

河川改修区間における河床形態変化と底生生物現存量について
Structural Change of Resectioned River Beds and Benthic Populations

古米弘明*・谷口佳生**・福井一郎

Hiroaki FURUMAI*, Yoshio TANIGUCHI**, Ichiro FUKUI

ABSTRACT; The purpose of this study is to investigate the benthic population and structural change of river beds where improvement works were conducted at different periods. The changes of periphyton and benthos densities were determined at the resectioned river beds from autumn to winter. The survey results suggested that structural diversity of river bed was dependent on length of period after the improvement works. River bed has larger variety of structure with longer period after resectioning works. There was a difference in benthic population and its density between block-type beds with and without deposited stones and sands. However there was not a remarkable difference in periphyton and benthos densities between block-type bed and stone-type bed, once stones have transported and deposited to some extent on the block-type bed. River bed points with larger biomass density had a tendency to have lower diversity index values, because biomass amount was deeply dependent on the accumulation of one or two predominant biomass groups.

KEYWORDS; River Bed, River ecosystem, Benthos, River Improvement, Periphyton biofilm

1. はじめに

従来の河川改修事業は、洪水を速く安全に流下させることを主眼に整備が進められてきた。その結果、コンクリートで固められ、生物や植物の生息空間が破壊された人工的な河川も数多く生まれる結果となった。近年は、親水性や景観、さらには生態系にも配慮し、しかも治水に耐え得るような河川改修を進めていくことが重要であると考えられ、「多自然型川づくり」等の事業が行われるようになった。治水の必要性から改修が実施される場合には、河道内にながしかの人工的な構造物の設置や人為的に河床形状が変化することは避けられないため、対象河川は開発前の自然な河川のままであり得ない。したがって、その改修事業において配慮すべき項目の一つとして、本来河川が有しているべき水域生態系の多様性の確保が挙げられる。河川景観の保全や創出に関する技術の進展に比べて、この多様性の確保に必要な生物にとって良好な生息環境の保全や創出に関する技術は、魚類を対象とした魚道の議論¹⁾があるものの、立ち後れ気味であると思われる。その原因として、河床付着生物膜や底生生物などの河川生態系の基盤構造やそれらの機能が十分に理解されていないことや、河川改修技術と関連させながらそれらが十分に議論されていないためと考えられる。

そこで本研究では、河川水域生態系における一次生産の場であり、生態系を構成する基盤的な生物群にとって重要な生息空間である河床に着目し、河川改修区間を対象に研究を行った。まず、流況や物理的な河床形状の調査とともに、付着生物膜や底生生物などの現存量の調査を秋季から冬季にかけて行った。特に、河川改修の実施時期の異なる区間を選定して、経過年数の違いによる河床形状の多様性の比較や洪水後の変化を調査した。さらに、河川改修に伴う接続ブロックによる根固め工区間での底生生物の現存量や、そのブロック河床への砂礫の堆積状況の違いによる多様性への影響も調査した。これらの結果をもとに、河川改修区間における河床形状と底生生物などの河川生態系の基盤構造との相互関係に関する知見を得ることを目的とした。

2. 調査地点の概要

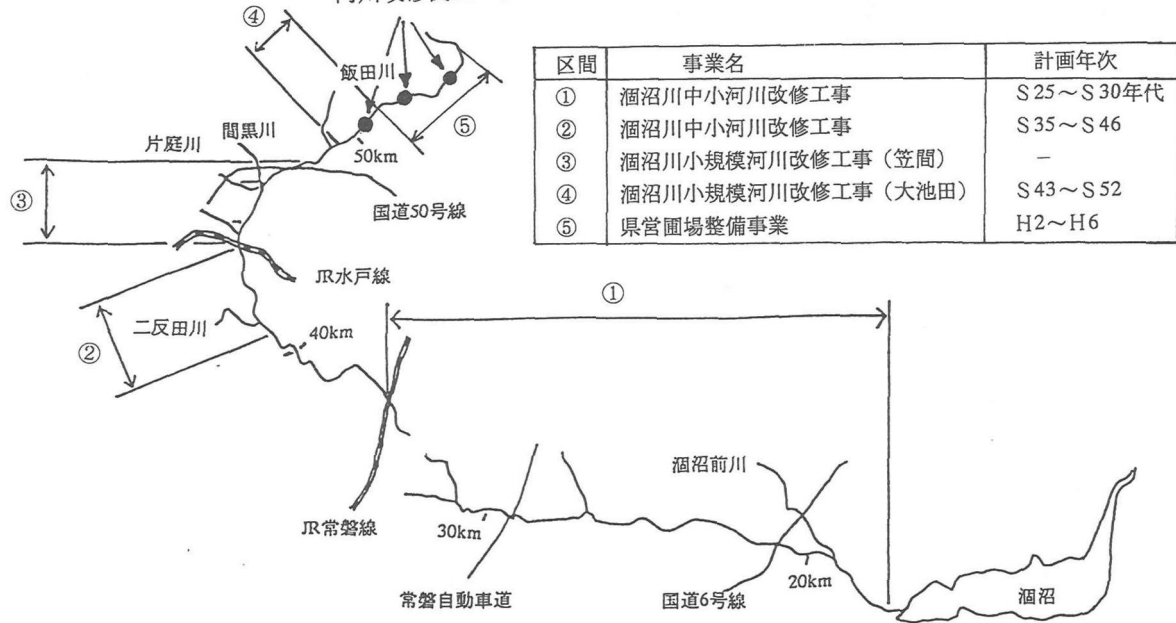
対象河川の涸沼川は、茨城県中央部に位置する流域面積446km²、流路延長65kmを有する那珂川水系に属する1級河川である。平成5～6年度にかけて、生活雑排水の流入のある中流部や100m程度の瀬と淵区間を対象に、河床付着生物膜の成長や硝化活性について調査を行い、河床での一次生産力や窒素循環に関わる硝化速度のポテンシャルを定量化してきた^{2)、3)}。対象河川での既存の河川改修区間と調査地点を図-1に示した。昭和20年代から改修事業が下流側から進められ、近年は河口より約50kmより上流の区間において改修が行われている。

* 茨城大学工学部都市システム工学科 (Department of Urban and Civil Engineering, Ibaraki University)

** 茨城大学大学院修士課程 (Graduate School, Ibaraki University)

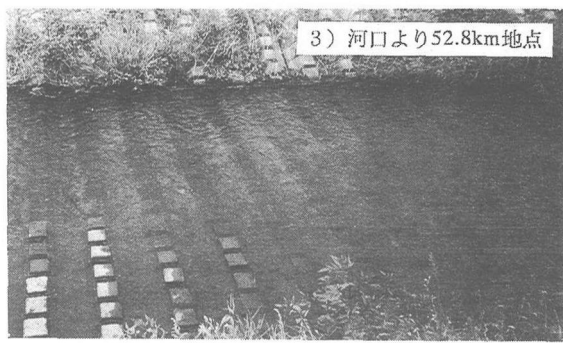
*** 三井共同建設コンサルタント株式会社 (Mitsui Consultants Company Ltd)

河川改修関連の調査地点



図－1 酒沼川既存河川改修区間図と調査地点

今回の調査では、改修時期が異なるものの比較的流況が似ている区間が存在する上流部を対象とし、河口より50.8km地点の馬洗橋付近（昭和43～52年改修区間、根固め工によるブロック河床有）、51.8km地点の中島橋付近（平成2～6年改修区間、根固め工によるブロック河床有）を選定した。参考のために、写真－1に各地点の様子（平成7年9月時点）を示したが、どの区間も掘削や護岸工がすべて施されているが、経過年数の違いにより周辺の植生や根固め工用ブロックの露出度などに違いがあることがわかる。また、ほぼ同じ改修時期と思われる51.8km地点と52.8km地点の違いは、前者は水衝部片側に根固め工があるのに対して、後者の河床が両岸からの根固め工用ブロックで全面覆われていることである。



写真－1 調査地点の状況

- 1) 馬洗橋上流側：昭和43年～52年に掘削、護岸
- 2) 中島橋上流側：平成2年～5年に掘削、護岸
- 3) 全面ブロック河床：平成2年に掘削、護岸

3. 調査項目および作業手順

3. 1 河床形状の遷移過程調査方法

平成7年9月5日と平成7年10月13日に馬洗橋付近と中島橋付近の代表的な数断面において河道横断測量を行った。同時に水深測定、電磁流速計による流速測定も行った。平成7年11月30日には、上記の各断面を含む約100m区間にわたり、5m～10mごとの最大水深と川幅（を測定し縦断方向の河床形状の変化を調べた。なお、2回の河道横断測量の間に、降雨量157mm（9/14-17）、36mm（10/2）、23mm（10/8）があった。

3. 2 底生生物及び付着生物膜の調査方法

平成7年10月13日から平成8年1月9日までに計4回行った。底生生物の採取については、馬洗橋付近1地点、中島橋付近の4地点、52.8kmの1地点の合計6地点について行った。各調査区間の水深は約4～20cm、流速は約0.2～0.6m/sの範囲にあり、0.25m×0.25mのコドラートをを用いて各地点で2ヶ所、合計0.125m²から採取した。採取した底生生物は、色、サイズ、形態ごとに分類し個体数を計測した。その後、乾燥重量とVS（有機物量）を測定し、各群の現存量とした。さらに、各地点の多様性を表すために、生物群集の種数やそれぞれの個体数や現存量を基礎に重要度を評価して、次式で示すシャノンの多様性指数（H）⁴⁾を計算した。

$$H = - \sum (n_i / N) \log_2 (n_i / N) \quad n = \text{個々の種の持つ重要度の数値、} N = \text{それぞれの重要度の総和}$$

粗礫付着物については、採取地点での平均的なサイズの礫を数個とり、蒸留水とブラシを用いて剥がし取り懸濁態として回収し、2mmメッシュの金網を通過させ大型の夾雑物を除いた。また、付着物を剥がし終えた粗礫を覆うのに必要としたアルミ箔の質量と、単位面積当たりのアルミ箔の重量から礫の表面積測定を行った。そして、TS及びVS分析とともに、付着物の全炭素と全窒素をCNコーダー（ヤナコMT-700）により自動分析した。

4. 調査結果および考察

4. 1 河川改修時期が異なる区間における河床形状の調査

河川改修後の経過年数が異なる区間で、最大水深や水の流れている川幅（水面幅）の違いを調べた結果を図-2に示す。なお、両区間での水面勾配は1/170から1/200の範囲にあり、両者の間に支川の流入のなく同程度の流量を有する。明らかに縦断方向の最大水深の変化が改修後約20年経過した馬洗橋付近の区間で大きく、標準偏差も約4倍の違いがあり、河道形状が多様性に明確な違いが見られた。また、川幅の5%程度の水深（30cm）以上を有する区間についても、馬洗橋の区間では約40%と高いのに対し、施工から数年しか経過しておらず接続ブロックが未だに露出している区間もある中島橋区間では、河床はほとんど平坦で深い水深の場所が見られなかった。この結果からは、河床形状は経過年数の長い方が多様であるともいえるが、中島橋の区間のほとんどに根固め工が設置されてたため、その影響が直接的に出た結果とも考えられる。

一方、水面幅の変化では水深が浅い中島橋区間で川幅が大きいものの、その変化自体は、標準偏差の大小からわかるように、若干馬洗橋区間で大きい結果となった。両区間とも掘削などの河川改修工事が行われたているため、

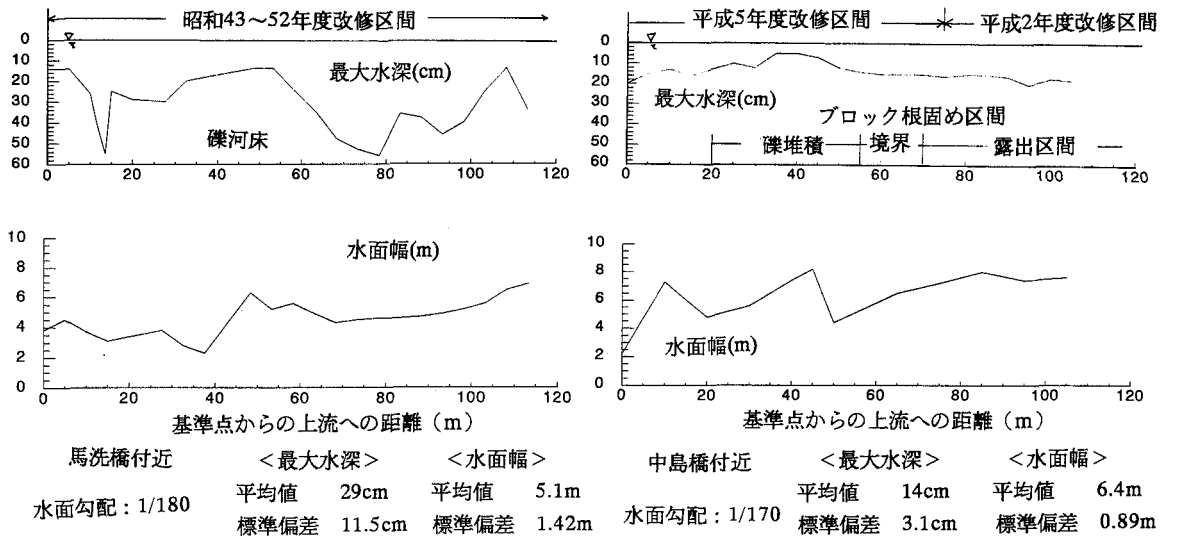


図-2 改修時期の異なる区間での最大水深と水面幅変化

基本的に河道幅は同じものの、流量が安定する秋季での水面幅の変化は、最大水深ほど両区間に違いは見られなかった。今回は調査対象としなかったが、写真-1と-2からの比較からもわかるように、両区間の違いとして岸辺の植生群落発達状況が挙げられる。生態系の高次消費者である魚を対象にすると、避難場所としての淀みとともに植生の存在も同様に重要⁵⁾であり、河床形状のとともに評価すべき対象と考えられる。

以上のことから、改修後一旦は、直線化・平坦化された河道が、洪水等の自然外力により多様な河道形態へと変化していくものと考えられる。20年程度経過した区間と数年しか経過していない区間では、根固め工の有無の影響もあったが、最大水深の変化量に違いがあり、長期間の間に改修により一旦は平坦化された河道が自然外力により、堆積、侵食作用を受けながら多様なものへと変化させられている可能性が考えられた。

4. 2 集中豪雨による河床形状の変化の調査

調査期間のうち、9月14日～17日の降雨量157mmを含め、216mmの降雨があった。この集中豪雨により、河床形状がどのように変化したのかを断面測量により検討した結果を、図-3に示す。比較的直線的な馬洗橋の区間においても、河床形状が変化しており、区間最上流の断面3や最下流の断面1では侵食が起き、中州のある断面2では流水断面のバランスが大きく変化している。一方、中島橋区間では区間最上流の断面2において、根固めブロック設置左岸側の侵食部分に多少堆積した傾向が見られるが、河床形状に大きな変化はない。これも、前述の縦断方向の河床形状の変化と同様に根固め工のブロックの影響があるものと思われる。

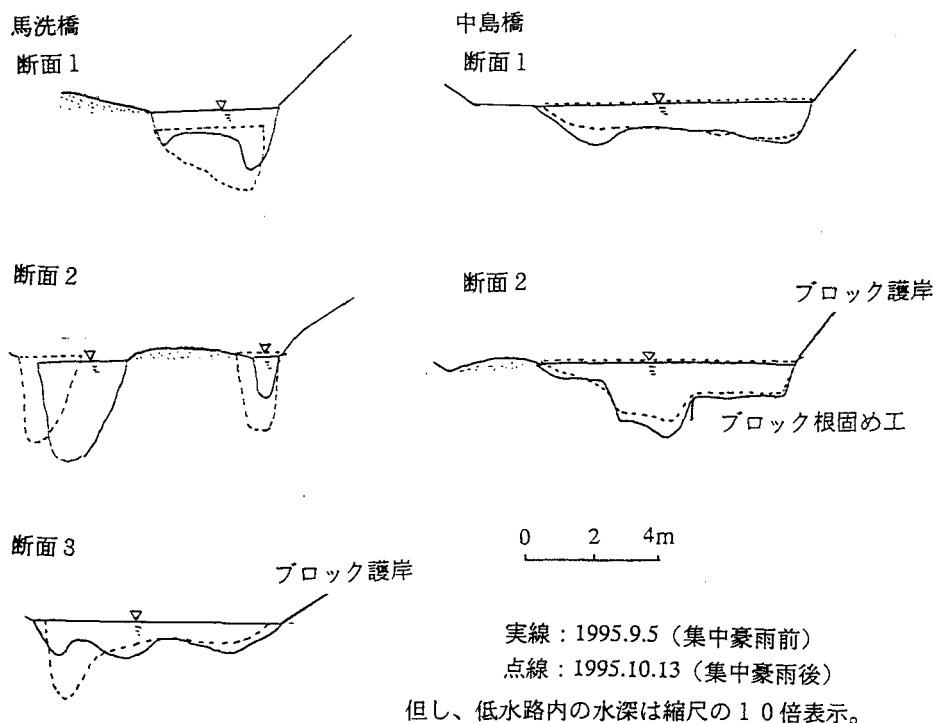


図-3 集中豪雨前後の河道断面図の違い

4. 3 接続ブロックによる護岸工区間における付着生物膜量と底生生物現存量の季節変化

根固め工に伴うブロック河床と通常の礫河床における底生生物と付着生物膜の現存量を測定した結果を、採取地点とともに図-4に示す。なお、地点A、Cは接続ブロックが設置されており、地点B、Dは自然の礫河床である。しかし、地点Cでは、平成5年度施工区間でありながら、すでに礫の堆積があり、左岸側の地点Dと区別がつかない河床の状況であった。まず、集中豪雨後の10月から冬季にかけて、どの地点でも付着生物膜の成長と底生生物の現存量の増加が見られる。付着生物膜の現存量には、さほど違いがないものの、未だにブロックが一部露出している地点Aでは他の3地点（礫河床）と比べて、底生生物の現存量は若干低い値を示している。参考のためにブロック表面と礫表面の付着生物膜の付着密度を調べたもののほとんど差は見られなかった。ブロック河床自体は生息空間として望ましくないものの、ブロック間の凹部分にも生息しうる底生生物にとっては決定的に不適ではないものと推察される。ただし、ブロックが水面上に現れるほど流量が減少した1月には、当然のことながら底生生物は減少していた。

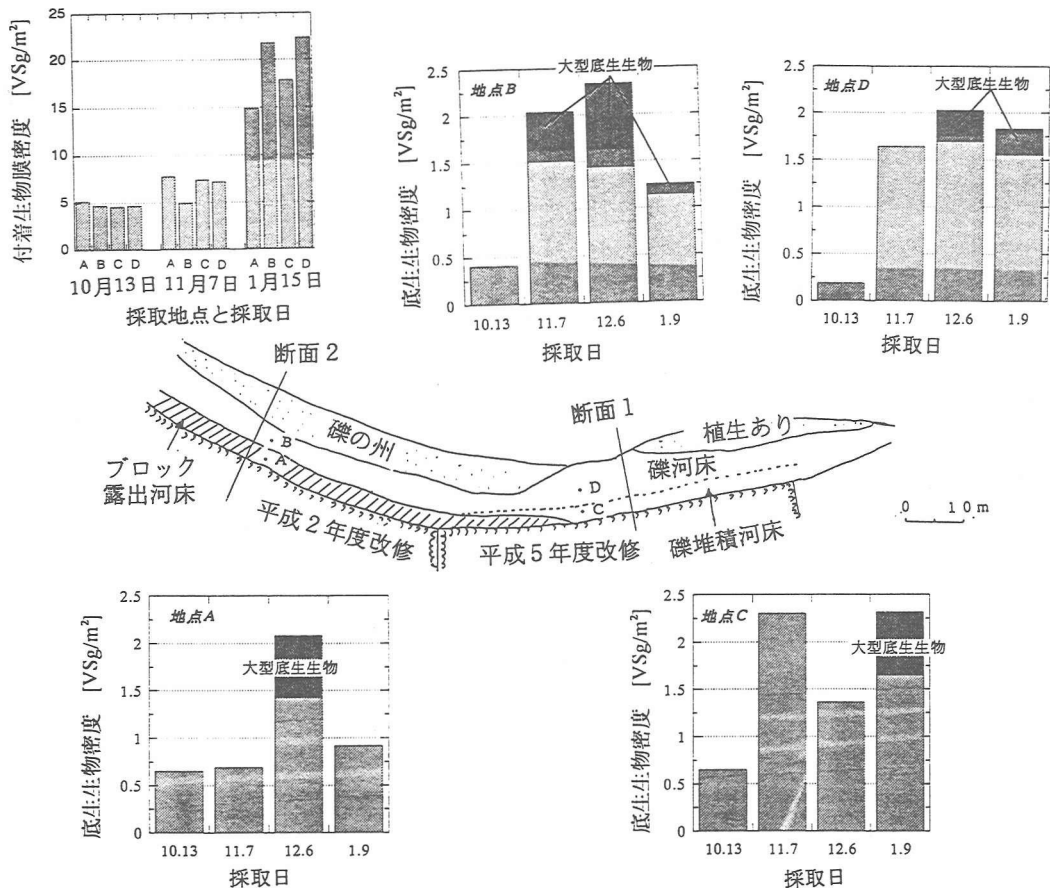


図-4 地点別の底生生物と付着生物膜量の現存量の推移

採取された底生生物は、延べ15種類（トビケラ類5種類、カゲロウ類3種類、ユスリカとガガンボ各2種類など）であり、形態やサイズ、色などで分類したのみであり、同定は行っていない。また、シャノンの多様性指数に関しては、分類方法を統一した12月と1月のデータのみを図-5に示した。個体数と現存量の両者を用いて重要度を評価したものの、ブロック上のほうが、かえって自然の礫河床よりも高い数値を示す場合が両者とも見られた。これは、ブロックの凹凸部分に礫が堆積し通常の礫河床と比較してもそれ程変わらない生息空間を有しているためと思われる。また、現存量として最も優占していた底生生物はトビケラ類であり、その優占率は、ほとんどの地点で約60%以上と高く、そのため多様性指数がこれらの優占種の優占率によってほぼ決定されていた。

4. 4 改修時期の異なる河川改修区間における底生生物現存量

馬洗橋付近の礫河床、中島橋付近の礫河床（B, C, D地点）、中島橋付近のブロック河床（A地点）、全面ブロック河床、計4グループでの底生生物量を測定した結果をまとめて図-6に示した。ブロック河床の区間は、水深が浅くなりブロックの一部が水面上に現れる場合には、面積当たりの底生生物現存量も少なかった。最優占種は、全ての地点でトビケラであったが、ブロックが露出地点（河口52.8 kmや中島橋A地点）では、ブユが他の礫河床に比べて多く生息している傾向が見られた。また、冬季における底生生物の現存量は改修後経過年数が長い地点で若干高い値を示したが、種数には明確な違いは見られなかった。

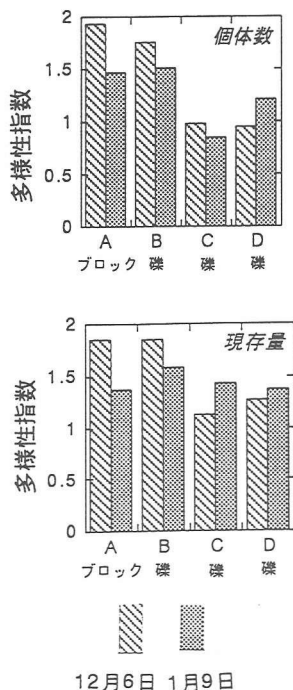


図-5 個体数と現存量による多様性指数

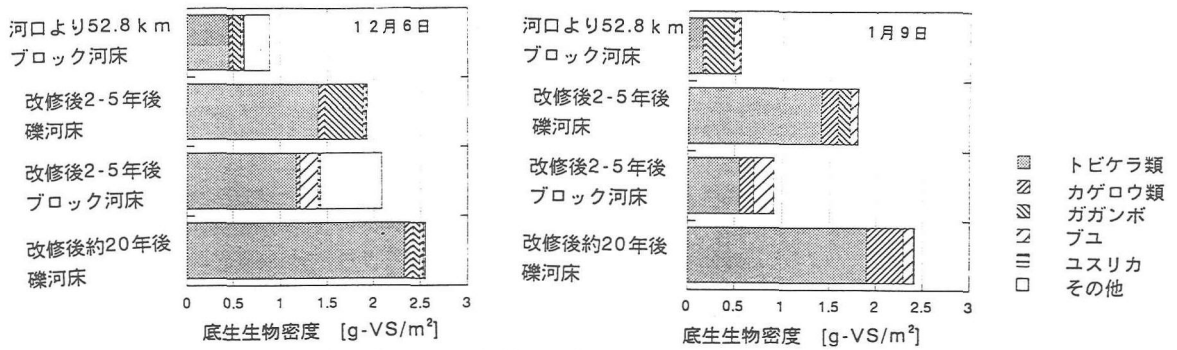


図-6 改修時期の異なる区間での底生生物現存量

また、出現種数と現存量を基礎とした多様性指数を表-1にまとめた。現存量の多い地点ほど多様性指数が低い傾向が見られたため、全データを図-7にプロットした。底生生物現存量が低いものの多様性は高い傾向も見られたが、現存量は多い場合では多様性指数が低くあることもあり、ばらつきが大きいことがわかる。今回の底生生物の分類では、同定しておらず、形態や色サイズなどでグループ分けを同じ分類基準行った。したがって、ここで示す指数値はあくまでも相対的な意味しかないことや、この多様性指数の大小で水質評価を行うことには無理があると言われていることに注意が必要である⁶⁾。しかしながら、専門家でも困難と言われる正式な分類ではなく、相対的に多様性を評価する場合には、上記のような方法でも十分に比較ができるものと考えられる。

表-1 出現した底生生物の分類種数と多様性指数

採取日	1995/12/6	
採取地点	分類種数	多様性指数
52.8 km 地点	8	2.41
中島橋付近	9	1.52
中島橋 A	6	1.85
馬洗橋付近	9	1.25
採取日	1996/1/9	
採取地点	分類種数	多様性指数
52.8 km 地点	8	1.83
中島橋付近	6	1.59
中島橋 A	4	1.37
馬洗橋付近	5	1.32

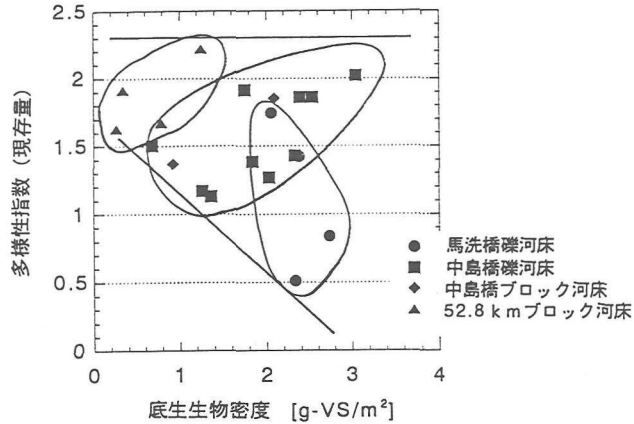


図-7 底生生物の現存量と多様性指数との関係

5. 結論

- 1) 河川改修による掘削により平坦化したと考えられる河床も、洪水などの自然外力に侵食作用や砂礫の輸送作用と堆積作用により河床構造が大きく変化し、生息空間として多様になる傾向が見られた。その傾向は、改修後の経過年数にも依存すると考えられるが、それ以上に護岸に伴う根固め工の有無やその施工法に依存するものと思われた。根固め工の目的からも当然のことながら、河床形状の変化に限界をもたらしことになる。
- 2) 根固め工に伴うブロック河床区間では、礫河床に比べ底生生物の現存量は少ない傾向にあるものの、一旦砂礫が堆積すると大きな違いはなくなる。これは、ブロック河床区間でも、付着生物膜は同程度に存在しており、ブロックの凹凸部分に礫が幾分か堆積すれば、礫河床に似た生息空間が形成されるためと考えられた。
- 3) 底生生物量の現存量や多様性の比較では、経過年数が長いほど河床の構造がより多様になることに対応して底生生物の現存量も増加する傾向にあったが、多様性指数での比較でははっきりとした違いが見られず、かえって現存量の多い地点の多様性指数は低い傾向もあり、指数値にばらつきが大きいことが明らかとなった。

参考文献 1) 中村俊六 (1995) : 「魚道のはなし」、山海堂, 2) 古米弘明ら (1994) : 地方中小河川における河床生物膜の成長と硝化活性について、環境システム研究 Vol.22、182-187, 3) 古米弘明ら (1995) : 瀬と淵における河床付着物および堆積物の硝化活性について、環境システム研究 Vol.23、488-493, 4) E.P. オダム (1983) : 「基礎生態学」、培風館、327, 5) 玉井信行、水野信彦、中村俊六 (1993) : 「河川生態環境工学」、東京大学出版会、第4章, 6) 渡辺直 (1995) : 水生生物による河川の水質評価－歴史と課題－、水環境学会誌、Vol.18、932-937