

13. 水生生態系の保全・再生技術の開発

研究期間：平成 18 年度～22 年度

プロジェクトリーダー：水環境研究グループ グループ長 末次 忠司

研究担当グループ：水環境研究グループ（河川生態、水質、自然共生研究センター）、
材料地盤研究グループ（リサイクル）、水災害研究グループ（水文）

1. 研究の必要性

我が国の淡水域や湿地帯の水生生物は、河川や湖沼における改修工事、ダム建設、河川周辺農地における営農形態の変化や、流域の土地利用変化により大きな影響を受けている。このような水域環境の変化のなかで地域固有の生態系を持続的に維持するためには、河川・湖沼が本来有していた生態的機能を適正に評価し、これを保全・再生すること（自然再生）が必要であり、社会的要請も高い。

河川・湖沼の生態的機能は、水域や水際域が持つ物理的類型景観、流量・水位変動特性、土砂・栄養塩類・有機物動態、河床材料などの要素により規定されているが、それぞれの要素の生物・生態系への影響については複合的であるために未解明な点が数多く残っており、これらを整理し、定量的評価を加えることは自然再生を適切に行うための喫緊の課題であり、研究の必要性が高い。

2. 研究の範囲と達成目標

本重点プロジェクト研究では、河川・湖沼が有する生態的機能について、水域や水際域が持つ物理的類型景観、流量・水位変動特性、土砂・栄養塩類・有機物動態、河床材料などの要素が生物・生態系に影響する状況を種々の視点から抽出し、これらの生態的機能を定量的に評価すると共に、河川・湖沼などの水域環境を生物・生態系の視点から良好な状態に再生するための技術開発を行うことを研究の範囲とし、以下の達成目標を設定した。

- (1) 新しい水生生物調査手法の確立
- (2) 河川地形の生態的機能の解明
- (3) 流域における物質動態特性の解明と流出モデルの開発
- (4) 河川における物質動態と生物・生態系との関係性の解明
- (5) 湖沼の植物群落再生による環境改善手法の開発

3. 個別課題の構成

本重点プロジェクト研究では、上記の目標を達成するため、以下に示す研究課題を設定した。

- (1) 水生生物の生息環境の調査手法と生態的機能の解明に関する研究（平成 18～22 年度）
- (2) 河川工事等が野生動物の行動に与える影響予測及びモニタリング手法に関する研究（平成 18～22 年度）

- (3) 河川における植生管理手法の開発に関する研究（平成 17～21 年度）
- (4) 多自然川づくりにおける河岸処理手法に関する研究（平成 18～20 年度）
- (5) 河床の生態的健全性を維持するための流量設定手法に関する研究（平成 18～21 年度）
- (6) 流域規模での水・物質循環管理支援モデルに関する研究（平成 18～22 年度）
- (7) 河川を流下する栄養塩類と河川生態系の関係解明に関する研究（平成 18～22 年度）
- (8) 土砂還元によるダム下流域の生態系修復に関する研究（平成 18～21 年度）
- (9) 湖沼・湿地環境の修復技術に関する研究（平成 18～22 年度）

このうち、平成 21 年度は(1)～(9)の 9 課題（のべ 11 課題）を実施している。

4. 研究の成果

本重点プロジェクト研究の個別課題の成果は、以下の個別論文に示すとおりである。なお、「2. 研究の範囲と達成目標」に示した達成目標に関して、平成 21 年度に実施してきた研究内容と成果について要約すると以下のとおりである。

(1) 新しい水生生物調査手法の確立

①水生生物の生息環境の調査手法と生態的機能の解明に関する研究

生態系に配慮した河川づくり考える上で、生物生息場としての河川物理環境とそこに棲む生物の関係を適切に評価することは重要である。河川における瀬の物理特性と底生動物現存量の関係を理解するため、愛知県豊川において流程景観〔下流から上流へ平野部、峡谷部、山間部（谷が開けている）、山地部〕を区分し瀬の物理特性と底生動物群集を調査した。

比較検討した結果、①摂食機能群別の現存量では、付着物食者は平野部、濾過食者は平野部と山間部で大きい一方、捕食者は山間部と山地部で大きかった。②底生動物を河床中の生息拠点と移動・固着性を基に河床生息型区分を行うと、平野部で多いのは礫面固着巢型や礫下砂固着巢型などいずれも安定した環境を好むグループ、一方、山間部と山地部で多いのは礫間固着巢型、礫間自由型など礫間の空隙を利用するグループであった。

これらに基づき、底生動物現存量に貢献し群集を特徴づけている瀬の物理特性は、平野部では河床安定性、山間部では礫の大きさに伴う礫間の空隙量と考えられた。

②河川工事等が野生動物の行動に与える影響予測及びモニタリング手法に関する研究

平成 21 年度は、野生動物自動行動追跡システム（ATS：Advanced Telemetry System）の普及を図るため、汎用型 ATS の試作機を信濃川水系信濃川・魚野川に適用し、アユ・サケの追跡調査を通じ、その実用性を検証した。また、信濃川・魚野川の合流地点のサケ遡上行動追跡、サケ遡上行動のモデル化を行い、モデルを信濃川の発電ダム放流量増加事例に適用し、2007 年と 2009 年のサケの遡上環境の比較を行った。

ATS の問題点抽出に関しては、①受信局におけるデータ解析の長時間化によるシステムの同期

計測異常、②大河川での現行 ATS 校正方法による位置特定精度の低下等の問題点が抽出出来た。2007 年と 2009 年のサケ遡上環境の比較では、ダム放流量増加による母川選択可能性の向上やサケの遡上路の物理環境多様性向上などの効果を推定出来た。

(2) 河川地形の生態的機能の解明

①河川における植生管理手法の開発に関する研究

本研究では、河道内の氾濫域に存在する植生を対象に、その遷移機構を明らかにするとともに、植生から見た氾濫原の健全度に関する評価法、植生の適切な維持管理・復元手法を提案することを目的とする。平成 21 年度は本研究課題の最終年度となるが、河川植生の適切な維持管理・復元手法について検討を行った。現況で河川の樹林化が著しい中で、治水と環境に配慮した植生管理の在り方について、その方法と評価について検討を行った。維持管理の基本として、河川植生の保全・再生には、土着種に着目して行うことや、それらをバランスよく保つため、連続的に典型的な群落を多く残しておく重要性について提案した。また、この管理には、GIS 等を活用することで、資料を一元化することや、このデータを利用した河川環境評価の活用について提案した。

②多自然川づくりにおける河岸処理手法に関する研究

本研究は、様々な河岸－水際タイプの生態的機能を明らかにし、河川中流域において河岸－水際域を保全する際の留意点をマニュアルとして取りまとめ、効果、効率的な河岸処理手法および護岸工法の性能評価手法の開発を行うことを目的としている。平成 21 年度には、河岸（水面より上の陸上域）に着目した調査実験を行った。自然河岸や練積み護岸等の異なる河岸形式で行った現地調査では、形式の違いにより生物の群集構造が異なり、特に湿潤度や温度変動などの物理環境要因が生息に寄与していることが示唆された。河岸粗度や傾斜を操作要因として行った生物の登坂実験では、生物種ごとに登坂条件に特異性を有することが明らかになり、それには生物種の外部形態や登坂様式（跳躍、匍匐等）が寄与していることが考えられた。本研究成果は、水際域（水面より下の水中河岸域）の既研究成果をとりこみ作成済みであった資料集に補足させ、「多自然川づくりにおける河岸・水際域の捉え方」として発刊した。

③河床の生態的健全性を維持するための流量設定手法に関する研究

本研究は、生物の摂食効果により河床の健全性が維持される機能に着目し、これを加味した河川流量管理に資するため、①流量、河床の状態、底生動物、魚類等の摂食圧の関係解明、及び土砂による剥離量の定量化、②生物の摂食を加味した流量－土砂－付着藻類現存量推定モデルの構築、③モデルの適用による河床環境評価手法の提案を行うものである。

平成 21 年度は、①に関して、河床の状態－魚類の摂食圧との関係を解明するため、魚類の餌資源としての河床付着膜の状態に対する選択性の有無に関する実験を行った。その結果、アユは、付着膜の状態に対して選択性を有することが明らかとなり、河床の状態が生息密度、さらには摂食圧に影響を及ぼす可能性が示された。また、土砂による剥離量の定量化を図るため、実験河川を用いた操作実験を行った結果、掃流砂による付着藻類現存量や一次生産量の減少が定量的に示され、これには、掃流砂による磨耗による剥離のみでなく、砂の堆積による付着基質となる

礫面の面積の減少が関与していることが示され、剥離量の定量化を図る上で有益な情報を得ることができた。③については、平成 20 年度まで開発した一次生産速度評価モデルに②の結果を受けて磨耗効果及び礫面積の減少効果の双方もしくはいずれかを組み込む予定である。具体的なモデルの適用と評価手法の提案は平成 22 年度に行う。

(3) 流域における物質動態特性の解明と流出モデルの開発

①流域規模での水・物質循環支援モデルに関する研究(1)

本研究は、土木研究所で開発を進めてきた流域水循環解析モデルである WEP モデルを基盤として窒素、リンの物質循環モデルを導入することにより、流域内の栄養塩（窒素、リン）の動態を定量的に把握する流域水・物質循環モデルを開発することを目的とする。昨年度は、リン動態のシミュレーション精度の向上を目的として、流域規模の土砂動態モデルを WEP モデルに導入した。今年度は、谷田川流域でのモデルパラメータの設定を行ってシミュレーションの精度を向上させた。また、水質を含む水環境・水生生態系の保全・再生が社会的問題となっている印旛沼への流入河川の一つである高崎川流域に対して同モデルを適用した。

②流域規模での水・物質循環支援モデルに関する研究(2)

閉鎖性水域や河川において、栄養塩濃度は横ばいの傾向にあり、富栄養化現象が発生する可能性が高い。これに対する対策を行うには、流域で発生する栄養塩類の閉鎖性水域への流出機構を明らかにする必要がある。本研究では発生源ごとに窒素・リン等の栄養塩類の流出過程を追跡する手法と、土地利用や営農形態の変化等の定量的影響やそれらの相互関係を含めて総合的に把握・分析できるツールを開発することを目的とする。平成 21 年度は流域で発生する汚濁負荷が水域へ到達する機構を考察するための基礎情報収集を目的として、利根川水系鬼怒川の支川である山川を選定し、晴天時および雨天時のトレーサー物質及び溶解性栄養塩類の流出実態を調査した。さらに、比流量とトレーサー物質、栄養塩類、有機汚濁指標の流出負荷量の関係、トレーサー物質と栄養塩類、有機性汚濁指標の濃度比の整理を行った。今後は、水位連続観測による流量の連続把握を行うことで、平成 21 年度調査で得られた比流量と流出負荷量の関係を用いて、流域からの栄養塩類の雨天時を含めた総流出負荷量を把握することが可能となると考えられる。

③流域規模での水・物質循環支援モデルに関する研究(3)

流域開発で必須元素の河川への供給が減少し水生生態系へ影響しているとの懸念があることから、都市雨水・排水由来の必須元素の負荷量の解明および河川への影響把握と対策の可能性の検討を目標として、溶解性の鉄およびケイ素の化学種分析法の検討を行った。溶解性鉄については、非イオン性樹脂およびメンブレンフィルターにより分画して誘導結合プラズマ質量分析を行う方法を検討し、溶解性鉄の存在形態を把握した。フミン標準試料を用いた検討では、溶解性鉄は主として疎水性酸および親水性物質に存在し、分子量 10 万以下の形態で存在していた。pH7 で吸着する疎水性酸では有機物あたりの鉄濃度が大であった。溶解性ケイ素については、イオン交換樹脂で分離濃縮し、さらに蒸発濃縮してから高速原子衝突質量分析を行う方法を採用し、シリカイオンの質量スペクトルを把握した。

(4) 河川における物質動態と生物・生態系との関係性の解明

①河川を流下する栄養塩類と河川生態系の関係解明に関する研究

平成21年度は、上流から下流に至る流程調査を行い、年間を通じ水質、流下有機物、付着藻類、水生昆虫を分析し、河川地形との関係を調査した。また、河床の底生生物量を組み込んだ河川水質変化モデルを構築し、生物量の違いによる下流への栄養塩・有機物の流下量の変化を試算した。安定同位体比解析による流下有機物の起源物質の推定およびC/N比の流程変化をもとに、河川地形と有機物動態の関連性について検討を行った結果、100 μm 以下の細粒の流下有機物は、主に陸生産物由来で構成されていたが、流程や季節の違いによる変化が乏しいことが明らかになった。一方で、100 μm 以上の粗粒では流程や季節の違いによる変動が認められ、冬季の中流域で河川生産物由来物質を多く含んでいることが示唆された。また、淵の割合及び栄養塩濃度が上昇するほど流下有機物のC/N比が低下し、河川における瀬淵割合と流域からの栄養塩負荷が流下有機物の質の変化に寄与していることを見出した。

②土砂還元によるダム下流域の生態系修復に関する研究

本研究では、近年実施例が多くなっている土砂還元を対象として、土砂還元が生態系修復に及ぼす効果を推定する手法の確立を目的として実施した。達成目標は①ダム下流域における生態系劣化状況の解明、②土砂供給量減少に伴う指標生物とその環境要因の関係解明、③土砂還元の定量的な効果推定手法の確立、であり、平成21年度は③について研究を実施した。③では、前年度まで実施した研究で抽出された指標種（ヤマトビケラ）の生息状況を用いて土砂還元効果を推定する調査・分析方法をBACI（Before After Control Impact）デザインに基づき立案した。また、上記研究に加えて、土砂還元実施時に砂が過剰に堆積する場合も想定した検討も行い、砂被度（砂が河床に占める面積）の増加に伴う生物相の変化について既往研究の整理、土砂供給実験に基づく検討を行い、土砂還元時の起こりうる生物相の変化として取りまとめた。

(5) 湖沼の植物群落再生による環境改善手法の開発

①湖沼・湿地環境の修復技術に関する研究

湖沼の環境改善施策として下水道整備等による流入水質改善や湖沼沿岸帯の復元が進められており、一定の成果を上げているが、今後さらに改善を進めるためには水質改善や生態系にとって重要な沈水植物の復元技術の開発等が重要である。本研究は①水質改善や生態系にとって沈水植物を復元する手法として沈水植物群落を効率的に復元する手法を開発すること、②水位変動が湖沼環境に与える影響を明らかにすることを目的とする。平成21年度は沈水植物復元のための工法の一つとして、疑似沈水植物を用いて大型実験水路で疑似沈水植物の設置位置、設置密度、沖波波高を変化させ、沈水植物の物理的な効果（地形安定効果や波浪低減効果等）について検討を行った。研究の結果、沈水植物（模型）は高い波浪低減効果だけでなく砂移動を抑制する漂砂制御効果や比較的大きな波浪にも耐えることが明らかとなった。このような疑似植物体の中に、植物体を再生させることが可能であれば、湖底攪乱が減少し沈水植物の生育可能適地を増やすことが可能となることが示された。

DEVELOPMENT OF TECHNIQUES FOR CONSERVATION AND RESTORATION OF AQUATIC ECOSYSTEMS

Research Period: FY2006-2010

Project Leader: Director of Water Environment Research Group

KAWASE Yoshikuni

Research Group: Material and Geotechnical Engineering Research Group

(Recycling Research)

Water Environment Research Group (River Restroration, Water Quality and Aqua Restoration Research Center)

Water-related Hazard Research Group (Hydrologic Engineering Research)

Abstract : It is highly necessary to evaluate, conserve, and restore sound ecological functions of rivers and lakes to maintain locally native ecosystem. Five achievement goals are set to satisfy this necessity as follows; proposal of new aquatic biological survey method, evaluation of the ecological function of river morphology, development of watershed runoff model, elucidation of the correlation between material dynamics and aquatic ecosystem, and development of lake restoration method through the restoration of littoral vegetation.

Key words : Restoration, Aquatic ecosystem, biological survey, river morphology, watershed model, nutrient dynamics, and littoral vegetat