

### 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 河瀬 芳邦

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、より適切に評価する上で必要となる空間的・時間的なデータや面的な生息場物理情報から生物の行動や生物量を予測・推定する手法の開発や、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 18～22 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)

#### 4. 研究の成果

本重点プロジェクト研究の「2. 研究の範囲と達成目標」に示した各達成目標の成果は、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

河川事業において環境や生態系に配慮した計画・設計を行うことが求められているが、そのためには、生物生息場としての物理環境とそこに棲む生物、ならびに河川が有する生態的機能を適切に評価する必要がある。これまで河川環境の調査は、環境因子と空間的・時間的に限定された行動データの因果関係の把握に限定される傾向があり、空間的・時間的に河川の生態系を評価することが難しかった。本研究では、より適切な河川の生態的機能の評価が可能となるよう、より多くの空間的・時間的データや生息場物理情報を面的に取得し、野性動物行動データや生物情報を重ね合わせてその行動や生物量を予測・推定する手法を開発した。

##### ①生物の分布を考慮した定量的底生生物調査手法の確立 (個別課題(1))

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。そこで、生息場として重要である瀬淵、礫径、河床安定性の空間分布や面積割合を考慮し、各地点の潜在的な底生動物量は瀬淵の割合、礫径、安定性から大まかに推定できることを示した。また、レーザープロファイラデータや航空写真から瀬淵を抽出し、広い河川水域を対象に瀬淵の割合を調査する手法を確立した。

これらの研究成果を踏まえ、今後、土研資料として「水生生物調査手法マニュアル (案)」を発刊する。

##### ②野性動物行動予測及びモニタリング手法の開発 (個別課題(2))

土木研究所で開発した野性動物自動行動追跡システム (Advanced Telemetry System ; ATS) について、調査実施範囲拡大のため、ATS の小型化、設置コスト・維持コストの低減を目標として機器改良を行った。ATS を太陽電池パネル、小型アンテナ、三脚を用いて設置する方法へ改良を行い設置コスト・維持コストを大幅に低減した。また、データ取得を安定化させるためのデータ処理アルゴリズムの改良、ATS 稼働停止をメールで自動通知する機能、WEB での ATS のデータ確



認・可動監視する機能を加え、観測時の精度管理・保守コストを低減させた。

生態系モデリング分野で用いられる個体ベースモデル（生物の各個体の振る舞いに着目し、生物集団の動態を表現する数理モデル）を改良し、野生動物行動予測手法を開発した。空間情報（物理環境、植物群落、餌資源等）を時系列的にモデル上に再現し、空間選好性や行動戦略等がプログラム化された仮想野生動物の仮想空間上の活動とATSのデータを比較・プログラム修正をし、より正確に野生動物行動を予測する手法を開発した。他の河川のアユ行動再現・予測に適用し、その一般性を確認した。

これらの研究成果を踏まえ、今後、土研資料として「ATSを用いた野性動物調査手法マニュアル（案）」を発刊する。

## (2) 河川地形の生態的機能の解明

本研究では、河川を含めた周辺域や水域、水際が持つ物理的類型景観、流量・流速、河床材料、護岸、土砂などの要素が付着藻類、底生動物、魚類、中型哺乳類、河川植生などの生物・生態系に与える影響を種々の観点から抽出し、これらの生態的機能を定量的に評価した。

①瀬淵等河川構造内の河床における生物分布と物理環境の関係解明等と水生生物の生息環境に配慮した河川環境再生手法の提案（個別課題(1)）

従来定性的であった瀬淵構造と底生動物の関係について、瀬が淵に対して通常4-6倍の現存量を持つこと、流れを利用する濾過食者が瀬で顕著に多いこと、また、礫間の隙間に住む底生動物は河床礫径と、固着巣を張り定住する底生動物は河床安定性に現存量が関係することを明らかにし、河床の安定性が高いほど、また空隙量が多いほど底生動物量が多いことを支持する結果を流程スケールで示した。また、魚類など河川生態系の高次捕食者の観点から、底生動物量の多い瀬は重要な食物生産の場であり、有機物消費の観点から瀬は河川内生産物（藻類）、淵は陸起源有機物の消費に貢献していること、瀬淵や瀬内の微地形に対応して流速、礫径、安定度が維持され異なる底生動物グループに生息場を提供していることなど、複数の機能が重なり河床地形に対応して存在することを示した。以上から、瀬・淵を評価する上で、状況に応じて微地形ごとの調査が必要であることを示した。

底生動物量や多様な底生動物の回復において、過去から瀬が減少している状況では瀬の面積の回復と維持、河床に岩盤や土丹が露出した状況では砂礫滞留の促進、砂砂利等が多い状況で中石（15-30cm）の増加等が必要である。岩盤河床に砂礫滞留を促す1手法として、重機を利用できない地点でも施工可能で繊維性ふとん籠を用いた非固定型水制の設置についてその有効性を示した。

これらの研究成果を踏まえ、今後、土研資料として「水域の自然環境再生手法のガイドラインを」を作成する。

②野性動物（中型哺乳類、河川中流域の魚類）の行動様式と物理環境条件の関係の解明（個別課題(2)）

山間地の中型哺乳類の行動様式に関して、五ヶ瀬川水系北川で、アナグマを対象としてATS

を用いてその行動追跡を行い、環境因子（物理環境・植物群落・餌資源）との関係性を分析した。その結果、地形等の物理環境（地形等）に加え、植物群落・餌資源が行動に大きな影響を与えており、それぞれ選好する植物群落内で生息し、出水時に堆積する流下物内の有機物や分解者として生息する土壤動物を餌とし、河川周辺を周遊する行動をすることを明らかにした。以上より、河川管理の観点から、中型哺乳類の生息場保全の際には、河川工事区域近傍に、周辺環境とネットワークが維持された植物群落を少しでも残すこと、餌場として易冠水域等を残す配慮が必要ながことが明らかになった。

河川中流域の魚類の行動様式に関しては、ATS を用いてアユについて行動追跡を行った。アユは、主に淵（流速が遅く、水深が深い箇所）を主な生息空間として利用した。平水時は流速が巡航速度（体長の2~3倍以下の空間）を利用し、既往研究成果を裏付ける結果となった。河川管理の観点からは、魚類の生息場保全の際には、流速分布の多様性維持に配慮することが重要であることを明らかにした。特に、巡航速度以下の空間の質が多様で空間的に分散していることが重要であることを明らかにした。

### ③ 氾濫原植生の出水および人為改変に伴う植生遷移機構の解明、氾濫原微地形と植物選好性の解明等（個別課題(3)）

植生遷移機構の解明について、砂礫河原再生に関連して、那珂川の事例から、希少河原植物の生育には、大規模出水により安定的環境が更新され、新たな生育場が形成され続けることが必要であることを明らかにした。また、礫層の厚さが礫河原植生の生育に大きく影響していることを現地調査、室内実験から明らかにし、植物の再生を抑制する場合には礫層の厚さが10cm以上必要であることを示した。小貝川の事例では、出水の影響だけでなく、地域住民の人的管理の減少が樹林面積の増加、氾濫原植生の生育場を減少させている可能性があることが分かり、人的管理の必要性が示唆された。

氾濫原微地形と植物選好性については、河川中流部の高水敷に生育する植物群落の中で、もっとも広域に見られる植物であるオギを中心とする群落を対象として調査したところ、土壌硬さ（土壌厚）の違いが、成立している群落に影響を及ぼしていた。例えば、外来種を含む群落は、土壌が硬く、根群が浅い位置に生育しているが、オギを中心とする典型群落は、より厚い土壌を好み、根群が深い位置に生育していることが分かり、外来種の進入を防除するためには河川工事の際に締固めにより硬い土壌を形成しないような配慮をすることが重要であることがわかった。また、河川植生の成立は、出水等によって供給されて土砂に埋まった種子の種類や量に対応して生育が決まっているのではなく、むしろ、その場の地形（粒径や土壌構造）や環境条件（土壌水分や光条件など）が支配的であることが示唆された。

さらに、氾濫原植生の評価を行うため、種の土着性（地域固有性）から、植生を面的かつ数量的に評価する方法の提案を行なった。これまで主に個々の種を対象に議論がなされていたが、この手法により植生の知識を有しない技術者にも理解しやすく、具体的な数値目標の設定が可能となる。

これらの研究成果を踏まえ、土研資料として「河川植生評価の手引き（案）」、「新しい河川植



生調査手法(案)」を発刊した。

#### ④河岸-水際タイプの生態的機能の解明と河岸処理手法等の提案(個別課題(4))

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、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った。

水際域の環境要素を「石礫」、「水辺植物」に区分して水際保全の留意点を取りまとめた。礫により形成される水中の間隙は魚類の棲家として機能しており、礫の大きさにより棲息する種類組成が異なることが明らかとなった。また、魚種・昼夜間によって利用する間隙の特性が異なることを示すとともに、平水時およ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。「水辺植物」については、水際法面に植物が生育していると、増水時でも水際部の流速が抑えられ、魚類の生息場(避難場)として機能することが確認され、その効果は植生が密であるほど大きくなることが明らかになった。

効果的、効率的な河岸処理手法については、魚類の定着には木杭群の断続配置よりも連続配置の方が有効であることを示し、河岸-水際部に設置した木杭群の生息場所修復手法としての評価を行った。さらに既存護岸においては、大礫-巨礫がつくる間隙が魚類の越冬場所として機能していることを示した。

護岸工法の性能評価手法について、自然河岸や練積み護岸等の異なる河岸形式で、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。河岸部の生物群集に対する湿潤度や温度変動を違えた操作実験では、一次的に護岸に飛来する飛翔性生物の多様性に対しては、温度変動が小さく湿潤度が高い護岸で高い傾向がみられたが、恒常的に護岸に生息する非飛翔性生物に対しては前記2要因の重要性は確認されず、それを基盤に生育する植物に生息を依存していることが考えられた。また、明度、彩度を違えた3タイプの実寸護岸を実験河川に設置し、アンケート調査と自然素材の色相との比較から、人間から見た景観評価を実施した。その結果、水辺の自然素材と同様の6以下の低明度に対して高い評価を得ることが示唆された。以上より、護岸工法の性能評価手法について景観及び自然環境の2側面から評価軸及び評価基準の提案を行った。

これらの研究成果を踏まえ土研資料として「多自然川づくりにおける河岸・水際部の捉え方」を発刊するとともに、「多自然川づくりポイントブックⅠ・Ⅱ・Ⅲ(多自然川づくり研究会)」、「中小河川に関する河道計画の技術基準について(国土交通省)」に研究成果が反映された。

#### ⑤流量、河床の状態、底生動物、魚類等の摂食圧の関係解明等と河床環境評価手法の提案(個別課題(5))

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、これを加味した河床管理方法の考え方を提示することを目的とし、①ダム下流における河床環境の実態を把握する。

②魚類等の摂食圧が河床付着膜に及ぼす影響とその相互作用を明らかにする。③掃流砂が付着藻類に及ぼす影響の定量化を図る。これらの知見に基づき、④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を行った。また、⑤モデルの適用による河床環境評価手法の提案を行った。主要な結果は以下のとおりである。①ダム下流における付着藻類と単位幅流量との関係を見ると、AFDM (%) については、単位幅流量との間に有意な正の相関関係が、クロロフィル a 量との間には負の相関が見られた。また、アユの餌資源としての重要性を示す AFDM (%) の閾値 40% については、単位幅流量が  $0.18\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$  以上であればこれを上回るケースが多かった。②アユ、オイカワを用いた摂食実験から、アユの摂食圧はオイカワと比較して大きく、付着藻類の現存量だけでなく、付着藻類内の無機物量も低下させ、この結果として光合成速度を上昇させることが明らかになった。③掃流砂が付着藻類の現存量を低下させる経路としては、1) 磨耗効果と 2) 被覆効果に分けることができるが、実験河川で行った結果では 2) の効果がより大きいことが明らかになった。このため、河床環境管理には 2) の効果を取り込むことの必要性が示唆された。④付着藻類の一次純生産モデルを開発し、これを現存量モデルに組み込んで、阿木川ダム上下流の現存量の季節変化を予測した。実測値に基づく検証は概ね現存量の上下流および季節変化を再現した。⑤付着藻類の増加・減少に関する要素の組み合わせを河床環境管理シナリオに基づき変化させることにより河床環境を評価する手法を提案し、阿木川ダム上下流に適用してその具体例を示した。

これらの研究成果を踏まえ土研資料として「ダムと下流河川の物理環境との関係についての捉え方—下流河川の生物・生態系との関係把握に向けて—」を発刊した。

### (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

近年、河川や湖沼の水質浄化や栄養塩濃度の削減を目的として様々な対策が立案、実施されている。これらの対策は一定の効果を示すものの、さらなる水質改善へ向けての効率的な対策立案や汚濁物質の供給源に対する抜本的な対策を行うにあたっては、流域で発生する栄養塩類の流出機構を明らかにし、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・営農形態の変化等の影響を総合的に把握した上で適切な対策シナリオを検討する必要がある。このため本研究では流域で発生する栄養塩類の流出機構を明らかにするために、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）の解明を行うとともに、流域内の栄養塩（窒素、リン）の動態を定量的に明らかにする流域水・物質循環モデルの開発を行った。

また、近年、流域での開発により溶解性鉄 D-Fe（フミン鉄）や溶解性ケイ素 D-Si（シリカ）等の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、都市排水・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行った。

さらに、河川内における物質動態として、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との関係を明らかにした。

#### ①流域規模での水・物質循環管理支援モデルの開発（個別課題(6)）

生活排水が主要な汚濁源で、処理状況が異なる都市河川小流域、並びに、畜産系汚濁負荷の割合が大きいと推測される小流域での晴天時・雨天時の流量・水質調査により、晴天時と比べて雨



天時に大量の栄養塩類が流出し、栄養塩類が晴天時に流域内にとどまり、雨天時に水域へ流出する機構が解明された。これまで生活排水が主要な汚濁源である都市河川小流域からのBOD・COD年間流達負荷量を過小評価していること、並びに、新たな窒素・リンの流達率に関する知見を得た。

また、これまで土木研究所で開発を進めてきたWEPモデルを基盤として、窒素、リンの物質循環過程をそれぞれ溶存態と懸濁態に分類して新たに導入した。その中で懸濁態（特にリン）の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もWEPモデルに導入した。開発したモデルは、茨城県谷田川流域と千葉県印旛沼・高崎川流域に適用した。なお、高崎川流域では、水質を含む水環境・水生生態系の保全・再生が社会的課題となっており、より詳細な汚濁負荷流出の挙動を明らかにする必要があるため、出水イベントスケールで再現性の検証を行った。

さらに、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、河川水及び都市排水の調査等を行った。その結果、河川、湖沼、下水処理場のD-Fe及びD-Si共に季節変動の明確な傾向は見られなかった。濃度が高い処理場を除き下水処理水中のD-Fe濃度は、放流水中濃度は河川中濃度の半分以下であることが多かったが、放流水中のD-Si濃度は河川水中濃度と同レベルであった。調査結果をレッドフィールド比で検討すると、河川・湖沼水中では、窒素・リンと比較してD-Feは相対的に不足する可能性は低いが、D-SiはD-Nと比較して相対的に不足する傾向があった。しかし、霞ヶ浦に生息する淡水藻類を対象とした藻類試験による各元素の消費率から推定すると、2006～2007年の調査結果からレッドフィールド比に対してD-Fe、D-Si濃度が下回った全ての河川水で、溶解性リン(D-P)が最も不足傾向になりやすいと推定され、D-Fe及びD-Siの相対的不足が発生する可能性も低いと考えられた。

これらの研究成果を踏まえ、新たな窒素・リンの流達率に関する成果の一部は「流域別下水道整備総合計画 指針と解説」の改訂(H20.9)に反映されるとともに、WEPモデルの改良内容を記載した「WEPモデル解説書(案)」を作成した。

#### ②河川の物理環境・流況が物質動態に与える影響の解明(個別課題(7))

河川の主要な一次生産者である付着藻類は、成長にともなって河川水中の無機栄養塩類を有機物に変え、剥離によって河川生態系に有機物を供給するため、付着藻類の現存量、剥離量が増加すれば水中の有機物濃度が上昇する。底生動物は、摂食により付着藻類に捕食圧を加えて付着藻類の現存量を抑圧させる機能を持っている。このため、既往55研究のメタ解析を行い、底生動物による摂食速度に関わる物理要因を抽出した。加えて、現地調査と安定同位体比解析によって底生動物の餌資源利用を明らかにした。これらに加え、付着藻類の成長や剥離、底生動物の摂食に関わる情報を河川の移流拡散モデルに組み込み、河川生態系を介した無機態及び有機態炭素・窒素・リンの物質動態と物理環境・流況変化との相対的な関係を評価可能にした。

モデルによるシミュレーション結果から、水生生物を介した河川流況変化による物質動態への影響は、春期や出水時に出やすく、物理環境によって規定される底生動物の現存量変化は、無機物よりも有機物のフラックスに作用していることを明らかにした。

#### (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

河川を流れる粒状有機物（流下有機物）河川生物の重要な餌資源であり、流域レベルで、河川生態系を支える流下有機物の由来を明らかにすることが生態系を保全する上で重要である。また、栄養塩類や有機物の増加による水質の悪化は、しばしば生物多様性の減少を招くが、逆に水質が良すぎる河川では生物生息量や多様性が低いことも珍しくない。

また、近年いくつかのダムで「土砂還元」が行われつつあるが、土砂還元の主材料となる細流土砂（砂・小礫等）の減少に伴う生物相の応答特性が明らかになっておらず、土砂還元を実施した際の効果の評価が困難となっている。

このため、河川における物質動態と生物・生態系との関係性の解明に関する以下の研究を実施した。

①河川生態系を支える栄養塩類の由来及び流下過程の解明、物質動態と河道特性が水生生物に与える影響の解明（個別課題(7)）

流域の土地利用変化による窒素負荷量増加が、食物網内の物質循環を改変していることを示し、人為由来窒素が食物網を介して高次の栄養段階へ伝播していることを安定同位体比解析から明らかにした。粒状有機物は主に陸上有機物由来物質で構成されているが、粒状有機物のC/N比が河川流量などの物理要因の他に、流域からの栄養塩負荷も関与し、流下にともない低下していることを明らかにした。このC/Nの低下は、これまで餌資源としての価値が低いとされてきた陸上植物由来物質の価値が上昇していることを意味し、実際に下流域の底生動物群集、特にろ過食者への陸上植物由来物質の寄与度が相対的に上昇していることを明示した。

また、窒素などの栄養塩濃度と、底生動物との関係解明を行った。栄養塩濃度と底生動物の現存量への影響の関係は明瞭には認められなかったが、一方で栄養塩濃度の上昇が底生動物の種組成の単純化を招いている可能性を明らかにした。特に勾配1/800-1600、粒径5cm以上の礫床河川で出現種数への影響が相対的に大きく、河川水辺の国勢調査で得られている広域データからは、酸素消費量の増大が遠因であることが示唆された。河川生態系における底生動物の現存量は、栄養塩濃度よりも河床材料や流量などの河道特性に依存する部分が大きく、水生生物を介した物質循環を把握するには、河床材料や流量などの河道特性の把握が重要であることを示した。

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等の解明と土砂還元の定量的な効果推定手法の立案（個別課題(8)）

本研究では、ダム下流域における生態系劣化状況の解明、土砂供給量減少に伴う指標生物とその環境要因の関係の解明及び土砂還元の定量的な効果を推定する方法を立案した。

阿木川ダムを対象としてダムにより改変される環境要因と底生動物との関係を調査した結果、ダム下流域においては餌資源の質・量の変化、細粒土砂（砂、一部小礫を含む）の減少を主要因として底生動物相が変化することを明らかにした。別途矢作ダムで実施した過去の調査結果でも細粒土砂の減少が主たる環境要因として捉えられていることから、ダムにより改変される環境要因の中で細粒土砂の減少は底生動物相に対して影響を及ぼす主要因と考えられた。

上記の結果から細粒土砂の多寡に応答する種群を指標生物の候補を抽出し（携巣型と掘潜型）、更に、候補の中からより応答が明確な種を特定するため、GLMM（一般化線形混合モデル）に基づ



く検討を行った。この結果、シジミ科、トビイロカゲロウ科、ヤマトビケラ科、グマガトビケラ科等が抽出され、また、①日本の自然河川では普通種である、②素人でも見つけやすく、調査採集が容易・安価であること、③河床環境変化に応答し、その他の要因を受けにくい、ことを条件として、上記種群の中からヤマトビケラ科を指標種として選定した。

上記の選定指標種および土砂掃流量から土砂還元効果を推定する調査・分析方法を立案した。具体的には調査区間・箇所・時期を明示し、また、調査区間・箇所の設定及び分析方法についてはBACI 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実態把握を行い、土砂還元時の起こりうる水生生物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（個別課題(9)）

我が国の多くの湖沼は、流域の開発に伴う水質悪化や、治水、利水目的の水位管理、湖岸堤築造等の人為的インパクトを受けてきた。このような湖沼では、沿岸植生帯が衰退した場所も見られ、特に植物体の全ての部分が水中に存在する沈水植物は、減少の度合いが著しい。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。本研究では、現在の実湖沼の条件下での沈水植物群落の復元手法の開発に取り組むものであり、霞ヶ浦における沈水植物群落の消長や環境変遷を整理し、シミュレーション解析により、現在の霞ヶ浦における沈水植物の生育余裕深、生育可能域等の抽出を行った。また、抽出した沈水植物の生育可能域の中から3地点を選定し、生長体の移植生育実験を行った。この移植実験施設において計6回実施したモニタリング調査の結果、消波構造物の背後水域等の条件が整った場所においては、現在の霞ヶ浦の諸条件下でも、沈水植物の生育、定着が可能であることが明らかになった。沈水植物が消失した湖沼において、効率的に沈水植物群落を復元するために、地形や過去の植生分布情報を用いて、シミュレーション解析により生育可能域を抽出し、沈水植物の生長体を大量に移植する方法が有効であると考えられる。

これらの研究成果を生かし、今後、土研資料として「湖沼・湿地における植物群落再生ガイドライン」を発刊する。

## 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