さ4m)…ここも地点⑪と同じ傾向。砂の粒度や現地観察が必要。

3. 大聖寺川の粒度分析結果



《各パラメーターの分析》

- M_ϕ (平均粒径) … 最小は保賀橋付近の0.70で、中流から下流への境目あたりになる。最大は真砂町の-1.11である。我谷ダム前の乱れや渓谷中の未調査部分を除けば、手取川と同じく粒度は全体として細かくなっていく傾向が見られる。ただ、河口付近での砂粒が手取川では1.80～2.30位まで細かくなったのと比較すると、大聖寺川ではかなり粗いと言える。手取川との長さの違いか、流域の地質の違いか検討する必要がある。河口付近の乱れについては、あまり砂が採れなかったので細かな変化は不明だが、上河崎橋より下で粗くなるのは、手取川と同様、海からの逆流の影響も考えられる。これらの粒度変化を乱している要因を、今後縦断曲線と現地での観察により、探っていく必要がある。
- $M_d\phi$ (帆錨粒) … 最小は九谷町下流河口の1.18、最大は荒木町辺りの-1.56。傾向は M_ϕ と同じだが、九谷町での M_ϕ との差が比較的大きい点が、特徴である。
- $\sigma\phi$ (離散度) … 九谷町辺りが2.09と少し高く、上河崎橋付近でもややばらつくが、全体的には上流から下流へ手取川と同じく淘汰度がよくなっている傾向が見られるのは、砂が上流でできている証拠だろう。
- $S_k\phi$ (鏡) … 我谷ダムまでの上流では粗い砂の供給が多く、ダムを過ぎてから渓谷を過ぎた辺りにかけては今度は細かい砂がより多く含まれるようになる。保賀橋付近を境に、多かった細かい砂の供給が減り始め、河口付近では再びやや細かい砂の供給がやや多くなる。しかし、何れも大きな変化ではなく、かなり正規分布に近いと言つてよいだろう。ダム上流と保賀橋付近の歪度変化の要因を探る必要がある。

《全体的傾向と考察》

- 上流域の2つの変化**…杉ノ水川と合流後の九谷町から下流の坂ノ下町にかけて、全てのパラメーターが大きく2回変動している。牛水大橋下流では M_ϕ 、 $M_d\phi$ が粗くなり、 $S_k\phi$ はやや粗い物の供給が多い傾向を示すが $\sigma\phi$ は揃う傾向にある。河川縦断面曲線を見ても、地質図を見てもここらで大きな変化はない。地形図を見ると、山中にも関わらず大きく流れが曲流し、流域がやや開けている。この地形的傾向が関係しているらしいので、現地の観察と比較してみたい。また次の中島橋下流では、再び細かめに変化し $\sigma\phi$ はばらつき傾向に、 $S_k\phi$ はやや粗い物の供給が多い傾向が弱まる方に変化している。ここらは地形的にはそんなに変化していないが、縦断面曲線はややぶれている。地質的には片麻岩から濃飛流紋岩、安山岩地帯へと目まぐるしく変化する地帯にあたり、地質変化が影響しているものと考えられる。
- 中流域の2つの変化**…大聖寺川の中流域にも、手取川と同様「鶴仙渓」を含む有名な渓谷地帯があるが、砂が採取できなかったため、粒度の傾向は不明である。縦断面曲線を見ると、この渓谷中に1つ(点④)、出てから1つ(点⑦)の急傾斜の遷移点がある。このうち、後者の遷移点付近の保賀橋下流(点⑧)の粒度変化を見ると、 M_ϕ 、 $M_d\phi$ は急激に細かくなり、 $\sigma\phi$ もかなり揃う。 $S_k\phi$ も正規分布に近づく。上流の点⑦では何が起こっているのだろうか？点⑦から下流はずっと沖積世の堆積物で変化はない。ただ点⑦をはさんで流紋岩の岩脈があるので、これが影響を与えている可能性はある。ただそれならここで河床は固くなり、勾配は緩やかになり粒度も粗くなるはずである。谷津(1954)は地形学的には平衡と考えられる平野部の河川で、直線になるべき片対数が折れ曲がることがある事実を指摘している。そしてその原因を河床堆積物の粒径の不連続な変化、すなわちある大きさまで小さくなると、鉱物の粒子にまで一気に壊れてしまうからだと述べている。この説も含めて、2つの遷移点について現地の観察をしてみる必要がある。
- 下流域の変化**…上河崎橋以降は河口まで砂が採れなかったため、手取川のような詳しい変化は分からぬ。現地の観察で調査してみた。

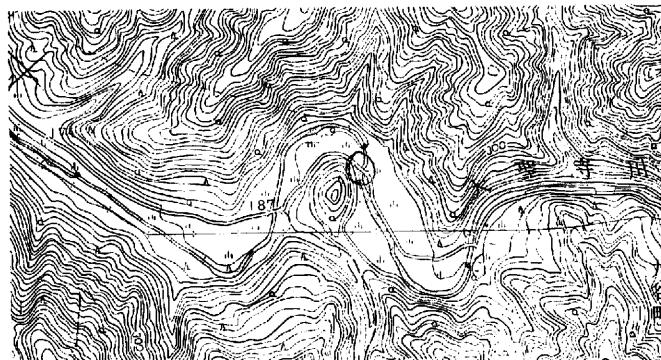
4. 大聖寺川に見られる川のはたらき 《上流域の観察》

① 貞砂町の上流の様子(地点①)…源流近く。大きな安山岩があり、河床には岩盤が見られる。岩の色がほぼ1色に見えるのは、ここらの岩が同じ種類(安山岩地帯)だからだろう。ここらで川の流れを見ると河床に小段が続き、水が波立っている。このように水面が階段状になり、川の平面形と関係なくたくさんの落ち込みと淵があるのは、上流(溪流)の特徴である(P43「輪郭的な河川地形」参照)

② 千束川合流前(地点②)…河川勾配が緩やかに変化する場所。安山岩から片麻岩に変化する辺り。上流が波立っているのに対し下流の流れは緩やかで河幅も広い。地質図で見ると境界付近を境に下流には沖積堆積物も入ってきており、この地質の違いとそれに関係した河幅の違いが勾配の違いを生んだのだろう。



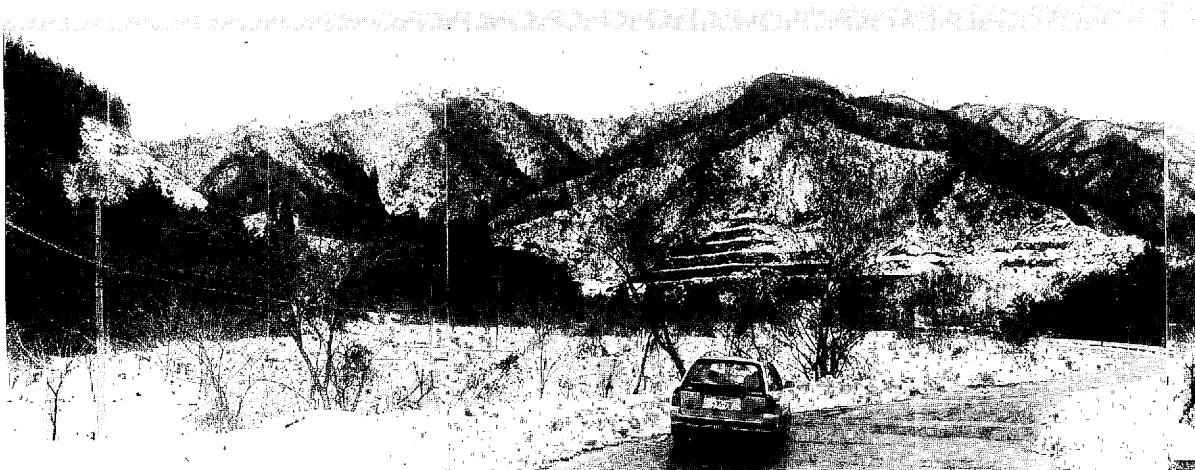
〈真砂町。安山岩の大小の岩塊あり〉



〈中島橋付近の地形図:かつての氾濫原と考えられる〉



〈安山岩→片麻岩境界の下流:流れは緩やか〉



〈下流方向から見た中島橋付近:氾濫原の広がりの中を道路が走る。左奥からの流れで左には地辺り地形〉

③ 中島橋付近(地点③)…ここらに来ると急に周りが開けて景観の変化に気付く。道のある所は盛り上げてあるが左右は低く、ここら一帯は河川敷だったことが想像できる。つまりここらはかつての大聖寺川の氾濫源と考えられる。地形図を見ると、ここらで地形に沿って大きく蛇行しながら川は流れ、周囲に荒地になっている広い河川敷を作ったことが分かる。また、山肌を削りながら流れるため、手取川でも見られた川の流れが原因と思われる「地辺り地形」も見られる(上写真左の山。すり落ちた面に地肌が出て、雪を被っている)。地質図でもここらは沖積堆積物に覆われており、この予想が正しかったことを示している。先述したこの付近の粒度分布の乱れは、この地形的変化の要因が大きいのではないかと思われる。

④ 大きな岩の分布(地点⑤)…あそ橋の上流辺りの川中に大きな岩がある(次ページ写真)。岩質はここら一帯を形成している安山岩のようで、全体に角ばり直方体に近い形状から、節理に沿って割れて崩れ落ち、あまり運ばれていないようである。つまり、この大岩はこの付近の崖が崩れてできた可能性が高い。

そこでこの付近の流域の大きな岩の分布を調べてみた。結果は右図のように、大きな岩が見つかった所は川が左に大きくカーブした直後で、その少し上流にも大きな岩が重なり合うようにして見られた。下流の方では、カーブを過ぎてしばらく行った、左岸に谷がある辺りのあそ橋付近からは全く見られなくなつた。地形図を見ると、カーブしているため大聖寺川の水が山



(国土測量2万5千分の1地形図に加筆)

大聖寺川

肌に当たり、崖を作りて巨大な岩を削り出したと考えられる。大きな岩のあったカーブの過ぎた辺りは、ちょうどスピードが落ちて堆積しやすい地点なのだろう。下流方向は谷のある辺りから地形が開けており、もう大きな岩は供給されないと考えられる。この場所は、大きな岩は上流で供給され徐々に小さくなっていくという誤った認識を正すのに絶好の場所である。



〈大きな岩の現われ始めた辺り〉



〈川中に落ちていた大きな岩〉



〈あそ橋付近: 大きな岩はない〉

《中流域の観察》

- ⑤ 鶴仙渓(地点⑧)…山中温泉の東側を流れる渓谷に架かる「こおろぎ橋」から下流の黒谷橋にかけての、約1.3kmの渓谷を言う。淡緑色の流紋岩質角礫凝灰岩を主とし、一部に流紋岩をはさむ。写真のように、手取峡谷と比べるとやや広い峡谷地形である(P14「特徴的な河川地形①」参照)。砂は見当らない。
- ⑥ 中流の流れ(地点⑤)…鶴仙渓を過ぎても渓谷は続くが、下写真の加賀山中大橋付近では、かなり河幅も広く、堰や淵、川原のできかたも典型的な中流



〈加賀山中大橋付近: 典型的中流〉



〈二天橋付近: 渓谷の終わり〉



〈鶴仙渓: あやとり橋から下流〉

- の形になる。このような地形的变化が河川勾配を緩くしたと考えられる(P43「特徴的な河川地形②」参照)。
- ⑦ 渓谷の終わり(地点⑨)…二天橋の左岸は崖になっているが、右岸は低くて平地になっている。地形図を見てもここらが渓谷の終わりと言える。地質変化による地形变化が、河川勾配を変化させたと考えられる。
- ⑧ 河南大橋の河岸段丘(地点⑩)…川の両岸に、田や宅地に使われている1段目があり、さらにその上約5~10mに2段目が見られる。

《下流域の観察》

- ⑨ 保賀橋(地点⑫)…先述通り沖積堆積物中だが、ここで大きく傾斜や粒度が変化していた。ここから下流には中州が見られ、流れも緩やかで下流特有の景観を示す。砂礫粒の大きさ変化を上流と比べる

大きな砂礫の減少!
細かい砂の増大!

採取地点	4M	14M	26M	50M	100M	200M	泥
⑥ 荒木町辺り	35.67	23.77	21.26	16.67	2.12	0.24	0.27
⑦ 保賀橋下流	1.25	8.64	36.42	43.18	8.08	1.14	1.29

〈保賀橋での急激な砂礫の崩壊現象〉

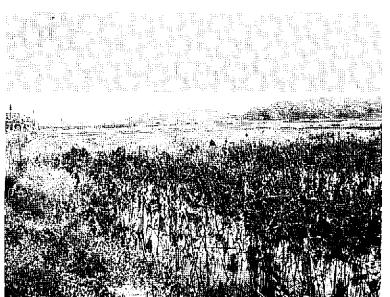
と、右表のように大きな粒の割合が急激に減少し、その分細かい粒が増大していることが分かる。

この結果から、ここでの河川勾配の変化は手取川には見られなかった下流での砂礫粒の急激な崩壊によるものと推察できる。今後は粒の鉱物組成の比較などの、裏付けの検討が必要だろう。

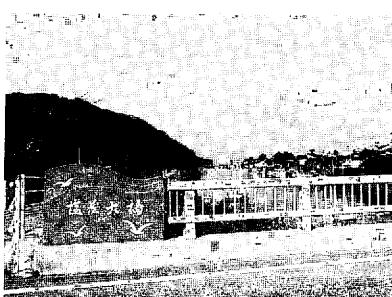
- ⑩ 上木町の後背湿地…後背湿地部分(P39の「特徴的な河川地形③」参照)にハスが植えてある。田んぼ部分は客土をしたのだろう。
- ⑪ 塩屋大橋…河口。海から船も入る。流れはほとんどない。両岸はブロックで護岸され、左は「鹿島の森」。



〈保賀橋下流: 中州がある典型的下流〉



〈上木町の後背湿地〉



〈河口: 塩屋大橋〉

2. 近代的河川整備が進む犀川

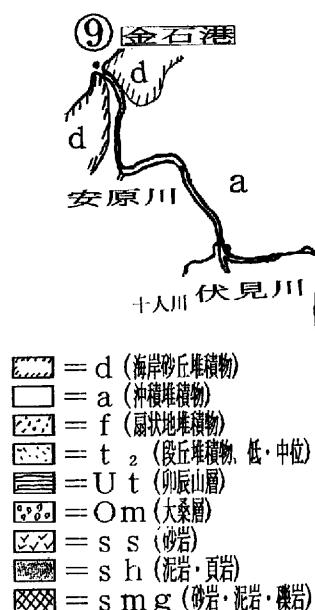
事前調査

1. 犀川流域の地形・地質図と遷移点の場所

（概説）

犀川は流長41.7kmの2級河川。金沢市南東部と石川郡河内村との境界にある奥三方山を源流とし、犀川ダムを通過後、末町で内川と合流する。大桑橋付近から金沢市街地に入り、中心部を流れて伏見川と合流、金石南部で日本海に注ぐ。上流には安山岩類が広く分布し、その下位にある飛騨片麻岩類や太美山層群、輪原層などが犀川ダム周辺に露出している。その後、流域には下表のように、金沢地区の模式的層序が続く。

流路が南西側に偏っているのは北東側が相対的に隆起しているためと考えられる。中流の大桑は、有名な化石の産地。市街地には、河岸段丘地形が至る所で見られ、町中では河川改修や河川敷の利用も進んでいる。金石港は河口を利用した港である。



（流域の地質）

現在 (万年)		堆積岩		火山性岩石
地質時代	紀	堆積岩		火山性岩石
新世	第四紀	完新世	沖積堆積物 扇状地堆積物 (海岸段丘)	
		後更生期	2 河成段丘構成層	
		中生期	12 高位砂礫層	高懸垂変動 層が大きく傾く →現在の地形の原型ができる
		前期	50 卵辰山層 (砂、礫、泥)	浅くなる
		世	80 大桑層 (砂層)	氷河性海水準変動の開始 (120)
	第三紀	鮮新世	120 不整合	地層の記録が残っていない
		中生代	1500 朝ヶ塙層 (泥岩層)	ここまで 堆積岩のみ
		中新世	1700 七曲層 (凝灰岩層)	日本海深くなる
		世	1800 砂子坂層 (凝灰岩層)	流紋岩質火砕岩溶岩
				安山岩質溶岩・火砕岩

（河川地形の見られる主な箇所）

上流

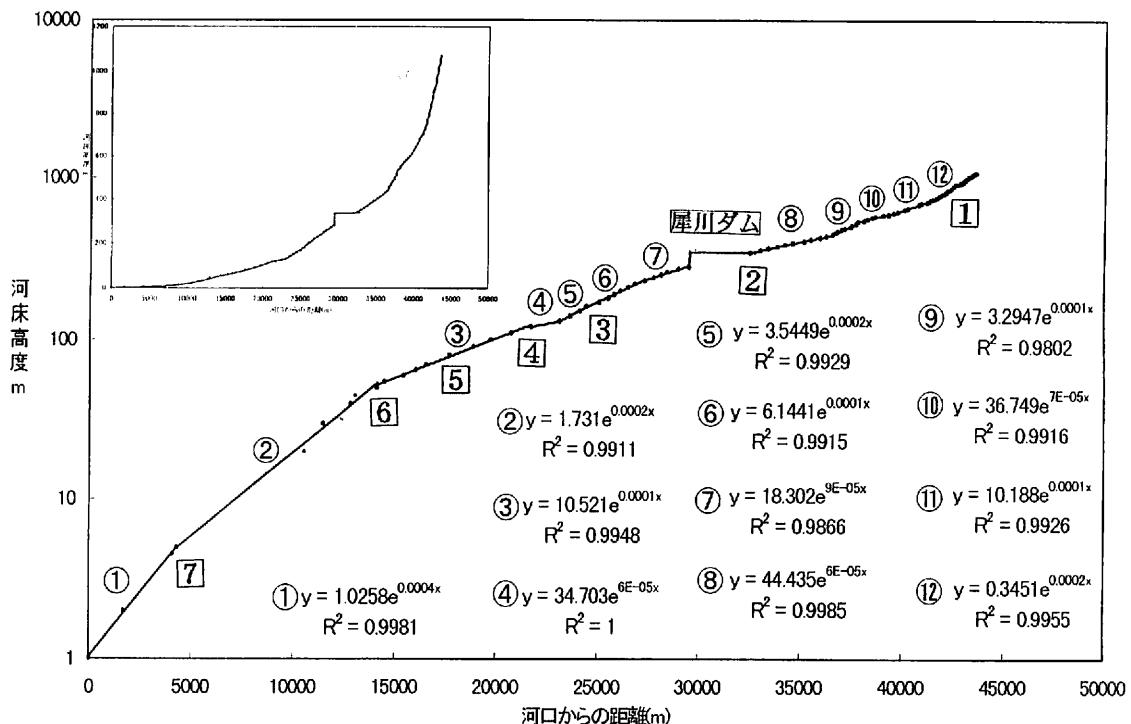
- 犀滝…滝地形
- 犀川ダム…上・下流の比較
- 熊走町上流…地質の遷移点と景観の違い (A→R)
- 熊走大橋…地質の遷移点と景観の違い (R→A d)、上流の景観
- 上辰巳の川原…地質の遷移点。露頭と川原の礫の観察

中流

- 土清水…河岸段丘地形の観察
- 大桑橋下流…地質の遷移点と景観の違い (s s→Om)、中流の景観、化石、露頭、窓穴など
- 上菊橋上流～示野中橋付近…街中の治水対策と護岸整備、下流の景観
- 河口…河口の様子、砂浜との比較

2. 犀川の縦断曲線と調査ポイント

1. 犀川の縦断曲線



《縦断曲線の分析》

やはり指数関数曲線に近似できる。全体的な傾きは大聖寺川と同じでy切片値も近く、近似率が良い点も似ている（第VI節P58参照）。河川の規模が、手取川より大聖寺川に近いからか。犀川は、図のように合計12本の指數関数グラフの連続と捉えた（ダムの部分は除く）。これを手取川と大聖寺川と比較すると、次の特徴に気付く。

- (1) 手取川は、最上流を除くと片対数グラフの傾きは下流に向う程大きくなる傾向にあり、大聖寺川では、下流手前で急に傾斜が大きくなる「砂礫の崩壊」を示す地点があった。犀川の場合は手取川タイプと言える。手取川と似たような地質の中を流れる事によるのだろうか。
- (2) 河口辺りの3本のグラフ（上の①、②、③）変化の傾向は、3河川とも似ている。遷移点の位置は、犀川の点[7]と点[6]の位置が、それぞれ手取川と大聖寺川の対応する遷移点と河口からの距離がほとんど同じである（ただ、すべての遷移点が対応する訳ではない）。加賀海岸に広く共通した特徴ということになれば、これまで考えてきた河岸段丘の先端による遷移点という可能性もある。（第VI節で考察）。

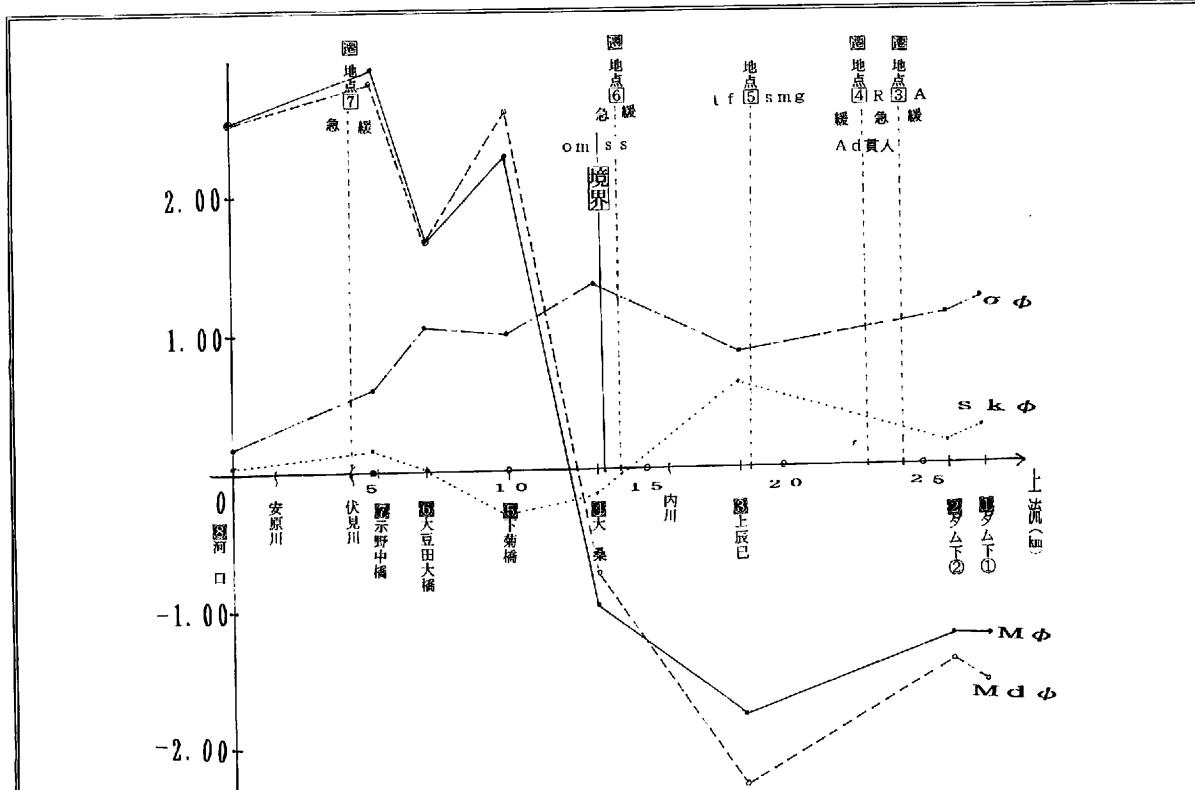
犀川の縦断曲線は、合計12本の指數関数グラフの連続でできており、全体的形や傾斜は大聖寺川に近い。ただ、下流の変化は手取川タイプである。河口付近のグラフ変化は3河川とも共通で、遷移点の河口からの距離も似ており、これは加賀海岸に面する河川に共通する特徴ではないかと思われる。

2. 調査地点と観点の設定

- ① 地点①と犀川上流の遷移点…地形図から、地点①には犀滝があり、上流の点ア、イには崖記号があることが分かる。またウからは、やや勾配が急な地域が続き、ここは地質的にはA d地帯に相当する。このように上流の河川勾配変化は、地形や地質的变化が影響している。
- ② 地点②・ダムの上下の河床勾配の変化…グラフの近似式は犀川ダム上流の河川勾配が下流の勾配より小さい。この傾向はこれまでのダムと同様で、ダム建設による砂礫堆積状況の変化が（上流で堆積、下流で侵食）、この地点を境に河床勾配を変化させたと考えられる。
- ③ 地点③・熊走町上流（河から24.4m、高さ160m）…ここを境に河川勾配がやや急になる。地質図ではちょうどAからRに変化する辺り。この付近の流紋岩は安山岩よりも削られやすいのか、現地の観察が必要である。
- ④ 地点④・熊走大橋付近（河から23.3m、高さ130m）…ここで勾配はやや緩やかになる。地質的には流紋岩の中に安山岩質の岩脈が貫入している部分に当たり、相対的に固くて勾配が緩やかになったと考えられる。
- ⑤ 地点⑤・上辰巳（河から18.9m、高さ90m）…砂子坂層から七曲層への境界だが変化なし。同じ凝灰岩層が続いているからかもしれない。
- ⑥ 地点⑥・木町津水場付近（河から14.1m、高さ50m）…ここから河川勾配はやや急になる。地質図ではもう少し下流が、犀川層と大桑層の境界。犀川層より大桑層は1ケタ新しい砂岩で、それだけ柔らかくて削られやすいと考えられる。またこれまでの2河川でも、河口から同じような距離で似たような変化が見られ、河口から形成してきた河岸段丘先端の可能性もある。地層の境界が影響しているのか、現地で観察したい。
- ⑦ 地点⑦・伏見川合流点（河から4.3m、高さ5m）…ここから傾斜は急になる。下流付近のこのような変化は、これまで調査した2河川でも、河口から同じような距離で見られ、河口から形成してきた河岸段丘の先端の可能性もある。

現地調査と観察

3. 扇川の粒度分析結果※扇川については扇川ダムより下流で調査を行なった

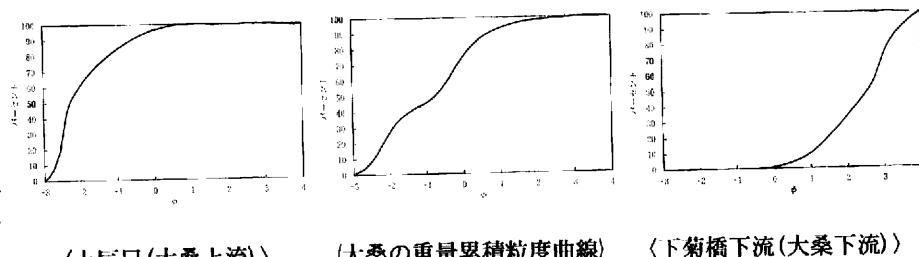


《各パラメーターの分析》

- ・ M_ϕ (平均粒度) … 最小は \blacksquare 展示野中橋の 2.91 で、下流の遷移点手前。最大は \blacksquare 上辰巳の -1.79。ここで粗すぎる点や \blacksquare 下菊橋、 \blacksquare 展示野中橋で細かすぎが、今までと同様細かくなっていく傾向は見られる。ただ手取川や大豆寺川に比べて短いのに、かなり粗い砂礫がより細かくなっている。これは、扇川流域に古くて固い古・中生代の岩石層がないからとも考えられる。細かくなる変化が、遷移点 [6] に近い大桑で大きいのも特徴。
- ・ $M_{d\phi}$ (中粒度) … 最小は \blacksquare 展示野中橋の 2.83、最大は \blacksquare 上辰巳の -2.30。傾向は M_ϕ と同じ。
- ・ σ_ϕ (範囲) … \blacksquare 大桑と \blacksquare 大豆田大橋上流で少し乱れるが、全体的には上流から下流へかなり規則的に淘汰度がよくなる。やはり砂は上流でできていると言えそうだ。今までの 2 河川より揃い方が一様で、よく揃っているのは、上述の、地層に淘汰度を乱すような固くて古い岩層がないからかもしれない。
- ・ $S_{k\phi}$ (縦断面曲線) … 全体的に大きな乱れはなく、どの場所もほぼ正規分布に近い。 \blacksquare 上辰巳を含むダム下流で細かい砂礫の供給が多いのも今までの河川の特徴と同様。 \blacksquare 大桑と \blacksquare 大豆田大橋上流で傾向が変化する。この 2 点での歪度変化の要因を探る必要がある。

《全体的傾向と考察》

- ・ **上流域、上辰巳の変化** … ダム下流の上流域では、上辰巳の変動が大きい。砂礫が急に粗くなり細かい砂の供給が増えるのに対し、淘汰度はよい傾向を保っている。ここらは崖地形であり、そのため粗い礫が多いのかもしれない。上流の砂の採取点は 2 点ともダム下流地帯にあたり、ダム下流の影響であまり粗い礫が堆積しないため、上辰巳が突出した形になったとも考えられる。現地の観察とも合わせて考えてみたい。
- ・ **中流域、大桑の変化** … 縦断面曲線から、中流域で唯一の遷移点と分かる地点 [6] の大桑前後で粒度は大きく変化する。 M_ϕ 、 $M_{d\phi}$ は急激に細かくなり、 $S_{k\phi}$ はやや粗い砂礫の供給が多くなるが正規分布に近くなる。その一方で σ_ϕ は大桑地点でややばらつきがちになる。そこでこの前後の重量累積粒度曲線を比較すると、右のように大桑上流では粗い方に偏っていた砂礫分布が下流では細かい方にシフトしており、大桑はちょうどその中間で粗い方と細かい方の 2 つの供給源を持つことが分かる。この遷移点を境に砂礫が細かくなり傾斜が急になった原因は地質の違いか河岸段丘の影響か、現地で調査する必要がある。
- ・ **下流域、大豆田橋の変化** … こちらでやや粗くなり淘汰度もばらつく。 $S_{k\phi}$ はほぼ正規分布である。地質的原因は考えられず、現地の地形観察で調査してみたい。



(上辰巳(大桑上流))

(大桑の重量累積粒度曲線)

(下菊橋下流(大桑下流))

はちょうどその中間で粗い方と細かい方の 2 つの供給源を持つことが分かる。この遷移点を境に砂礫が細かくなり傾斜が急になった原因は地質の違いか河岸段丘の影響か、現地で調査する必要がある。

規分布である。地質的原因は考えられず、現地の地形観察で調査してみたい。

4. 犀川に見られる川のはたらき

《上流域の観察》

- ① 犀川ダムの様子…出口は安山岩地帯。ダム上流の片麻岩や流紋岩質火碎岩、楡原層などはここで塞き止められている。固い岩盤を生かした重力式コンクリートの多目的ダム。安山岩のV字谷の中に見られる(下左写真)。
- ② ダム下の上流の様子…ダムの影響か、今までの川と同様に水量は少ない。礫は大きな物や比較的小さな物まで混じっているが何れも角張っていて上流の特徴を示す。礫中には上流の片麻岩も見られ、ダムの上から流れてきたと考えられる。下右写真のようなコンクリートの塊が、このような上流にも見られた。



(犀川ダム。安山岩V字谷中の側面)



(ダム下。犀川上流の様子)



(片麻岩)

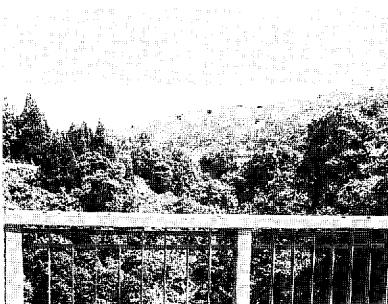


(コンクリート塊)

- ③ 熊走大橋での観察…熊走大橋上流付近で地質が変化する。景観を比較すると、上流の安山岩地帯は急なV字谷地形で、下流の安山岩地帯はなだらかな地形で好対照を見せている。河川勾配もここを境にやや急になる。やはり下流の安山岩がより削られやすいことが、勾配と景観の変化を生んだのだろう。上流の安山岩は緻密で、下流の流紋岩質凝灰岩は日本海ができた頃の物でややスカスカしており、手取川の物とは感じが違う。



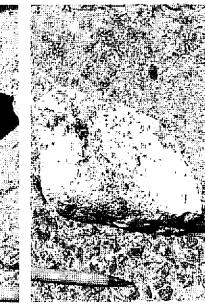
(大橋上流：険しいV字谷の景観)



(大橋下流：なだらかな景観)



(安山岩(左)と流紋岩質凝灰岩(右))

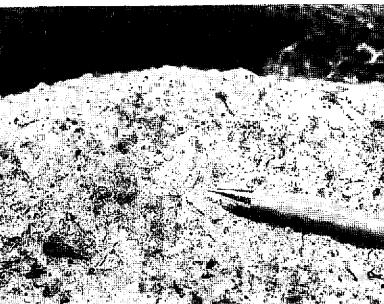


- ④ 上辰巳の川原…ここらは川岸が崖で、砂子坂層と七曲層境界付近に当たる。川原の石は大分細かくなっているが中には大きな礫も目立ち、それには砂子坂の凝灰岩が多く、ここらの崖が崩れて供給されたものではないかと考えられる。この影響が粒度分布の乱れにつながったのだろう。

川原に多くある凝灰角礫岩は砂子坂層のベースにあたり、中には流紋岩を含んでいる(右写真)。これは砂子坂層ができる時、下位の流紋岩質火碎岩層を削って取り込んだためと考えられる。なお、もう少し下流の上辰巳発電所近くの左岸には、大きな玄武岩の柱状節理が見られる。



(砂子坂、七曲層の崖に面する川原)



(砂子坂凝灰角礫岩中の流紋岩)

- ⑤ 河岸段丘の観察…金沢が坂の多い町や森の都として知られる背景には、市内を流れる犀川や浅野川による河岸段丘の影響が大きい。土清水から大桑、つづじが丘方面を眺めると、犀川の両岸に何段もの河岸段丘が見られる(右写真)。野田山の下に見える一番上位が「野田上位段丘」、その下が「野田下位」、その下のつづじが丘の団地は小立野台地を形成している「小立野段丘」にある。犀川を挟んで手前(右岸)では、今いる所が小立野段丘にあたり、その下には

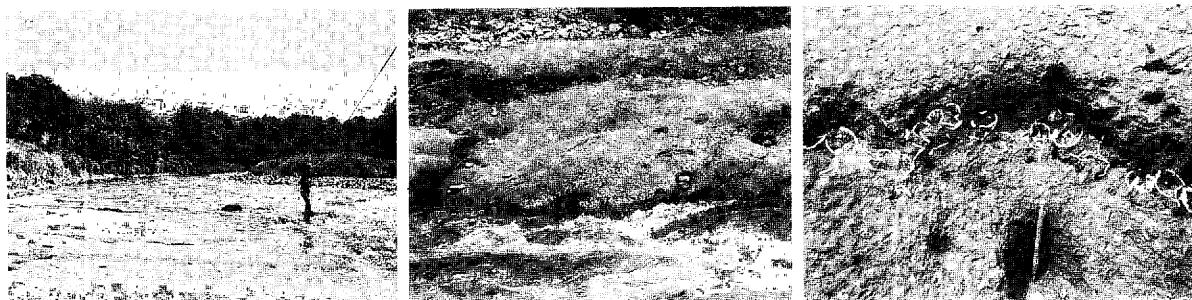


香林坊のある「笠舞上位段丘」とさらに下の「笠舞下位段丘」が見られる。小立野段丘と、それよりも高い(古い)段丘は、犀川と浅野川が一つの河川であった頃の河床と考えられる。



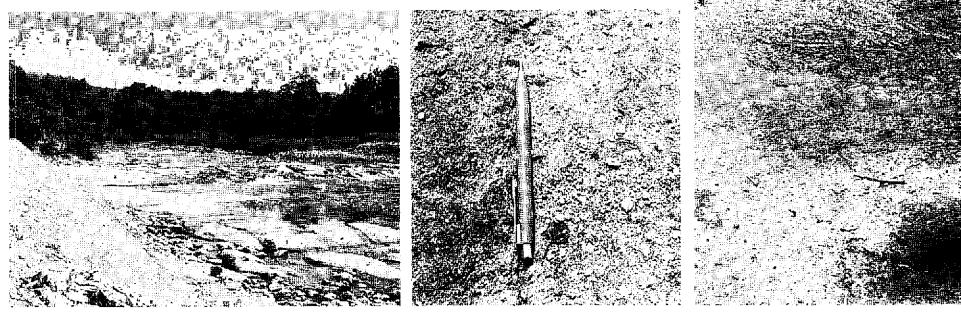
(33) 〈金沢付近の河岸段丘の分布と区分(藤 則雄:1975)〉

- ⑥ 大桑橋下流の観察…大桑橋上流約0.3km～1.2km間の河床は、砂岩中に貝化石が層になって密集したり散在している全国的にも有名な大桑砂岩層の模式地である。層は約10度下流の方へ傾いているので、上流ほど古いくことになる。近年は大桑貝殻橋をかけたり、河床を整備したりしたため、流れも多少変化しているようである。
- ・地形の観察…流れを見ると、「瀬」と「淵」が交互に繰り返される中流に特徴的な様子が観察できる(下左写真)。流れはかなり強く、それにより削られた両岸の貝化石層を鮮明に見ることができる(下中写真)。また河床や岸には直径数十cmの穴が多数見られる(下右写真)。これが「甌穴(ボットホール)」で、河床にも見られるということは、現在の犀川が盛んに川底を侵食していることの証拠である。



〈中流域の特徴を示す流れの様子〉 〈層の傾きを示す貝化石の層〉 〈アカガイの密集層と甌穴(下)〉

・遷移点(犀川層と大桑層の境)の観察…ここで河川勾配は急になり、砂の粒度も細かく、そしてばらつくように変化した。地形を見ると境界辺りの河床に段差が見られる(下左写真)。この地点の川岸を見ると下中写真のように、大桑層の基底礫らしい礫を境に上流が犀川層、下流が大桑層らしい。さらにその境と先程の段差を見てみると(下右写真)一直線につながる。このことから、どうもこの層の境界が砂礫の粒度変化、および河川勾配の変化を起こしていると考えられる。



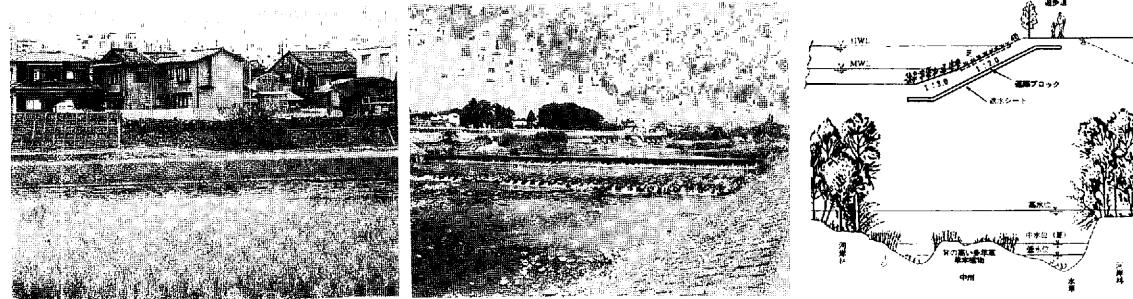
〈境界部分：河床に段差がある〉 (左:犀川層、右:大桑層) 〈境界が段差につながる〉

《下流域の街並み》

- ⑦ 街中の河川工法…犀川下流は街中を流れるため、単なる治水対策だけでなく色々な工夫がなされている。最近では、新しい考え方による河川整備も行われるようになってきている。

特徴的な河川施設③ — 多自然型河川工法 —

- ・高水敷河岸…犀川では、過去何回かの洪水の教訓から護岸工事が何回も行なわれ、その様子が何段にもなっている石垣やコンクリート護岸で分かる(下左写真)。場所によっては「蛇かご」なども見られる。広い河川敷の多くは芝生を張って市民の憩いの場としている。
- ・多自然型河川工法…ドイツやスイスで十数年前から始まった工法で、治水、利水のための改変を、水辺を多様な生物の生息空間(ビオトープ)の核と位置付け、できるだけ自然に近い形で行おうという工法。犀川でも近年この考えにたった施策が行われるようになってきている。下中写真はその中の「全断面多段式落差工」と呼ばれる、河床の安定と流速の低下を図るために工法。アユ等の遡上に大きく影響しないよう多段式構造にして、所々魚道用の切り欠きを設け、流水部に玉石を散りばめ、魚類の遡上やせせらぎなど景観上にも配慮している。また、通常のブロック護岸をあらかじめ後方にセットし、その全面に覆土してこれに植物を植える「セットバック式護岸」法や、川原の広い所を利用して「ビオトープ」を作る案(下右図参照)なども考えられている。(石川県土木部河川課：雨坪裕孝氏)

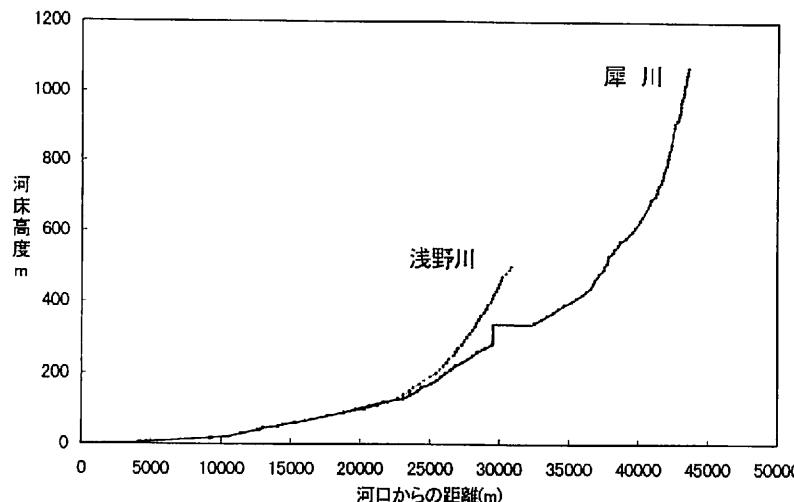


〈街中に見られる高水敷河岸〉 〈全断面多段式落差工〉 〈セットバック式護岸(上)・ビオトープ構造(下)〉

- ⑧ 下流や河口の様子…下菊橋付近から中州が目立ちだす。二ツ寺橋付近まで来ると流れは静かで典型的な下流の様相。普正寺橋付近では大きな蛇行が見られる。河口は小船も停泊し、金石港につながっている。

5. 《犀川と浅野川の縦断曲線の比較》

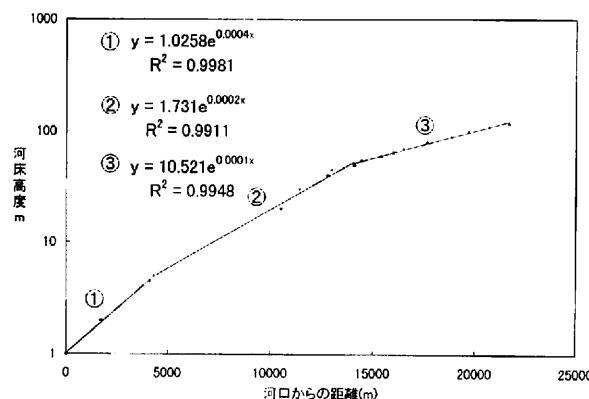
小立段丘ができる前は1本の川だったと言われる「犀川」と「浅野川」だが、その縦断曲線の比較から何か言えることはないか、比較してみることにした。



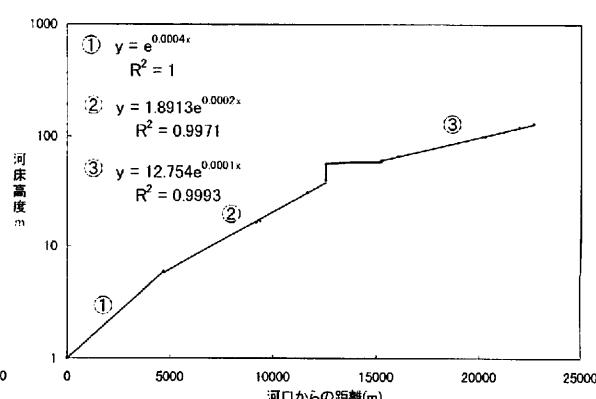
図① 〈犀川と浅野川の縦断曲線〉



図② 〈犀川と浅野川の中・下流の遷移点の位置〉



図③ 〈犀川の片対数縦断曲線と式〉



図④ 〈浅野川の片対数縦断曲線と式〉

【中・下流の遷移点の位置と縦断曲線の式の比較】

	勾配の全体近似	1本目の近似式	遷移点 距離(高さ)	2本目の近似式	遷移点 距離(高さ)	3本目の近似式	遷移点 距離(高さ)
犀川	$0.0002x$ $y = 3.9e$	$0.0004x$ $y = e$	4300m (5m)	$0.0002x$ $y = 1.8e$	14100m (50m)	$0.0001x$ $y = 12e$	21700m (120m)
浅野川	$0.0002x$ $y = 2.9e$	$0.0004x$ $y = e$	4700m (6m)	$0.0002x$ $y = 1.7e$	14000m (54m)	$0.0001x$ $y = 10e$	22700m (130m)

※の位置と高さは、2本の近似曲線式の交点の位置を計算から求めた

〔全体を比較して〕 犀川と浅野川の河川縦断曲線を比較すると、図①のように犀川の上流部分を除いて23km付近から下流は、ほとんどきれいに重なることが分かる。そこで30km以下の曲線全体の近似式を比較すると、上表のように傾きは共に0.0002と同じで、y切片も3.9と2.9と驚くほど近い。これらから、この2河川は少なくとも30km付近から下流では、似たような環境条件にある(あった)と推定できる。

〔各曲線を比較して〕 そこで、今度は遷移点を境とした各近似曲線を各々比較してみた。まず遷移点の位置だが、上表のように、3本とも河口からの位置と海平面からの高さが、非常に近い値をとっている。また、それぞれの河川勾配の式も傾きは全く一致し、y切片もやはり非常に近い値をとる。対象としている2河川の流れている地質は、最下点が沖積堆積物中であり、この地点は河口からの河岸段丘形成による河床勾配の変化によるものと考えられる。上の2地点は地質の違いによる勾配変化も考えられるが、いずれの遷移点もこの2本の川に同じように生じたことから、少なくともこの2河川がかつては同じ川だった(同じ環境条件だった)ことを現わしていると推定できる。

〔どこから同じだったのか〕 2本の縦断曲線が重なっている河口から23km付近は、地図で調べると、駒尾町付近である。一方、「金沢の河岸段丘の区分と分布」(藤・1975鶴)の地図から、段丘の分布を見たり、アーバンクボタ1992の記述を読むと、土清水町付近(13km付近)が古犀川と古浅野川の合流地点だったらしい。この10kmの差をどう考えるかは、今後の研究に待つことになる。

3. 先行性河川の町野川 事前調査

1. 町野川流域の地形・地質図と遷移点の場所

〈概 言〉

町野川は流長35kmの2級河川。能登で最長で、柳田村の兜地を源流に北東方向に流れた後、北河内ダムのある五十里付近で河内川と合流して流れを東西方向に変え、曲流しながら柳田で南から来た上町川と合流する。その後は流れを南北方向に変え、高い山地を横断しながら外浦へと向う。町野町川西で鈴屋川と合流後に大川浜の砂浜で日本海に注ぐ。上流には安山岩類の穴水累層やディサイト質や玄武岩質の柳田累層が広く分布し、流域には下表のように、能登北東部地区の模式的層序が続く。流路が南北に山地を横断している先行性の河川で、能登地区特有の地形である。中流部で曲流が顕著なものこの影響だろう。この他にも流域では「河谷盆地」や「河岸段丘」、「自然堤防」、「氾濫原」、「河跡湖」、「狭搾河口」など、多くの河川地形を観察することができる。

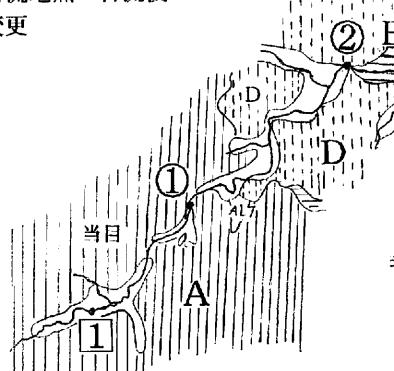
〈河川地形の見られる主な箇所〉

上 流

- ① 当目付近…能登の上流地形
- ② 黒川付近…地質の遷移点と景観の違い (D→B)、河岸段丘
- ③ 北河内ダム…地質の遷移点と景観の違い (B→D)、上・下流比較
- ④ 五十里(ゆり)の橋…甌穴

中 流

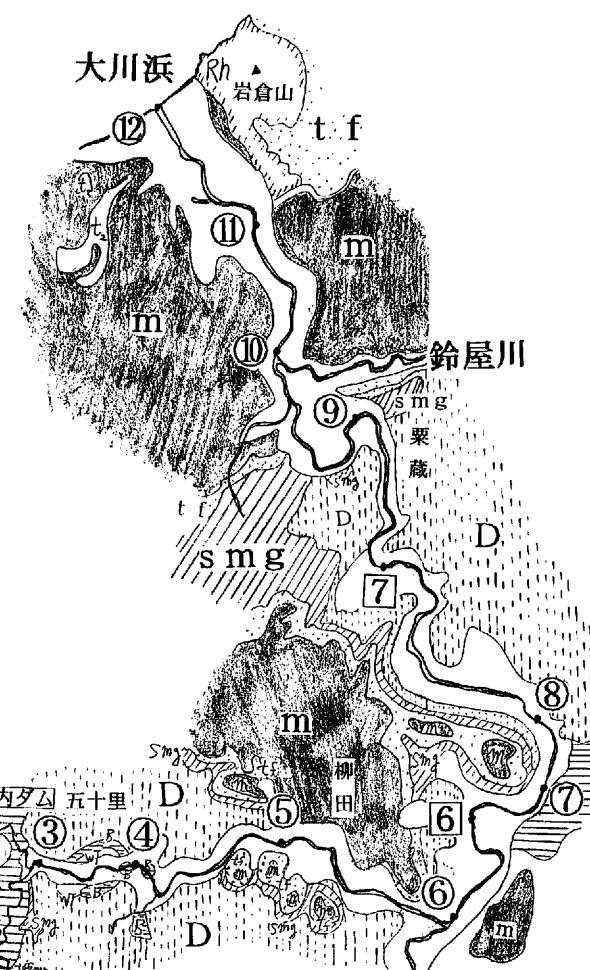
- ⑤ 柳田付近…能登の中流地形
- ⑥ 上町川との合流地点…合流後の流路の大幅変更



- ⑦ 小間生橋…中州の発生
- ⑧ 長尾の孫三橋…甌穴、中州
- ⑨ 町野町粟蔵付近…地質の遷移点と景観の違い (smg, tf→m), 穿入蛇行、自然堤防、後背湿地

下 流

- ⑩ 鈴屋川との合流地点…合流の影響
- ⑪ 町野町敷戸橋…能登の下流地形、河跡湖
- ⑫ 河口…狭搾河口

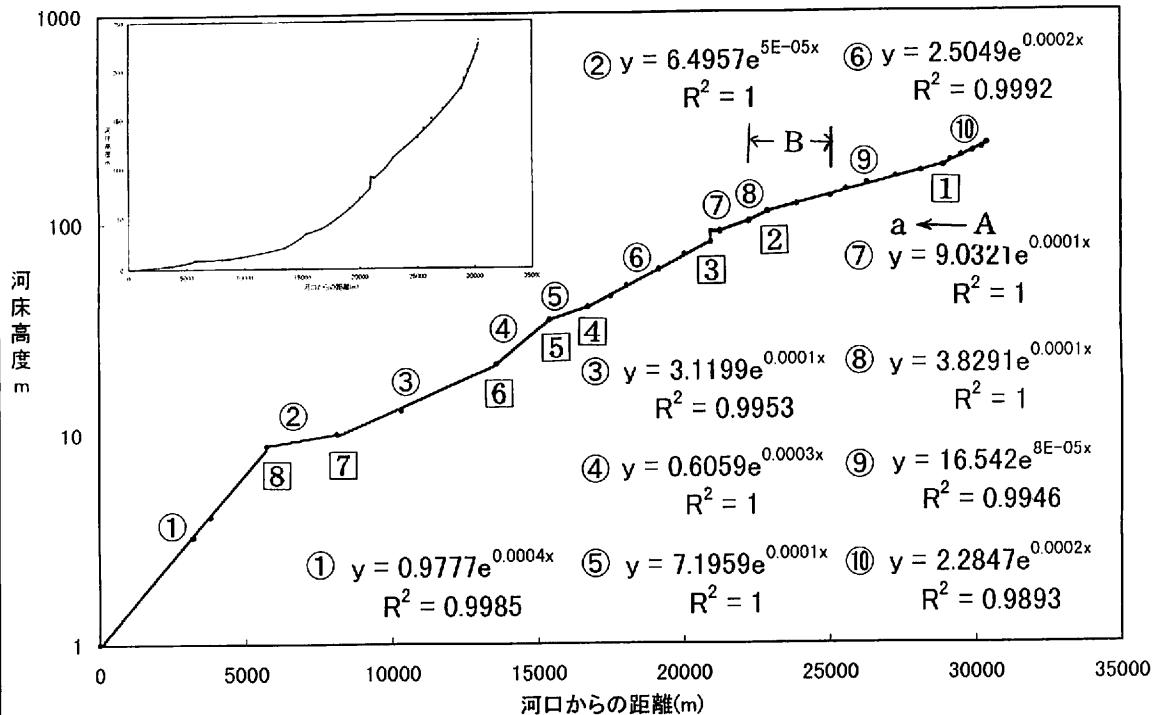


〈流域の地質〉

地質時代	年代 (万年)	現在	
		堆積岩	火山性岩石
新第四紀	完新世	冲積堆積物 扇状地疊層 (海岸段丘)	
	後期	2	
	中期	12	
	前期	15	
	新鮮新世	高位砂礫層	
		50	
		80	
			氷河性海水準変動の開始(120)
			浅くなる
新第三紀	中	南志見泥岩層 m	← Rh の海底堆積物
	新	栗蔵凝灰岩層 t f	岩倉山流紋岩 Rh
	新	赤神頁岩層 s h	
	新	東印内互層 smg (砾・泥・砂)	
	世	1700 ~ 1800	日本海深くなる
		2000 ~ 2200	
			柳田層 D (子ササ熱帶)
			穴水層 A (知床熱帶)

2. 町野川の縦断曲線と調査ポイント

1. 町野川の縦断曲線



《縦断曲線の分析》

能登の川も指数関数曲線に近似できる。全体的傾きは手取川や大聖寺川、犀川より急で、浅野川と似ている。y切片値も近く、近似率も同様に良い(第VI節P58参照)。河川の規模から見ても(町野、浅野両河川とも流長35km)近い。狭くて急峻な地形を下る能登の河川の特徴と言えるだろう。全体は図のように合計10本の指数関数グラフの連続と捉えた(ダムの部分は除く)。この変化をこれまでの加賀の川と比較すると、次の特徴に気付く。

- (1) 加賀の川は手取川に代表されるように、最上流を除くと片対数グラフの傾きは下流に向う程大きくなる傾向があった(大聖寺川下流の砂礫崩壊地点は除いて)。ところが町野川では中～下流部分を見ても、勾配は急になったり緩やかになったりを繰り返し、規則的な傾向は見られない。これは、中・下流部の地質的変化とこの地域特有の激しい蛇行によるものではないかと思われる(これからの観察調査で検討する)。
- (2) 加賀の川では河口辺りのグラフ変化の傾向にも共通性があり、河岸段丘の先端が広く加賀海岸に広がっていた可能性も考えられる。町野川の河口付近ではそれに対応するような遷移点は見られないが、手取川と大聖寺川に共通した河口から8000m付近の遷移点はある(考察は第VI節で)

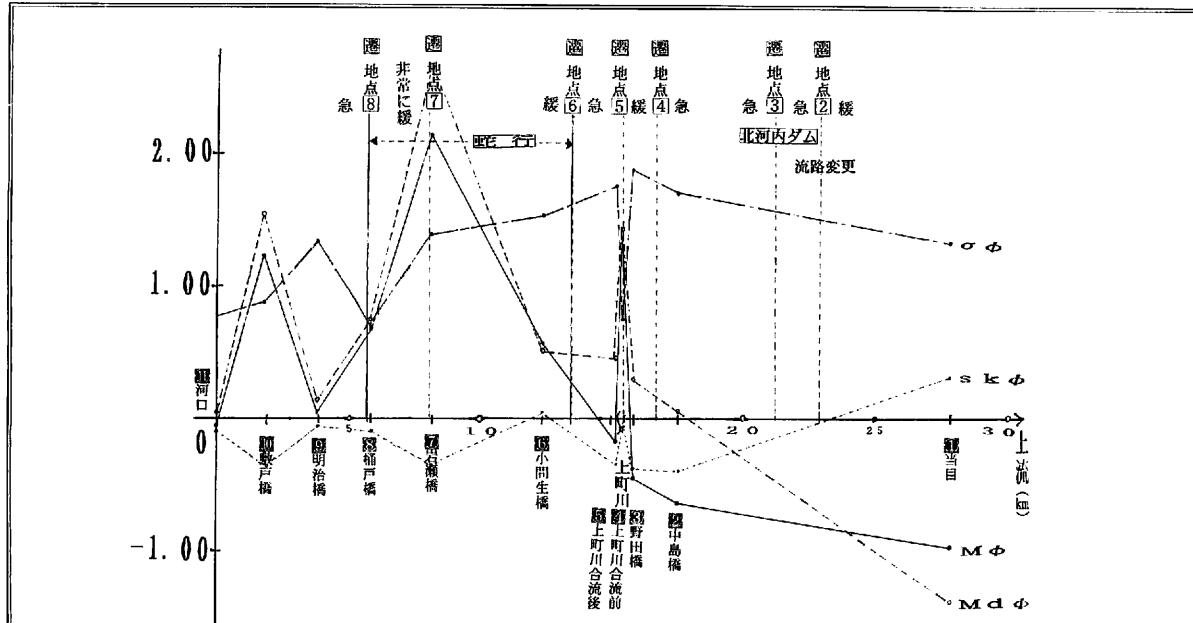
町野川の縦断曲線は、合計10本の指数関数グラフの連続でできており、全体的傾斜は急で、狭くて急峻な能登の地形的特徴を反映している。加賀の河川と異なり、河口に近付くにつれて河川勾配が急になっていくような傾向は見られない。また、加賀の河川に共通していた下流部の遷移点も見られない。これが中・下流部特有の激しい蛇行と地質変化に関係あるのかを、現地を観察して検討したい。

2. 調査地点と観点の設定

…地点番号は前ページの地形図の番号

- [1] 地点①・町野川上流の遷移点…地質図から点①は上流の安山岩の六水累層中の沖積堆積物。この地質の違いが勾配変化に関係すると考えられる。
- [2] 地点②・黒川付近(河口から22.9km、高さ110m)…ここからしばらく勾配がやや急になる。地質的変化はない。流路がここで北向きに変わり、南から小さな川が合流したことなどが影響しているのではないか。
- [3] 地点③・ダムの上下の河床勾配の変化…グラフの近似式は北河内ダム上流の河川勾配が下流の勾配より小さい。これはダム建設による砂礫堆積状況の変化(上流で堆積、下流で侵食)を示すと共に、下流で2河川が合流し浸食作用が増大した影響と考えられる。
- [4] 地点⑤・柳田(河口から16.7km、高さ40m)…これらを境に河川勾配がやや緩やかになる。地質の変化はないが、地形図ではこれらから河幅が目立って広くなる。合流する川もないで、水量が同じで河幅が増したことで、流速が減って川床の浸食量も減少したと解釈できる。
- [5] 地点⑥・上町川合流後…上町川と合流後に勾配はかなり急に変化。地質的変化はなく合流による水量と流れの方向、河幅の変化がその要因と考えられる。
- [6] 地点⑦・国光(河口から13.6km、高さ22m)…再び緩やかな勾配に変化。ここから川は大きく複雑な蛇行を繰り返し河幅も広くなる傾向を示すが、これを反映しているのだろう。加賀の河川でこれほど激しい流路の変化は見られず、その様子や原因を現地で考察したい。
- [7] 地点⑧・岩瀬橋～桶戸橋付近…この範囲で河川勾配は非常に緩くなる。その結果、桶戸に見られる逆行するような激しい蛇行が可能なのだろう。ここからはデイサイト質から泥岩質へ入る手前で地形が狭く迫つており、下刻を困難にしているのかもしれない。
- [8] 地点⑨・桶戸橋上流(河口から5.7km、高さ9m)…ここから河口まで傾斜は急になる。加賀の河川とは遷移点の場所も數も異なり、河岸段丘の先端と考えてよいのか泥岩質で削られやすい影響か、検討の余地がある。

3. 町野川の粒度分析結果

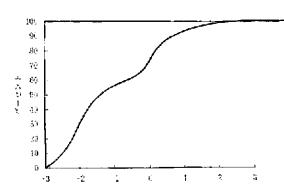


《各パラメーターの分析》

- ・ $M\phi$ (平均粒径) …最小は■岩瀬橋の2.14で、下流の緩やかになる遷移点にあたる。最大は■當日付近の-0.98。
■岩瀬橋で細かすぎる点や■明治橋、■河口で粗すぎる点はあるが、今までの河川と同様に粒度は全体的に細かくなっていく傾向にある。減少のタイプは手取川や大聖寺川のような大河川より犀川に近く、比較的きれいな形である。これは途中の北河内ダムの規模が小さく影響が少ないことも考えられる。
- ・ $Md\phi$ (中粒径) …最小は■岩瀬橋の2.68、最大は■當日付近の-1.40。傾向は $M\phi$ と同じ。
- ・ $\sigma\phi$ (標準偏差) …■上町川合流前と■桶戸橋、■明治橋上流付近で少しばらつきが大きくなるが、全体的には上流から下流へかけてかなり規則的に淘汰度がよくなっている傾向が見られる。今までの河川と比べると最終的な淘汰度(粒の揃い方)が一番よくない。これは、加賀の川と比べて短くて急なため、上流で生成された砂が分流作用で十分揃わないうちに河口まで流されてしまうからではないかと解釈できそうだ。
- ・ $S k \phi$ (礫) …全体的に大きな乱れではなく、どの場所もほぼ正規分布に近い。河口から20km付近でのダム下流の影響と合流による浸食作用の増大が、 $S k \phi$ 値を負(粗い砂の供給が多い)に変化させたと考えられる。

《全体的傾向と考察》

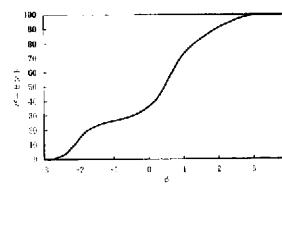
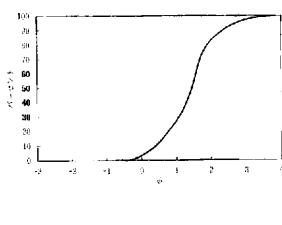
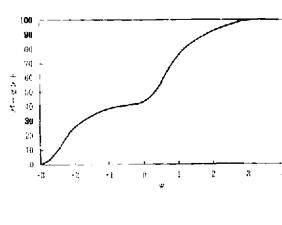
- ・上流域、當日付近の特徴…上流域では當日に見られるように、砂の供給源が粗い方と細かい方の2箇所あることが特徴。上流での同様な特徴は、手取川でも見られた。手取川の場合は上流で大量に供給される手取層群からの砂が原因だが、ここでは上流にも関わらず緩やかで穏やかな能登の川特有の流れが、その原因ではないかと思われる。この傾向はダムをはさんで■野田橋下流まで続くが、ダムの下流の■中島橋、■野田橋についてはダムによる細かい砂の供給の影響も考えられる。現地の観察を含めて考察したい。



- ・中流域、上町川合流付近の変化…■野田橋付近から■上町川合流直前の間で $M\phi$ 、 $Md\phi$ は急激に細かく、 $\sigma\phi$ は揃いがよくなり、 $S k \phi$ もほとんど正規分布に近くなる。各地のグラフは、2つの供給源のある分布から1つの供給源からの正規分布型になる。この変化は、この間の川幅が広くなっていることで流れが緩やかに安定し、より細かな砂が堆積したことによわせる。上町川合流後は、再び各パラメーターは元の傾向に戻る。合流後の流れが大きく南北方向に変化することから、合流した上町川の流れがより強く影響していると考えられる。これによりグラフは再び

<上流: 当日の粒度曲線>

- 2つの供給源を持つ型になるが、以上から考えると、上町川の上流と下流とでは粒度分布グラフの形は似ていても、その供給源は異なっていると考えられる。



- ・下流域、岩瀬橋の変化…■岩瀬橋から■桶戸橋にかけ粒度は粗くなるのに $\sigma\phi$ や $S k \phi$ はよくなる傾向を示す。河川勾配が緩くなるので、粗い砂が堆積するのかもしれない。現地で調査してみたい。

4. 町野川に見られる川のはたらき 《上流域の観察》

- ① 能登の上流域地形(当目)…上流とは思えない程川幅は狭く、底は浅い。水の流れも少なく、農業用水のようだ。周りの地形は開けていて田圃がすぐ横にあるのが特徴。緩い傾斜で周りの地形に沿って蛇行しながら流れている。このような地形を日常的に見ていれば、教科書的とはかなり異なる「上流のイメージ」を持つ(P 8のアンケート結果)ことも頷ける。
- ② 玄武岩地帯へ入る境目「黒川」…柳田層中のデイサイト質から玄武岩質への遷移点。河川勾配が急になっているが、景観ではここらは渓谷風になっている。その下流には河岸段丘が見られる。
- ③ 玄武岩からデイサイト質への境目「北河内ダム」…ここで峡谷風の地形が終わる。ダム下流の左岸にはデイサイト質の露頭が見られる。
- ④ 「五十里」橋の甌穴…デイサイト質火碎岩でできた川岸に多数の甌穴が見られる。ここらの流れがかなり激しく、今も侵食作用が盛んに行われていることが分かる。



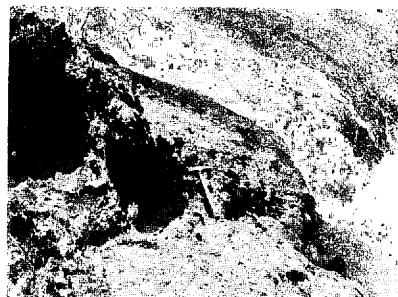
〈能登の上流の様子：当目付近〉



〈黒川：上流の渓谷と下の河岸段丘〉



〈北河内ダム：かなり落差がある〉



〈「五十里」橋川岸の甌穴〉



〈上町川との合流地点の様子〉



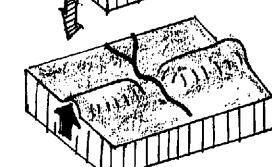
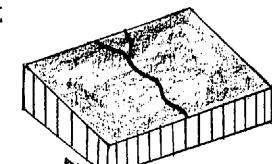
〈長尾の「孫三橋」：中州の様子と川岸の甌穴〉



〈中流域の特徴：中島橋（柳田）〉

- ⑤ 中流域の地形(柳田・中島橋)…ここらから川幅は広くなり、流れも緩やかで中流の特徴を持つ。川岸もコンクリートで護岸されている。

- ⑥ 上町川との合流地点…下左写真の手前が町野川、左が下流。手前に右が溜まり、水の色は奥の方が青いことから、上町川の方が勢いが強いことが分かる。その力で町野川はここで大きく流路を北へ変更する。合流前後にはかなり大きな礫も見られる。また合流後には、今まで見られなかったグリーンタフなどの礫も見つかった。
- ⑦ 長尾の「孫二橋」の観察…ここらから、中・下流に特徴的な中州が見える。川岸にはグリーンタフが露出しており、甌穴も見られる。
- ⑧ 激しい蛇行の町野町桶戸「谷内橋」の観察…ここらの激しい蛇行は、町野川が先行性河川であることを示している。また、ここらの地形の広がりの中で「自然堤防」や「後背湿地」などの、中・下流に特徴的な地形が観察できる。



〈「先行性河川」のでき方〉

特徴的な河川地形① 先行性の河川

- ① 先行性の河川…奥能登の山地は南側が低く北側の外浦が高い。そこを南から北に川が流れていると、あたかも低い所から高い所へ流れているように見える。

これは造山運動があまり急激でない場合、平坦な土地に徐々に隆起運動が働くと、そこを流れていた川は消滅することなく激しい下方侵食を伴って流れ続け、後から見ると、まるで山を越えているように見えることが成因である。このような川は造山運動以前から存在していたので「先行性の河川」と呼ばれる。能登は加賀のように急激な造山運動は見られず、この条件によく当てはまる。輪島の河原田川も同様である。

- ② 穿入曲流…平坦な土地が全体的に隆起して準平原が形成されると、川は高度差がほとんどないので、非常に曲がりくねった川筋となる。そのまま隆起し続けると、山地の中に深く刻み込んだ激しい蛇行を持つ穿入曲流となる。

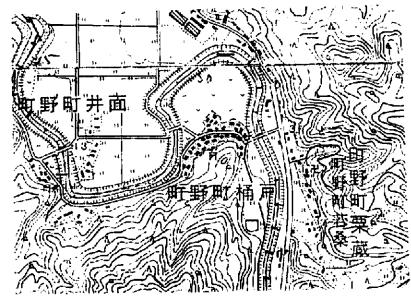
町野川中流の町野町粟蔵、桶戸、井面付近では、右写真や地形図のように大きく蛇行している。また、P37の粒度分析のグラフを見ると、桶戸橋で砂粒の人さしが急に細くなり、揃いも淘汰度もよくなっている。

やはり、流れが先行性の河川による穿入曲流で緩やかになった影響でないかと考えられる。

(地形図は国土地理院2万5千分の1地図)



〈町野町桶戸付近：激しい蛇行〉



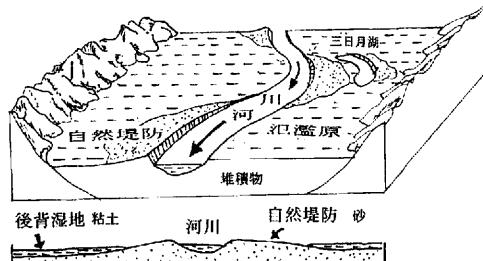
〈穿入曲流：町野町桶戸付近〉

特徴的河川地形④ — 自然堤防と氾濫原、後背湿地 —

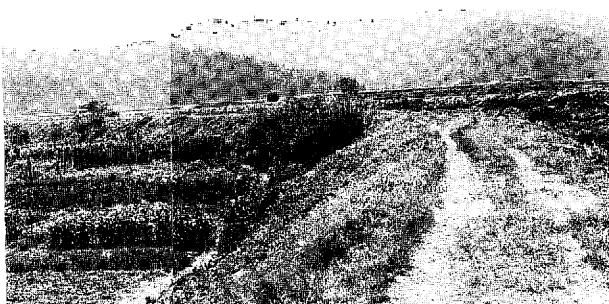
《概略》川が氾濫すると、水につかる低くて平らな土地がある。これを「氾濫原」と呼び、特に流路が蛇行している所で発達する。蛇行流路は絶えず移動し、その際削った土砂の大部分は氾濫原の堆積物になる。洪水の際の川から溢れだした水は流速が遅くなるので、粒の粗い砂礫の多くは川の近くに堆積する。それが繰り返されると、砂礫の溜まった所は他より高くなり、川に沿って長く伸びた土手が作られる。これを「自然堤防」と呼ぶ。したがって最初に堤防を作ったのは川自身と言える。堤防の高さは過去最大級の洪水の水位と大体一致する。また、氾濫原はふだんの流路から遠ざかるほど堆積物は薄くなるので、流路付近よりも低くなる。そのため自然堤防を超えて溢れた水は元へ戻れなくなり、湿地帯ができる。これが「後背湿地」である。

《土地の利用》自然堤防は洪水の時は水につかりにくいので集落や道路などが立地し、反面水の便がやや悪いため、かつては綿や桑などの畑作が多くあった。これに対し後背湿地は古くから水田として利用されてきた。近年では、多くの場所では人工的な手が加わり、明瞭な区別はしにくい。

《現地の観察》蛇行の多いこの川岸を見ると、やや小高くなつてその上を道路が走っていたり家が建っていたりする自然堤防と、その外側の一段低くなつた田畠に利用されている後背湿地が見られる。右写真のように、蛇行の外側（写真右）は自然堤防が広くてそのままの高さで山の縁に接し、後背湿地は見られないが、流れの内側に当たる左側には広く向背湿地が見られる。



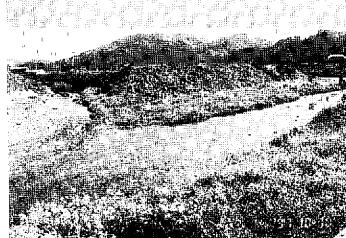
〈自然堤防と氾濫原・後背湿地〉



〈町野町「桶戸」の「自然堤防」と「後背湿地」(手前が上流)〉

《下流域の観察》

⑨ 鈴屋川との合流点「明治橋」…河川勾配変化には、この合流の影響は殆どなかった(P36)。一方粒度分析では、ここで細かくなるが、ややばらつくという結果がでた(P37)。そこで現地観察をした右の写真を見ると、鈴屋川との合流点に砂礫が大量に溜まつておらず、これは町野川の流れの方が強いことを示している。川幅や流れの強さを見ても、町野川の河川勾配を変化させる程ではないようだ。ただ、ここで鈴屋川から新たな砂礫が混じることで、ばらつきが出たと思われる。



〈鈴屋川との合流点〉



〈下流域の特徴を示す敷戸橋〉

⑩ 下流の地形「敷戸橋」…川幅は40m程度に広くなっている。流れはほとんどなくて静か。川の中央は浅くなつていて草が生えている。典型的な下流の景観である。両岸は完全にコンクリートで護岸されているが、その上は草で覆われ、自然な景観を保っている。多自然型河川工法(P34参照)を意識しているのかもしれない。



〈下流域の特徴を示す敷戸橋〉

⑪ 狹窄河口…河口を見ると、南から砂浜が伸びてきて河口の大部分を覆って出口が狭くなっている。これは、外浦の西から東にかけて流れている沿岸流により大川浜海岸の砂が流されてできたものだろう。海岸地形に時々見られる「砂嘴」や「砂州」と同じような成因と思われる。

4. 先行性河川の河原田川

事前調査

1. 河原田川流域の地形・地質図と遷移点の場所

〈概説〉

河原田川は流長25kmの2級河川で、能登では町野川に次ぐ長さ。輪島市南端の木原岳を源流に西方向に流れた後、三井町市ノ坂付近で流路を北に変える。中流の仁行川合流付近を中心に南北に激しく曲流しながら外浦の山地を切って旧輪島町を貫流、河口付近で鳳至川と合流し、輪島港で日本海に注ぐ。上流の流域には高州山安山岩類や、それを不整合に覆う下部繩文層が分布している。流れを北に変える辺りからは、広く上部繩文層が流域に分布し、河口付近では輪島瓦層や塙田泥岩層も見られ、下表のように能登北西部地区的模式的層序が続く。町野川と同じく流路が南北に山地を横断する先行性の河川である。全体的に流れの形が似ており、中流部で曲流が顕著なものもこの影響だろう。

〈流域の地質〉

現在 (万年)

地質時代	年代	堆積岩	火山性岩石
新紀	完新世	冲積堆積物 扇状地盤層(海岸段丘)	
	後期	2 河成段丘構成層	
	中期	12 高位砂礫層	
	前期	15 50 80	
	鮮新世		浅くなる ・氷河性海水準変動の開始(120)
	新生代	900 塙田泥岩層m	
	中新世	1500	
	第三紀	1600 輪島瓦層smg(鰐・鰐・鰐)	
	古第三紀	1700 2000 上部繩文層Sm(鰐・鰐) + WT, PC, B	日本海深くなる
	漸新世	2200 下部繩文層ALT(鰐・鰐・鰐) + WT, PC	
		2300 2700	穴水累層A(如鰐狀物)

〈河川地形の見られる主な箇所〉

上流

- ① 三井町洲衛付近…能登の上流地形、地質の遷移点と景観の違い ($\Delta \rightarrow ALT$)
- ② 三井町市ノ坂…地質の遷移点と景観の違い ($ALT \rightarrow Sm$)
- ③ 三井町新保…川幅が広くなる様子の観察

中流

- ④ 仁行川合流前後…合流の影響と中流地形の様子
- ⑤ 打越町「夏分橋」…小規模な砂防ダムの影響
- ⑥ 熊野町…地質の遷移点と景観の違い ($Sm \rightarrow a$)、穿入蛇行
- ⑦ 市ノ瀬町付近…河岸段丘
- ⑧ 神田川合流点…合流の影響

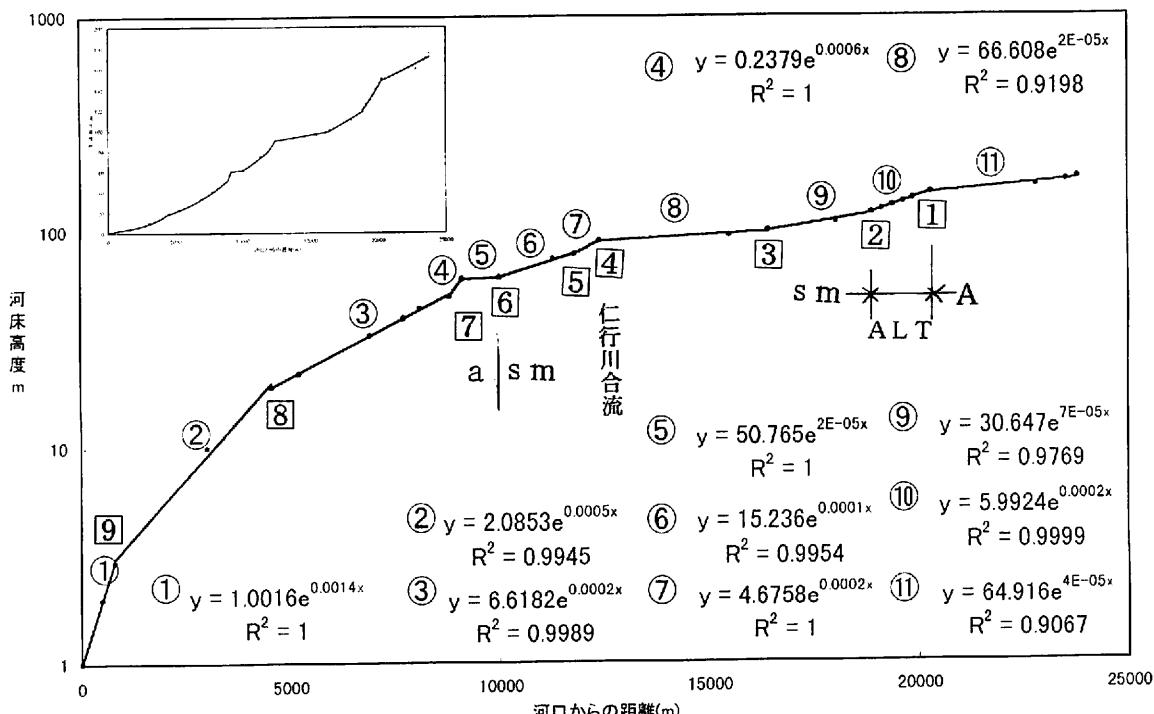


- ⑨ 姫田橋…下流地形、堰堤の観察
- ⑩ 河井町の各橋（「やすらぎ橋」、「上新橋」）の様子…護岸工事や河川環境の整備
- ⑪ 凤至川との合流点…合流の影響と河口付近の様子
- ⑫ 河口…輪島港の様子

- = a (沖積堆積物)
- = t₂ (段丘堆積物、低・中位)
- = m (泥岩)
- = smg (砂岩・泥岩・礫岩)
- = sm (砂岩・泥岩)
- ▨ = ALT (砂岩・泥岩・礫岩)
- ▨ = B (玄武岩熔岩)
- ▨ = WT (熔結火碎岩)
- ▨ = A (如鰐狀物)

2. 河原田川の縦断曲線と調査ポイント

1. 河原田川の縦断曲線



《縦断曲線の分析》

指数関数曲線に近似した結果は、今までの川で一番悪かった($R^2=0.79$)。特に地質のA→ALTの境に当たる点⑪より上流で緩やかになると、神田川が合流する点⑧以降の下流の勾配が今までになく急になっていることが、ずれの大きい要因ではないだろうか。ここら付近の砂の粒度分布調査と現地観察とを合わせて考察したい。平均勾配は町野川と同じ急な値であり、共に狭くて急峻な地形を下る能登の河川の特徴を表していると言えるだろう(第VI節P58参照)。全体は図のように合計11本の指数関数グラフの連続と捉えた。この変化をこれまでの加賀の川や町野川と比較すると、次の特徴に気付く。

- (1) 片対数グラフの傾きが下流に向う程大きくなる加賀の川の特徴と、中流部分では勾配が急になったり緩やかになったりする町野川と同様の特徴を合わせ持っている。最上流がより緩やかなもの特徴である。
- (2) 加賀の河川に共通していた5000m、14000m前後の遷移点に対しては、4550mの遷移点のみが対応する。また8500m前後の遷移点は、加賀の手取川と大聖寺川、能登の町野川と河原田川にあることが分かる。

河原田川の縦断曲線は、合計11本の指数関数グラフの連続でできているが全体的な指数関数近似は悪い。傾斜は急で町野川と同様、狭くて急峻な能登の地形的特徴を反映している。河川勾配の変化は、上流はかなり緩やかな独特の特徴を持ち、中流では不規則な町野川タイプ、下流では河口に近付くにつれて河川勾配が急になる加賀の河川タイプとなり、加賀と能登の河川タイプの中間に位置している。河口付近の遷移点は、加賀と共に通する地点もあるようで、その成因を一度全県内で比較してみる必要がある(第VI節参照)。

2. 調査地点と観点の設定…地点番号は前ページの地形図中の番号

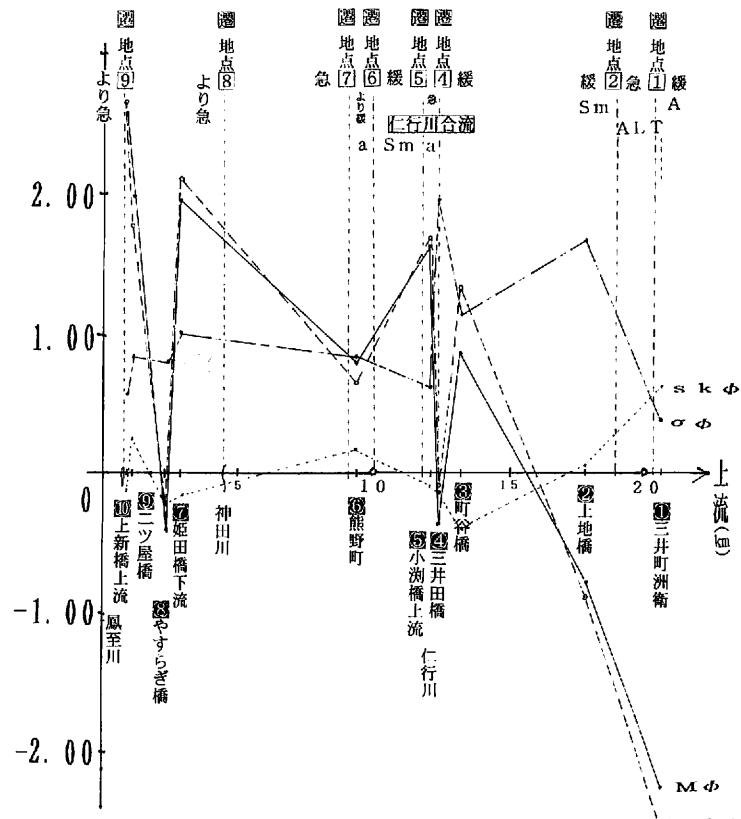
- | | |
|--|--|
| [1] 地点①・三井町洲衛付近(河口から20.3km、高さ150m)…上流の安山岩層(A)から砂岩・泥岩・礫岩層(ALT)への境界付近。地質の変化で、急勾配になったと考えられる。 | [6] 地点⑥・熊野町付近(河口から10.0km、高さ61m)…砂岩・泥岩層(Sm)から冲積世(a)への境界付近。地点13と逆の関係なのに更に傾斜が緩やかになるのは、ここで蛇行が激しく(穿入蛇行)なるからかもしれない。現地での観察や粒度分析結果と比較検討したい。 |
| [2] 地点②・三井町市ノ坂付近(河口から18.9km、高さ120m)…砂岩・泥岩・礫岩層(ALT)から砂岩・泥岩層(Sm)への境界付近。地質が柔らかくなり、勾配が緩やかになったと考えられる。 | [7] 地点⑥・熊野町、寺前橋～宮前橋付近…(河口から1~8.8km)この狭い範囲で、河川勾配は急傾斜になる。大きな蛇行箇所だが、地質や川幅の変化もなく原因は不明。現地観察や粒度分析結果から考察したい。 |
| [3] 地点③・三井町新保付近(河口から16.4km、高さ100m)…一層勾配が緩やかになる。ここから川幅が広がっているのが影響しているのか、現地での観察が必要である。 | [8] 地点⑧・神田川合流点(河口から4.6km、高さ19m)…ここから傾斜は急になる。河口から4.6kmの遷移点は手取川、大聖寺川、犀川にも対応する点がある。したがってこの遷移点は神田川との合流のせいか、または河岸段丘生成等の影響によるものか、今後考える必要がある。 |
| [4] 地点④・仁行川合流付近(河口から12.4km、高さ90m)…河川勾配が急になる。中川と合流した仁行川がかなり大きな流れで河原田川へ合流するのが原因と考えられる。 | [9] 地点⑪・鳳至川合流点(河口から0.8km、高さ3m)…更に急傾斜で河口に注ぐ。これまでの川でこのような河近くの遷移点は初めて。鳳至川の影響だろう。 |
| [5] 地点⑤・三井町渡合付近(河口から11.8km、高さ78m)…仁行川合流後600m付近。冲積世(a)から砂岩・泥岩層(Sm)への境界付近。合流による勾配変化が地質の違いの固さ変化で、やや緩やかになったと考えられる。 | |

現地調査と観察

3. 河原田川の粒度分析結果

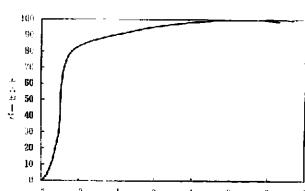
《各パラメーターの分析》

- M_φ(平均粒径) … 最小は⑩上新橋流の2.58で、最下流地点。最大は最上流の⑨三井町洲衛で-2.27。⑨三井田橋や⑥熊野町、⑧やすらぎ橋で細かすぎる点や⑤小瀬橋で粗すぎる点はあるが、従来の河川と同様に、粒度は全体的に細かくなっていく傾向にある。グラフを見ると減少のタイプは町野川に近く、上游は比較的きれいな形だが中流から下流にかけてはかなり値が上下する。合流や蛇行の影響も考えられる。
- M d_φ(中粒径) … 最小は⑩上新橋上流の2.66、最大は最上流の⑨三井町洲衛で-2.51。傾向はM_φと同じ。
- $\sigma\phi$ (離散) … 今までの川と違い上流から下流への変化の傾向があまり明確でない。上流⑨三井町洲衛での淘汰度はかなりよい。仁行川合流付近の⑨三井田橋では非常にばらつく。合流の影響ではないか。その後は河口に向けて淘汰度はよくなる傾向になる。
- S k_φ(砂礫) … 全体的に大きな乱れではなく、どの地点もほぼ正規分布に近いが最上流の⑨三井町洲衛でかなり細かい砂の供給が多い。その後、仁行川合流前の⑨町谷橋まで粗い砂の供給が多い傾向が続くが、これは縦断面の上流部が急傾斜の影響かもしれない。合流後からは細かい砂の傾向になり、⑨姫田橋で再び粗い傾向になるが、これは下流の神田川合流点が急傾斜の遷移点である影響だろう。



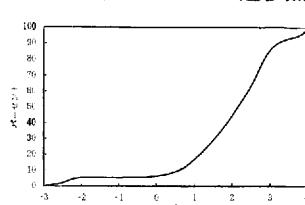
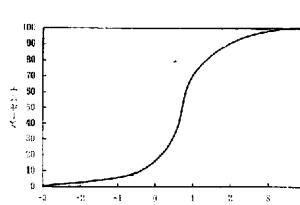
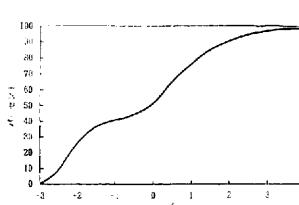
《全体的傾向と考察》

- 上流域、最上流の特徴 … 最上流の⑨三井町洲衛は、砂礫は大きいがかなり揃っていて、しかし細かい砂の供給が多いという今までにない特徴を持ち、粒度曲線も右のように粗い方に偏った特異な「1山形」である。これまで上流では、能登の町野川も含めて砂の供給源が粗い方と細かい方の2箇所があることが多かった。河原田川最上流の勾配は0.0004でかなり緩やかだが、町野川最上流は0.0002で1桁勾配が急である。この違いが粒度曲線の2山を作るかどうかの違いかもしれない。少し下流の上地橋付近は傾きが0.0002となり、粒度曲線は2山となっているのもこの考え方で説明できる。



- 中流域、仁行川合流前後の変化 … 合流付近の⑨三井田橋下流で砂礫は急に粗く、淘汰度は悪くなる。グラフの2山は合流の影響だろう。その後、能登特有の先行河川の蛇行が続き、その下流の⑥熊野町では粒径も落ち着き、淘汰度もよくなる。粒度曲線も下左のようにきれいな形となる。これはここらの勾配が蛇行の影響で0.0004とかなり緩やかになるからだろう。

- 下流域、姫田橋の変化 … 熊野橋の少し下流、神田川との合流点が遷移点である。遷移点後の姫田橋では、粒径が急に大きくなり、淘汰度も悪くなって粗い砂礫が多く供給され、勾配が急傾斜になる遷移点の特徴がそのまま反映されている。上の粒度曲線を見ても、砂礫が粗い方に供給され、その分布に低い高まりのできていることが分かる。



（仁行川合流：三井田橋付近）
（熊野町：蛇行の後）
（姫田橋：遷移点後の様子）

4. 河原田川に見られる川のはたらき 《上流域》

- ① 最上流「三井町洲衛」…町野川と同様、上流とは思えないほど川幅は狭くて底は浅い。水の流れも少なく、農業用水のようだ。周りの地形は開けていて田圃がすぐ横にある。緩い傾斜で周りの地形に沿って蛇行しながら流れている。
- ② S m (砂岩・泥岩) 層中の「上地橋」…川床のベースは泥で、礫が混在している。川床の所々に礫穴が見られることから、現在も侵食作用が続いていることが分かる。
- ③ 緩やかな勾配中の「町谷橋」…ここらは河原田川の流れの中でも、最も河川勾配の緩やかな場所である。川幅は広く、両岸はコンクリートで護岸され、ゆっくり水が流れている、一般的な上流の風景とは異なる。



〈最上流の様子：三井町「洲衛」〉



〈「上地橋」川床泥層の礫穴〉

〈緩やかな勾配中の「町谷橋」付近：上流(左)、下流(右)の様子〉

《中流域》

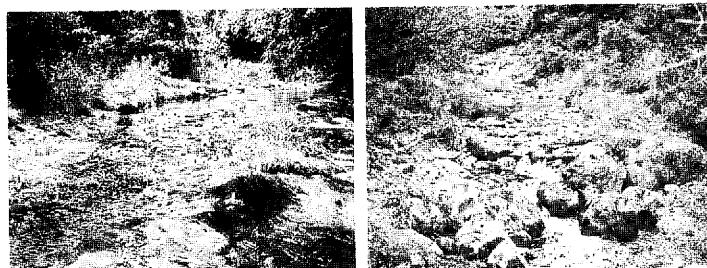
- ④ 中流の流れを示す「三井田橋」付近…ここらの瀬と渦の現れ方は、中流の典型である。

特徴的な渦川地形④ — 川の姿の模式「瀬・渦・瀬」

自然の川には必ず次の2つの特徴がある。(1) 曲がって流れる、(2) 浅い所(瀬)と深い所(渦)がある。このどちらかが見られない川は、もはや自然の川とは言えない。この流れの浅い「瀬」には、流れの早い「早瀬」と、比較的緩やかな「平瀬」がある。流れが深い「渦」は流れが緩やかで、特に静かな所は「渦(とろ)」と呼ぶ。

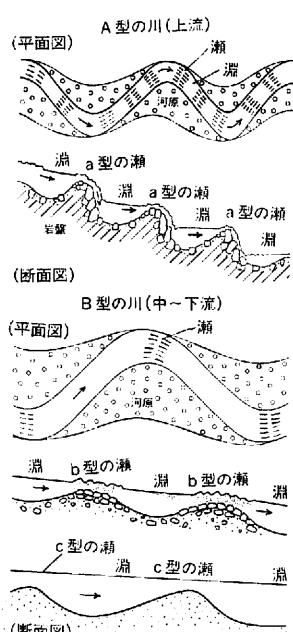
- この瀬と渦の現れ方には、上游から下流にかけて1つの法則がある。
- ・上瀬：一つの曲がりから次の曲がりまでの間に多くの瀬と渦がある(A型)。
 - ・渦と渦間の瀬には落差があり、水が滝のように落ち込んでいる(a型の瀬)。
 - ・中瀬：一つの曲がりから次の曲がりまで瀬と渦は一つずつしかない(B型)。
 - ・滝は浅く白波が立っているが、滝のように落ち込むことはない(b型の瀬)。
 - ・下瀬：中流と同じB型だが、瀬も深くなつてもう波立たない。(c型の瀬)。
- どんな川も、瀬と渦の現れ方から見ると、A a型、B b型、B c型の3つに分けられ、上流にはA a型が、中流にはB b型が、下流にはB c型が現れる。

(以上 可児藤吉による)



〈B b型(滝)の三井田橋付近〉

〈A a型(瀬)の大聖寺川上流〉



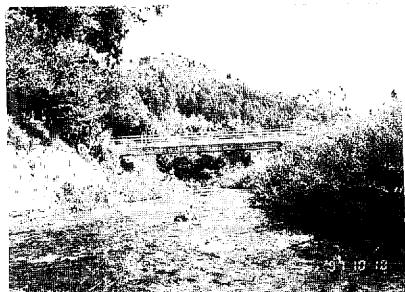
瀬と渦の現れ方(観.1994を簡化)

- ④ 仁行川との合流前後…合流前後で河川勾配は大きく変化する。それに対応して景観も変化し、合流前の三井田橋付近の流れは、川幅も狭くて水の量も少ない。それに対し合流後の小渦橋付近では川幅も広くなり、水は量も勢いも増して流れている(右写真)。

- ⑤ 夏分橋付近の砂防ダム(高さ10.8m)…次ページ写真のように小



〈仁行川との合流前:三井田橋〉



〈仁行川との合流後:小渦橋〉

- さな砂防ダムがある。主ダムと副ダムの2段式だが(P15「特徴的な河川施設①」参照)、段差もあまりなく、規模も小さいためか河川勾配の変化は見られない。
- ⑥ 遷移点の熊野町…これらを境に地質が変化し、河川勾配が緩やかになる。川幅は広く(約20m)て、下流の流れは緩やかだが、川岸には砂に混じってかなり大きな礫も溜まっている。ここで勾配が緩やかに変化したため堆積したと考えられる。
- ⑦ 熊野町「寺前橋」、「宮前橋」…この付近では「穿入蛇行」が見られる。
- ⑧ 市ノ瀬付近の観察…川の左岸にきれいな河岸段丘が見られる。



〈夏分橋付近の砂防ダム〉



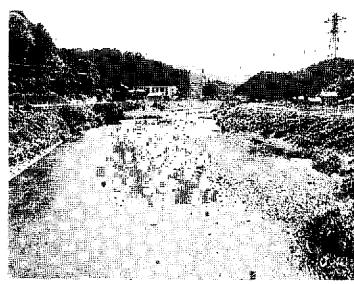
〈遷移点の熊野町付近の河原〉



〈市ノ瀬付近の河岸段丘〉

《下流域》

- ⑨ 下流の観察「姫田橋」…河原の礫は小さく丸くなり、川幅も広くなる。河川縦断図から見ても、ここから下流と見ていいだろう。ただし勾配を見ると河口からこの距離での0.0005という値は、今までの川の中で最も大きく、下流が急だった手取川の最下流(0.0006)に次ぐ傾斜である。その影響だろうが、ここでは下流付近にも関わらず砂防堰堤や、多くの「床止め」がなされている。右写真でも、礫の堆積する河原の向かい側の、侵食される川岸の川床には堀り下げ防止のためのコンクリートブロックの床止めが見られる。(「床止め」については下欄参照)。



〈姫田橋の礫の河原と床止め〉

特徴的な河川施設④ — 床止め（「落差工」と「帶工」）—

川の横断方向や縦断面の形は、流れによる侵食で常に変化している。この侵食量が大きいと堤防が決壊したり氾濫による被害ができる。このような侵食を防ぐために、高水敷(洪水の時だけ流れる一段高い所)や河床をブロックやコンクリートなどで固めた施設を「床止め」と言う。床止めには、河床勾配を緩やかにして流れを安定させる目的のため落差をつけた「落差工」と、河床の侵食や局所的な深掘れを防止するために設けた落差のない「帶工」がある。右の「床止め①」の写真は姫田橋下流にある落差工で、奥には魚が上流に遡ることができるよう「魚道」が作られている。この落差工のもう少し下流には、今度は「床止め②」の写真のように、河床をブロックで固めた帶工がある。ここで流れが緩やかになるのは、ここら一帯に草が生い茂っていることからも分かる。また、この草自体が流れの抵抗ともなっているようだ。



〈床止め①: 魚道のある落差工〉

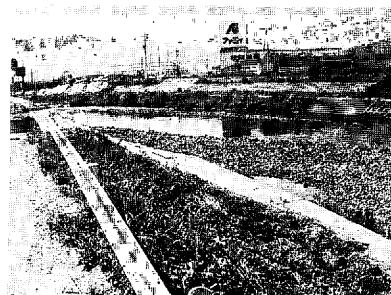


〈床止め②: ブロック製の帶工〉

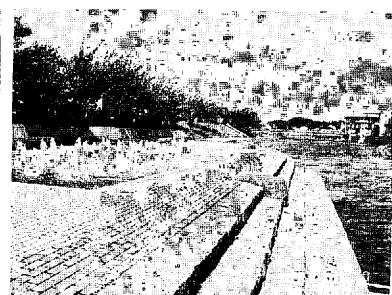
- ⑩ 護岸工事が進む「やすらぎ橋」…下流にも関わらず河川勾配が急で、大きめの礫も流れてきており、大規模な護岸工事が行なわれていた(平成10年には完成)。
- ⑪ 矿の河原がある「二ツ屋橋」付近…河口から1km余りのこの地点で、かなり大きい(直径10~15cm)礫からできた広い河原が見られる。河川勾配が下流でも急なこの川特有の河川地形だろう。
- ⑫ “いこいの場”としての高水敷の利用「上新橋」…高水敷(洪水の時だけ流れる一段高い所)をブロックで固めた帶工だが、同時に日頃は市民が水辺で憩うことができる場としての機能を果たしている。



〈護岸工事が進む「やすらぎ橋」付近〉



〈礫の河原のある「二ツ屋橋」付近〉



〈“いこいの場”としての高水敷〉

5. 琴ヶ浜(鳴き砂の浜)に流れ込む仁岸川

1. 仁岸川流域の地形・地質図と縦断曲線の関係

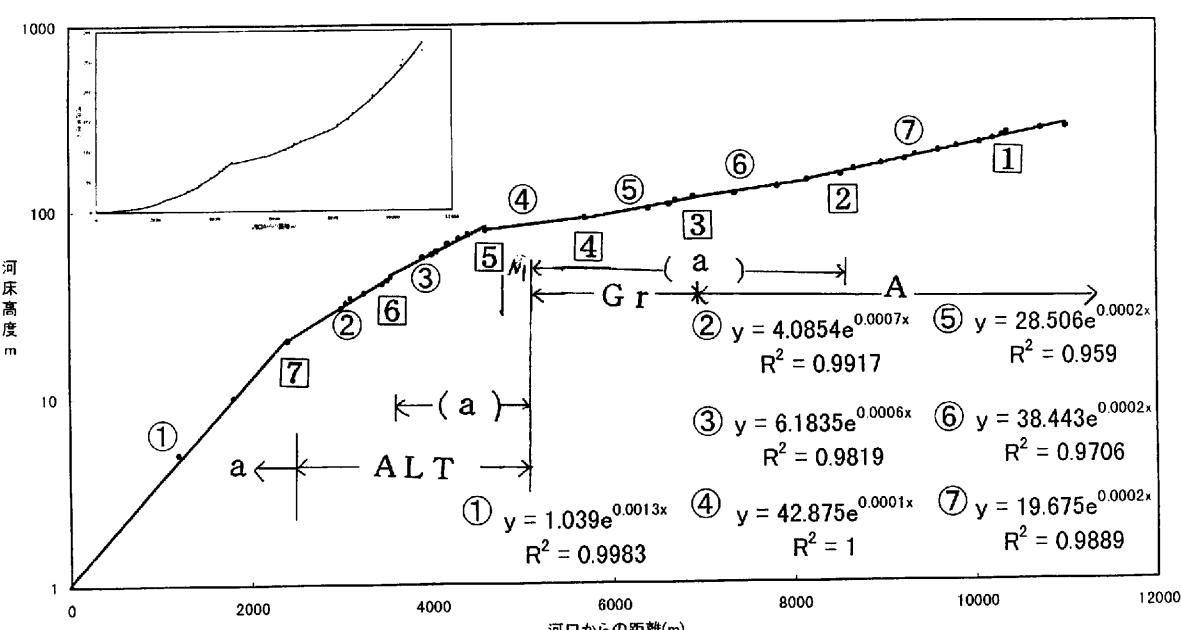
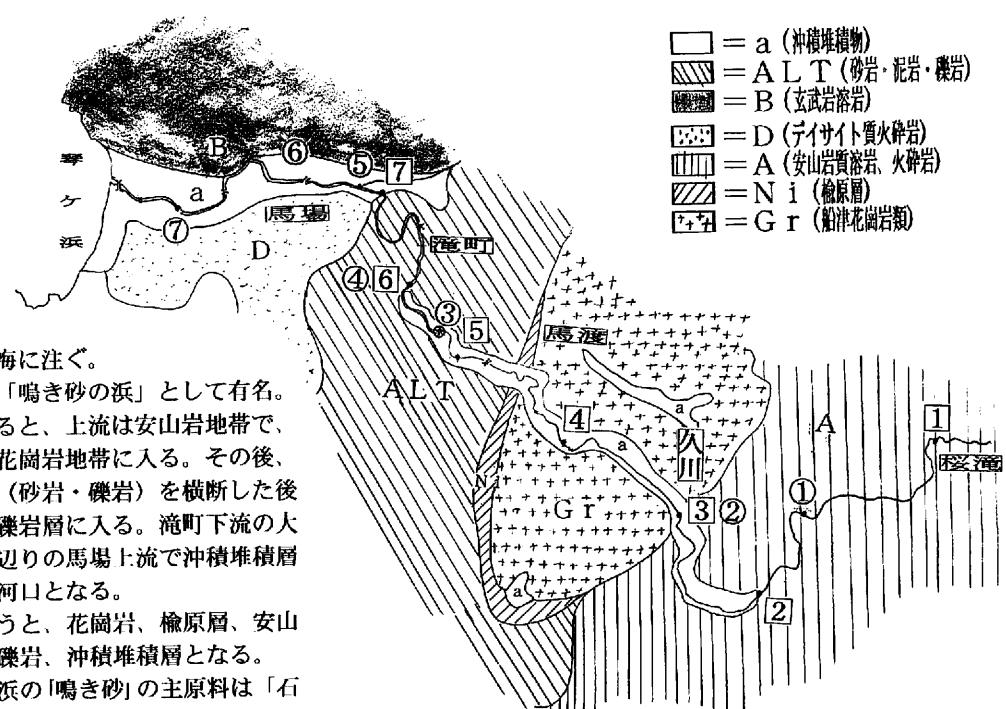
仁岸川は流域長12kmの2級河川で鳳至郡門前町の南端を西流する。門前町野毛の雑木林を源流に、桜滝、久川(くわい)、馬渡(まわたり)、上馬場(じょうばば)を経て、劍地で日本海に注ぐ。

河口の琴ヶ浜は、「鳴き砂の浜」として有名。

流域の地質を見ると、上流は安山岩地帯で、久川上流付近から花崗岩地帯に入る。その後、馬渡付近で榆原層(砂岩・礫岩)を横断した後すぐ砂岩・泥岩・礫岩層に入る。滝町下流の大きな蛇行を過ぎた辺りの馬場上流で沖積堆積層になり、そのまま河口となる。

地層の古い順にいうと、花崗岩、榆原層、安山岩、砂岩・泥岩・礫岩、沖積堆積層となる。なお、河口の琴ヶ浜の「鳴き砂」の主原料は「石英」で、これは上流の花崗岩類から供給されていることが前回の調査で分かっている。(石川の自然第20集「石川の海岸地形を読む」参照)。

今回は、流域での花崗岩の現れ方や地質変化と地形変化の関係などを中心に、様子を調査してみる。



全体近似の傾きは今までで一番急(係数=0.003)。近似は河原田川に次いで悪い。最下流の勾配が係数=0.013と際立って急なので、これも近似を悪くしているようだ(第VII節P58参照)。この急な流れが「鳴き砂」になる円摩された石英を作る要因なのかもしれない。なお、最下流の遷移点は段丘形成が原因ではなく、ALTから沖積堆積物への変化のためらしい。

<上流>

- 地点[1]…下流から見ると、ここだけ突出。桜滝の影響だろう。
- 地点[2]…ここからやや緩やかになる。源流からここまでが安山岩地帯。ここから下流は同じ安山岩だが、沖積堆積物を流れる。
- 地点[3]…ここからやや急になる。

沖積堆積物中だが、基盤が花崗岩に変化した影響かもしれない。

<中流>

- 地点[4]~[5]…この間で沖積堆積物の下が榆原層を横断してALTに入る。その影響か、勾配は緩やかになっている。
- 地点[5]…沖積堆積物の下がALT。

かなり急になる。

- 地点[6]…ALTに入る。勾配は更に急になる。

<下流>

- 地点[7]…ここを境に沖積堆積物に入る。下流には、加賀の河川に見られた河岸段丘の形成と思われる勾配変化は見られない。

2. 仁岸川に見られる川のはたらき

《上流域》

- ① 「久川」の上流(河口から9km)…狭い川幅、早瀬が何段もあり、典型的な上流の景観。ゴツゴツした大きな安山岩が見られる。川岸には、安山岩が風化してきたと思われる砂が溜まっていた。
- ② (地点[3]) 安山岩地帯と花崗岩地帯の境界・「久川」の上流(河口から7km)…河川勾配はこの境界を境に少し緩やかになっていたが、現地もその境界付近で道路の傾斜が緩やかになっているのが分かる。2つの地質の境辺りを地形図で見ると、谷が走っている(下地図参照)。地質の境目は一般的に強度が弱く、谷地形になることが多い。また景観からも、上流側の安山岩の山が高く、下流側の花崗岩の山が低いことが分かる。これらの川の川床には花崗岩の岩帶が露出しているのが見られる。



〈安山岩地帯と花崗岩地帯の境界〉



〈境界付近の地形図〉



〈典型的な上流・久川の上流域〉



〈川床に見られる花崗岩の岩帶〉

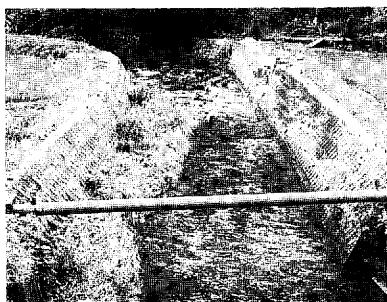
- ③ ALT層に入った滝町の「滝橋」…馬渡からALT層に入る。ここらの川床には凝灰質砂岩や礫岩などが多く見られ、川岸にはALTの礫や砂の層が立っているのが見られる。これらが崩れて、川中に礫を供給している。ALT層中の礫は丸く、水の流れでできたものと考えられる。

《中流域》

- ④ (地点[6]) 中流の流れを示す「滝町二号橋」付近…ここらもALT層。川には波が立つ瀬が見られるが階段状ではなく、流れもそれほど速くない。川幅も広くなる。両岸はコンクリートで完全に護岸されている。河原には花崗岩や安山岩、それにALTの小礫が見られる。ツルンとしたのがALTの特徴である。
- ⑤ 小さな川が合流する渡瀬口(河口から2km)…小さな川が玄武岩層を通って合流している。川岸を探ると、そこから流れできたと思われる玄武岩が見つかる。川中にはかなり大きな礫が見つかる。下流付近にも関わらずかなり河川勾配が大きい(係数=0.013)からだろう。



〈川岸の直立ALT層。円礫：滝橋〉



〈中流の流れを示す「滝町二号橋」〉



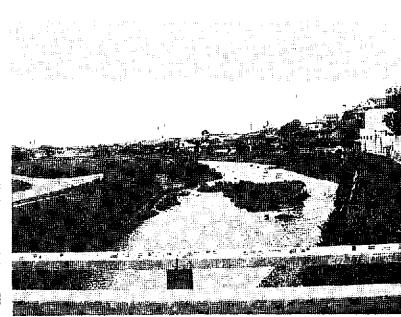
〈合流で入った玄武岩：渡瀬口〉

《下流域》

- ⑥ 馬場付近の地辺り地形…ここら一帯はコンクリートで護岸された中を、広くてゆったりとした流れが見られる下流になる。ここから河口の剣地にかけて、広く地辺り地帯が続くのが特徴。能登は一般に地辺り地帯が多いのが特徴だが、川の流れがその形成にどう影響しているのかは不明である。
- ⑦ 河口付近「館分」(河口から6.6km)…人家が両岸に見られる。流れが非常に緩やかで、下流特有の中洲も見ることができる。



〈馬場付近の地辺り地形〉



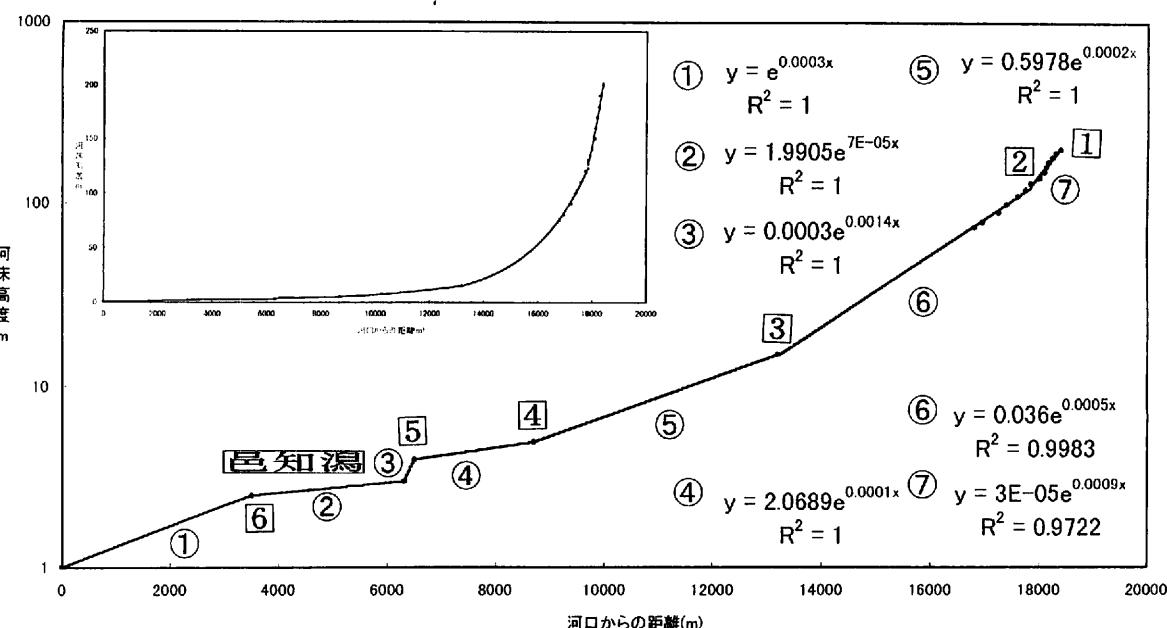
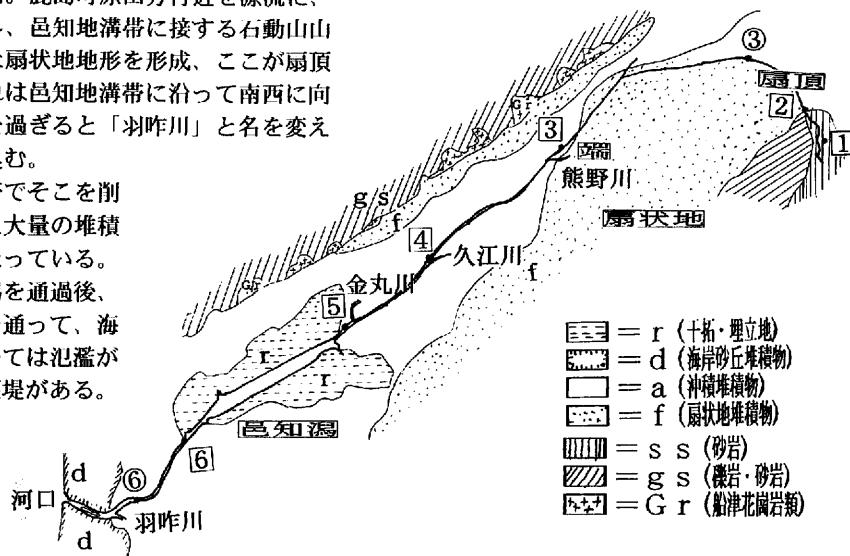
〈河口付近の様子「館分」〉

6. 邑知潟に流れ込む長曾川（含羽咋川）

1. 長曾川（羽咋川）流域の地形・地質図と縦断曲線の関係

長曾川は流長14kmの2級河川。鹿島町原山分付近を源流に、石動山西麓から北西に流れ出し、邑知地溝帯に接する石動山山麓の鹿島町芹川では、小規模な扇状地地形を形成、ここが扇頂部となっている。そこから流れは邑知地溝帯に沿って南西に向かい、邑知潟を注ぐ。邑知潟を過ぎると「羽咋川」と名を変え、羽咋市街北辺で日本海に流れ込む。

地質的には、上流が砂岩地帯でそこを削った流れが平地である地溝帯に大量の堆積をし、それが扇状地堆積物となっている。その後沖積堆積物に入り邑知潟を通過後、海岸近くで海岸砂丘の堆積物を通って、海に流れ込む。上流は急流でかつては氾濫が多く、山間部には多くの砂防堰堤がある。平野部は流されてきた大量の土砂で天井川となっている。



・全体の近似はかなり良いが勾配は大きい（第VI節P58参照）。特に最上流の⑦区間の勾配は、今までで一番大きい（0.0009）。この影響で大量の砂礫が運搬され、中流に扇状地が形成できるのだろう。もう1つの特徴は、全体近似のy切片が片対数でマイナスになる点だ。これは長曾川が邑知潟を実質的な河口として河川勾配を形成していることを現わしている。

〈上　流〉

・地点①…上流部の砂岩層。傾斜は急で、ここから大量の砂礫が削られて下の扇状地が形成されたのだろう。

〈中　流〉

・地点②（扇状地の扇頂にあたる、「とめぎわ橋」）…この点で勾配が急変化して緩やかになり、上流からの大量的砂礫を堆積させて扇状地が作られる。

・地点③（扇状地の端にあたる、熊野川合流地点）…扇状地の中を西に進んできた長曾川は、地溝帯に沿って南西に向きを変え、この地点付近で扇状地から出て、沖積堆積層に入る。傾斜はさらに緩やかになる。

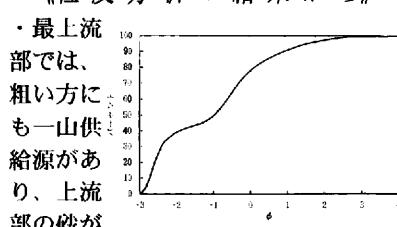
〈下　流〉

・地点④（久江川合流点）…同じ沖積堆積中で、久江川はかなり大きな川なので、ここで勾配が緩やかになるのは合流の影響と思われる。

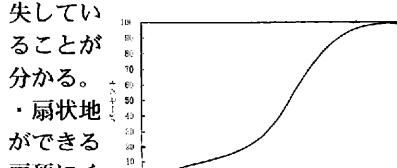
・地点⑤（金丸川合流点～邑知潟入口）…この短い間に勾配は急になる。これは埋め立ててできた邑知潟と川との境界だからだろう。したがって、このまま放置しておけば、河岸段丘の河口からの逆上と同じく、この急傾斜の位置は上流部へ移動していくはずである。

・地点⑥（邑知潟出口、吉崎川合流地点）…ここからは羽咋川となる。水平な潟を出て、吉崎川との合流も加わり、勾配が増して河口に向かう。

《粒度分析の結果から》



〈最上流部(砂岩地帯)〉



〈扇状地出口(とめぎわ橋)〉
きれいな正規分布に近くなる。

2. 長曾川に見られる川のはたらき

《上流域》

- ① 原山付近の最上流部(地点[1]・河から18.4km)…地形図に砂防ダムの印がある。行ってみると、川の流れは狭いがかなり急な流れである。河原にはゴツゴツした大きな石が多数見られ、花崗岩や片麻岩、第3紀の凝灰質砂岩などが目に付く。何れも流域やその周囲の地質を構成しているものである。

《中流域》

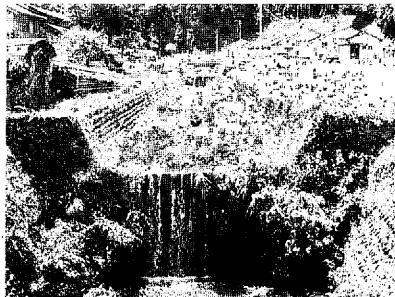
- ② 扇状地への出口「とめぎわ橋」(地点[2]・河から17.7km)…最上流部よりわずか1km足らずで、平地への出口となる。この急な勾配変化と上流からの大量の土砂が、扇状地を形成したのだろう(P21特徴的な河川地形⑥参照)。平野への出口に大きな砂防ダムがあり、その下にも次々と小規模な砂防ダムが続いている。下の方のダムは、土石流の高度差エネルギーを減らす役目をしているのだろう(P15特徴的な河川施設①参照)。川岸は石垣でしっかりと護岸されており、昔から周間に住む人々が洪水や土石流と戦っていたことが分かる。



〈最上流部にある砂防ダム〉



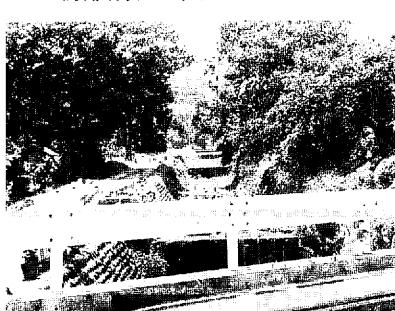
〈扇頂付近の大きな砂防ダム〉



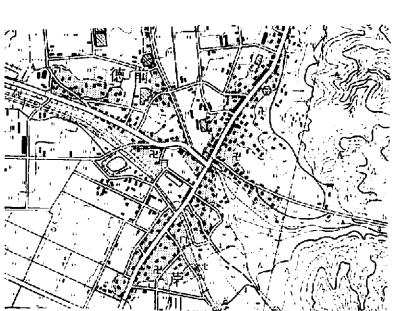
〈下の小さなダムと護岸工事〉

- ③ 扇状地内の護岸の様子と天井川
(河から16km附近)…扇頂から下流も小ダムが連続し、護岸も堅固だ。川底もコンクリートで固められ、小ブロックを敷き詰めてある。防災上必要だが、ここまで加工してはもう川本来の姿とは言えない。

また地質図を見ると、川岸よりその周囲の等高線が川下に向い、河床より周りの家々が低い位置に建っていることが分かる。



〈延々と続くダムの列と護岸〉

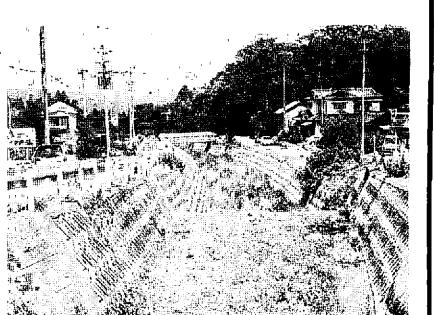


〈川底より周囲の土地が低い〉

特徴的な河川地形⑩

天井川

天井川とは、川底が付近の平野面より高い川のことを言う。平野面に建っている家々の天井と同じ高さのところを流れているところから付けられた。扇状地のある所にできやすい。上流が崩れやすい地質でできている川は下流に向けて土砂が大量に運ばれる。人が住み耕地が広がっているところでは、水害を防ぐために堤防を築く。すると下流では川底に土砂が堆積して次第に川底が上がってくる。すると氾濫しないように、さらに堤防を高くすることになる。このようにしてついには家より高い天井川になる。つまり、天井川は人が作った河川地形とも言える。

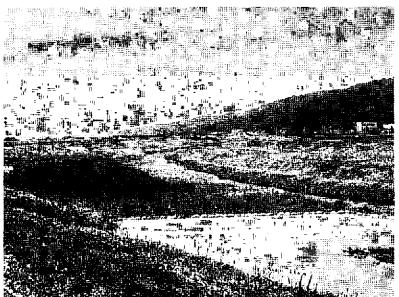


長曾川は上流部分は非常な急流で地質も新しい砂岩でできており、中流には扇状地もあって、天井川になる条件が揃っている。写真のように、周囲の家の1階の屋根部分が道路と同じくらいの高さになっている。

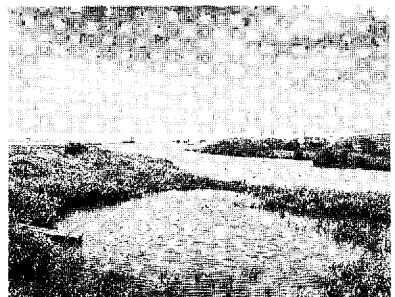
〈家の建っている標高が川底より低い〉

《下流域》

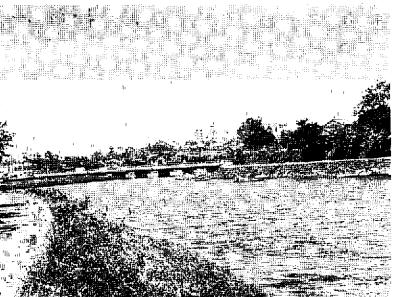
- ④ 久江川合流手前・沖積堆積中の流れ(地点[4]・河から11km附近)…川幅は広くなり、緩やかに蛇行しながら流れる。川岸との高さの差もあまりなく、土手のような護岸である。
- ⑤ 邑知潟の入り口(地点[5]・河から6.6km附近)…緩やかで殆ど流れていない。たくさんの中洲がある。
- ⑥ 河口付近…羽咋川になり、静かで大きな流れ。向こうの高まりは海岸砂丘堆積物である。



〈久江川合流手前の流れ〉



〈邑知潟入り口での流れ〉



〈羽咋川河口の流れ〉

7. 内湾に流れ込む熊木川

1. 熊木川流域の地形・地質図と縦断曲線の関係

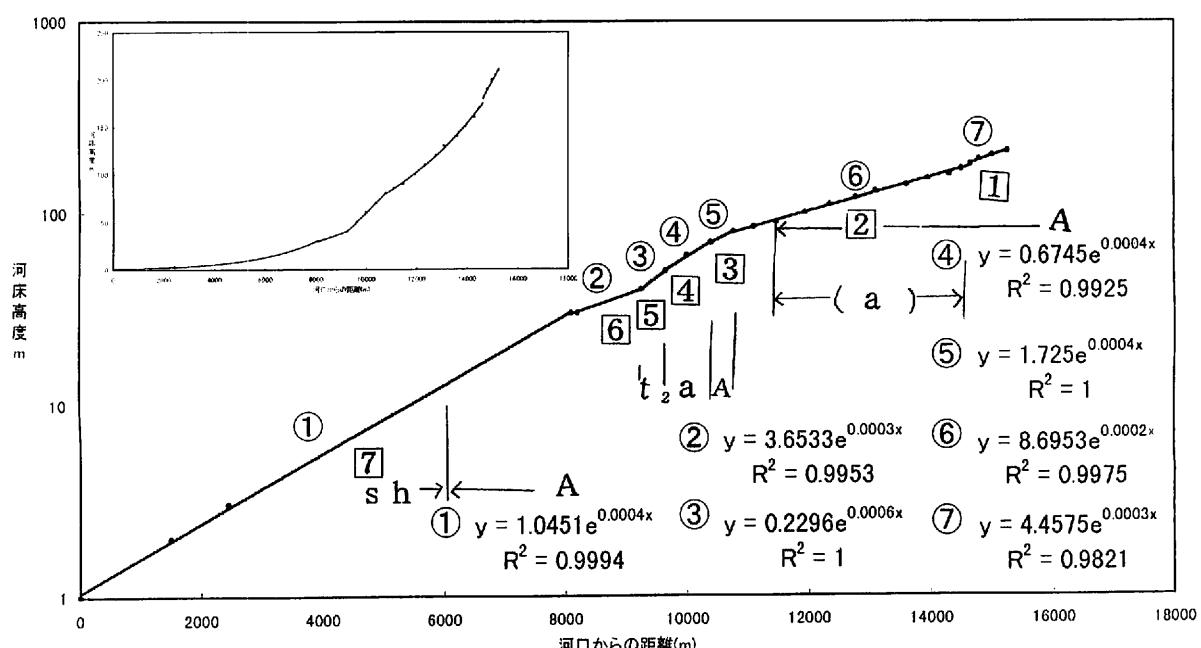
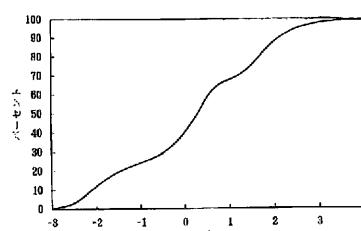
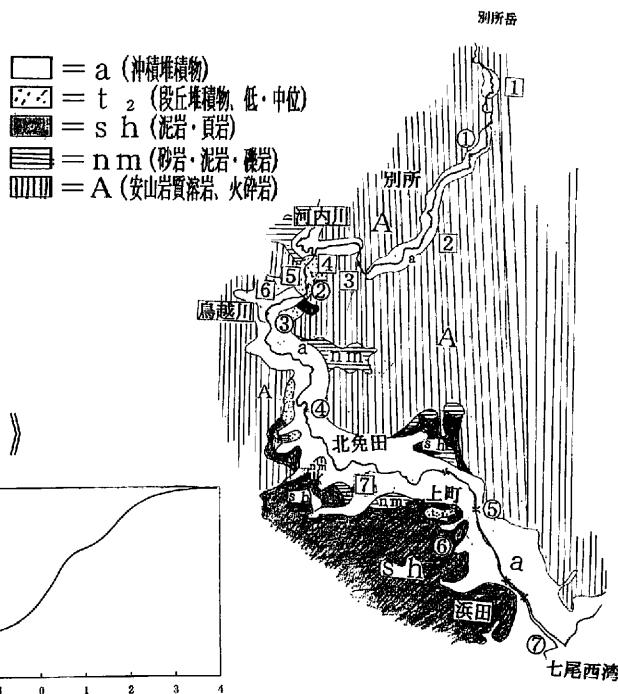
熊木川は流長12kmの2級河川。中島町の別所岳を源に南に流れ、別所付近で方向を南西から西に変えた後、河内川と合流して再び南に向かって流れる。その間、蛇行が目立つ。北免田付近で東に方向を変え、上町辺りから南東の流れになり、そのまま七尾西湾に注ぐ。

地質的には、上流は安山岩地帯で、その沖積堆積層の中を流れる。河内川合流前で一度安山岩地帯に出た後、またすぐ沖積堆積層に入り、合流後は段丘堆積物中を通る。その後は河口まで沖積堆積層中を流れるが、下流一帯には泥岩層(浜田泥岩sh)が広く分布しており、支流からの流入も考えられる。

《鳥越川合流前付近の粒度分析結果》

右グラフのように、3つの供給源が考えられる特異な形となる。

ここは流域の沖積堆積物に加え、すぐ上流の段丘堆積物、それに浜田泥岩(sh)が入る可能性もある。それらの影響で、複雑な粒度分布になったと思われる。〈鳥越川合流前付近〉 →



・全体の近似は調査した川の中で1番良い(近似率=0.978、第VI節P58参照)。片対数の縦断面曲線が上流から下流までほぼ直線になっていることや、7本の近似曲線の傾きがどれもほぼ同じ値をとっていることからも、平衡河川に一番近いことが分かる。つまり、他の川によく見られる「上流での急傾斜」や「下流での河岸段丘形成などによる勾配変化」などが見られないのがその理由だろう。どうしてそのような特徴を持つのか、現地調査してみたい。

〈上 流〉

- ・地点[1]…上流部の安山岩層。傾斜はそれほど急ではない。
- ・地点[2](河内川合流前付近まで)…安山岩中の沖積堆積物になる。上流からはやや緩やか。

〈中 流〉

- ・地点[3](河内川合流前)…再び安山岩層に入る。勾配はやや急。この安山岩は能登と比較して新しいという研究もあり、その分削られやすいのかもしれない。

・地点[4](河内川合流前後)…流れの向きを西へ変えた辺りから、再び沖積堆積物中に入る。傾斜は上流と変化なし。

・地点[5](西谷内付近)…ここは段丘堆積物の範囲になる。かつて河口からここまで、河岸段丘の形成がなされていたことになる。勾配は、非常に急、流れは南方向。

・地点[6] (西谷内付近～鳥越川合流付近)…流れは再び西南方向で勾配は緩やかになる。地質は安山岩中

の沖積堆積物。

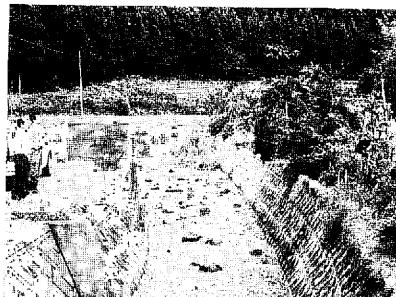
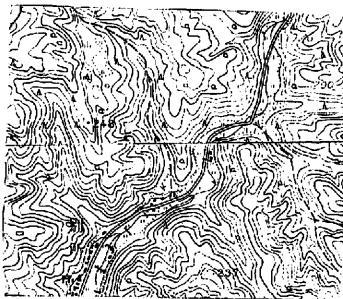
〈下 流〉

- ・地 点[7]～河口…鳥越川合流後から河口まで再び勾配は急になる。流域の地質は沖積堆積物だが、その周囲が安山岩から泥岩に変わる。しかし、河川勾配にはその影響は出ていないようである。河岸段丘などによる河口付近の遷移点もなく、これだけの距離を同じ勾配で流れる川は調査した中ではここだけである。

2. 熊木川に見られる川のはたらき

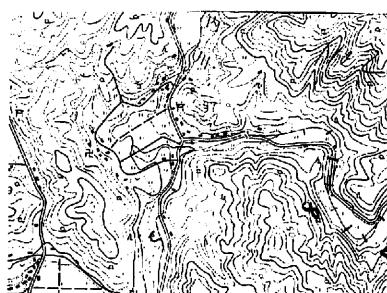
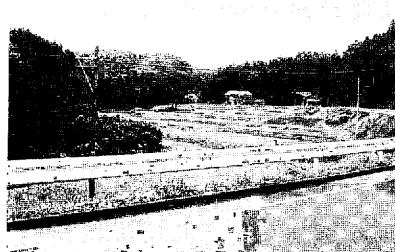
《上流域》

- ① 上流付近の別所(神から13.3km)…上流と言っても沖積堆積物中なので、川の周りは堆積地形で開けており、一般的な「上流」の景観ではない。しかも、氾濫防止のための護岸がコンクリートで堅固になされており、その中をやや速い流れが下っている。流れの中には、かなり大きな（長径20~30cm程度）安山岩の礫も見られ、これらが上流の流れが強い時の様子を示している。



《中流域》

- ② 河岸段丘堆積物・西谷内付近(神から9.4km)…上流から来ると、道路の右に熊木川が流れ、その左岸(道路の右)が河岸段丘になっているのが見られる（下左写真、中の地形図）。道路よりやや低い田んぼ部分が段丘面になっていて、その下を川が流れている（P20特徴的な河川地形⑤参照）。
- ③ 鳥越川合流前(神から8.3km)…流れの幅は狭いが、中流の特徴である白く波立つ瀬が規則的に見られる。やはり両岸は護岸されている。ここから下流にかけて熊木川はかなり蛇行するので、広い範囲に渡っての護岸工事が必要なのだろう。河原には安山岩をはじめ、砂岩や泥岩などが多く見られ、前ページの粒度分析で見たような多くの供給源のあるらしいことが推定される。

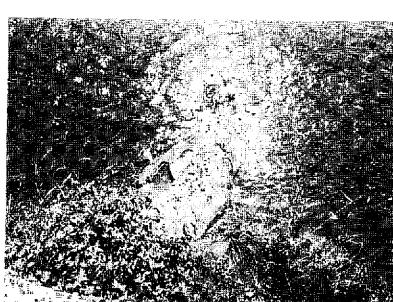


〈西谷内付近の河岸段丘〉

〈西谷内付近の地形図〉

〈中流の特徴を示す鳥越川合流前〉

- ④ 町屋付近(神から6.4km)…川幅は広くなり、緩やかに蛇行しながら流れる。川岸は相変わらずしっかりと護岸されている。川底の礫はかなり小さく、丸くなっている。河原には茶色っぽい「浜田泥岩」の礫がたくさん見られ、流域が泥岩地帯に入った変化がはっきりと分かる。礫の中には下の右写真のようにかなり大きな物も見られるが、泥岩は軽いのでこのような大きさでも、流れの強い時にはここまで流されてくるのだろう。



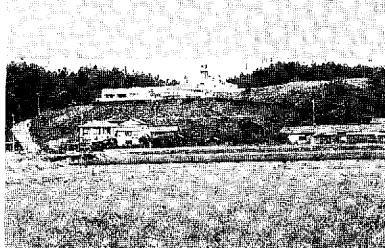
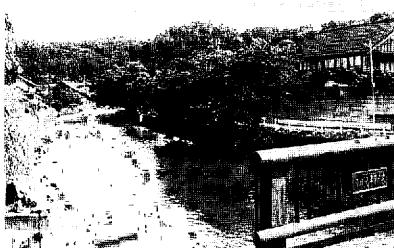
〈中流の流れを示す町屋付近〉

〈河原に目立つ「浜田泥岩」の礫〉

〈かなり大きな泥岩の礫〉

《下流域》

- ⑤ 下流の特徴を示す上町橋(神から2.3km)…川幅は広く、緩やかで殆ど流れていない。中洲はなく、護岸が続く。
- ⑥ 典型的な河岸段丘(熊木小学校)…泥岩の中でここだけ段丘堆積物になっている。典型的な形で分かりやすい。
- ⑦ 河口の様子…河口までくると、河岸段丘と海岸段丘の区別がつきにくい。河口は外浦の海岸のように砂丘ではなく内湾状なので、どこからが海かはっきりしない特徴を持つ。河口には牡蠣貝やクラゲも見られた。



〈下流の特徴を示す：上町橋〉

〈典型的な河岸段丘：熊木小学校〉

〈曖昧な河口の境界と海岸段丘〉

VI 研究のまとめ～県内河川の比較と研究課題の検討～

これまで県内の代表的な各河川について、共通した方法に基づき観察・調査した結果についての報告および考察を述べてきた。ここでは、全河川の結果を比較することで、第Ⅰ節で設定した研究課題の検討を行い、その後、各河川の特徴を探る中から、県内の河川を幾つかのパターンに類別できないか試みてみることにする。

なお、P4とP9で定めた6つの研究課題のうち、1、3、4については、第IV～V節の各河川の調査報告の中でも十分説明されていると考える。ここでは残された2、5、6について、全体的な比較の中から検討する。

1. 砂の生成場所とその成因について（課題5）

砂のでき方については、P7の小学生対象のアンケート調査の結果から約6割の児童が、「大きな岩が上流から下流へ流されていくに従い、水の削る力や川岸との摩擦などによりだんだん小さく削れ、しまいには小さな砂粒になる」というイメージを持っていることが分かった。それが間違っている状況証拠については、各河川上流の砂防ダムや、砂の川原の存在、中流に見られる大きな岩の観察地点などの紹介を通して十分提示したと考える。

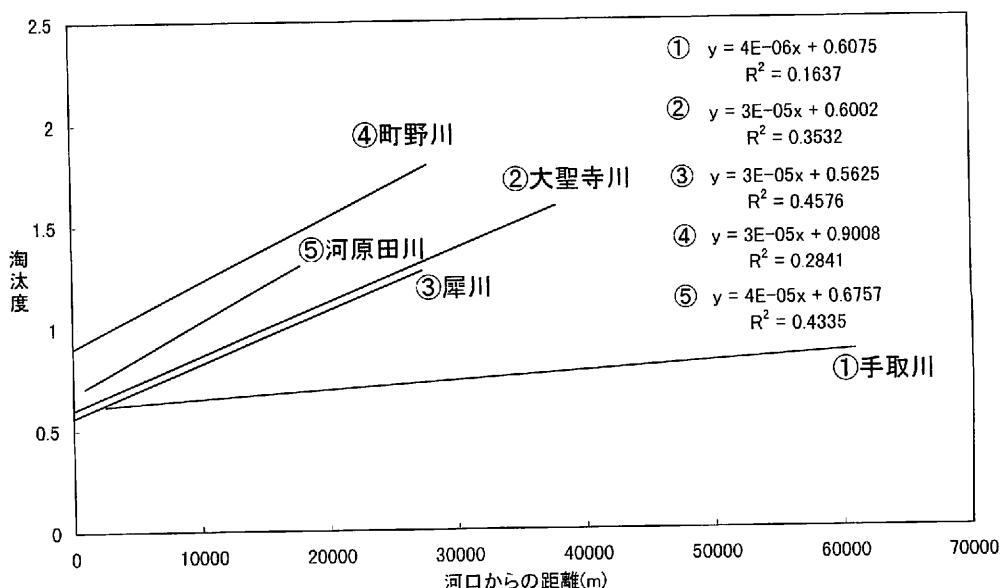
ここでは、手取川の所で少し考えた「淘汰度」の比較による直接的証拠(P13)の信憑性について、粒度分析を行なった全河川について検討する。淘汰度と砂の成因についての関係はP13に述べた通り、下流に向うにつれて淘汰度が良くなることが、上流で砂ができて下流に運ばれながら分流作用で堆積していく証拠になるとを考えた。

粒度分析を行なった5河川の淘汰度の分布について、それらの変化の近似式を出したのが下のグラフである。

何れの河川も下流に向って落ちている（砂の揃いが良くなる）傾向がはっきり見られ、やはり大部分の砂は上流でできており、河川の運搬による分流作用でそれぞれの場所に堆積しながら揃っていくということが、はっきり言えそうである。

また、各グラフを比較すると、手取川をのぞいて勾配が似かよっている点に気付く。

特に大聖寺川と犀川、町野川の勾配は全く同じである。手取川は上流から既にかなり淘汰度が良いという特徴が見られる。急流のイメージが強い手取川には意外な気もあるが、既に調査結果から分かったように、手取川の河川勾配は他の河川と比較しても一番緩やかであり、それと照



〈県内各河川の「河口からの距離」と砂の「淘汰度」の関係〉

らし合わせるとこの結果も納得できる。何れにしろ今回の調査で、能登から加賀まで、県内全域の河川で同じ傾向の淘汰度変化が認められたことから、砂の生成についての1つの結論が得られたと言えるだろう。

河川の砂の大部分は上流の岩や川岸が崩れたりした時に上流でできたもので、それが運ばれる際に、流れの速さや量による運搬力の違いで、徐々に堆積しながら下流に向う。下流に砂の河原が多いのはそこでできたのではなく、そこが溜まりやすいからである。

2. 河川勾配は粒度変化に比例するのか（課題2）

P3で述べたように、「礫の粒度変化は指數関数的である」というステンベルグの礫の摩滅の法則があり、これにシュリツが、「河川勾配は粒径と比例して変化する」として、礫の粒度変化が河川勾配を作ったというとらえができあがった。

しかしこれは理想的な平衡河川という条件下においてである。そこで今回の研究では次の2点の検証を行った。

- (1) 河川地形を変えていく元々の始まりを、一般の河川においても上のように粒度変化としていいのか？
またP3で述べたように、「様々な河川地形は、流路の地殻変動による地形変化や地質の違いを、より敏感に反映している結果である」という新しい捉えができるものか？
- (2) 一般の河川においても、「礫の粒度変化は指數関数的である」と言えるのか？

(1) 河川地形の捉え方について

これについての具体的議論は、既に各河川の地質と地形、縦断曲線と粒度分布の対比の検討の中で行っている。結論を言えば、実際の河川においては、「流路の地殻変動による地形変化や地質の違いを、より敏感に反映した結果としての河川地形」という捉えで、大部分の河川地形の成因が説明できた。つまり、河川地形を見ることにより、その地形変化や地質の違いについて推測しながら調査ができるということになる。逆に言えば、各河川の地質図や地形図、縦断曲線などを見比べることにより、現地ではどのような地形が見られるか、どのような砂の粒度分布の特徴が表れるかの予測がある程度できるということである。これは今後、児童・生徒と河川地形の学習を行う際、単にその地形の特徴や成因を理解するだけでなく、そこからその流域を含む地域全体の地学的特徴をつかむ、つまり身近な景観の観察からその裏に潜む地学的特質を探るという、地学的な物の見方や考え方の育成に非常に重要な示唆を与えるものと考える。

(2) 河川勾配と礫の粒度変化の関係

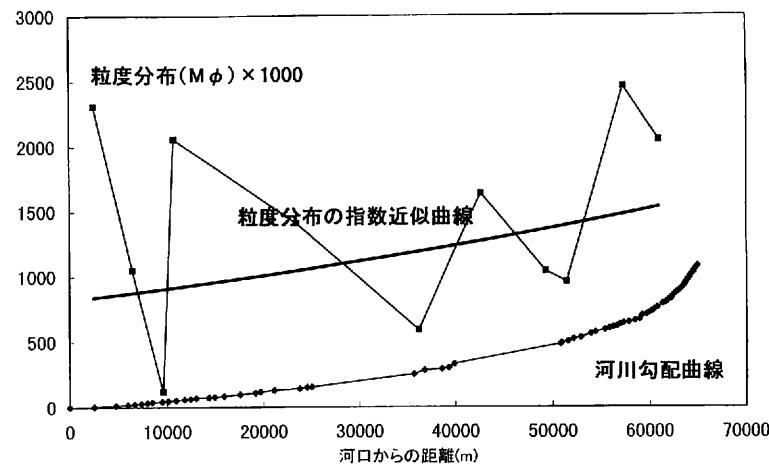
河川勾配の変化と礫の粒度変化の関係については、勾配が大きく変化する「遷移点」についての議論は、各河川の場において行ってきた。その結果、何れの河川においても、遷移点に対応して粒度が大きく変化することが実証された。それでは、河川全体ではどうなのか、また、遷移点という「特異点」以外の区間では、どのような関係になっているのか、それらについてここでまとめて議論する。

① 河川全体における関係について

まず、遷移点も含めて河川全体における勾配と粒度分布の関係について考えてみる。そのためには、河川の上流から下流まで、多くの地点で砂を採取することが結果の信頼度を高めるのに必要である。ここでは、最も多くの地点で採取できた手取川で検討する（ただし、河口付近の海水の逆流の影響が考えられる地点は省く→P24参照）

結果は右グラフのようになった。遷移点での大きな粒度変化があるにも関わらず、全体的傾向としては、河川勾配と、粒度分布の指数近似はかなり似た変化を示している。他の河川でも似た傾向が見られる。

すなわち、シュリツの、「河川勾配は粒径と比例して変化する」という説は、遷移点を含む一般の河川でもある程度言えそうだということが分かる。それでは遷移点を除いた区間での関係はよりはっきりしたことが言えるのだろうか。次にそれを検討する。

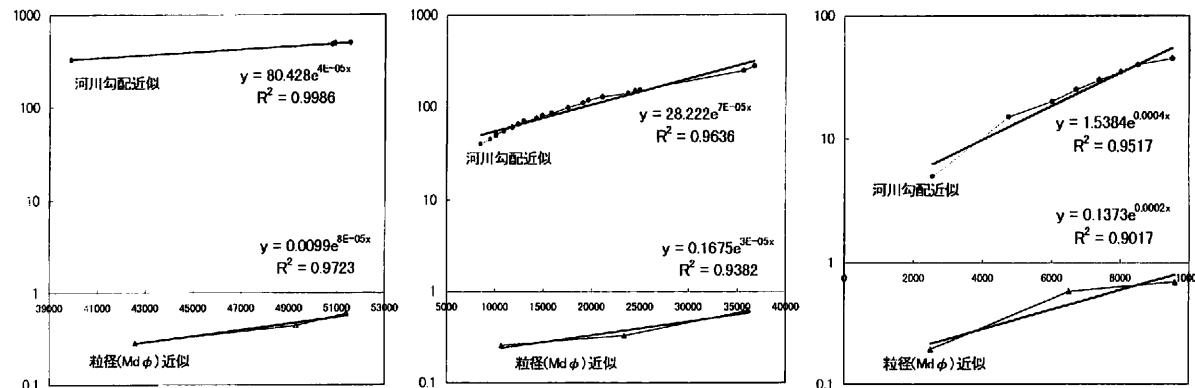


〈手取川の河川勾配と砂の粒度分布変化の関係〉

② 遷移点を除いた区間での関係について

検証するには、遷移点と遷移点の間のかなり長い距離に渡っての河川勾配変化の資料と、その間に少なくとも3点以上の砂の粒度変化の調査記録が必要である。その条件で調査河川を検討した結果、加賀の手取川の上・中・下流と能登の町野川の上・中流で検討できることが分かり、それらの場所で調べてみることにした。

ア) 手取川について



〈上流での関係〉

〈中流での関係〉

〈下流での関係〉

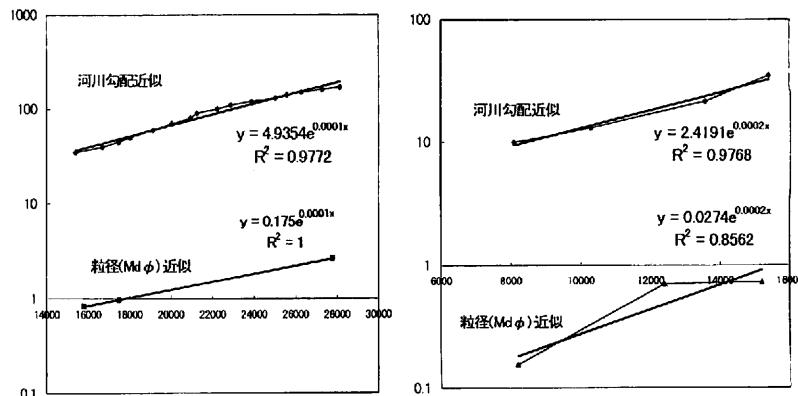
グラフは指数目盛で表示し、河川勾配、粒径 ($Md\phi$) とも、変化は細い線が実際の変化、太線は近似式を表している（粒度は ϕ 単位ではマイナス値があり、指数表示ができないので実測値とした）。上・中・下流とも、河川勾配、粒径ともほぼ直線的に変化していることが分かる。これは指数関数的に変化していることを意味している。指数関数に近似した式の近似率 R^2 値も非常に1に近いよい値を示している。また、それらの変化の仕方を比べると、やや勾配値は違うものの桁違いではなく、しかもグラフを見ても分かるように、どの場所においてもほぼ平行に近い同じような変化をしている。（53）

イ) 町野川について

傾向は手取川と同様である。

ただこちらの方が、上・中流とも河川勾配と粒径変化の近似式の傾きがそれ程なく一致し、手取川の場合より一層明確に比例関係が言えそうである。

これらのことから、遷移点以外では、礫の粒度変化は指數関数的であり、その変化は河川勾配変化に大きく関係しているということが分かる。ただ、この結果がシュリツの言う「河川勾配は粒径と比例して変化する（つまり 粒径変化が河川勾配変化を生んだ）」に直ちに結びつくかという疑問が残る。今回の研究では河川勾配と粒径の間の相関関係を検証しただけであり、しかも遷移点付近ではこの逆も言えることが分かったことから、これについては今後の研究が必要だろう。



〈上游での関係〉 〈中流での関係〉

礫の粒度変化は遷移点を除いて指數関数的であり、その変化は河川勾配変化に対応している。どちらが原因で関係しているかは、遷移点の場合も含めて今後の研究が必要であろう。また、特に遷移点などにおける特徴的な河川地形については、「流路の地盤変動による地形変化や地質の違いを、より敏感に反映した結果」という捉えができるようである。

3. 遷移点の成因による分類（課題6 含む）

調査した河川は、やはり全て平衡河川ではなく、幾つかの「遷移点」を持っていた。その前後で勾配が変化した要因を探っていくうちに、遷移点を作る要因がいくつあるらしいことに気付いた。中には要因の特定がはっきりしないものもあるが、全体の傾向はつかめると思われる所以、ここでは、それらの結果を簡単にまとめておく。

〈遷移点の要因による分類〉

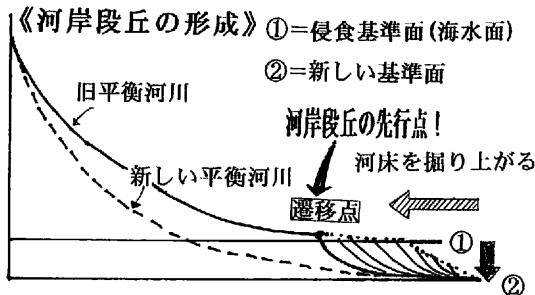
要 因	解 説	対象数	分 布 や 特 徴
①地質的要因	流域の地質変化が河川勾配を変化させたと考えられるもの	26	大聖寺川上流や犀川中流、熊木川や河原田川、仁岸川に多い。当然、多くの地層を横切って流れる河川に多く見られる。
②地形的要因	同じ地質内であっても、川の合流や流路変更、崖、滝や扇状地などにより河川勾配が変化したと考えられるもの	21	手取川上・中流の流路変更や合流地点、扇状地、犀川上流の崖や滝、長曾川の扇状地や合流地点に見られる。また、能登のや町野川や河原田川全域には蛇行や合流、流路変更などによる遷移点が多く、先行性河川の特徴を示している。
③河岸段丘の先端 土壌の変化要因	河口からの河岸段丘形成、または沖積堆積物中の土壌の違いが河川勾配を変化させたと考えられるもの	7	手取川や大聖寺川、犀川、仁岸川の、何れも河口付近の遷移点がその候補点だが、確証はない。手取川で考察したように土壌の違いによる遷移点の可能性もある。ただ、右の仁岸川河口の河川勾配のように、河口から新たな平衡河川が形成されつつある形は多くの河川でも見られ、その厳密な原因解明はこれからの課題である。
④礫の崩壊要因	ある程度細くなったりした礫が、ある地点で一挙に崩壊したため河川勾配が変化したと考えられるもの	1	今回調査した中では大聖寺川の河南大橋上流点での崩壊と、下流の保賀橋上流地点での堆積が唯一該当地点であった。砂を構成している鉱物の種類や流速、流長、そこまでの河川勾配などいろいろな要素が関係してできる遷移点だろうが、それらの条件についての考察は、今後の研究である。

（大聖寺川の縦断曲線（片対数））

《「河岸段丘形成」指導への提言》

河岸段丘の成因についての中学校生徒の調査では、正しい理解にむすびつく「高さ変化」のイメージを持っていたのが全体の15%に過ぎず、約半数の生徒は自分の言葉で説明することができなかつた。さらに、高さ変化で考えた生徒の6割は、上流のみ極端に上昇すると考え、そのため海面低下による段丘形成はその考え方では説明できなかつた。残りの4割が（全体の6%）、海平面との高度差で土地の隆起の場合も海面低下の場合も説明している（P9参照）。同じような傾向は、実は指導者である先生方にも見られることが調査の結果で分かつた。これらの結果とP20で解説した河岸段丘形成の要因を照らし合わせ、今後の指導にあたり以下の提言をしたい。

- ・でき方の本質は、上流と河口の高度差であることをしっかりとつかませる
上地が隆起しても海面が下降しても、変化するのは上流と河口の高度差である。高度差が大きくなれば、それだけ川の流れは大きくなり河床を削る力は大きくなることになる。
 - ・高度差により、新たな平衡河川の形成が、河口から始まることをつかませる
高度差ができると、右図のように新しい平衡河川に近付こうと、河床が下流から掘り上がって来る。この遷移点が、河岸段丘形成の先端になる。従来の説明では、段丘形成と平衡河川形成の関係があまり明確に指導されてなかつたのではないかと思われる。この2つを関連付けることが理解の鍵ではないだろうか。
 - ・河岸段丘のでき方は、一つではないことを明確にする
上流部分が盛り上がって河川勾配が増す場合も実際にはある（ただ、上流部分のみが上昇するというより、下流も含めた全体が上昇するが、相対的に上流部分の上昇が大きいというのが現実的だろう。ここらは地盤変動の広さの地学的イメージとも関係してくる）。ところが、この上流部分の上昇のみで海面低下の場合も説明しようとするから分からなくなるのである。高度差の違いという共通した要因を理解した上で、それを生む様々な現象のあることをつかませたい。また段丘形成には、河川の途中で大規模な崩壊などが起こってできる突発的要因によるものもあり、実際には平衡河川形成以外の要因もある。



〈河口から河岸段丘は作られる！〉

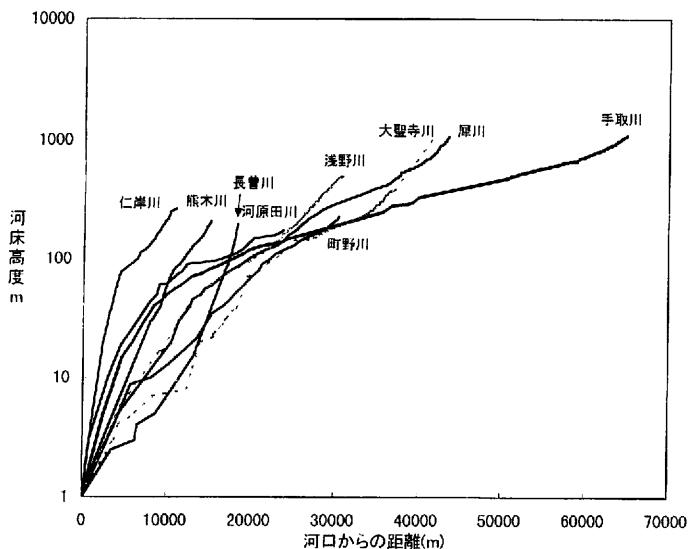
4. 県内各河川の特徴と類型

最後に、県内各河川の特徴を総合して考え、大きいくいくつかのパターンに類型化できないか考えてみる。

(1) 地形的特色と河川勾配からの類型化 (概観的類型)

条件により類型化の結果は様々だろうが、まず県内河川の1つの特色である海岸砂丘を持っているかと、河川地形で重要な河岸段丘の有無、さらに河川勾配の比較で、概観的に類型化を試みた（下の表参照）。

結果を見ると、加賀の河川は概して緩やかで河岸段丘と海岸砂丘を有しているものが多く、それに対して能登の河川は急な勾配で、河岸段丘も少なく海岸砂丘がないことが特徴である。これは、河川勾配グラフから見た河川の長さの違いも関係あるだろう（下左グラフ）。つまり、加賀地方は一般的に土地の隆起運動が活発なため高い山が多く、その分長い河川が生まれ、結果として勾配が緩くなる。その際の土地変動は、河岸段丘形成の要因にもなる。また大きな川のため多量の砂礫を流して、それが海岸砂丘形成につながる。土地の動きの少ない能登地方は、これとは逆の特徴が表れることになる。



	河川	海岸砂丘	河岸段丘	河川勾配
加賀	手取川	あり	あり	一番緩やか
	大聖寺川	あり	あり	緩やか
	犀川	あり	あり	緩やか
	長曽川	あり	なし	たいへん急
能登	仁岸川	なし	なし	たいへん急
	河原田川	なし	少しあり	急
	町野川	なし	少しあり	急
	熊木川	なし	あり	たいへん急

〈県内河川の河川勾配（片対数表示）の比較〉

〈県内河川の地形的特色と河川勾配〉

(2) 河川様式と河川勾配から類型化 (個別の類型)

河川は一般に、山間部の水源地から流れ出し、下のようなパターンで海に流れ込む。しかし各河川の経路には、各々の河川により特徴がある。そこで今までの観察結果や河川勾配の比較などを元に、各河川の類型化を試みる。

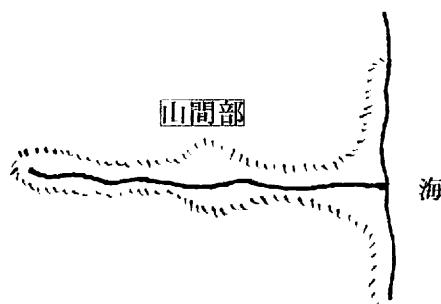
【一般的な河川経路】

山間部 → 谷底平地 → (扇状地) → 沖積平野 → 海
上流 → 中流 → 下流

① 急流河川 (溪流) ... 仁岸川

経路パターン 山間部 → 海

前ページの河川勾配曲線を見ると、仁岸川が一際急で目立っている。河川経路の地質図を見ると(P46)、山間部を抜けた後僅かな沖積低地を通ってそのまま海に流れ込んでいる。平均河川勾配は最も急なグループに属し、しかも最下流部分の勾配は河原田川と並んで最も急である。全体の近似率も河原田川と並んで悪い。この急流が、上流の石英を大量に運搬し、表面を磨いたことで、河口の琴ヶ浜には鳴き砂が生成したと考えられる。

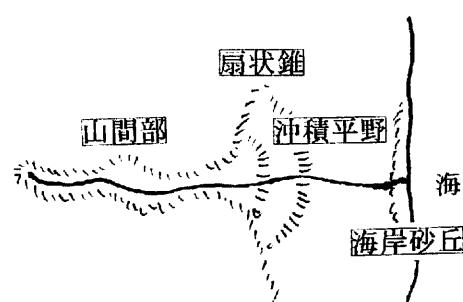


② 流出土砂の多い急流河川 (溪流) ... 長曾川

経路パターン

山間部 → 扇状錐 → 沖積平野 → 海岸砂丘 → 海

溪流の流出土砂が多い場合にあたる。急に開けた場所に扇状地を作るが、その規模は小さく「扇状錐」と言う方が適当だろう。上石流や洪水対策のための砂防ダムや護岸工事がかなり徹底して行われているのが特徴である。河川勾配が最も急なグループに属しているのも、このような理由からであるが、下流部分の勾配はかなり緩やかなのは、中～下流部分で邑知地溝帯に入りその中の邑知渴を通過するという特殊事情からである。

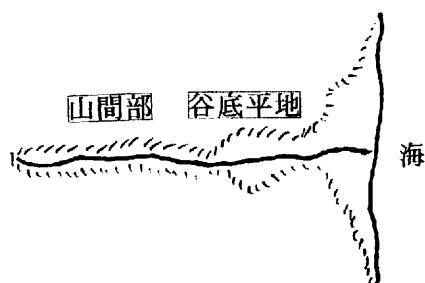


③ 中・小規模で特色のある谷底河川

経路パターン

山間部 → 谷底平地 → 海

中・小河川に多い経路パターンであり、したがってこの中にも地域の個性ある河川が多くある。一般的には急流河川で、今回調査した河川では能登の3河川が該当する。これら3河川には河岸段丘や海岸砂丘、扇状地などが何れもない。それぞれの特徴を見ると、熊木川は山間部の中もほとんど沖積堆積物の中を流れるためか、全河川の中で最も平衡河川に近く、片対数グラフもほぼ直線である。これに対して河原田川は最も平衡河川から遠く、下流部分の勾配は全河川の中で、最も急である。

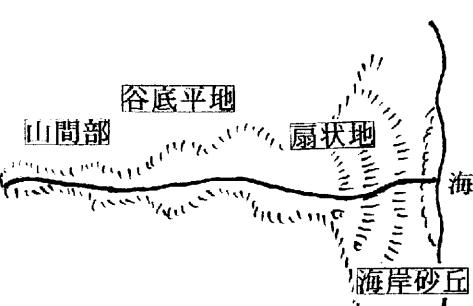


④ 流出土砂が多い大河川 ... 手取川

経路パターン

山間部 → 谷底平地 → 扇状地 → 海岸砂丘 → 海

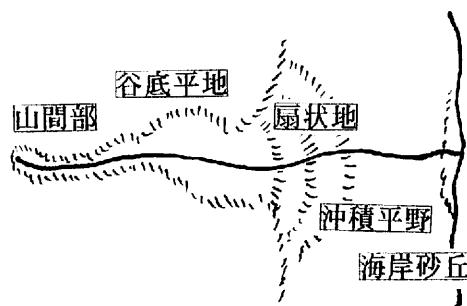
比較的大きな川で、平地幅が狭く流出土砂が多くて、山が急に開けて沖積平野に出る場合である。扇状地帯は良質な地下水が得られて古くから集落が形成され、水利用型の工業も発達する。河川が大きいため平均勾配は緩やかだが、扇状地がそのまま海に入り込んでいるので、下流部分の勾配は大きい。したがって、この扇状地帯を中心に、河川改修や護岸工事が昔からなされている。また、上流には多くの砂防ダムがあるのも特徴である。



⑤ 典型的上・中・下流の河川…犀川、浅野川 経路パターン

山間部→谷底平地→扇状地→沖積平野→海岸砂丘→海

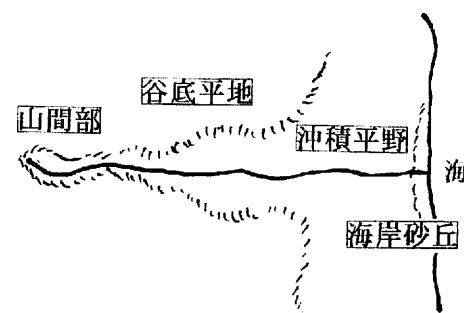
①の河川が沖積平野まで伸びている場合である。全経路の中で、上・中・下流の変化が見られる典型的な河川形態。扇状地帯から平野にかけて集落が発達しやすく、そのため河川整備もかなり行われている。県内でも、最も新しいタイプの河川整備が計画・実施されている。河口部分では海岸砂丘と南からの沿岸流の影響で流路が変更しているのもこの地域の特徴である。



⑥ 典型的大河川…大聖寺川 経路パターン

山間部→谷底平地→沖積平野→海岸砂丘→海

最も典型的な河川形態で、大河川はほとんどこのタイプに属する。河川は長くて平均勾配も緩く、平衡河川にかなり近い。扇状地はない。大聖寺川の場合は、河口付近の海岸砂丘と沿岸流の影響で流路が変更する特色がある。また、下流で急に勾配が変化する遷移点があり、その地点で砂の粒度が一挙に細かくなつたためと考えられる。このような現象は、県内の調査河川の中でここだけであり、注目される。



あとがき

地学は、空間と時間から自然現象を探る学問だと言えるでしょう。しかしその実態を実感するのは容易ではありません。今回の研究を行うにあたり河川地形について多くの児童・生徒のみならず現場の先生方にも意識調査にご協力いただきました。その中で、河岸段丘形成の要因を聞いたところ、子ども達のみならず先生方にも一番多かったイメージは、“川の上流のみが上昇して河川勾配が増す”という捉えでした。しかし、地盤変動の多くは川の流長と比べれば、はるかに大きなスケールで起こるのが一般的です。日本の、特に北陸のような短い河川についてはなおさらです。このイメージで言えば、川全体が隆起するが相対的に上流の隆起分が多いというのが真実に近いでしょう。

また、センターの講座で大桑の河原へよく出掛けますが、ここが100万年前後の地層と説明しても多くの生徒や先生方は漠然としない表情で聞いているだけというのがほとんどです。そこで地層の傾きを指差し、“この河原を1歩歩くと約600年移動したことになる”と説明を加えると、一様に驚きの表情になります。

これらの例のように、目に見えない大きくはるかな空間と時間の営みを経て現在の姿に至つたことを類推するわけですから、地学が難しいのは当然かもしれません。しかし、そこに自分の時間的・空間的大きさを超越した世界を考える楽しさもあるような気がします。

今回の自然資料調査研究は、河川地形と河原の石や砂という、石川県にとり大変親しみやすいものを対象にしました。調査方法も、景観の観察を始め、子ども達と共に手軽にできるものがほとんどです。この紀要を参考に、子ども達と共に身近な河川に出られ、名所・旧跡巡り的地理学ではなく、自分の足元から見つめ実感していく地学教育の一層の推進に役立てていただければ、これに優る喜びはありません。足元から実感した景観を読む楽しみから生まれた見方や考え方、地理的に考えることにより更に深まり、自然認識を形成していくことになるでしょう。そしてそれは、現在の景観を読むことから、過去を知り、そして未来を考えることにもつながることになると思います。

最後になりましたが、本研究をまとめるにあたり、多くの方々に大変お世話になりました。以下に紹介して感謝の意を表します。

金沢大学理学部助教授神谷隆宏先生、同大学工学部助教授藤脇真二先生には、砂の粒度分析の方法及びその考察法、同大学理学部助教授柏谷健二先生には、河岸段丘形成の要因と河川勾配の考察法について、また、同大学理学部教授河田修二先生には対数表示の理論的意味について、同大学教育学部助教授松原道男先生には、児童の意識調査の問題作成や評価分析の統計処理法について、さらに金沢大学名誉教授紺野義夫先生には河川地形形成に関する全般的なとらえについて、それぞれ詳しく御指導していただきました。また、金沢伏見高等学校の北村栄一先生、当センターの山本英喜研修指導主事には、現地での調査に同行して協力をいただき、研究をまとめる際にも貴重なご意見をいただきました。さらに指導者養成研修講座受講の七尾市立御祓中学校教諭、山原真吾先生には、まとめる際のデータ整理やグラフ化などで大いに助けていただきました。また調査に同行、協力いただいた水野吉浩主任技師にも感謝いたします。そして、研究のスタートとなった児童・生徒の意識調査にご協力いただいた金沢市立額小学校、輪島市立町野小学校、金沢市立小将町中学校の児童・生徒の皆さんと先生方にも感謝いたします。

これらの方々のお一人が欠けても、本研究はまとまりませんでした。

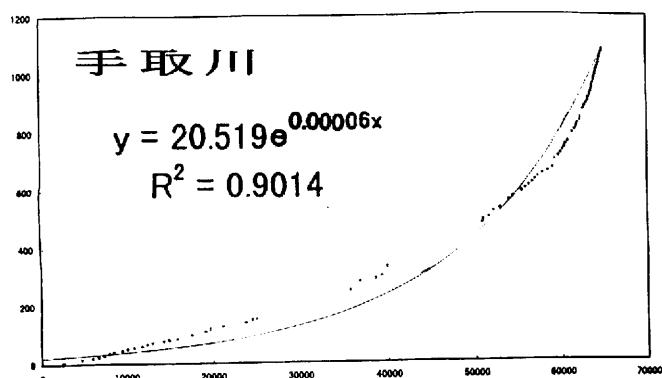
さらに、まとめるにあたり多くの文献や資料を参考にさせていただきましたが、特に金沢大学名誉教授 紺野義夫先生と同大学名誉教授の藤 則雄先生の著作および論文から多くを参考にさせていただきました。

以上の皆様方に改めて、心よりお礼申し上げます。

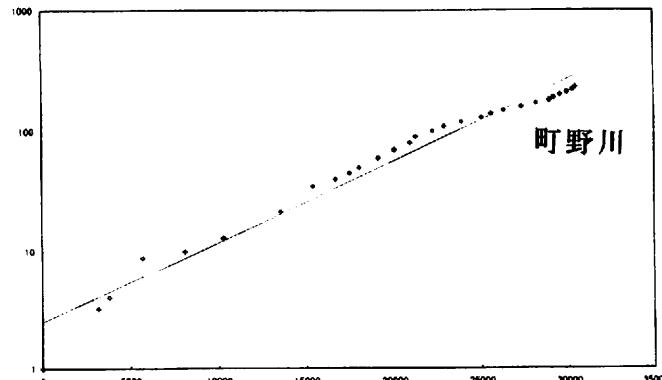
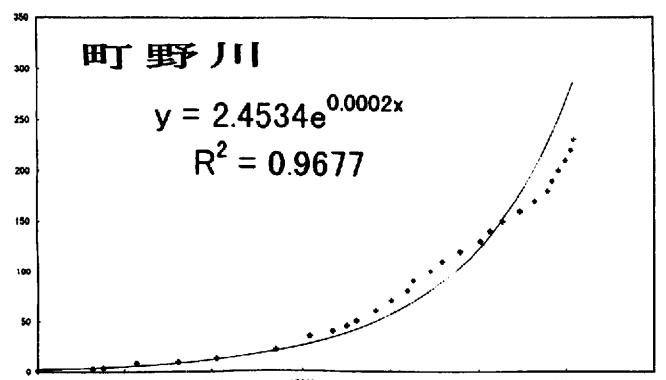
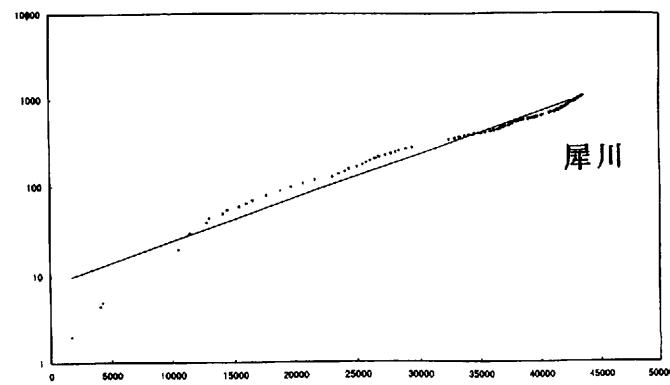
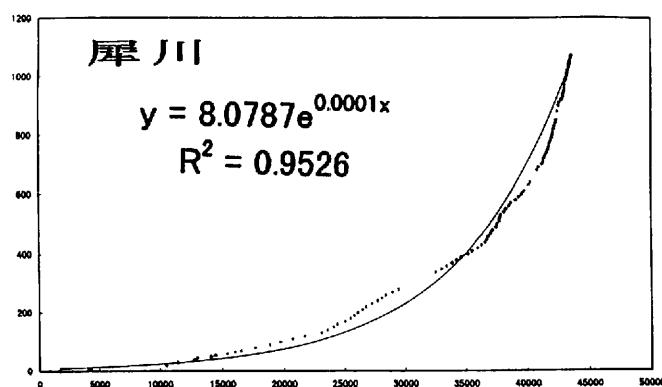
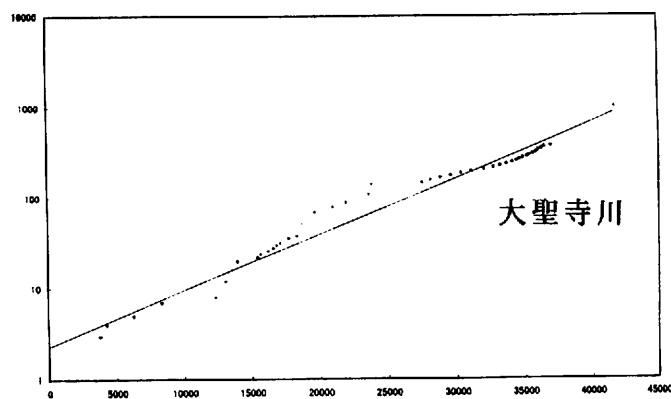
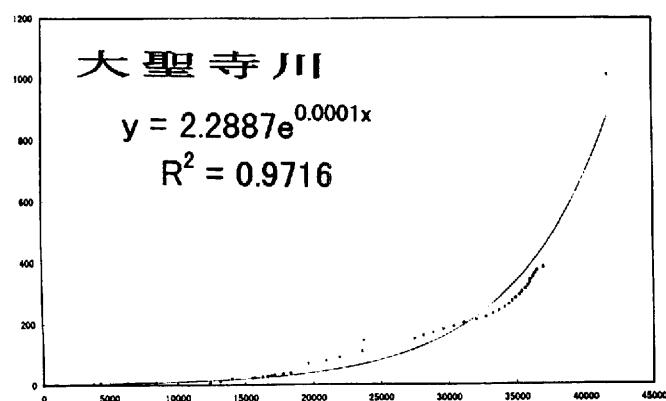
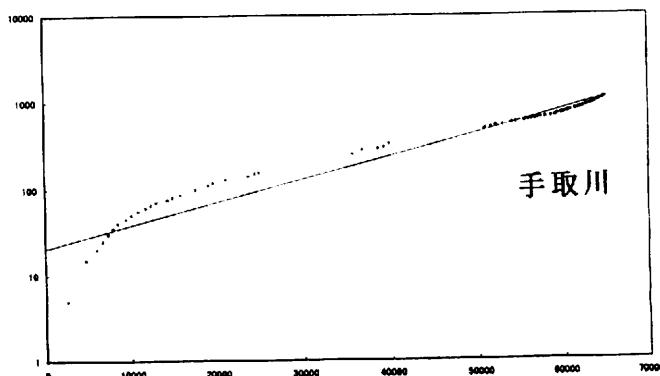
《県内調査河川の縦断曲線と全体近似》

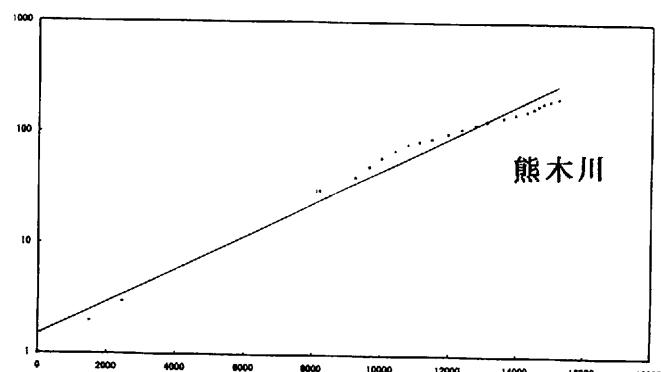
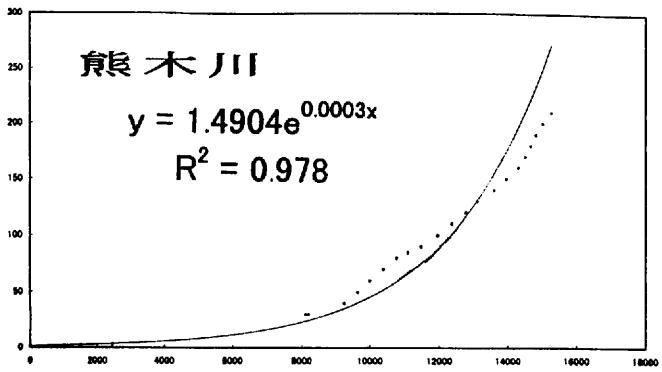
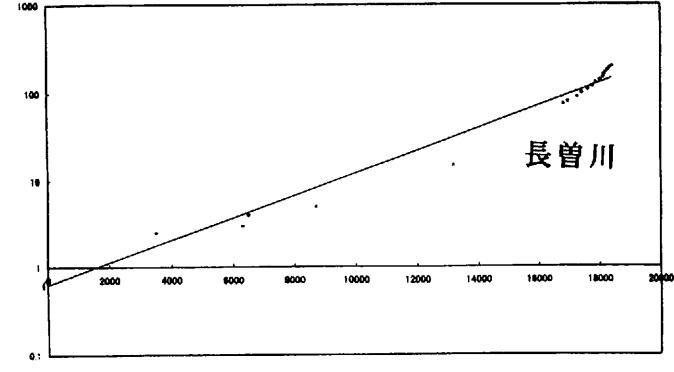
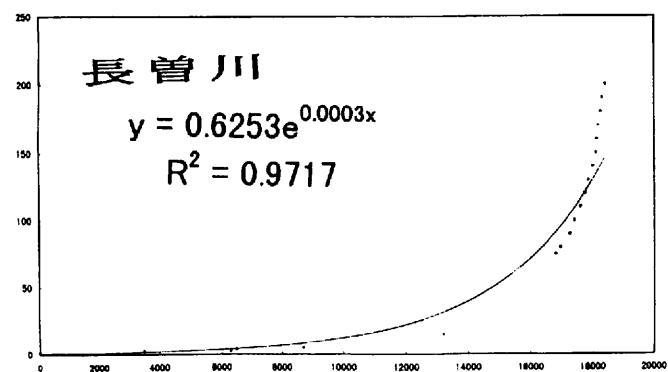
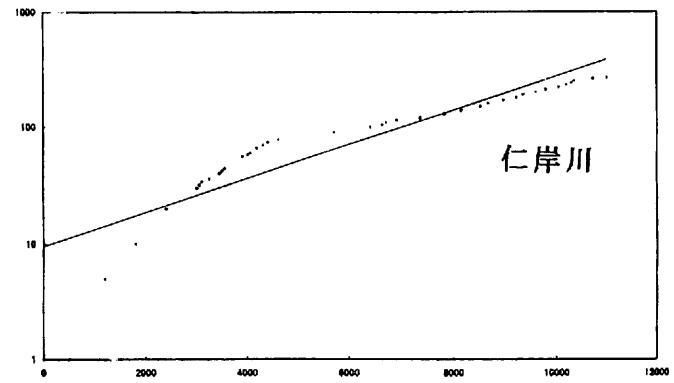
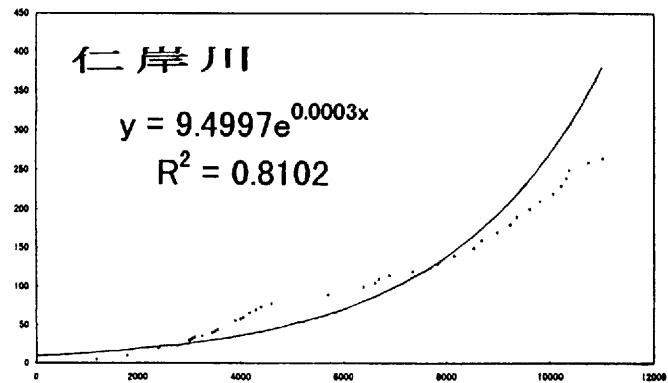
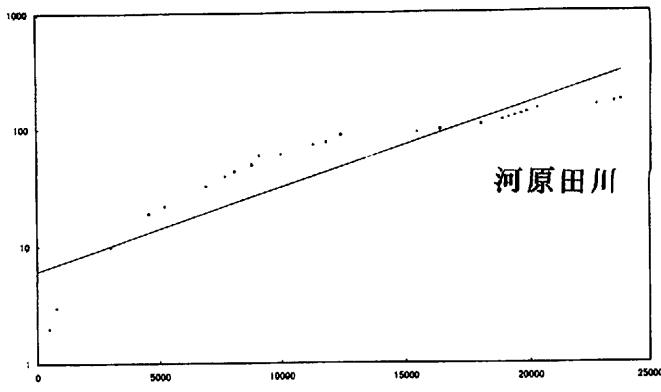
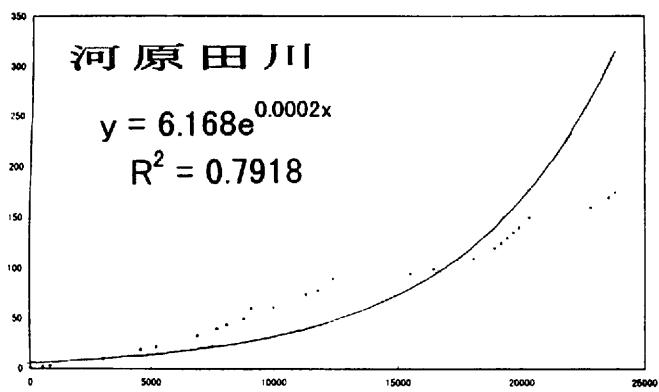
調査河川の縦断曲線とその片対数曲線である。それぞれの、指數関数に対する全体近似の式と近似率を示した。式は、最初の数がy切片で、eの係数が勾配を表す(値が大きいほど、急河川)。R²値は、近似の良さを示し、1に近いほど近似が良い。1に近い熊木川などは、非常に「平衡河川」に近いということになる。

〈河川縦断曲線〉



《片対数縦断曲線》





縦断曲線から見た県内河川ベスト10

- 一番緩やかのは「手取川」である（一般に加賀の河川は勾配が緩い）。
- 一番急なのは「仁岸川」「長曾川」「熊木川」である（一般に能登の河川は勾配が急）。
- 一番“平衡河川”に近いのは「熊木川」である。
- 一番“平衡河川”に遠いのは「河原田川」である（次いで「仁岸川」が悪い）。
- 一番y切片の高いのは「手取川」で際立っている（したがって下流がその分急になる）。
- 一番y切片の低いのは「長曾川」である（これは呂知瀬の影響と思われる）。

VII 主な参考文献

紹野 義夫	石川県地質誌	石川県
浅香年木他	石川県地名大辞典	角川書店
阪口 豊他	日本の自然3 日本の川	岩波書店
地学団体研究会編	新版 地学事典	平凡社
紹野 義夫	日曜の地学6 北陸の地質をめぐって	築地書館
石川県	石川の自然8 かがの自然	石川県
藤 則雄	石川の地形・地質ガイド	東京法令出版
藤 則雄	川北町の自然環境（「川北町史」）	川北町
中野尊正他	新版 地形の教室	古今書院
下野 洋	写真でみる地学観察の手びき	東洋館出版社
地学団体研究会編	水と地形	東海大学出版会
建設技術研究所公報委員会	川の科学 なぜなぜおもしろ読本	山海堂
五百沢智也	自然景観の読み方9 地図を読む	岩波書店
地学団体研究会編	水と地形	地学団体研究会
富山和子	川は生きている	講談社
犬井 正	日本の川を調べる1川から何を学ぶか	理論社
菅野三郎	地学の調べ方	コロナ社
西宮克彦	富士川をさぐる	大日本図書
地学団体研究会編	さあいこう川はともだち	大月書店
地学団体研究会編	地層はタイムカプセル	大月書店
水野信彦他	日本の川	草土文化社
貝塚爽平	空からみる日本の地形	岩波書店
貝塚爽平	日本の地形	岩波書店
貝塚爽平他	写真と図でみる地形学	東大出版会
高山茂美	理科年表記本 川の博物誌	丸善
小野有五	自然環境とのつきあい3 川とつきあう	岩波書店
那須紀幸	川のはたらき	ボプラ社
大熊 孝	川がつくった川 人がつくった川	ボプラ社
中山正民	川が大地をつくる	農文協
高橋 裕	あばれ川とたかう	農文協
日本自然観察路研究会	海や川原を観察しよう	誠文堂新光社
杉谷 隆他	風景のなかの自然地理	古今書院
大矢 雅彦	河川地理学	古今書院
千葉とき子他	かわらの小石の図鑑	東海大学出版会
日本理科教育学会	理科の教育(1983. 6 . 45P)	東洋館出版社
日本理科教育学会	理科の教育(1996. 11. P35)	東洋館出版社
塚脇慎二他	碎屑物の浸食、運搬、堆積過程	東京大学海洋研究所
石川県自然史協会	いしかわ人は自然人 №24, 28, 29, 30, 37	橋本確文堂
石川県教育センター	私たちのくらしと川	石川県教育センター
石川県教育センター	石川の自然第20集 地学編(9)	石川県教育センター
新保 修	小学生の川のイメージに関する調査	石川県教育センター
新保 修	中学生の河岸段丘形成の解釈について	石川県教育センター
石川県	石川県河川海岸図	石川県
石川県土木部河川課	大聖寺川水系河川台帳附図	石川県
石川県土木部河川課	手取川水系河川台帳附図	石川県
石川県土木部河川課	犀川水系河川台帳附図	石川県
石川県土木部河川課	仁岸川水系河川台帳附図	石川県
石川県土木部河川課	河原田川水系河川台帳附図	石川県
石川県土木部河川課	町野川水系河川台帳附図	石川県
石川県土木部河川課	羽咋川水系河川台帳附図	石川県
文部省	学習指導要領	
各教科書出版社	小・中・高等学校の各教科書	

テーマ

いしかわの自然 第22集 地学編(10)

手取川をはじめとした石川県の主要な川における河川地形の調査と川原の砂の粒度分析の結果を考え合わせることで、「河川地形の観察及び調査」を実践されようとする先生方のための教材基礎資料としてまとめたものである。

具体的な調査方法は、事前に河川の縦断曲線を作成、それと流域の地質図、地形図を対応させて検討し、主な調査地点を定める。現地調査では、特に河川勾配の遷移点を中心に、流域の地形や地質の様子と対応させながら観察するとともに、河川勾配の変化がどう川原の砂の粒度分布に影響を与えているのかを調査し、地質や地形と河川勾配、砂の粒度分布の関係を探っていくことにした。また、小・中学校の児童・生徒の、河川地形に対する意識調査を行い、そのイメージを生かした調査地点を加えたことも、今回の調査の特徴である。

石川の河川地形を読む

——河川の作る地形の観察と川原の砂の分析を通して——

石川県教育センター地学研究室

新保 修

はじめに

- I 河川地形の捉えと概説
- II 河川地形の調査方法と観察観点の設定
- III 石川県の河川地形の概観と調査河川の選定
- IV 手取川の河川地形を読む
- V 県内の河川地形を読む
- VI 研究のまとめ～県内河川の比較と研究課題の検討～
- VII 主な参考文献
- VIII 資料
 - 1 県内主要河川の縦断曲線と河川地形の特徴一覧図
 - 2 県内主要河川の縦断曲線作成資料と
川原の砂の粒度分析一覧表

教育センター紀要第59号

平成10年(1998年)3月24日発行

発行所 石川県教育センター

〒921-8153 金沢市高尾町ウ31番地の1

Tel 076-298-3515

FAX 076-298-3518

代表者 安田俊彦

印刷 高島出版印刷株式会社

