

底生動物群集を対象とした沖積低地河川の自然復元と その評価に関する研究

学位論文内容の要旨

河川は、源流から河口に至るまで、その姿を大きく変化させる。地形学では、この流程（上流から下流への流れに沿った行程）による変化から、河川を山地溪流、扇状地河川、沖積低地河川の3つに大きく区分している。利水や治水を目的とした河川改修は、山地溪流から沖積低地河川に至るまでの様々な流程で行われ、河川の生物や生息場所の多様性を減少させ、河川生態系の機能を低下させてきた。沖積低地氾濫原は、古くから人間の活動が最も盛んに行われてきた場所であるため、先進国では自然の蛇行地形や氾濫原が失われてしまっている。そのため、沖積低地河川の生態系劣化は、山地溪流や扇状地河川と比べて、特に著しいと考えられる。近年、自然環境への関心の高まりを受けて、劣化した河川生態系の復元や修復が実施されるようになってきた。しかし、その効果を定量的に評価した研究は未だ少ない。河川底生動物群集は、人間活動の生態系への影響を評価するのに適しているとされるが、これまで底生動物群集を対象にした研究の多くが、山地溪流や扇状地河川で行われており、沖積低地河川で行われた研究は限られている。そこで本研究は、沖積低地河川における底生動物の群集構造と生息場環境を明らかにし、下流域で実施されている河川環境の復元や修復について、底生動物の群集構造から評価することを目的とした。

そのために行った具体的な研究項目は、以下の3つである。1) 山地溪流、扇状地河川、沖積低地河川の各流程を含む流域レベルにおいて、物理環境と底生動物群集の比較調査を行い、底生動物から見た沖積低地河川の特徴を明らかにした。2) 標津川で行われた再蛇行化試験を題材にして、標津川の直線流路と再蛇行化流路、西別川の自然蛇行流路を比較することにより、底生動物にとって河川が蛇行することの意味を考察し、再蛇行化による復元事業が、流路地形や底生動物群集の回復にいかなる効果を発揮するか科学的に評価した。3) 治水や利水を目的にした既存の土木技術である水制工が、河床を安定させる効果を持つことに着目し、沖積低地河川の底生動物群集を修復する技術としての水制工の可能性を検証した。以下、その内容を述べる。

- 1) 流域レベルの比較から、山地溪流や扇状地河川に比べて沖積低地河川は、平均流速や水深が大きく、摩擦速度と河床有機物量が少なく、河床の礫サイズは大きなものがなくなり均一化するという物理環境要因の流程変化が確認された。また、瀬淵構造が明瞭な山地溪流や扇状地河川では、摩擦速度と礫サイズの2つの要因と底生動物の生息密度やタクサ数との間に正の相関関係が見られた。これに対して、瀬淵構造が不明瞭になる沖積低地河川では、底生動物の生息密度およびタクサ数は、礫サイズとの間には有意な相関が見られず、摩擦速度との間には負の関係が認められた。そして、限界摩擦速度による解析から、沖積低地河川では、河床を構成する礫サイズが小さく

容易に移動するため、平水時の河床安定性が、底生動物の生息密度ならびにタクサ数の制限要因になることが示唆された。

- 2) 自然蛇行流路と改修された直線流路において、物理環境因子と底生動物の横断分布を比較した。その結果、自然蛇行流路では、左右非対称な横断面が形成されて横断的な物理環境が多様になったのに対し、直線流路では台形の横断面を持ち物理環境の変化が乏しいことが示された。また、横断線上で確認された総タクサ数も直線流路より自然蛇行流路で高くなることが明らかになった。自然蛇行流路では、湾曲部内側の浅くて摩擦速度の低い岸際において、底生動物の生息密度は高くなり、横断線上で見られた底生動物タクサのほとんどが岸際で確認された。一方、湾曲部外側の深く、摩擦速度の高い場所では底生動物が極めて貧弱になっていた。このことから、蛇行によって形成された浅く安定した河床が、底生動物にとって好適な生息場所になると考えられた。そのため、沖積低地河川では、河川の蛇行が、寄州の形成をつうじて、底生動物群集にとって非常に重要な生息場所を提供していると結論された。また、河川改修による流路の直線化は、河床の安定性を減少させることによって、底生動物の生息場所を消失させたことが示唆された。

再蛇行化流路では、自然蛇行流路と同様に、左右非対称な横断面が見られ、浅く安定した河床で底生動物の生息密度やタクサ数が高くなるという傾向も認められた。そして、直線流路と比較して横断線上で確認された総タクサ数も高くなった。これらのことから、蛇行流路の復元（再蛇行化）は、沖積低地河川の改修によって失われた河川内の生息場所や底生動物を復元する手段として非常に有効であると考えられた。ただし、約2年半のモニタリング期間中、自然蛇行流路は安定しており横断面の形状にほとんど変化がなかったのに対し、再蛇行化流路は、大規模出水の度に横断面形状が大きく変化した。これは、人為的に復元された再蛇行化流路の形状が未だ水理条件と適合していないためであり、今後、変動を続けながら徐々に安定していくものと考えられる。

- 3) 利水や治水を目的とした既存工法に水制工がある。ここでは、水制工によって底生動物群集を修復することが可能かどうかを検証するため、標津川の直線流路と復元事業による再蛇行化流路、そして河川改修時に水制工が設置された水制流路において調査を行った。3つの流路をそれぞれ岸際と流心に区分し、計6つのハビタットにおいて物理環境と底生動物を比較した。底生動物の生息密度とタクサ数は、再蛇行化流路の岸際で最も高く、水制流路の岸際が続いた。一方、他の4つのハビタットでは、底生動物の生息密度とタクサ数は非常に小さかった。また、再蛇行化流路と水制流路の岸際は、他のハビタットにくらべて掃流力が低かった。したがって水制工は、岸際に安定した河床を生み出して底生動物群集を回復させる機能のあることが確認された。水制工による回復効果は、再蛇行化に比べると小さかったが、開発の進んだ沖積低地では土地利用や予算などの制限により大規模な復元事業が行えない箇所が多いため、水制工は、安価で簡便な底生動物の修復技術として期待できる。

本研究の結果、沖積低地河川では、平水時の河床の安定が、底生動物の生息場所として必須の条件となっており、蛇行地形が、安定した水際河床の形成に極めて重要な役割を果たしていることが明らかになった。そして、河川改修により失われた底生動物の生息場所を復元するためには、流路の再蛇行化が、極めて効果的であることが示された。そのため、河川が自ら蛇行流路をつくり出せるように、十分な氾濫原を確保するといった管理指針を立てることが、今後の河川管理において求められる。しかし、現在、先進国の沖積低地では、過度の開発がなされているため、河川の蛇行のために十分な空間を確保できない場合が多い。本研究によって、水制工が、底生動物群集の復元や修復の手段として有効である

ことも示され、蛇行流路の復元が困難な場合には、水制工のような修復技術の利用を検討すべきであると結論できる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 中 村 太 士

副 査 教 授 丸 谷 知 己

副 査 教 授 齋 藤 裕

副 査 教 授 谷 田 一 三 (大阪府立大学大学院

理学系研究科)

学 位 論 文 題 名

底生動物群集を対象とした沖積低地河川の自然復元と その評価に関する研究

本論文は、図 42、表 10 を含む総頁数 111 の和文論文であり、他に参考論文 7 編が添えられている。

利水や治水を目的とした河川改修は、山地溪流から扇状地河川を経て沖積低地河川に至るまでの様々な流程（上流から下流への流れに沿った行程）で行われ、河川の生物や生息場所の多様性を減少させ、河川生態系の機能を低下させてきた。沖積低地氾濫原は、古くから人間の活動が最も盛んに行われてきた場所であり、多くの河川が直線化され、その生態系劣化は特に著しいと考えられている。近年、自然環境への関心の高まりを受けて、劣化した河川生態系の復元や修復が実施されるようになってきた。しかし、その効果を定量的に評価した研究は未だほとんどない。本研究は、沖積低地河川における底生動物の群集構造と生息場所環境を明らかにし、下流域で実施されている河川環境の復元や修復について、底生動物の群集構造から評価することを目的としている。

1. 底生動物から見た沖積低地河川の特徴

流域内の比較から、山地溪流や扇状地河川に比べて沖積低地河川は、平均流速や水深が大きく、摩擦速度と河床有機物量が小さく、河床の礫サイズは大きなものがなくなり均一化するという物理環境要因の流程変化が確認された。また、瀬淵構造が明瞭な山地溪流や扇状地河川では、摩擦速度と礫サイズの2つの要因と底生動物の生息密度やタクサ数との間に正の相関関係が見られた。これに対して、瀬淵構造が不明瞭になる沖積低地河川では、底生動物の生息密度およびタクサ数は、礫サイズの間には有意な相関が見られず、摩擦速度との間には負の関係が認められた。そして、限界摩擦速度による解析から、沖積低

地河川では、河床を構成する礫サイズが小さく容易に移動するため、平水時の河床安定性が、底生動物の生息密度ならびにタクサ数の制限要因になることを明らかにしている。

2. 底生動物群集に対する蛇行地形の意義と蛇行復元の評価

自然蛇行流路と改修された直線流路において、物理環境因子と底生動物の横断分布を比較したところ、自然蛇行流路では左右非対称な横断地形が形成されて横断的な物理環境が多様であったのに対し、直線流路では台形の横断地形を持ち物理環境の変化が乏しくなることが示されている。また、自然蛇行流路では、湾曲部内側の浅くて摩擦速度の低い岸際において、底生動物の生息密度は高くなり、横断線上で見られた底生動物タクサのほとんどが岸際で確認された。一方、湾曲部の外側や直線流路では、摩擦速度が高く、底生動物が極めて貧相になっていた。これらの結果から、沖積低地河川では蛇行によって形成される浅く安定した河床が、底生動物にとって好適な生息場所になると考えられ、河川の蛇行は、寄州の形成をつうじて、底生動物群集にとって非常に重要な生息場所を提供していると結論している。また、河川改修による流路の直線化は、河床の安定性を減少させることによって、底生動物の生息場所を消失させたと論じている。

蛇行復元（再蛇行化）を実施した流路では、自然蛇行流路と同様に、左右非対称な横断面が回復し、浅く安定した河床で底生動物の生息密度やタクサ数が高くなるという傾向も確認している。これらのことから、蛇行流路の復元は、沖積低地河川の改修によって失われた底生動物の河川内生息場所を復元する手段として非常に有効であると結論づけている。

3. 既存土木技術による底生動物の修復効果の評価

利水や治水を目的とした既存工法の水制工によって底生動物群集を修復することが可能かどうかを検証するため、標津川の直線流路と復元事業による再蛇行化流路、そして河川改修時に水制工が設置された水制流路において調査している。3つの流路をそれぞれ岸際と流心に区分し、計6つのハビタットにおいて物理環境と底生動物を比較したところ、底生動物の生息密度とタクサ数は、再蛇行化流路の岸際で最も高く、水制流路の岸際が続いた。一方、他の4つのハビタットでは、底生動物の生息密度とタクサ数は非常に小さかった。また、再蛇行化流路と水制流路の岸際は、他のハビタットにくらべて掃流力が低くなった。したがって水制工は、岸際に安定した河床を生み出して底生動物群集を回復させる効果のあることが確認された。水制工による回復効果は、再蛇行化に比べると小さかったが、開発の進んだ沖積低地では土地利用や予算などの制約条件により大規模な復元事業が行えない箇所も多いため、水制工は、安価で簡便な底生動物の修復技術として期待できるとしている。

以上のように本論文は、沖積低地河川の底生動物群集を対象として分布の決定要因の解明ならびに復元、修復方法の評価に関して新たな知見を提起したものであり、その成果は学術・応用両面から高く評価される。よって審査員一同は、中野大助が博士（農学）の学位を受ける十分な資格があるものと認定した。