

多摩川における早瀬の景観的特徴とその水理
環境に関する研究

2006年

知花 武佳
東京大学大学院工学系研究科 助手

目 次

| | |
|--------------------------------------|---|
| 1. はじめに ----- | 1 |
| 2. 早瀬における波立ちの種類----- | 1 |
| 3. 現地観測概要・結果----- | 3 |
| 4. 各調査地から見られた波立ちとその場の物理環境因子との関係----- | 4 |
| 5. 波立ちを規定する物理環境条件----- | 7 |
| 6. 考察 ----- | 8 |
| 7. おわりに ----- | 9 |
| 引用文献 ----- | 9 |

『多摩川における早瀬の景観的特徴とその水理環境に関する研究』報告書

東京大学大学院工学系研究科 知花武佳

1. はじめに

河川中流域に見られる早瀬は、魚類や底生昆虫、付着藻類など様々な生物の生息場を提供しているのみならず、その多様な流水表情から人を魅了する河川景観を創出している点でも重要な空間と言える。しかし、早瀬は洪水の度に環境特性を変化させる動的な空間であるため、早瀬における物理環境を正しく把握し、なんらかの人為的インパクトにより変質していると考えられる場合にその改善策を考えるというのは、容易な作業ではない。

このようなことを考える上では、まずマクロな視点で早瀬の物理環境、例えば流量や土砂供給量に着目する必要がある。そして、そのマクロな環境の変化により、同時にミクロな視点での物理環境、例えば水深や流速、河床材料の質がどのように変化するかを考えなければならない。すなわち、早瀬の機能や管理などの問題は空間的なスケールという観点から議論すべきであり、まずは早瀬の物理環境をスケール別に把握する必要があると考えられる。

ここで、本研究で用いるスケールを図-1に示すが、これはFrissellらの作成したもの¹⁾を知花らが修正したものであり²⁾、早瀬の環境は、早瀬全体を平均的に捉えるユニットスケール、ユニットスケールの構成要素で川幅や水深の大きさ程度に規定されるサブユニットスケール、そして河床の礫1つの周り程度の大きさを示すポイントスケールに分かれる。一方、この早瀬全体の環境はその上位である、リーチスケールすなわち交互砂州一波浪長を捉えるスケールによって規定されるため、このスケールまでの物理環境を階層的に把握できれば、ハイドログラフや土砂の特性により砂州形状がどのように変質するかという、既往の土砂水理学からの研究とリンクさせることができ、河川管理に活かすことができると考えられる。しかしながら、このような階層構造に注目した早瀬の物理環境の把握ということすらあまり行われてこなかった。特に、生物生息場の研究に見られるように、早瀬というユニットでどのような生物が生息しているかということや、ポイントスケールにて底生昆虫や付着藻類がどのような生息場を選好するかなどの研究は多いが、それらを繋ぐサブユニットの環境特性に関する研究はほとんど見られない。これは、サブユニットの境界を決定する有用な手段が未だ明確になっていないことが原因に挙げられる。

そこで、本研究ではこのような問題点を解決すべく、早瀬における「波立ち」に着目した。波立ちは早瀬景観の主たる構成要素であり、波立ちが生じる場の環境を構成する物理因子、すなわち流体及び河床材料の性質が複合的に作用することで形成されるものである。つまり、このことは波立ちという早瀬景観が物理因子の複合的な情報を視覚的に表しているに他ならない。さらに、早瀬における波立ちを類型化することで、先の問題点であるサブユニットも区分することができると考えられる。そこで、波立ちに対しても空間スケールの階層性を考慮した上で、波立ちと物理因子の関係をスケール毎に調べ、波立ちという景観要素を用いることが早瀬の物理環境の把握に有用であることを示すことを本研究の目的とした。

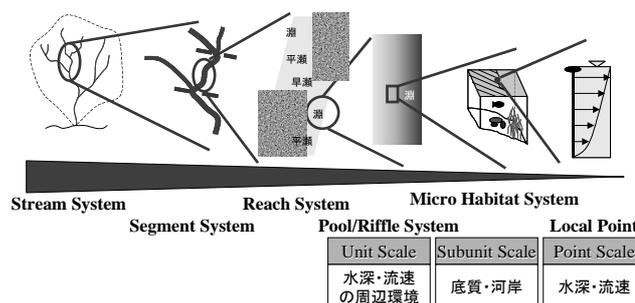


図-1 河川における物理環境の階層構造
(Frissell et al. 1986¹⁾ を元に作成)

2. 早瀬における波立ちの種類

様々な景観の早瀬を視察した結果、発生要因や現象の類似性から図-2のようにサブユニットスケールで捉えられる波立ち（すなわち波立ちが空間的にある程度の広がりを持ったもの）を8つ、そしてポイントスケール

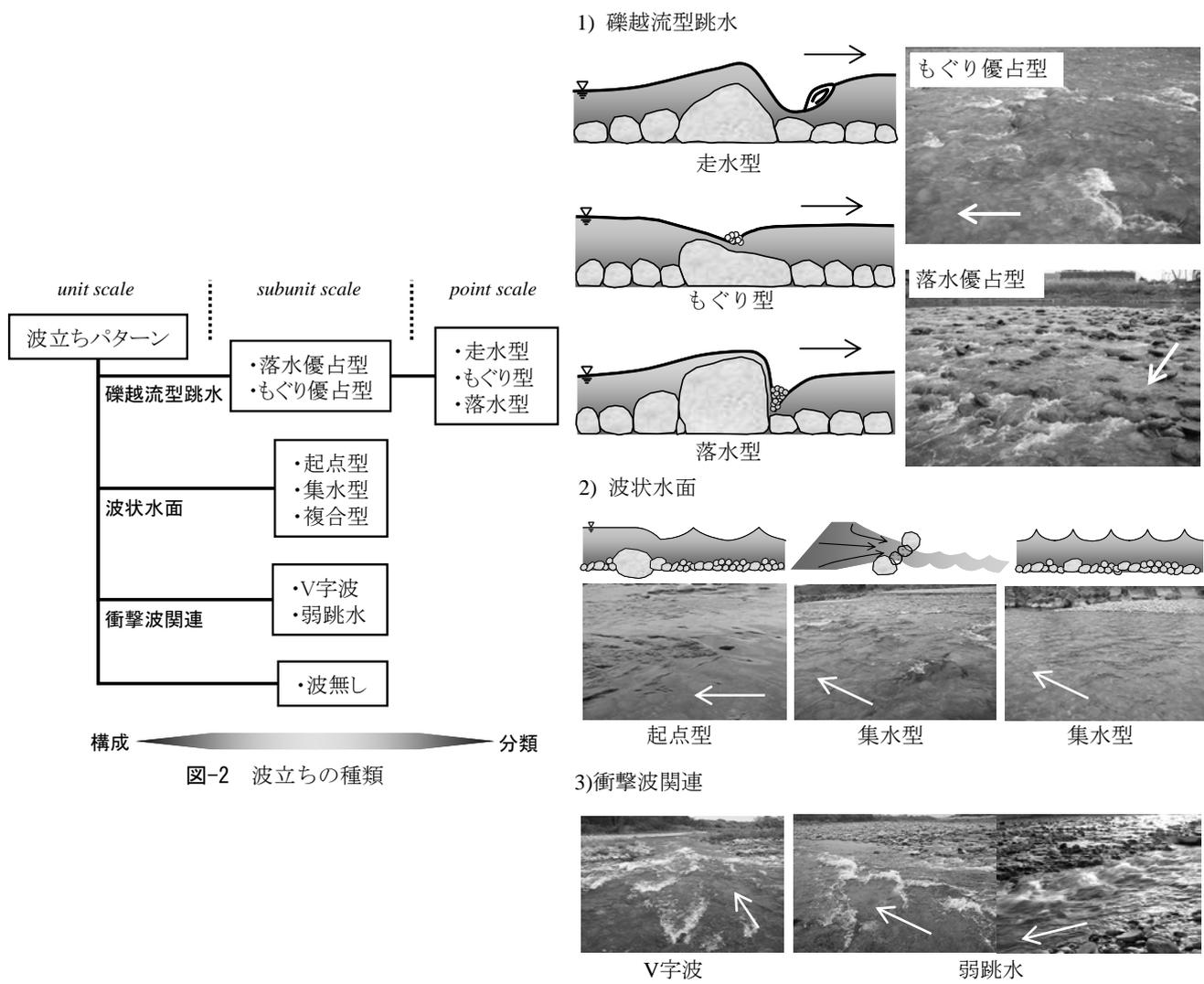


図-2 波立ちの種類

図-3 各種波立ちの様相

ルで捉えられる波立ち（すなわちある礫一つのまわりで波立ちが完結するもの）を3つ分類した。ただし、後に示す現地観測の対象とした早瀬において多く見られなかったものについてはここでは省略してある。具体的な図や写真を図-3に示す。

まず、礫越流型跳水のグループは、ポイントスケールにおける波立ちとして捉えることができる。走水型は礫を越流した射流の水深がしばらく続き、下流の水深と共役関係になったときに跳水を起こすという礫周りの一般的な跳水を指す。もぐり型は越流後の流れに下流の水が覆いかぶさっているような現象であり、落水型は越流後の流れが勢いを失い、ほぼ垂直に落ち込んで泡立つ現象である。落水型の場合、水が礫から剥離することも多い。これらはすべて、河床の礫1つの周り程度で起こるポイントスケールの波立ちである。そして、このポイントスケールの波立ちが集まることにより、サブユニットスケールにおける礫越流型跳水の波立ちが構成される。すなわち、ある一定の範囲内で落水型の波立ちが優占してサブユニットを構成している落水優占型のサブユニットと、もぐり型が優占しているもぐり優占型のサブユニットが現地で確認された。ちなみに、走水型はどちらにも含まれており、これだけが優占しているものはほぼ見られなかった。

次に波状水面に関して、これは基本的におおよそ規則正しい波長を持った定在波が生じているような波立ちを指す。起点型の波状水面はまだ勾配のついていない瀬頭付近に多く見られ、河床中のやや大きな礫が起点となり、そこから定在波が発生しているものを指す。定在波の中に碎波している部分はほとんど見受けられない。次に集水型の波状水面は、早瀬の中に滞筋がはっきりと形成され、一箇所に流れが集中しているような領域に多く見られる。これはある流れが1ヶ所に集まり、そこで生じる水面の変化が起点となって現れる定在波で、1ヶ所に集まるきっかけは、図のような礫の間であることもあれば、いわゆる早瀬の滞筋のように、地形的に深い部分が連なった区間があり、水がその部分に集中する場合もある。また、複合型の波状水面は、いくつかの定在波は存在するも、ほとんどの波は流れの速度と均衡せず、様々な方向に波が乱れた様相を呈しているような波立ちを言う。様々な波立ちが混合して存在していることから複合型と名付けた。

また、衝撃波関連に関して、本研究では主に礫越流後の擾乱が周りの速い流れによって斜めに伝播するこ

表-1 各スケールにおける物理因子と波立ちの対応関係

| スケール | 早瀬を表す物理因子 | 波立ち |
|----------------|---|------------------------------------|
| ユニット スケール | (平均的な) ◆水深, ◆流速, ◆河床勾配 ◆平面形状 (狭窄型, 平行縦長/横長型) | <物理環境の把握> ◆波立ちパターン |
| サブユニット スケール | ◆流量, ◆相対水深, ◆水面勾配 ◆Fr数, ◆河床礫径 | ◆礫越流型跳水 ◆波状水面 ◆衝撃波関連 ◆波無し |
| ポイント スケール | (局所的な) ◆水深, ◆流速, ◆水面勾配 ◆河床勾配 | ◆礫越流型跳水 (礫周りの現象) |

とを衝撃波としている。そして、V字波というのは写真に示すように衝撃波が礫下流で左右に広がっていく現象を示し、弱跳水は、左右からの衝撃波が交差して碎波する現象が連続的に続いているものを指す。ちなみに、波状水面や衝撃波関連の波立ちは広がりを持って起こる現象でありサブユニットスケールに属する。また波無しに関しても、ある点で波が無い状態ではなく、波の無い部分が広がっていること示すのでサブユニットスケールとなる。

3. 現地観測概要・結果

前節において、波立ちの種類とそれに対応するスケールの説明を行った。ここで、表-1に各スケールの特徴を表す一般的な物理因子と波立ちをまとめたものを示す。

ここで、表に示すように、物理因子と波立ちともに、各スケールはその上位スケールの構成要素になっており、スケール間でも縦の関係性があることを考慮する。そこで研究の手順としては表の矢印のように、まずユニットスケールにおける物理因子の異なる、複数の早瀬に対して現地観測を行い、サブユニットスケールにおける波立ちが各物理因子によってどのように区分されるか調べることから始めた。その際、ユニットスケールで早瀬を表す物理因子としては、上流からの土砂供給量に影響される平面形状³⁾が適切であると考え、波立ちの多様性から、本研究では対象を狭窄型と平行縦長型に絞った。

現地観測は図-4に示すように多摩川中流部を中心として、波立ちパターンの異なる4つの早瀬を対象とした。a)及びd)は隣接した早瀬で、共に多摩川本川の多摩橋直下に存在する。b)は同じく多摩川本川で五日市線鉄橋の直下に存在した早瀬であるが、2006年3月現在はすでに形を大きく変え、明瞭な早瀬とはなっていない。c)は、多摩川の支流秋川の早瀬であり、東秋留橋の少し下流に位置する。サブユニットスケールにおける物理因子及び波立ちの把握の仕方は、各早瀬において等間隔に測点を設定し、各点における様々な物理環境の観測を行い、それらを平面状にプロットしたときの物理因子や波立ちのまとまりをサブユニットとして理解するものとする。各測点における観測内容を以下に列挙する。

- ・ 地形、平板測量、流速、水深測定
- ・ 測点を中心として60cm方形枠内で、片手で掘り起こせる中間径10cm以上の表層礫の採取、径測定
- ・ 自作道具を用いた各測点付近の河床凹凸調査（諸事情によりb)の狭窄を除く）

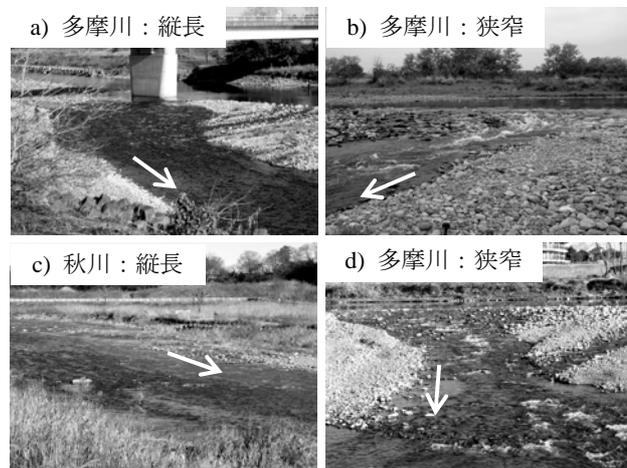


図-4 現地観測対象地の様子

10cm×15=150cm

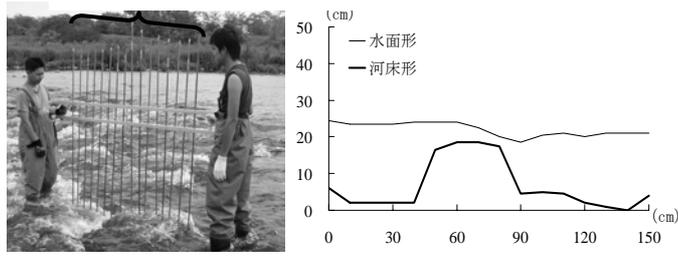


図-5 河床凹凸調査と結果の一例

- 各測点周りでの波立ちが優占しているか調査

なお、自作道具による観測風景を結果の一例とともに図-5に示す。測点間隔は10cmで流下方向に150cm分の水位と河床高を計測してある。

ここで物理因子の結果については後ほど考察することとし、まず波立ちの分布について示したものが、図-6である。図を見てもわかるように、各波立ちはある一定のまとまりをもって存在している。これは、物理環境の類似する空間がある程度の広がりを持って存在することを表している。すなわち、波立ちをもとにいくつかのサブユニットに類型化できることがみてとれる。

4. 各調査地で見られた波立ちとその場の物理環境因子との関係

では、波立ちをもとに分類されたサブユニットは、それぞれどのような物理因子によって支配されているかを、現地観測で得られた結果に基づき考えることにする。

波立ちを支配する物理因子の条件としては、流れを規定する要素と河床の状態を規定する要素から成り、

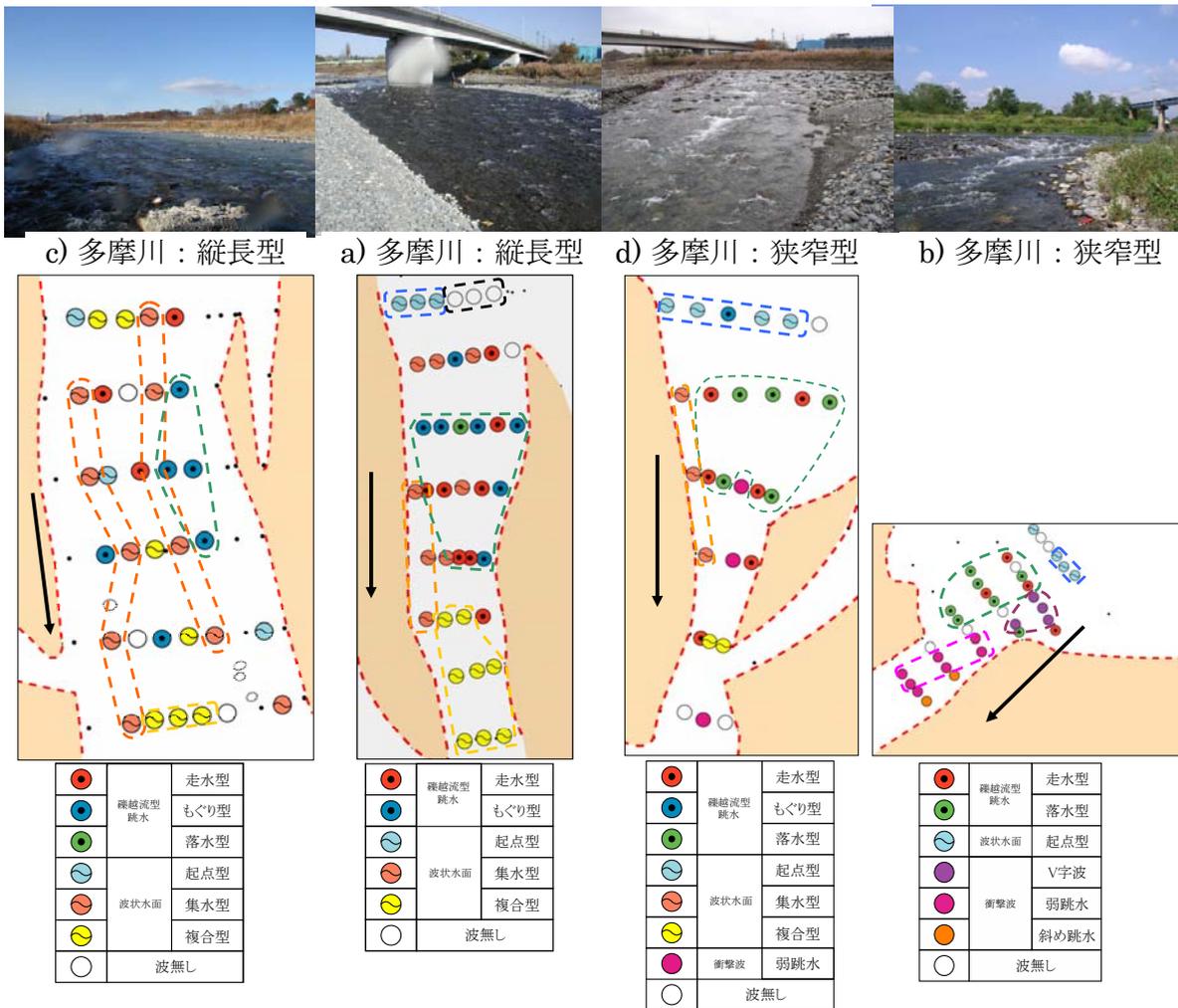


図-6 各調査地で見られた波立ちの分布

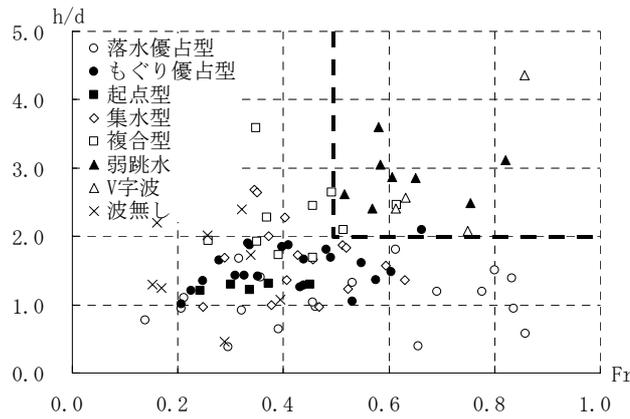


図-7 Fr数, 相対水深と波立ちの関係

また複数の早瀬間で比較できるように無次元であることが望ましい。この条件にあてはまるものとして本研究では、まずはFr数と相対水深 h/d (h : 水深, d : 礫径)が適切であると考えた。Fr数は流れの勢いを、相対水深は河床による流れへの影響具合を表すものとする。

そこで、これらを軸としてサブユニットスケールにおける波立ちを分類することを試みた(図-7)。その結果、衝撃波関連のV字波や弱跳波に関しては、Fr数と相対水深 h/d が他の波立ちよりも大きく、区分することが出来たが、それ以外については明確に区分することができなかった。また、V字波と弱跳波を明確に区分するにはこのままでは不十分である。これは、例え同じようなFr数や相対水深の条件を与えても、それ以外の物理因子の条件を与えることで波立ちが区分されることを示唆している。そこで、その条件を得るために、各波立ちの発生要因をサブユニットスケールより下位のポイントスケールで考察することにした。

まず、礫越流型跳波の区分に関しては、図-8に示すとおり、礫の越流水深に対する共役水深と下流部水位の関係が重要となるため、結果として礫前後の水位差が重要な因子となる。これは、衝撃波の中でも突出礫の影響を受けるV字波についても同様であり、礫越流後の擾乱が左右に広がって伝わるためには礫前後の水位差が必要であることが水理実験によっても確認されている⁴⁾。ここで、礫前後の水位差というのはポイントスケールにおけるもので、局所的な状況を表してはいるが、ポイントスケールにおける物理因子はサブユニットスケールにおける物理因子によってある程度規定されることを考えると、ポイントスケールにて水位差を発生させるようなサブユニットスケールの物理因子は、「水面勾配」および「礫の突出具合」であると考えられる。すなわち、サブユニットスケールにおいて水面勾配や礫の突出具合が大きいような空間は、礫前後で水位差がつきやすく、水面勾配が小さいか突出具合が小さければ、礫周りで水位差が付くことはない。また、波状水面の中でも、起点型は礫の突出具合に支配されている点で、集水型や複合型とは区分できるはずであり、「礫の突出具合」が重要な要素となる可能性が高い。

したがって、Fr数と相対水深に加えて新たにこれらの物理因子を加える必要があるが、その前に水面勾配や礫の突出具合をどのように計測するかが問題となる。そこで水面勾配については、各測点の縦断方向の間隔を考慮し、測点を中心として前後2.5mの長さに対して水面がどれだけ変化したかを、観測結果を内挿して算出し、その区間の勾配を水面勾配 I_w とした(図-9左)。また、礫の突出具合に関しては、図-9右に示すように現地観測にて河床の凹凸を各ポイントで計測したものをを用い、1.5mの範囲内で最も高いポイントと、最も

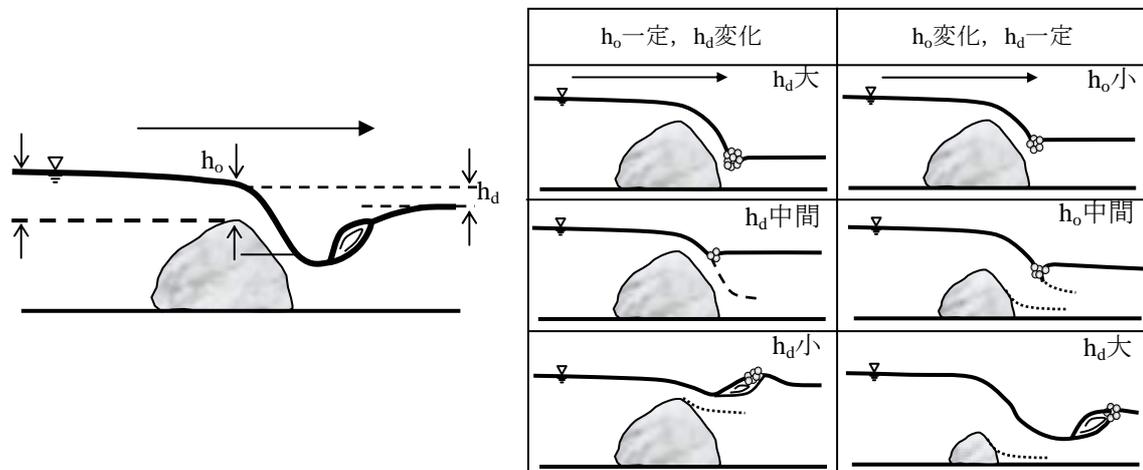


図-8 礫前後の水位差が変化したときの波立ちの変化

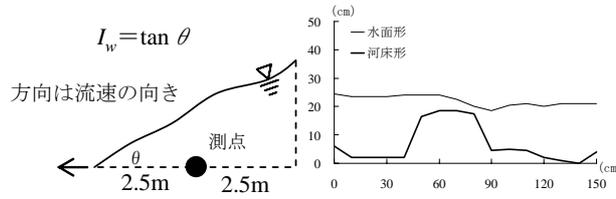


図-9 観測点における水面勾配と礫突出度の算出方法

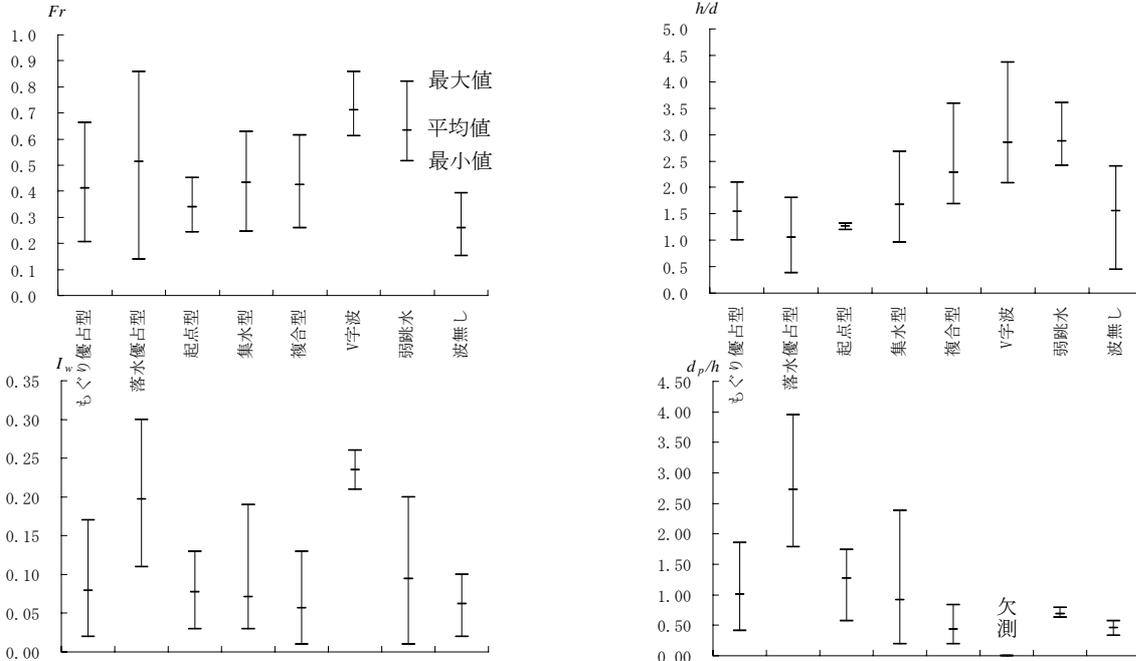


図-10 現地観測に基づく、各波立ちが生じる各物理因子の範囲

低いポイントの高さの差 d_p をこの区間の平均水深 h で割ったものを礫突出率として定義した。この値は測点ごとに得られるものであるが、底質の構造がマイクロなスケールで大きく変化することはないことから、この礫突出率が、その周辺における礫の突出具合を代表していると考えられるとする。

以上より、サブユニットスケールを代表する物理指標として、 Fr 数、相対水深、水面勾配、礫突出率の4つを示した。これらを用いて、ある波立ちが存在している空間の物理因子がどの範囲にあるかということを示したものが図-10になる。図は範囲として現地観測にて得られた値の最大値、最小値、それに平均値を示している。ただし、サンプル数は各波立ちで異なり、起点型の相対水深や、弱跳水、波無しの礫突出率に関してはサンプル数が少なかったため範囲が狭くなっている。

この図より、各波立ちが生じている空間がどのような環境にあるかということがある程度把握できる。すでに述べたとおりV字波や弱跳水は Fr 数が0.5を上回ると共に、相対水深 h/d が2.0を上回る場合に形成されている。しかしながら、V字波が形成される場所の水面勾配は、弱跳水が生じている所よりも明らかに急になっているため、区別が可能である。なぜならば、V字波は周囲が射流である状況下で突出した礫が存在する場合に形成されるのに対し、弱跳水は早瀬から淵へ移行する領域で左右岸からの衝撃波が交差して形成されるためである。一方、 Fr 数又は、相対水深 h/d が小さいときには、これらの波立ちは見られなくなると共に、どのような波立ちが形成されるかは河床の状況に支配されるようになる。特に水面勾配 I_w が0.15を超えており、かつ礫突出率 d_p/h も2.0を上回るような場合には、礫の上下流で水位差が大きくなると共に、越流量が減少する。その結果、落水優占型が形成されることとなる。このような場所では、 Fr 数も大きくなると思われるが、結果を見ると非常に広範囲に広がっている。これは、このような領域では流速計をどこにおくか次第で様々な状態を計測してしまうためであり、平均的な量が計測できていないのが原因である。

しかし、これ以上のことは、現地観測結果からだけでははっきり捉えられないため、水理実験を行い、物理因子と波立ちの関係をはっきりさせることとした。

5. 波立ちを規定する物理環境条件

ここでは、これまで波立ちの区分がはっきりできていない波立ちに注目する。まず、相対水深 h/d と Fr 数がいずれも小さい場合に形成される、もぐり優占型と起点型についてその境界条件を考える。次に、 Fr 数は比較的小さめであるが相対水深 h/d が大きめの場合に形成される、複合型と波無しに関してその境界条件を考える。次に、 Fr 数が大きく相対水深 h/d が小さい場合は、上述した通り、観測結果は明瞭ではないものの、落水優占型となりやすい。集水型については微地形が大きく効くため、今回の対象からは外して考える。そこで、どのような条件を与えれば各波立ちが生じるかということを説明するために二種類の水利実験を行った。

まず実験a)では、複合型（波状水面）と波無しを区分するために、水路に一樣な礫（中間径7.8cm）を敷き詰め、そこで勾配や流量を様々に変化させることで、 Fr 数と水深の条件を変えて、波無しと複合型の区別がどこにあるのか考察した。一方実験b)では、もぐり優占型と起点型を区分するために、先の礫を敷き詰めた状態に突出した礫の代わりとなる障害物を置き、その高さを d_p として実験を行った。そして Fr 数と礫突出率を d_p/h を変化させることにより2つの波立ちの区別に関して考察した。これらの実験の様子を図-11、結果を図-12に示す。

まず、図-12中実験a)の結果に関して、波無しと複合型を区別する条件は「 Fr 数が大きい」、もしくは「相対水深 h/d が小さい」といった独立した条件ではないことがわかる。そこで視点を変えて、定在波が生じるためには波速と流速が等しいという条件⁵⁾を考える（本研究ではAiry条件とする）。これは次式で表される。

$$Fr = \sqrt{\frac{\tanh kh}{kh}} \quad (1)$$

ただし、 k は波数であり、 h は水深である。ここで、縦軸 h/d を計算する際には、実験に用いた平均礫径7.8cmを用い、波数は波長を10cmとして計算した上で、 Fr 数と相対水深の関係をグラフ中に示している。これが意味するところは、河床の平均的な礫径が7.8cmの場合において、波長10cmの波は曲線上では定在波として存在し、曲線より右上の領域では波速より流速の方が大きくなるため、移動しながら存在する。また、10cm以下の波はその波自体が消滅し、波無しの状態になる。したがって、現地の河川においても、おおよそ河床の礫径程度以上の波長を持つ波は定在波としてあるいは移動する波として安定的に存在できることがわかる。このように、Airy条件を用いて波無しと複合型は区別されることが示唆される。

一方、もぐり型と起点型の実験においても図の点線で示すような境界によって波立ちが区分されている。これが意味するところは、 Fr 数が大きく、礫突出率が大きくなるほど波無しから起点型、もぐり型に遷移することを示している。これがさらに大きくなれば、落水型になると考えられる。



図-11 実験の様子

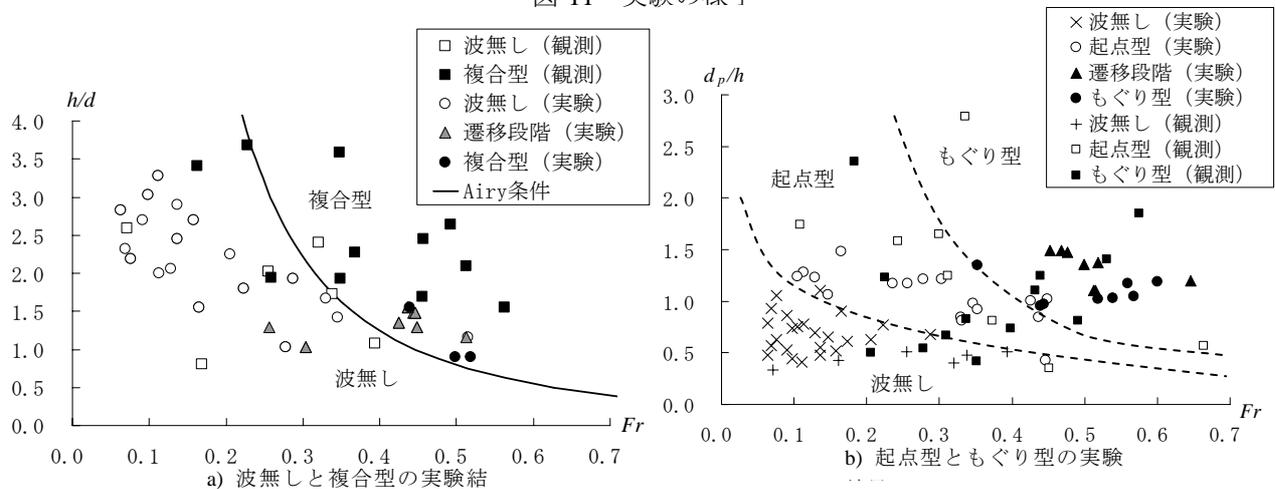


図-12 各実験結果に現地観測の結果を追加したもの

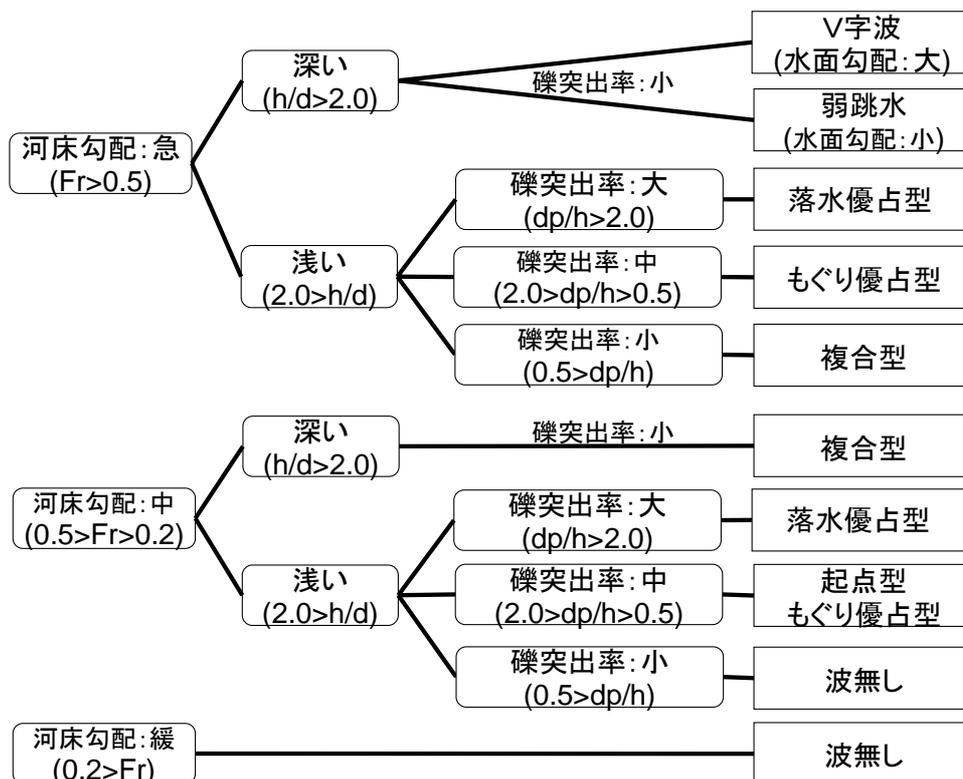


図-11 物理環境因子の条件とそれに対応する波立ちのパターン

ここまで観測・実験結果を通じて波立ちと物理因子の関係を示してきた。そこで、まとめとして波立ちと物理因子の関係を系統的にまとめたものを図-11に示す。

まず、相対水深が大きく、礫突出率を考慮する必要のないものに関しては、V字波、弱跳水、複合型、及び波無しが挙げられる。ここで、V字波と弱跳水はFr数と相対水深に加えて水面勾配を加えることにより区分され、複合型と波無しに関してはAiry条件によって区分される。これは、河床の凹凸に比べて水深が十分に深い状態でFr数を徐々に上げていった場合、最初は波無しだったものが、徐々に河床礫径程度の波状水面を有するようになり、さらにFr数が上昇すると、衝撃波が所々で発生するようになり、一部突出した礫が存在すれば、V字波となり、左右岸からの衝撃波が交差すると水面が盛り上がり弱跳水になるという変化を表している。

次にそれ以外の比較的浅い状況下で礫突出率が2.0以上を超えると、Fr数があまり小さすぎなければ落水優占型が属する。また、残るもぐり優占型と起点型については実験結果も踏まえ、おおよそFr数が0.45を超えるともぐり優占型となり、0.2~0.45程度で起点型となることがわかった。しかし、0.45付近となる理由については、はっきり説明することはできない。相対水深も含め、より詳細な検討が必要である。

最後に、礫突出率が0.5未満のものに関しては、水深が深いときと同様の理論が成り立ち、Airy条件を用いて複合型と波無しに分類できる。Fr数に関して言えば、水深が浅い分、上述した水深が深い時に比べより高いFr数で区分されることとなる(図-12a)参照)。

このようにして、現地観測と水理実験の両側面から波立ちが生じるための各物理因子の必要十分条件を提示できるものを説明した。ただし、例えば弱跳水に関しては、先に挙げた条件の他に川幅水深比であるアスペクト比の条件が必要であると考えられる上⁶⁾、集水型に関しては発生条件を明確にすることができなかったため、今後の課題である。

6. 考察

このように、波立ちという物理環境に支配された景観要素に注目することにより、早瀬景観を物理環境と関連づけて把握することができた。そこで、これが今後どのようなことに利用できるのかについて考察を加える。

今、河川を踏査していたときに、図-6に示した4つの景観を有する早瀬に遭遇したとする。早瀬の環境は、その平面形状によって大きく異なることが指摘されているため³⁾、図-6の右二つの狭窄型と左二つの縦長型では、水理環境が大きく異なることは、波立ちを見ずとも推測可能である。確かに、波立ちを見ても、右二つ

と左二つでは傾向が大きく異なっている。しかしながら、同じ狭窄型、あるいは縦長型でも、その波立ちの分布は微妙に異なっている。まず、狭窄型の二つを比較する。共に瀬頭では、河床勾配がさほど急ではなく、礫の突出が徐々に効いてくるため起点型の波立ちが見られる。これは狭窄型に限らず、たいていの早瀬で見られる傾向である。そして、その下流では、狭窄型に特有のすり鉢状の河床形状が見られ流水は一箇所に集中するために、その周囲では水深が浅く、急勾配であるために、大半が落水優占型の波立ちとなる。そして、流れが集中する所に関しては、d)では、集水型となるのに対し、b)ではV字波となるという違いが見られる。ここで、集水型の条件については吟味できていないため、ここから物理環境の違いは説明できないが、河床勾配が両者で大きな違いはないことと、V字波の形成条件は相対水深が深い必要があることを考えると、b)の方がd)よりも流量が多いことが起因しているように思われる。ちなみに、b)は分岐流路の一方であるが、d)は単一流路内に存在する。さらに下流に行くと、両者共に弱跳水が見られるが、やはり流量の多いb)の方がその規模も大きくなっている。すなわち、狭窄型早瀬に関しては、上流から起点型→(周辺)落水優占型+(滯筋)集水型 or V字波→弱跳水というパターンが見られ、早瀬中央部の滯筋付近の景観は流量に大きく依存していることが示唆される。この傾向は、他の地域における視察や増水時の同地点の景観を見る限り一般的に言えそうである。いずれにせよ、狭窄型の河床勾配は急なため、瀬頭を除き、Fr数の大きな所で見られる波立ちが優先する。そして、瀬頭の起点型優占領域、瀬中央部脇の落水型優占領域、瀬中央部の滯筋部、瀬尻の弱跳水領域という4つのサブユニットに区分が可能であり、Fr数及び水深の大きさが異なるため、これらによっておおそ表現される魚類の生息環境²⁾は、早瀬内で大きく異なることがわかる。

次に、縦長型に関しては、a)とc)で大きく異なっている。まず、c)に関しては、波立ちに明瞭な傾向が見られず、サブユニットに区分することができない。一方、a)に関しては、やはり起点型から始まり、瀬の中央部ではもぐり優占型の波立ちが見られると共に、瀬脇に僅かに集水型が見られ、瀬尻は複合型となっている。すなわち、傾向としては、狭窄型に近く、落水優占だったものがもぐり優占となり、弱跳水が優占していたものが複合型となっているという違いである。これは、図-11を見れば、早瀬中央部での礫突出率が狭窄型に比べ小さいことと、瀬尻での相対水深が狭窄型に比べ浅いことを意味している。後者に関しては、狭窄型と縦長型の形状を考えれば、明らかであり、いずれも勾配が急な瀬尻ではFr数が高くなっていることと対応している。また、前者に関しては、礫の大きさが異なるのではなく、水深が狭窄型の方がかなり浅くなっていることによるものである。これは河床勾配が狭窄型では1/27と極めて急であるのに対し、縦長型では1/55と緩くなっており、落水優占型でももぐり優占型でも、Fr数の条件は比較的緩いことが原因である。すなわち、河床勾配の違いが、相対水深を低くし、結果として礫突出率に差が生じたため、景観が異なると考えられる。

これらのことを考えると、早瀬に見られる景観は、瀬頭では起点型となり、瀬尻は狭窄型では弱跳水、縦長型では礫突出率が大きくなるほど、あるいは流量が少なく水深が浅くなるほど、複合型、もぐり優占型、落水型と変化するものと考えられる。そして、瀬中央部は早瀬の平面形状の違い、あるいはそれと対応する河床勾配及び、流量によって比較的多様に変化し、狭窄型に見られるように河床勾配が急な時は、流量が少なれば落水優占型(又は礫の状況次第では、もぐり優占型か複合型)、多ければV字波となり、縦長型に見られるように河床勾配が緩いときは流量が少なれば落水型又はもぐり優占型となり、多ければ複合型となる。ただし、あまり河床勾配が緩いときは波立ちの傾向は見られず、明瞭なサブユニットには区分できない。

ここからもわかるとおり、流量が多ければ、全体的に景観へ河床の状態は反映されにくく、特に河床勾配が緩い縦長型では、大半が複合型となってしまう特徴が見られない。しかし、流量が少ないときや、河床勾配が急なときは河床の状態が水面波に反映された河川景観となる。これらを踏まえると、対象とする河川が本来どの程度の土砂生産量でどのような形状の早瀬が形成されているべきかを考え、平均粒径はどのくらいになるかを考えると共に、人為的なインパクトがなかったときの平水流量は多いのか少ないのかといったことを検討すれば、その川が本来どのような早瀬景観を有しているべきかについても、ある程度推測することができると思われる。

7. おわりに

本研究を通じて行ったこと、成果は以下に集約される。

- ・早瀬景観の主たる要素である「波立ち」を、早瀬の物理環境を把握する新たな指標として位置づけた
- ・波立ちと物理因子の関係をスケールの階層性という観点から研究し、その関係性を明らかにした。
- ・早瀬における波立ちパターンを通じて、早瀬の物理環境をおおよそ把握することができるようにした。

参考文献

- 1) Frissell, C.A. et al. (1986). "A Hierarchical Framework for Stream Habitat Classification, Viewing Streams in a Watershed Context," *Environmental Management*, Vol.10, No.2, pp199-214.

- 2) 知花武佳, 辻本哲郎, 玉井信行: 物理環境の階層構造を考慮した魚類生息場評価法の開発, 水工学論文集, 第48巻, 2004
- 3) 知花武佳, 岡田久子, 鈴木一平, 岡滋晃, 辻本哲郎, 玉井信行: 形状に基づく早瀬の分類とFr数分布に関する基礎的研究, 応用生態工学会第6回研究発表会講演集, pp. 51-54, 2002
- 4) 岩本秀仁, 知花武佳, 辻本哲郎: 波立ちに着目した早瀬の環境特性に関する基礎研究, 応用生態工学会第8回研究発表会講演集, pp. 117-120, 2004
- 5) 山田正, 池内正幸, 堀江良徳: 不規則底面をもつ開水路流れに関する研究, 第28回水理講演会論文集, pp.149-155, 1984
- 6) 後藤浩, 安田陽一, 大津岩夫: 波状跳水の形成条件に対するレイノルズ数・アスペクト比の影響について, 水工学論文集, 第43巻, pp.299-304, 1999

「^たまがわ^がにおける^はやせ^{けい}かんてきとくちよう^の景観的^すいりかんきよう^{かん}とその^{けん}きゆう^{ゆう}水理環境に関する研究」

(研究助成・学術研究 VOL. 35-N0. 262)

著者 ^ちばな ^たけよし
知花 武佳

発行日 2007年3月31日

発行者 財団法人 とうきゅう環境浄化財団

〒150-0002

東京都渋谷区渋谷1-16-14 (渋谷地下鉄ビル内)

TEL (03) 3400-9142

FAX (03) 3400-9141