

河川景観の概念とその管理のための河川水理学¹

Concept of Riparian Landscape and Contribution of River Hydraulics to Its Management

北村忠紀²・辻倉裕喜³・辻本哲郎⁴

Tadanori KITAMURA, Hiroki TSUJIKURA and Tetsuro TSUJIMOTO

1. はじめに

河川における景観というと、視覚として認識される風景が人間の感性にとってどうであるか（例えば、護岸などの河川構造物の見た目のきれいさなど）、といったものとして捉えられることが多いように思われる。これは、これまで意匠的な景観を河川にイメージしてきたためであると思われる。ところが、景観の訳にあてられるランドスケープ（Landscape）には、単に視覚的なものだけといった意味あいでは不十分であり、沼田¹⁾が「ランドスケープは地表面の相観だけでなく、地球圏、生物圏の構造、機能、動態の全部、人間活動やその歴史的影響を全て含む。」といているように、自然とそれと関わる種々の人間活動の作用で形成されるある空間内のものすべてといった意味あいがある。このようなランドスケープは、地形的、生物的な機能を有する空間であり、視覚でのみ評価されるものではない（なお、沼田¹⁾は、一般的に認識されている景観をランドスケープの訳語としてあてるのは混同を招くとして、ランドスケープの訳として景相を用いているが、本論文では景観を用いることにする。）。

河川は、河川以外の空間とは地形的にも生物的に違った独特の自然であり、それに人類が古来より様々な作用を加えてきた空間である。河川を利用するものにとって、こうした独特の空間が機能を発揮するように、空間を評価し、管理することが重要であると思われる。現在、河川の管理にあたって、治水、利水、環境機能の充実が求められているが、これは、ランドスケープとしての河川を有効に管理していくことに他ならないと思われる。本論文では、河川景観をこういった意味あいでは捉えたい。

本論文では、まず河川景観の捉え方とその管理についての著者らの考えを述べ、次いで河川管理のための1段階として必要と思われる河川景観の形成過程の理解に対して、著者らの研究グループが取り組んでいる研究事例を紹介する。

2. 河川景観の捉え方—河川景観を形づくる要素と作用—

河川景観は、物理・化学的要素、生物的要素によって構成される。概略的には、物理・化学的要素が生物の生息場所を提供し、そこに生物が棲み込むものとして捉えることができよう。河川の物理・化学的要素には、流水、流砂、地形（これらの量と質）があげられ、これらの要素間の相互作用が基本的には河川の物理・化学的な場を形成する仕組みであると考えられる。

しかしながら、生態学の知識によれば、生物活動自体が物理・化学的要素に作用し、生息場所を改変していることが知られている。ある生物が自らの生息環境に作用して、生息場所を変えることで、新たに生息が

¹ キーワード：河川景観，河川管理，河川水理学，植生

² 京都大学助手 工学部環境地球工学専攻（〒606 京都市左京区吉田本町）

³ 金沢大学大学院修士課程 工学研究科土木建設工学専攻（〒920 金沢市小立野2-40-20）

⁴ 金沢大学助教授 工学部土木建設工学科（〒920 金沢市小立野2-40-20）

可能になる生物があるという階層構造がある。この場合に、生息環境をまず改変する生物を棲み場にとっての第1次生息者と呼び、第1次生息者が棲むことで生息が可能になる生物を第2次生息者、さらに続いて第3次、第4次、... と呼ばれる（竹門ら²⁾）。

河川における第1次生息者は、大型の植生であると考えられる。なぜなら、植生は河川の物理・化学的要素とあいまって、他の生物の生息環境に大きく影響しているし、また、植生の存在は洪水時の流れや土砂輸送とそれに伴う地形変化に影響を与えることによって物理・化学的な場を改変させるからである。そこで、生物的要素のうち、植生だけは独立して考え、物理・化学的要素である流水、流砂、地形と第1次生息者である植生による相互作用系が生物の棲み場所としての河川の姿をほぼ決めており、そうして形成された棲み場所に生物が棲み込むものと認識する。ここで、植生を独立させて考えようというのは、植生と物理・化学的要素のお互いの作用のフィードバックを考えようというもので、流水、流砂、地形と植生の相互作用で決定される場があり、それに対してそれほど大きな作用を与えない（あるいはフィードバックが無視しうる^{注)}）生物群集が棲み込むという図式を意味する。植生が洪水時の流れに影響し、したがって土砂輸送、地形変化にも影響するということの認識は、治水上の植生の問題から発した植生水理研究の近年の発展によるところが大きい。

このような物理・化学的要素と生物的要素の絡んだ河川の空間を主体として捉えるとき、その環境はある河川空間への流入流量・土砂量であるといえる。河川は大局的には、山地領域から海域へ物質を運ぶ運搬経路であり、河川空間内外との物質のやりとりが支配的な開放系である。すなわち、環境条件としての流入流量・土砂量が、流水、流砂、地形、植生の相互作用という内部機構を通して河川の姿を支配している。そして、そうした場を生息場所として生物が棲み込んでいる。これが、河川の自然である。

河川の自然に対し、何らかの人為的な作用を及ぼすには2とおりの方法がある。1つは、河川を構成する要素に直接手を加えるもので、例えば、植生に対しては、伐採、植樹等を行うこと、地形に対しては、堤防の構築、護岸や床固めの設置等々、様々な河川工事を行うことである。もう1つは、環境条件に手を加えるもので、例えば、砂防工事、ダム建設や灌漑等に伴う流量、土砂量の変化である。人間活動による地被状態の変化や気候変化がもたらす水文特性変化による流量、土砂量の変化もこの例である。このような種々の人為的要因が加わった河川の姿が、河川景観である。

以上の河川景観の捉え方を模式的に示すと図-1のようである。

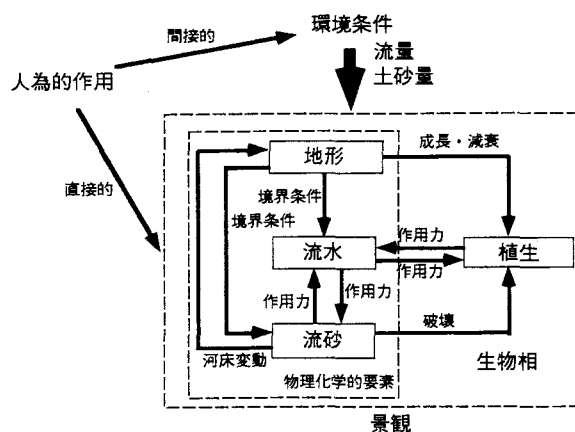


図-1 河川景観の捉え方

注) 植生以外にも物理化学的要素に大きな作用を及ぼし、それが棲み場の形成に支配的となるような生物があれば、そういった生物の作用のフィードバックも考慮しなければならない。例えば、流況の極端に安定した発電用放水路において、トビケラ類が異常繁殖してレキの間に無数の巣を作ることによって、レキが固結してしまい、増水時のレキの移動に影響を与えるという事例も知られている（竹門ら²⁾）。

3. 河川景観の管理

3.1 川に期待される機能

古くから人間は河川に様々な機能を要求し、その要求を満足すべく河川に様々な働きかけをしてきた。それによって、河川景観が形づくられてきた。現在、流域に生活する人々が河川に期待していると考えられる機能は多様性を増しているが、それらは一般には、治水、利水、親水、生態環境保全機能とに分けられる（例えば、須賀³⁾）。それぞれの機能は次のようである。治水機能：川は本質的に水や土砂その他の物質を運ぶ役割を果たしているが、それが流域で生活する人々にとって安全に行われることにより、流域に住む人々が高度で安全な生活を営めるという機能。利水機能：飲料水、農・工業用水としての河川水の利用や舟運のための河川水の利用といった機能。親水機能：河川という場の性質を生かしたレクリエーションとしての河川の利用。生態環境保全機能：河川固有の健全な生態系を保全する機能。ここで、親水機能と生態環境保全機能をあわせて環境機能と呼ばれることが多い。

これらの機能は、現在までの河川整備・管理の中においては、対立関係にある場合が多い。例えば、洪水流を安全に流下させるための種々の河川工事を実施することにより、本来河川が有していた生物生息場所が改変され、河川固有の生態系が破壊される場合が多い。また、農・工業用水のために河川水の多くを河川外に持ち出すことが行われるが、そうすると、本来、水が流れていてはじめて正常な生態系が保持されたり、河川固有のレクリエーションの場として機能を発揮する河川がその機能を失うことになる。こうした水利用における問題は、利水機能対環境機能という関係で整理するよりは、むしろinstream flow（河川に水が流れることで発揮される機能のための河川水）とoffstream flow（河川に水が流れていなくても発揮される機能のための河川水）の利用形態の対立関係として整理する方が理解しやすいかもしれない（Gordonら⁴⁾）。また、レクリエーションの場として河川を整備することが、生物生息場所を改変し、生態系に影響を及ぼすという対立関係があることにも十分注意する必要がある。

現在、目指されている河川整備・管理は、上述した治水、利水、環境機能いずれもが考慮された河川整備・管理である。それは、人為的作用の制御によって、治水、利水、環境機能いずれもが合理的に実現されるような景観を管理していくことに他ならない。このような河川景観管理にあたっては、1) 河川景観の形成過程の理解、2) 描くべき河川景観の設定、3) 整備・管理の実施、という3段階の検討が必要であると考えられる。

3.2 河川景観の形成過程の理解

河川景観が、流域特性による環境条件に対して、どのような仕組みでどのような姿を持つのか、また、それが環境条件の変化によってどのように変化していくのかを理解する必要がある。特に、生態環境機能をも配慮するという観点からは、河川における物理・化学的環境のみでなく、それと生物生息状況との相互関連の理解が必要とされる。

ここで、河川水理学の担うべき課題は次のようであると考えられる。先に河川景観の捉え方についての著者らの考えを示したが、それは、流水、流砂、地形といった物理・化学的要素と河川の第1次生息者である植生の相互作用という仕組みによって、流入流量・土砂量といった環境条件に支配されながら、河川の場合が決まり、それを生息場所とする生物が棲み込むという捉え方である。場によってどのような生物相が決まるのかという問題、また場の変化に対して生物相がどのように応答するかという問題は、まさに生態学の問題であると考えられる。河川水理学の担うべき課題は、生物の生息場所となる場がいかに形成されるのか、それが環境条件の変化によってどのように応答するのかを明らかにすることであると思われる。場があってもある生物相が形成されるかは分からないが、場がなければその場に固有の生物相は形成されることはない。ただ、ここで重要なのは、場の形成に対して支配的にフィードバックの効く生物については、その存在と作用をも取り込んだ形で場の形成過程を明らかにすることであり、これも河川水理学の課題であると考えられる。

地形学分野では、自然状態での流況特性やセグメントによって、河道形態がどのようなレジームを持つの

かということとはほぼ整理されている。ただ、それはほぼ平衡状態でのことであって、人為的なインパクトによる急激な変化そのもの（平衡状態にいたるまでの非平衡状態の応答特性、あるいはプロセスによって全く違う平衡状態があるのかもしれない）を取り扱ったものは少ないようである。土砂水文学分野では、これまで1次元的な河床変動（断面内で平均化した河床高さの縦断変化）などは扱ってきたが、河道形態の応答のようなものは、まだまだ不十分である。河道形態そのものが、流れや植生に影響するため、たとえ1次元的な情報のみが必要な場合でもその応答を知ることが重要だし、また、生物の生息場所という観点からは河道形態そのものがそれを提供しているから、河道形態の応答を把握することは是非取り組まなければならない課題である。

3.3 描くべき河川景観の設定

治水、利水、環境機能いずれもが等しく考慮された河川整備・管理では、河川特性、流域特性、流域で生活する人々の要請に応じて、治水、利水、環境機能いずれもが合理的に実現されるような河川景観を設定することが必要である。そこでは、まずそれぞれの機能への要求を明確にし、それらの妥協として目指すべき河川景観が描かれる。河川特性、流域特性、流域住民の要請の強さに応じて、場所によって、例えば治水機能が優先されても良いし、また生態環境保全機能が優先されても良い。ただし、いずれの機能が優先されたとしても他の機能への配慮を行うことが重要であると思われる。

治水機能、利水機能、親水機能といった観点からは、それぞれの要求が明確になりやすい。それに対して、生態環境保全機能という観点からの要求には不明確な面があるように思われる。生態環境保全機能とは、河川固有の健全な生態系を保全する事であることは間違いないと思われる。しかしながら、いったい河川固有の健全な生態系とはどのようなものかということである。現在、わが国の河川は、どの河川においても多かれ少なかれ、人為的な改変が加わっており、もともとの自然状態である河川は皆無である。すなわち、現在、豊かな自然環境と感じられるものであっても、それは全くの手付かずの自然ではなく、流域、河川での人間活動の結果としての河川の姿とその特性に応じて形成された生態系であると考えられる。このことから、健全な生態系として目指すべき河川の姿が、全く人間の手の加わらない自然状態であるとすれば、それはわが国ではその目指すべき姿さえも現在の我々は知り得ないことになる。このようなことは、我々が再び全く河川に手を加えることをやめない限り、実現できない。

そこで、どの程度人間の手が加わった状態の河川で形成されるべき生態系を保全するべく、河川景観を設定するかである。関⁵⁾によれば、河川整備以外の種々の自然的、社会的条件を背景に変化してきた河川状況、例えば都市域での人口集中による水質悪化や河川沿岸への土地利用の進展による河川空間そのものの減少による河川の変化は、河川整備のみでは取り戻せないとし、河川整備によって再生されうるものすべてを再生し、現存する自然をすべて保全する事によって得られる河川の姿を「潜在的自然河川」と定義、この「潜在的自然河川」が多自然型川づくりの目指す河川像であるとしている。

辻本⁶⁾は、山地河川、扇状地河川、沖積地河川などの河道区間は、それぞれ固有の勾配、河床材料、流速、さらには植生と強い相関があり、また河道ユニット（瀬と淵、交互砂州など）で特徴づけられる固有の生息環境を提供しており、このような相関関係の均質な区間を「セグメント」と定義（山本⁷⁾によるセグメントより細かく分類するものとしている）、セグメントごとに固有の相関関係が成立している状況が望ましい河川景観であるとしている。玉井⁶⁾は、こうした河川景観に対して「潜在自然河川」という呼び名を与え、河川整備の求めるべき姿としている。現状では、こうした河川景観が、多くの河川で実現可能な最大限に生態環境保全機能を発揮する河川景観であると思われる。こうした河川景観でさえ、治水、利水機能と対立関係におかれることは明白であり、それを出発点として各機能の妥協点を検討、目指すべき河川景観が描かれなければならない。

この点について、ここでは扇状地河川を例として述べてみたい。扇状地河川は、流路を次々と変遷させるというのが、人間の手の加わらない自然状態の姿である。それが、人間生活の社会的要請によって流路が固

定された。固定された流路内においてもやはり扇状地特有の流路の不安定さはみお筋の不安定さという特性により維持され、そうした特性に応じた生態系が形成された。この状態がいわゆる「潜在的な自然河川」と呼べるだろう。さらに、治水・利水目的のダムや堰が建設されると、河川にはさらに変化が生じた。ダムや堰の存在によって土砂の連続性が絶たれることにより河床低下が生じ、それによりみお筋が固定される傾向にある。それと、ダム・堰による流況変化が相乗して、河道内には安定に存在し得なかった植生が存在するようになった（例えば、辻本⁹⁾）。このような場の変化は、そうした場を生息場所とする生物相の変化をもたらすであろう。また、植生域の増加は、洪水流の疎通を妨げ、洪水を上昇させたり、思わぬ偏流を生じさせる可能性がある。こうした変化をうけて、目指すべき河川景観をどのように設定するかである。

桜井¹⁰⁾によれば、ドイツバイエルン州における公共事業実施に際してのビオトープ保全の基本的考え方は、回避、補償（調整）、代替という3段階があるとされており、それぞれ次のようであるとされている。回避：当初計画を変更し、ビオトープをそのままの状態で保存する。補償（調整）：当初計画が実行され、もとのビオトープはなくなるが、それとほぼ同質で同規模のものを別の場所に新設する。代替：当初計画を実行することによって消滅するビオトープの代わりに、その場所で可能な別の性格のビオトープを創設し、地域の自然環境の多様化をはかる。ここで、ビオトープとは生物の視点からの生息場所を意味し、ハビタートとほぼ同義語であるとされている（沼田¹¹⁾）が、微妙に使い方に違いがあるようである。

河川固有の生態系となるようなビオトープを別の場所に新設するということは非効率かつ非合理的であるなど、この考えをそのまま使うことは出来ないが、目指すべき河川景観の設定にあたっては参考となる考え方である。例えば、上述の扇状地河川における目指すべき河川景観は、これらを参考に次のように描けるだろう。回避：潜在的な自然河川で形成されるべき河川景観の保全を優先し、ダムや堰の運用を工夫もしくは撤廃し、扇状地河川特有の河川景観の復活を目指す。補償：治水機能・利水機能を優先するが、ダムや堰の運用の工夫もしくは流路形態の人為的工夫により、少しでも扇状地河川特有の河川景観が保全されることを目指す。代替：河川の変化状況を許容、もしくは積極的に受け入れ、河川の変化に対応した新たな河川景観を保全する。

3.4 整備・管理の実施

目指すべき河川景観が描かれると、その実現を目指して実際の川づくりが行われるが、このとき、河川に対する人為的作用（間接的に環境条件を制御する、あるいは直接的に河川景観を改変する）をいかに管理するかが問題である。

桜井¹⁰⁾は、河川地形とともに河川生態環境保全機能の発揮の鍵となる植生について、その創出には次の3つのやり方があるとしている。1) 自然の成りゆきにまかせる。2) 一定の遷移段階の植生を最初から造成し、遷移をそれ以上進行させないように管理する。3) 流況の安定を前提として、その土地で考えられる最も高次の河岸植生を最初から造成する。これらのいずれを選択するかは、流況などその川本来の特性と、整備の目的、工法、さらに整備後の維持管理の可能性などによるものとされている。

このような実施方法の選択は、生物生息場所にとって重要な河川地形の創出に関しても応用できるだろう。すなわち、地形変化を支配する土砂の移動が頻繁に生じるか否かによって、地形創出のやり方は次のように変えるべきであると考えられる。

a) 地形変化を引き起こすような土砂輸送が頻繁に行われる河川では、たとえ、一旦、河川の改変が行われても、比較的すぐに、その改変に応じた新たな地形が形成され、そうした地形での生物生息場所に応じた新たな河川景観が出現するものと考えられる。もし、代替という方針が選択され、なおかつ、新たに出現するであろう場が、十分に従来までの河川景観の代替機能発揮のための場として認められると判断されるならば、地形の創出は、自然の成りゆきに任せるべきである。また、新たに出現するであろう河川景観が代替機能を発揮できないと判断される、もしくは、補償という方針が選択されるならば、最小限の河川構造物の適切な配置によって、目指すべき地形状況が得られるように工夫するべきである。このような河川では、下手

に河川地形を創出しても、すぐに河川が自らの手で地形を変化させてしまうために、直接的に人為的な地形を創出しても、その努力が無駄になる場合が多いと思われる。

b) 地形変化を引き起こすような土砂輸送がまれにしか生じない河川では、河川の改変が行われた場合、そうした状況が比較的長期間にわたって継続する。このため、こうした河川では、より積極的に人為的な地形創出を行う必要がある。ここで、創出すべき地形は、目指すべき河川景観のあり方によって異なるが、たとえ、いかなる地形を創出したとしても、土砂輸送の少なからず、それは比較的安定に存在し得るものと考えられる。

4. 河川景観の形成過程の理解に向けた取り組み—手取川における島の形成過程—

河川景観の的確な管理にあたっては、その1段階として、河川景観の形成過程についての理解を進めることが必要である。著者らのグループでは、現地での観測・観察、現象の科学的抽象化、実験室での再現、数値解析という各段階を連携させようとしている。ここでは、著者らの取り組みのひとつである手取川における島の形成過程についての研究事例について述べる。

4.1 現地調査

典型的な扇状地河川である手取川では、近年、網状流路の固定化と植生の増加が目立つようになってきている。ここでは、中州に植生が進出した島の形成過程に焦点を当て、現地調査を行った。調査対象とした手取川（流域面積809km²、流路延長72km）の河道内砂州は河口から8.0km～8.4km付近に分布しており、この付近の平均縦断勾配は約1/100である。調査では、地形測量、植生調査、年輪調査が行われた。地形測量はスタジア測量によって行い、植生調査については、まず植生分布を認識するために植生群落境界を地形と同様に測量し、次に中州内の樹木について、その分布が中州全体で均等になるように90本を抽出し、各樹木の根元付近を測量、かつ樹種、樹高、幹径について調べた。なお、年輪調査は生長錐を用いて行われた。

調査結果から得られる中州の地形コンター、植生群落分布をそれぞれ図-2、3に示す。これらの図から、植生ごとに群落を形成する場所に相対的な差があること、群落の形状が異なることなどの特徴が見られる。次に、年輪コンターを図-4に示す。図より、3つに分けられた各植生域についてみると、初期の植生域と思われる年輪が最も多いところを中心として、上流側、下流側、横断方向にそれぞれ年輪が少なくなっていく傾向が見られる。図-5は、図-4における点Aと点Bを結ぶ直線を

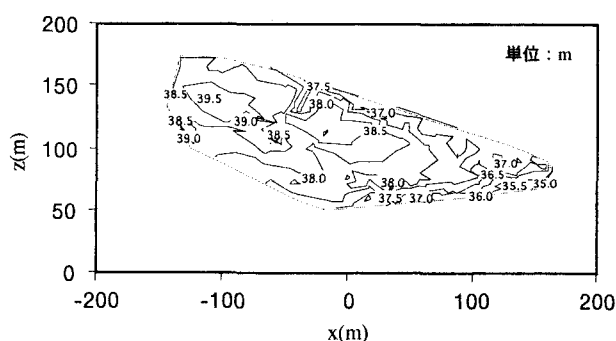


図-2 地形コンター

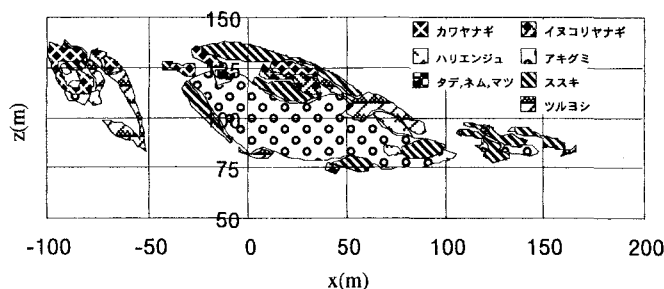


図-3 植生群落分布

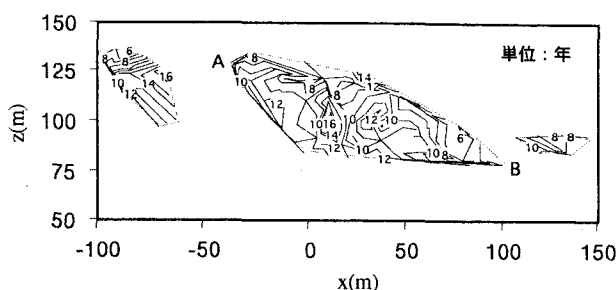


図-4 年輪コンター

流下方向測線に選び、この測線上での堆積層厚さと年輪分布を示したものである。ここで、堆積層厚さは地形の標高から元河床高さを差し引いて求めた。図より、堆積層厚さと年輪には相関関係があることが分かり、これより、この中州は3つの各植生域が、その周辺への土砂堆積とそこへの新たな植生侵入というプロセスの繰り返しによって拡大し、連なって形成されたものと推定された。

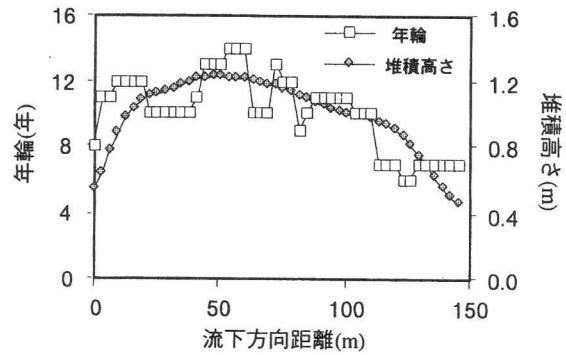


図-5 堆積層厚さと年輪分布

4.2 島の形成過程の検討

このような過程を理想化された状態の考察から検討する。

まず、レキ床の平坦な固定床とした実験水路において、水路中央に透過物体で模擬された島状の植生域を設置し、水路上流よりウオッシュロードを模擬した微細粒子を供給したところ、写真-1のように模擬植生域の内部から背後にかけての堆積が観察された¹²⁾。これは、植生の存在がなければ、沈降してもすぐに巻き上げられてしまう微細粒子が、植生周辺の低流速域では沈降能力の方が勝るためである。植生周辺での低流速域は、孤立した島状の植生域では、植生域内部からその背後にかけて現れ、そこに微細粒子が堆積した。なお、植生域側方では、流れが一旦加速されるために堆積が生じにくくなっている。この実験により、植生域の背後に堆積が生じ、そこへの新たな植生の進出の可能性が確認された。しかしながら、これだけでは植生域の上流側および側方への拡大は説明できない。

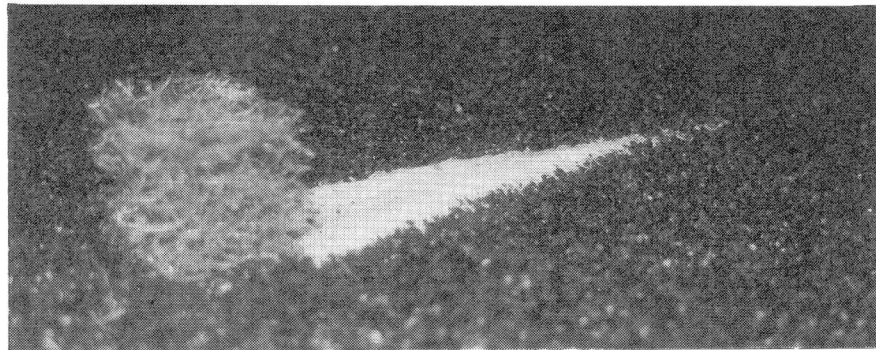


写真-1 模擬植生域周辺の微細砂の堆積

そこで、次のような掃流砂による河床変動の数値実験を行った。数値実験は、図-6に示されるように、平坦河床の直線水路の水路中央部に島状の植生域がある状況を想定し、流れ場については植生による形状抵抗効果を考慮した水深平均 $k-\epsilon$ モデル¹²⁾によって推定し、その結果から河床抵抗係数を一定として河床せん断応力を求め、平衡流砂量式の適用から河床変動の計算を行った。ここで、水路上流端の流入部における流砂量を、i) その地点での平衡流砂量、ii) その地点での平衡掃流砂量の0.5倍の掃流砂量、iii) その地点での平衡掃流砂量の1.2倍の掃流砂量の3種類の条件で与えた。これらはそれぞれ、i) 河床変動がほぼ平衡状態の河川、ii) 河床が低下傾向の河川、iii) 河床が上昇傾向の河川を想定してその影響をみようとするものである。

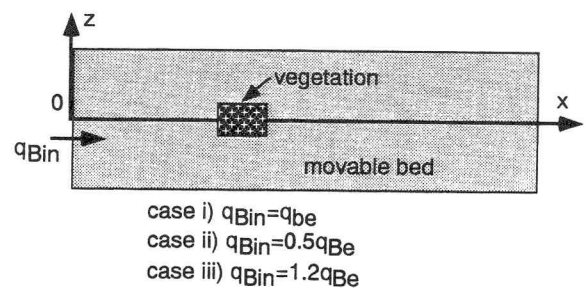


図-6 掃流砂による河床変動の数値実験

図-7は数値実験結果のうち、i) の条件について、水路中心軸に沿った縦断方向の河床高さの変化を示したものである。図より、掃流砂により植生域上流側に堆積域が生じることが分かる。これは、植生域上流側で流速が減速される効果によるものである。これより、掃流砂の堆積によって植生域が上流側に拡大する可能性が確認される。図-8はそれぞれの条件に対して、植生域を含む横断面での横断方向の河床高さの変化を示したものである。図より、iii) のケースでは、植生域とその周辺を取り残すように他の部分の河床が上昇し、したがって植生域の比高が相対的に低くなる。この場合には、河床変化後の平水時に植生域が陸化できず、植生域の拡大は期待できない。また、i) , ii) のケースでは、植生域とその周辺を取り残すように他の河床が低下し、植生域とその周辺の比高が相対的に高くなるが、これはii) のケースでより顕著になる。したがって、河床が低下傾向にある河川では、河床変化後の平水時に陸化する領域がより広くなり、植生域のより広い拡大が期待される。近年の手取川は供給土砂量の減少により河床低下傾向であり、このことが植生域の拡大を促進している原因のひとつであると推定された。

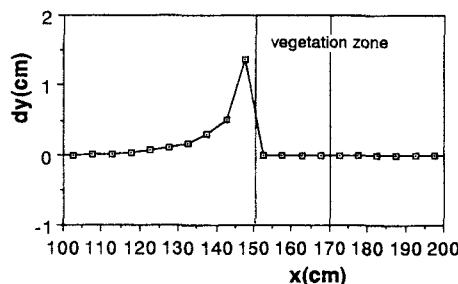


図-7 水路中心軸に沿った河床高さの変化（ケースi）

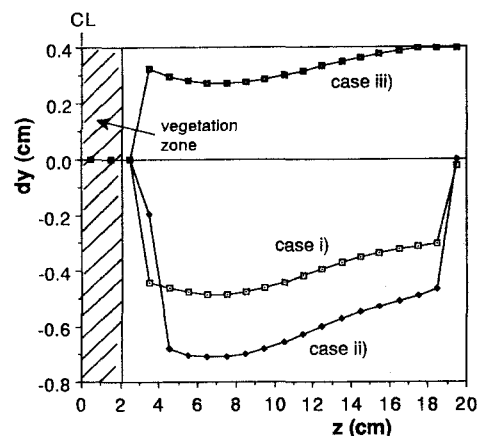


図-8 植生域を含む断面での河床高さの横断方向変化

5. おわりに

本論文では河川景観の捉え方とその管理についての著者らの考えを述べた。河川景観の形成過程の理解はその管理のためにも欠かせないもので、河川景観を構成する場の理解は河川水理学の担うべき課題である。本論文では、そのための著者らのグループの取り組みについて紹介したが、今後、より様々な手法によって河川景観の形成過程の理解が進められることを期待する。

参考文献

- 1) 沼田 真：景相生態学の基礎概念と方法—自然保護との関連とともに—，景相生態学—ランドスケープ・エコロジー入門，沼田真編，第1章，朝倉書店，pp.1-7，1996。
- 2) 竹門康弘，谷田一三，玉置昭夫，向井 宏，川端善一郎：棲み場の生態学，平凡社，279p.，1995。
- 3) 須賀堯三：河川工学，177p.，1985。
- 4) Gordon, N. D., T. A. McMahon and B. L. Finlayson : Stream Hydrology -An Introduction for Ecologists, 526p., John Wiley & Sons, 1992。
- 5) 関克己：河川行政と環境問題—多自然型川づくりの現況と展望を例に一。
- 6) 辻本哲郎，堀川紀子：新しい河川環境の概念に基づく魚道設計の方法論に関する基礎的研究，水工学論文集，第41巻，pp.271-276，1997。
- 7) 山本晃一：河道特性論，土木研究所資料，第2662号，pp.169-185，1988。
- 8) 玉井信行：潜在型自然川づくりの体系化に向けて，河川，No.598，日本河川協会，pp.61-66，1996。
- 9) 辻本哲郎：手取川扇状地区間の河原の植物群落と河道特性，日本海城研究所報告，第25号，pp.83-99，1993。
- 10) 桜井善雄：続・水辺の環境学，新日本出版社，210p.，1994。
- 11) 沼田真：自然保護という思想，岩波新書，212p.，1994。
- 12) 辻本哲郎，北村忠紀：植生周辺での洪水時の浮遊砂堆積と植生域の拡大過程，水工学論文集，第40巻，pp.1003-1008，1996。