

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 中村 敏一

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20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20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

環境や生態系に配慮した川づくりを考えるうえで、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。例えば、山地河道では流砂量の減少や岩盤露出により水や有機物の滞留が低下し、底生動物や魚類の生息場・産卵場としての環境が劣化する場合があります。岩盤露出等が生態系に与える影響を評価し、対応策を考える必要がある。平成20年度の研究では生態系に影響を与える岩盤露出をはじめとする河床材料特性について、ダムの上流で河川景観が異なっている黒部ダム（鬼怒川）の岩盤露出区間を対象に調査を行った。研究の結果、ダム下流（128mm以下と512mm以上が多い）では上流（128～512mmが多い）と異なる材料分布が見られ、かつ場所によって粒径分布が大きく異なっていることが分かった。瀬・淵構造の形成や底生動物の生息にとって重要な128～512mmの礫が少ないことに対しては、今後岩盤河床に土砂を還元して生態系の回復を試みる必要があると言える。

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

河川工事等を実施する場合、野生動物に与える影響を最小限にする必要があるが、現地における追跡は困難なため、影響は十分把握されていないのが現状である。これに対して、これまでタヌキやニゴイにつけた発信器により野生動物の行動を自動追跡するシステム（ATS：Advanced Telemetry System）を開発し、北川や千曲川で追跡実験を行ってきた。平成20年度はATSの実用性向上を目指して、現行ATSの問題点の解決を行った。主な問題点は2つあり、商用電源利用による設置場所の限定及び初期・維持管理コストの増大に対しては、太陽電池パネルの利用で解決した。また、ATS制御局と受信局間の通信基盤整備時の機器費・通信機能確認工数の増大に対しては、GPSのタイムスタンプ利用により解決を図った。本研究成果は今後本格的普及を目指すATSの現地導入を容易にし、調査期間中の維持コストを低減する可能性が高く、ATS普及へ大きな進展になると考えられる。

(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

河川には多様な植生が繁茂しているが、現地の河川環境にふさわしい植生が適切に生育していない場合も多く見られる。また、基盤環境の変化により遷移した植生も見られる。本研究は河川下流域にある河道内の高水敷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している。平成20年度は小貝川中下流域を対象に、地域に古くから生育する個々の種の存在を重視しつつ、河川植生を群落単位ごとに面的に評価する方法や指数（群落評価指数、群落定着度、植生を基準とした環境評価指数）を提案した。また、研究の結果、環境評価指数の分布を明らかにし、農地や雑草類を中心とする群落定着度が低い上流域では、環境評価指数が低くなることが分かった。

②多自然川づくりにおける河岸処理手法に関する研究

全国的に多自然川づくりが進んできているが、画一的な標準断面での施工により河床や水際が単調になり、河川環境が劣化している事例が見られるし、水際域の生息場所としての機能が定量的に評価されていないという問題がある。これに対して、本研究では様々な河岸－水際タイプの生態的機能を明らかにし、多自然川づくりにおいて河岸－水際域を保全する際の留意点をとりまとめ、河岸処理手法の提案を行うことを目的としている。本報告では平成20年度に実施した現地調査のうち、増水時の石の隙間（間隙）の機能評価実験について報告するとともに、これまでの研究成果をとりまとめた「河岸・水際域の保全手法に関する資料集」の解説を行った。実験で

は平水時及び出水時の間隙内の魚類群集構造は異なり、間隙はオイカワの出水時の避難場所として機能している一方で、フナ属やカネヒラは間隙から逃避することを示した。また、資料集では、河岸・水際域の定義、景観上・自然環境上の機能を解説し、更に河岸・水際域を保全する際の考え方、具体的方法等について解説を行った。

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

人為的な流量制御に伴う流況の平滑化や上流からの供給土砂量の減少等により、有機物やシルトなどの微細土砂の堆積、糸状緑藻の繁茂、生物の餌資源としての質への影響が考えられる。また、生物生息場の変化によって生物相や生息密度が変化したり、河床付着層が生物に摂食されなくなったりする悪影響もある。こうした河床の健全性が損なわれることに対して、本研究で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の考え方を提示することを目的としている。平成20年度は①生物の摂食が河床付着膜の状態に果たす役割の解明、②河床の健全性を評価することを目的に、流量、生物の密度、摂食圧等を組み込んだ付着藻類現存量推定モデルを構築した。研究の結果、①珪藻等の出現割合が大きい付着膜に対しては、アユだけでなくオイカワの摂食についても、AI（強熱減量／クロロフィルa）を低下させ、強熱減量(%)及び生藻類比を高める効果がある、②流量の多寡に応じた付着藻類の生産と摂食、剥離のバランスをある程度再現できる数理モデルを構築し、自生的な有機物が生食連鎖により消費されている様子を再現できることが分かった。

(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)

河川や湖沼の水質浄化や栄養塩濃度の削減のためには、流域からの汚濁負荷と対象水域の水質悪化との定量的な因果関係や土地利用・農業形態の変化等の影響を総合的に把握したうえで、適切な対策シナリオを検討する必要がある。特に影響因子としては湖沼や湾などの閉鎖性水域の富栄養化の判断基準となる窒素及びリンをモデル化の対象としている。本研究では土木研究所が開発した流域水循環解析モデルである WEP モデルを用いて、窒素及びリンの物質循環モデルを導入して、谷田川流域内での動態を定量的に把握することを目的とする。平成20年度は19年度にモデル化を行った窒素・リンのうち、シミュレーション精度が低かったリンを対象に精度向上を目指して、流域規模のモデルを WEP モデルに導入した。研究の結果、リンのシミュレーション精度の向上が確認された。

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20年度は生活系、畜産系の汚濁物質発生特性（トレーサー物質及び溶解性栄養塩類の実態）の解明を行い、流域における生活系汚濁排出量とその他の汚濁排出量の割合が異なる複数の流域（鬼怒川支川山川など）を対象として、晴天時、雨天時におけるこれらの物質の流達特性を把握した。研究の結果、①トレーサー物質と溶解性栄養塩類の濃度比の整理から、生活系以外の畜産系と考えられる汚濁源の存在を推定できた、②畜産排水の混入マーカーとして、 K^+/Na^+ 値が有効であることが分かった。

③流域規模での水・物質循環支援モデルに関する研究(3)

流域開発等により、必須元素（鉄、ケイ素）の河川への供給が減少し、水生生態系へ影響をおよぼしているという報告がある。また、都市化した流域では都市雨水・排水が必須元素の挙動に大きな影響を与えている可能性があるため、その影響を明らかにすることも求められている。本研究では都市雨水・排水由来の必須元素の負荷量の解明及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、溶解性の鉄及びケイ素の化学種分析法の検討を行うとともに、関東地方の都市影響河川（鶴見川、多摩川など）の流域において都市雨水の水質を調査した。研究の結果、①溶解性鉄は主として特定の分子量範囲の有機物に結合している、②都市雨水中の溶解性鉄は河川

水中と同等またはそれ以上の濃度であり、鉄と結合した1 μm 未満の有機物が雨天時に河川へ輸送されている、③都市雨水中の溶解性ケイ素は河川水中の半分未満の濃度で、雨水が都市表面を流出する際のケイ素の溶出は少ないことが分かった。

(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

流域から河川への栄養塩類の流入や有機物の増加は水質の悪化や生物多様性の減少を招く。また、河口や沿岸域における有機物の堆積は底層の貧酸素化を招き、底層を利用する生物に悪影響を与える。これに対して、本研究では河川の物理環境と流況が物質動態に与える影響の定量化を行うとともに、物理環境と物質動態の関係を検討する。また、流域スケールで安定同位体比解析を用いて栄養塩の由来を明らかにすることを目的としている。平成20年度は豊川を対象に上流から下流に至る流程調査を行い、水質、流下有機物、付着藻類、水生昆虫を分析し、流域の土地利用との関係を調査した。また、安定同位体比分析により水中と河床の物質交換について検討を行った。研究の結果、①窒素は流域の土地利用を反映して、下流域で河川への流入量が増加し、食物連鎖を通して陸域由来物質が河川生態系に取り込まれている、②水生昆虫のエネルギー源は上流では陸域有機物、中流では河川内有機物、下流は陸域有機物が卓越していることが分かった。

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

ダムが建設されると河川流砂系の連続性を遮断するため、ダム下流に生息する底生動物相も大きく改変される。しかし、支川合流により土砂供給が行われたり、人為的な土砂還元を実施すると、ダム下流の劣化した生態機能が修復されることが分かっている。本研究はダム下流域における生態系劣化状況の解明、土砂供給量の減少に伴う指標生物とその環境要因の関係の解明、土砂還元の定量的な効果推定手法の確立を目的としている。平成20年度は蓮ダム、比奈知ダム、安濃ダムなどの7ダムを対象に、土砂還元による細粒河床材料の増加を適切に評価できる指標種を抽出するための現地調査及び解析を行った。研究の結果、多くのダム河川に適応でき、見つけやすく、調査が安易・安価で、河床に強く依存して生息するなどの条件から、携巢型・掘潜型の底生動物を候補としてGLMMによる解析を行い、ヤマトビケラが指標種として有用であることが分かった。

(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

湖沼の環境改善策としては、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、一定の成果をあげているが、流域開発や水位管理によって環境が損なわれている湖沼もある。本研究は①水質改善や生態系にとって重要な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、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20年度は霞ヶ浦を対象として、昭和35年以降の沈水植物群落の消長と環境変遷の関連性解析に基づいて、沈水植物の生息場を明らかにするとともに、現況での沈水植物群落の修復候補地を抽出した。研究の結果、①近年の霞ヶ浦では濁りの増加に伴う透明度の低下と水位上昇傾向が相まって沈水植物群落の減衰を招いてきた、すなわち透明度と水位変化により決まる湖底の光環境が霞ヶ浦の沈水植物群落分布を規定していることが分かった。②光環境の条件に加えて、過去沈水植物群落が存在した場所における最大底面せん断力を上回らないという条件より、修復候補地を選定することができた。

DEVELOPMENT OF TECHNIQUES FOR CONSERVATION AND RESTORATION OF AQUATIC ECOSYSTEMS

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 vegetation

