

水源地生態研究会の2015年度成果

The 2015 progress report of Watershed Ecology Research Group

研究第三部 嘱託研究員 一 柳 英 隆
前・研究第三部長 天 野 邦 彦
大阪市立自然史博物館 館長 谷 田 一 三
兵庫県立大学 教授 江 崎 保 男

ダムが生みだす生態系を科学的に把握し、水源地域の保全のあり方を探求することを目的とする「水源地生態研究会」は、2008年に設立された組織である。この研究会では、2つの委員会（水域を中心的な対象とする水圏生態研究委員会と、陸域を中心的な対象とする陸上生態研究委員会）を設置し、研究を進めているが、2013年度に前期5ヶ年（2008-2012年度）の成果をとりまとめ、組織の一部改変を行った。2014年度からの後期5ヶ年の研究は、「ダム湖生態系研究グループ」、「ダム下流生態系研究グループ」、「周辺森林研究グループ」、「分断影響研究グループ」、「初期変化研究グループ」、および「データ活用研究グループ」の6グループで開始している。本稿では、新しい組織の構成と、2015年度までの成果概要を報告する。

キーワード：水源地生態研究会、ダム湖と河川の生態系、応用生態工学、水源地域

The Watershed Ecology Research Group was established in 2008 for the scientific researches on the impacts of dams on rivers and surrounding ecosystems, and looking for an ideal state of the watershed areas for the conservation of biologically diverse river basins. Two research committees were formed within the research group, one of which mainly dealing with aquatic ecosystems and another with terrestrial ecosystems. In 2013, the research group reported the study results during 2008 - 2012 and the organization was restructured. The following subjects have been studied from 2014: limnological feature of reservoirs; influences of dams on the downstream ecosystem and mitigation of the influences; ecological interaction between reservoirs and their surrounding forests; fragmentation of aquatic organism populations and the viability of the populations; changes of reservoir and surrounding ecosystems at the initial impoundment; and, construction of databases on ecology of watersheds and reservoirs. In this report we show the new organization of the research group and result summaries until 2015.

Key words : Watershed Ecology Research Group, ecosystem of dam lakes and dammed rivers, ecology and civil engineering, study results, watershed area

1. はじめに

ダムが生みだす生態系を科学的に把握し、水源地域の保全のあり方を探求することを目的とする「水源地生態研究会」は、1998年から10年間にわたり活動した「水源地生態研究会議」を継承し、2008年5月に設立された。同研究会は、2008年度から2012年度までの5年間の成果について、2013年度にとりまとめを行った。2012年度までのこの研究会の経緯および成果概要は、本所報において既に報告したとおりである（一柳ほか、2015）。2013年度には、組織改編を行い、2014年度から研究活動を再開している。

本稿では、水源地生態研究会の2014年度からの新たな組織を紹介するとともに、2014～2015年度の成果の概要を紹介する。

なお、ここで紹介する研究成果概要は、各グループから年度報告されたものから抜粋している。研究成果は、研究を行った各委員に帰属するものの、本稿自体の文責は、著者らにあることを添えておく。

2. 水源地生態研究会（2014-2018年度）の組織

2008～2012年度の水源地生態研究会では、2委員会に属する7研究グループで研究が行われた。一つ目の委員会は、水域を扱う水圏生態研究委員会、二つ目の委員会は、ダム湖周辺の陸上を扱う陸上生態研究委員会である。委員会は、委員会に所属する研究グループ間で研究テーマの調整を行う組織である。また、アドバイザー体制を構築し、研究活動や運営についての

助言を受けられる体制となっていた。研究グループは、実働的に研究を進める組織であり、特定の課題を研究する、あるいは同じダムをフィールドとして研究するものが、一つの研究グループとなっている。各研究グループの所属委員会および目的は、以下のとおりであった。

ダム湖と下流の生態研究グループ(水圏生態研究委員会)：ダムの下流生態系への影響の評価、および影響を軽減する方策の評価に関する普遍的な仕組みをつくる。

流域物質循環研究グループ(水圏生態研究委員会)：河川にダムができることを流域レベルで評価する枠組みを作る。

三春ダム研究グループ(水圏生態研究委員会・陸上生態研究委員会)：試験湛水以来、さまざまなデータの蓄積がある三春ダム(福島県)をフィールドとして研究する。とくにダム湖沿岸帯生態系とダム湖内生態系に焦点をあてる。

データ活用研究グループ(水圏生態研究委員会・陸上生態研究委員会)：全国のダムで取得されているデータをデータベース化し、横断的な解析を行う。

嘉瀬川ダム研究グループ(陸上生態研究委員会)：試験湛水が開始される嘉瀬川ダム(佐賀県)において、試験湛水前後の変化、初期的に起こる変化、試験湛水を利用した研究を行う。

周辺森林研究グループ(陸上生態研究委員会)：ダム湖と周辺森林の相互作用を解明する。

環境経済研究グループ(水圏生態研究委員会・陸上生態研究委員会)：社会的な意思決定の手助けになるよう、河川の持つ生態系サービスとダム事業によるそれらへの影響の経済的評価を行う。

各研究グループにおける成果は既報(一柳ほか、2015)のとおりであるが、これらの成果やそれまでの研究会運営に関する意見を踏まえ、2014年度に組織の改編について議論が行われた。この議論については、2013年7月、8月、および2014年1月に、委員長、グループ長、アドバイザーが集まり、意見を交わした。この議論において、2委員会による研究調整機構、およびアドバイザー体制はそのまま維持され、グループ構成と各グループの研究目標が再検討された。このとき、2008～2012年度の研究内容に関するグループ間の重なり(とくにダム下流環境研究に関する「ダム湖と下流の生態研究グループ」と「流域物質循環研究グループ」、およびダム湖エコトーン研究に関する「三春ダム研究グループ」と「周辺森林研究グループ」)が課題となった。また、三春ダムや嘉瀬川ダムで行ってきた

研究が、ダム間の比較研究などの点で単一のダムにとどまらなくなってきたこともあり、グループの名称は目的を表すものとされた。その結果、以下の6グループ構成となった。

ダム湖生態系研究グループ(水圏生態研究委員会)：ダム湖生態系の特性を把握し、生態系の管理手法を提案する。

ダム下流生態系研究グループ(水圏生態研究委員会)：ダムの下流生態系への影響の評価、および影響を軽減する方策の評価に関する普遍的な手法を提案する。

周辺森林研究グループ(陸上生態研究委員会)：ダム事業が周辺陸域に及ぼす影響を把握する。

分断影響研究グループ(水圏生態研究委員会)：ダムにより分断化された生物個体群への影響を評価する。

初期変化研究グループ(水圏生態研究委員会・陸上生態研究委員会)：試験湛水後に初期的に起こる変化を把握する。

データ活用研究グループ(水圏生態研究委員会・陸上生態研究委員会)：ダム水源地上に関するデータベースを構築管理し、それをを用いた全国的な比較研究を行う。

ダム湖、ダム下流、周辺陸上(おもに森林)という場所を扱う3グループ、分断および初期的な変化という現象を扱う2グループ、横断的なデータベースを扱うグループという構成になっている。

また、研究会発足以降5年を経過し、基礎的な研究のみにとどまらず、成果をダム管理に反映していくことを目指し、従来からの目的である「研究会の目的は、ダムが生みだす生態系を科学的に把握し、水源地域の保全のあり方を探求することとする」に、「なお、成果は実際のダムの環境問題の解決に資することに留意する」という文章を規約の目的に追加記載した。

研究期間は、2014～2018年度とし、5年間で成果をまとめることとなった。

3. 各研究グループの目標、課題、成果

(1) 各研究グループの目標と課題

a) ダム湖生態系研究グループ

ダム湖本体およびそのエコトーンは、(自然湖沼と比較すると)湖の地形や運用などに由来する特殊な陸水学的・生態学的特性を持つと考えられる。ダム湖生態系研究グループでは、ダム湖の水循環、陸水学的特性、生物群集について明らかにすることを目的として

研究を進めている。また、ダム湖沿岸植生の発達要因、沿岸植生の生態系機能、水位変動の湖沼生物群集に対する直接的・間接的影響を研究する。これらをもとにダム湖や沿岸エコトーンの生態系管理について提案することを目指している。

水源地生態研究会では、2012年度までに三春ダム研究グループが、三春ダムをフィールドとし、ダム湖の陸学的特性、循環、底生動物について研究を進めてきた。また沿岸帯エコトーンに関しては、三春ダム研究グループ、周辺森林研究グループにより、植生の発達、生物群集、食物網についての研究が進められてきた。それらを統合し、研究をより普遍化するとともに、ダム湖生態系との関係も追及する。

【研究課題】

- ① ダム湖の流動特性の把握（自然湖沼との比較）
- ② ダム湖生物相の特性把握とその要因解析（魚類、底生動物、プランクトン）
- ③ 沿岸帯エコトーンの類型化（地形、堆砂デルタに着目）
- ④ 沿岸帯エコトーン生物相の短期的・中長期的動態把握
- ⑤ 沿岸帯エコトーンがダム湖生態系に与える影響
- ⑥ 外来種駆除の方法検討と駆除の生態系への影響
- ⑦ ダム湖および沿岸帯エコトーンの生態系管理指針提案

b) ダム下流生態系研究グループ

ダム下流生態系研究グループは、ダムの下流生態系への影響の評価、および影響を軽減する方策の評価に関する仕組みをつくることを目的としている。河川は、水だけでなく土砂やその他物質が、時間的に変動しながら流下している（要素の経路と輸送量＝フラックス）。ダムがあると、ダム貯水池、ダムの運用、ダム下流の河道景観の特徴に応じてこのフラックスは変化すると考えられる。水、土砂、栄養塩、有機物などの河川におけるフラックスとその変化のモデル化を進める。これらのフラックスと生態系の機能やサービスとの関係を定量化することにより、ダムの影響評価と影響軽減策の評価が可能になる。

このグループでは、2012年度まで「ダム湖と下流の生態系研究グループ」として、所属する各委員が水系に沿ったフラックスとそのストックである「景観」に着目し、フラックスに対するダムのフィルター機能、ダム下流でのフラックス変化の直接的影響、河道や植生など景観の変化を通じた生態系の変化を研究してきた。2014年度以降は、この基礎的な研究を強化するとともにそれらを統合化し、統一されたフィールドで、

ダムによる河川生態系の変質の評価とその緩和策の提案と評価についての適用性を向上させる。

【研究課題】

- ① ダムが建設される上中流域の潜在河道特性の類型化
- ② 河川生態系の構造と機能に関する普遍的なモデルの構築
- ③ ダムによるフラックス変換の実態把握と類型化（ダムの運用のほかダム湖内の流動とその制御について整理して類型化を図る）
- ④ フラックス変換に由来するダム直下における生態系変質
- ⑤ ダム下流域での景観（河道・植生、生物相）変遷
- ⑥ ①～⑤の統合のための統一フィールド調査
- ⑦ 保全策指針提案（放流フラックス制御、下流河川景観（河道・植生動態の復元）

c) 周辺森林研究グループ

ダム湖には周辺森林から、おもに河川を通じて、大量の有機物が流れ込む。その一方ダム湖からは、これら有機物起源の栄養塩が生物によって陸上にもちだされていると推測される。湖内では陸上あるいは河川起源のデトリタス（落ち葉や死体などの生きていない有機物）を水生昆虫が食う。あるいはこれが腐食連鎖をつうじて栄養塩に分解されて陸生・水生の植物体に移行し、それを陸上・水生昆虫が食い、さらにこれらが鳥や魚に食われて最終的に周辺森林に戻ると考えられる。周辺森林研究グループは、こういった栄養塩の動きをとおして、ダム湖と周辺森林の相互作用を解明することをねらいとしている。

周辺森林研究グループは2012年度まで、大きな水位変動を毎年くりかえし、水位低下時に上流端に湿地が出現する寒河江ダム（山形県）において調査を行ってきた。その中では、周辺陸上からダム湖生態系への多様な栄養供給とダム湖生態系の関係を明らかにしてきた。しかし、ダム湖から周辺生態系への影響については、未解明の点が多く残されている。2014年度からのフェーズでは、水源地陸上（流域地形・地質）の類型化など広域的な解析を行いつつ、類型を代表するダムにおけるダム湖から周辺陸上への物質移動を中心的な課題として、ダム湖一周辺森林生態系の相互作用を解明する。

【研究課題】

- ① 河川から陸上への栄養塩持ち出し量を意識した日本各地の流域と森林の類型化
- ② 河川およびダム湖からの水生昆虫の羽化量および分散距離とその季節変化

- ③ 陸上動物（鳥類、造網性クモ類等）による羽化昆虫の利用
- ④ ダム湖で成長した魚類の上流河川への移動
- ⑤ 水域起源栄養塩の周辺森林への移動

d) 分断影響研究グループ

ダムによる水生生物の移動分断は、ダム湖と自然湖沼を比較した場合の本質的な違いであると考えられる。移動分断により水生生物個体群の孤立化が進み、また、ダムの存在や管理の影響によってハビタットが変質することがあいて、水生生物の局所個体群、ひいては流域個体群に影響が及ぶと考えられる。分断影響研究グループでは、ダム等による分断の影響について実態を把握すること、個体群存続性に関するモデルを作成すること、また、ダムの分断化が流域個体群に与える様々なレベルの影響を定量化したハザードマップ作成を試みる。これに基づきダムが存在する流域での個体群管理方針を提案することを目的とする。

【研究課題】

- ① 河川流域における魚類の分布および分断化影響の解析
- ② ハビタット変質の評価（現地とモデル）
- ③ 分断化影響マップ（ハザードマップ）作成

e) 初期変化研究グループ

ダム事業では、堤体工事が終了するとダム湖に水をためる。最初は、試験湛水として行われるが、その際、水がたまることによって、ダム湖、河川、周辺陸上の生態系に大きな影響を与えられられる。初期変化研究グループでは、ダムの最初の湛水直後、および数年以内という時間スケールで起こる現象に焦点をあてる。

水源地生態研究会では、嘉瀬川ダム研究グループとして、嘉瀬川ダム（佐賀県）の試験湛水の前から継続的に調査を続けてきた。一部のテーマに関しては、継続的に調査することにより、数年かけて顕在化する現象を明らかにする。嘉瀬川ダムでは取得できなかったことについては、近隣の他ダムでも補足的に調査を行う。また、ダム事業においては、湛水などの直接的な影響のほか、地域住民の土地利用や自然への働きかけの変化が生態系に間接的な影響を与えることも考えられる。2014年度からは、そのような社会的な変化の間接影響についても対象とする。

【研究課題】

- ① 試験湛水後の水生生物相の変化とその継時的特性（おもに魚類）
- ② 試験湛水後の陸上生物相の変化とその継時的特性（おもに哺乳類）

- ③ 流域の水循環、栄養塩循環の変化とその継時的特性
- ④ ダム事業に由来する、人の自然への働きかけの変化、土地利用の変化
- ⑤ ④に由来する生物多様性の変化（おもに植生、植物）

e) データ活用研究グループ

全国には数千にのぼる貯水ダムがあり、各管理事務所では、流量、水位、水温・水質、ダム湖や周辺に生息する生物相などのデータを継続的に取得している。これらのデータを集約・整理することで、全国レベルの横断的な解析が可能になる。データ活用研究グループは、各事務所に分散しているこれらの貴重なデータをデータベース化すること、そして全国レベルの解析を行うこと、管理事務所でのデータ取得方法に対する提案することを目的としている。この研究グループでは、過去5年間、ダムの存在する河川、ダムの位置、集水域情報などをGIS化すること、各ダムのデータを整理し、GISとのリンクを図ることで、水源地生態研究に有用なデータベースを構築してきた。2014年度からの5年間においては、データベースを更新するとともに、このデータベースをより使いやすい形に整理し、管理する。また、このデータベースを利用し、地理・地形要素や他の環境変量と、生物相、物質循環、生物間相互作用等の連関解析を進める。各ダムにおけるデータ取得方法の改善提案については、近年発達しつつある環境DNAの、ダム湖や周辺における生物相把握手法としての有効性を検討する。

【研究課題】

- ① データベース構築・整理・更新
- ② 樹林化と鳥類群集の変化
- ③ 流木流出量と土砂流出量の関係
- ④ 全国の魚類の分布パターンとそれに対するダムを含めた人為的影響の解析
- ⑤ ダム湖生物相把握手法としての環境DNAの有効性の検討

(2) 2015年度までの成果

a) ダム湖生態系研究グループ

ダム湖内の研究としては、アオコ原因生物の鉛直・季節動態、溶存態有機物の動態、下流生態系も含む重金属の動態が研究され、またダム湖底の底生動物相の比較研究が行われた。

三春ダムにおける観測では、8月に*Microcystis*が表層でピークに達し、秋から冬に沈降していることが確認された。水質としては、湖底からの回帰も重要であ

るが、今後の課題である。

ダム湖内の溶存態有機物は、陸域と水中で生成されたものの混合物であり、湖内で陸域由来の腐植物質の一部が分解されていること、また、微生物および底泥由来の溶存態有機物が生成されていることがわかった。

ダム湖上流、ダム湖、ダム下流における重金属の分析を三春ダムとともに、目屋ダム、浅瀬石川ダムでも行った。Mo、Fe、Cuはいずれも、ダム直下で濃度が高く、下流に行くに従って濃度が低くなった。これらの元素の濃度はMn濃度と正の関係があった。Mn酸化物による吸着・共沈機構がメカニズムとして考えられた。河川水の結果から、三春ダムは全体的に元素濃度が低いことが特徴として見られ、前貯水池があることにより土砂がダム湖内に堆積しにくくなることで、貧酸素化し還元環境になった時に溶出する元素が少ないのではないかと考えられる。

湖底の底生動物相については、地域に関わらずユリミミズ*Limnodrilus hoffmeisteri*かイトミミズ*Tubifex tubifex*あるいは両方が優占していることが明らかにされ、中栄養の自然湖沼と類似していた。この成果が論文として公表された。

沿岸帯・水位変動帯については、衰退がつづくヤナギ*Salix*林の遷移の把握とその要因を追跡している。仮説の一つとして水没が植物にストレスを与えていることが挙げられるが、抗酸化酵素の活性などから評価する限り、この仮説を否定する結果は得られていない。

水位変動帯の外來種アレチウリ*Sicyos angulatus*の除去方法の検討を行った。アレチウリの分布が拡大していること、アレチウリは鉛直12m以上伸長し、ヤナギ類を完全に被覆しうることが明らかになった。種子の発芽実験から、成熟前の冠水により発芽能力が低下することが認められ、早いうち(10月)の貯水位上昇によりアレチウリの繁茂は抑制可能であると推測された。

ダム湖内については、基礎的な生産・分解プロセスの理解が進みつつある。2016年からは曝気などの水質保全策によりダム湖の一次生産やプランクトン群集がどのように変化するか、データの収集が始まっている。これらは、ダムによる通常管理がどのように生態系に影響をあたえるか、逆にある種の生態系影響をコントロールするためには、どのように管理できるかを明らかにするだろう。

沿岸帯・水位変動帯に関しては、植生の成立要因、動物による植生の利用、外來種が侵入した場合の駆除方法が明らかにされてきた。これらは、すぐにでもダ

ムの現場で活用可能だろう。

b) ダム下流生態系研究グループ

ダムの下流生態系への影響および影響を軽減する方策の評価に関する視点・枠組みを構築しつつ、その根拠となる現象の把握やモデルの作成を行っている。枠組みとしては、過去の議論のなかで、河川における水(流量)・土砂等要素のフラックスと、その要素のストックである景観という認識を明確にし、ダムをフラックスの変換装置として位置付けた。保全策においては、フラックスの制御と、景観の直接的な改善の2つのタイプを認識することが重要であることを示した。この議論を継続して、下記のようないくつかの追加すべき視点を見出した。

- ・フラックスの定常性と、非定常性を分けて考えること：たとえば、土砂・流量において河道の骨格を改変する1/30年を超える洪水とそれ以下の洪水。

- ・ある要素のフラックスと生態系指標の関係に対するほかの要素の影響：たとえば、ある種の生息場面積と流下土砂量の関係は、フラッシュ放流がある場合とない場合で異なる。

- ・生態系指標の間でフラックスに対する最適値が一致しない場合の対応：局所的な対応としての多自然工法の活用

- ・河川生態系の健全性とヒステリシス：たとえば、樹林化した場合は土砂フラックス・流況を戻したとしても、河道の景観はもどらない。

- ・ダムの配置の認識：ダムが直列的につながる場合と、並列である場合の影響の評価及び流域での保全策の考え方

上記の根拠とすべき各論については、以下の進展があった。

<潜在的な河道特性>

地質の影響を単なる河床材粒度組成のみではなく、形状から評価し、間隙の大きさと底生動物サイズに関係付けた。

<流下POM(粒状有機物)のダムによるフィルターと生成>

矢作川(ダム直列)において、多地点(ダム上、ダム下、次のダム湛水域の上)で流下POMを調査し、ダム湖のフィルター効果(沈降、生産)、中間河道における変化を評価した。最上流の矢作川ダムは、POMやSSの補足に大きく寄与していることが認められ、他の回転率の大きなダムは、沈降・生成にあまり寄与していなかった。

<付着藻類現存量に対するダムの影響>

付着藻類量のモデル(各フラックスの変化をダムな

し、ダムありで検討し、各要因の寄与を推定)を矢作川のダムが連続する部分に拡大し、流下方向の変化を検討した。実際の成果は来年度以降となる。

<連続するダムの生態影響>

ダムが連鎖したそれぞれのダム直下で生産/呼吸量の比(P/R)が上昇していることが確認された。魚類の肥満度もそれに関連していた。

<河道地形管理>

生態機能—河床地形—管理(土砂供給・流況・川幅)をつなぐ方策の検討を進めている。木津川流域における過去の土砂移動量と当時の生息場面積から、土砂フラックスと生態機能の関係式を作成し、複数の生態系指標(タナゴ類などたまりに生息する種の生息場、アユ*Plecoglossus altivelis*の産卵場)において最適な土砂量を推定した。生態系の複数の指標において、最適となる土砂量が異なる場合、局所的な対応で(一部)両立することも可能であることを示した。

ダム下流については、フラッシュ放流、増量放流、置き土、選択取水による水温・水質コントロールなど、様々な保全策が、いくつかのダムにおいて行われている。この研究グループの成果は、どのような施策を行えば、どの程度生態系復元ができるか明らかにする。また、それらの「フラックス管理」で対応できない部分については、河道地形管理(「景観管理」)で対応するという提案を組み合わせ、全体としてどのような対応が可能か、検討する枠組みの提示が可能になるだろう。

c) 周辺森林研究グループ

河川類型化については、全国の水系について、気候(降水)、地質、火山、構造運動を要素として15類型を提案した。ダムの密度や分布についても、その15類型を修正した17類型でその特徴が異なることが示唆された。

水生昆虫の羽化量調査については、菅生ダム(兵庫県)において、方法的な試行を含め、現地調査を行った。トラップ間の比較では、衝突板付きバントラップは、ライトトラップやマレーゼトラップよりも多く採集できた。水生昆虫の量としては、ダム湖は上流よりも少なく、ダム下流は上流よりも多かった。陸上への分散については、水生昆虫の飛翔は、ほとんどの場合30m程度であり、それ以上の分散は、トビケラ類の一部やヘビトンボ*Protohermes grandis*など、一部の分類群に限られていた。また、空間的な特性が重要で、森林内部よりも道のような開けた連続的な空間で分散が確認される傾向があった。

文献情報・データベースによる全国の羽化量および

栄養塩の水域から陸域への持ち出し量については、その概念・骨格を整理した。

陸上動物による水生昆虫の利用については、水生昆虫調査と同じ菅生ダムで調査を開始している。鳥類の捕獲と採血により安定同位体比分析用の試料を得た。また候補となる無脊椎動物を採集した。現在、同定等の作業が進行中である。

河川周辺の生態系が、隣接する河川から(とくに生物の移動により)大きく影響をうけることは過去様々な研究事例がある。しかし、ダム湖が形成された場合には、河川からの影響は変化すると考えられるが、今までその実態は全く明らかにされてこなかった。この研究グループの成果の蓄積により、実態が把握できるとともに、環境影響評価における調査手法を示すことができるだろう。

d) 分断影響研究グループ

ダムによって分断化、孤立化、陸封化された魚類個体群の存続性を明らかにする現場調査を四国吉野川水系の新宮ダム湖および柳瀬ダム湖の流入河川となる銅山川周辺において行った。調査前に、カワムツ*Nipponocypris temminckii*の生息分布面積をポテンシャルマップにより推定したのち、個体群存続のために必要な500個体をきる個体群サイズに分断化された場所を特定し、実際に現地において魚類相調査をおこない現在の分布状況を確認した。また、四国流域内の淡水魚40種に関するHSI(Habitat Suitability Index)モデルによるポテンシャルマップを作成した。現在、現場調査結果との対応により過去に開発してきた簡易的なPVA(Population Viability Analysis)法の有効性の確認と改良を検討している。

ダムおよびダム湖の流域物質循環に対する影響評価法の確立・改良を進め、特にダム湖下流生態系に与える影響解析について、一次元3層モデルを用いながら、現場データとの対応関係をもとにその改良を進めた。また、香川県綾川においてダム湖が流程に沿った温度分布に与える影響解析をおこなった。温度はアユなど淡水魚類に大きな影響を与えその分布に影響をあたえるので、このことに関するデータを集め、今後ダム湖が下流河川環境に与える影響解析モデルに反映させる。

ダムによる水生生物の移動分断に対しては、魚道などによる改善策がしばしばとられる。しかし、どこに魚道を作れば効率的に水生生物を保全できるかは、かならずしも明確にされてこなかったし、それを明確にする手法が提示されてこなかった。この研究グループの成果により、ダム等の横断構造物による水生生物の

移動分断について、影響が生じる種、場所を(簡易的に)予測できるようになり、どこで対処すればよいか明確になるだろう。

e) 初期変化研究グループ

試験湛水後のダム湖流入河川の魚類相変化について、2010年の試験湛水前、上流性のタカハヤ *Rhynchocypris oxycephalus jouyi* とカワムツで占められていたが、湛水をきっかけに中下流性のオイカワ *Opsariichthys platypus*、ムギツク *Pungtungia herzi* 等が加わり、上中流の魚類と中下流の魚類が混在するものとなった。しかしながら、湛水から数年が経過し、混在する状況は変わらないものの、中下流性の魚類が減少傾向を見せた。今後、中下流の魚類の消失が起こり、試験湛水以前の魚類相に戻る可能性もあるので、調査を継続し、その変化を追跡する。また、2014年秋の調査で、ヤマメ *Oncorhynchus masou* のスモルト化した個体を確認した。この水系では、降海型は知られておらず、ダム湖を海域に見立てたヤマメの回遊が起きている可能性が考えられる。

哺乳類によるダム湖周辺陸上利用のモニタリングとして、水没しないエリアにおける継続したテン *Martes melampus* の糞採取・糞内容分析調査、糞のDNA分析による個体識別調査、および試験湛水時に水没するエリアにおける哺乳類の痕跡と捕獲(小哺乳類を対象)の調査を行っている。水没しないエリアにおけるテンの糞数は、ダムの本格工事の開始直前に近い状態に回復しつつあった。水没したエリアではテンの糞はごくわずかで、数年経ってもこのエリアをあまり利用していないと考えられた。水没したエリアに延べ225罟(シャーマントラップ)を設置したが、わずかにアカネズミ *Apodemus speciosus* が2個体捕獲されただけであり、小型哺乳類の利用頻度は低かった。以上のことから、ダム湖周辺の試験湛水で水没しなかったエリアの哺乳類の生息状況は、全体的に工事前の状態に回復しつつあると考えられるが、水没したエリアの利用は非常に少ないと判断される。

試験湛水から5年間の現地観測データを基に、嘉瀬川ダム上下流の水質特性を検討した。嘉瀬川ダムには本ダム貯水池内の水質保全・荒廃地の防止、ダム貯水池上流域の親水環境の創出を目的として、その上流約4km地点に副ダムが設置してある。副ダムの貯水池では、貯水池容量が小さいためにクロロフィルa濃度、総窒素、総リン、SSの変動が大きかった。しかし、裏を返せばこのことにより、本ダム貯水池における安定した水質を確保できていると考えられる。POMについては、2013年度までに行われた分析項目に加え

てダム上下流の15地点でサンプリングを行い、水質および有機物について流呈に沿った動態を把握した。ダムの建設により、河川水中の栄養塩が一次生産により固定されており、これに伴う大気中の二酸化炭素の利用によってPOMの $\delta^{13}\text{C}$ が上昇していた。一方ダム建設直後は、ダム下流でPOMの $\delta^{13}\text{C}$ が減少する現象が見られており、ダム湖内に溶存態で存在する炭素の供給源が運用後数年で変化している可能性が示唆された。堆積性SOMはダムの影響が少ないと考えられる場所では、その $\delta^{13}\text{C}$ は-28‰付近の値を示しており、ばらつきも少なく、起源は陸域の有機物と考えられた。

社会的な変化とその波及影響については、全戸が移転し、かつ残存民有林がある地区を事例として選び、水没を免れ現地に残された農地や山林がどのように利用管理されているか、実態把握を行った。付け替え道路で下流部からの時間が短縮されたため、残存農地での日帰り作業が可能となったことによって農地が維持されていると考えられた。「山の米がおいしい」ということが自給用の米栽培のために通耕する動機となっているようである。一方、アクセスの悪い山林は、とくに離れて住んでいる移転者の関心を削ぎ、放置されていく危険性が最も高いと考えられる。

この研究グループの成果は事例的なものではあるが、どのような現象が試験湛水後、回復し、あるいは回復しないのか、回復するものはどの程度の時間を要するのかを理解することの一助となる。また、ダム湖に陸封される魚類については、個体群の存続性が高まる可能性もあるため、ダム湖という場を用いて積極的に希少種の保全を行う方策についても、研究会として議論を進めている。

また、ダム事業-社会変化-生態系変化の関係を明らかにすることは、人が関係して形成されてきた日本の生態系においては、生態系をよりよい状態に維持することに役立つだろう。

f) データ活用研究グループ

データベースの構築・整理・更新については、2008-2012年に収集・整理した、1) 流域のGISデータ、2) 各ダムの環境データ、3) 生物データ、の追加・更新を2014年度以降も継続している。2015年度には、河川環境解析に利用しうる魚類形質データベースを作成した。これは、河川水辺の国勢調査掲載種について、形態的・生態的な形質を掲載したものである。

ダムによる大型有機物片(流木:LWD)貯留量のマクロ解析からも推測された傾向を検証するため、四国の梁瀬、初瀬、永瀬ダム流域と、北海道の定山溪、桂沢、大雪ダム流域で調査を実施した。その結果、LWD河

道内滞留量は、北日本で高く、南日本で低い値を示すなど、LWDの流出について、北日本のtransport-limited、南日本のsupply-limitedの傾向を裏付ける結果が得られた。

土砂流出についても全国ダムサイトの貯砂データから同様な解析を行い、同じ降雨量で比べると北日本の方が南日本より土砂流出量が大きい結果が得られた。但し、土砂流出に影響する降雨量は、LWDにくらべて小さいことが明らかになった。さらに、流木流出量を左右する樹林化や河床低下傾向についても解析し、砂・礫河川ともに河川による差はあるものの、全国レベルで経年的に河床低下と樹林化が進んでいることが明らかになった。

河道の樹林化に伴う鳥類相の変化については、河川水辺の国勢調査等を中心に解析し、砂礫性鳥類が減り、森林性鳥類が増えている実態が明らかになった。さらに、砂礫性鳥類が多い河川は、糸魚川静岡構造線に代表される、地質的に脆く大量の土砂を生産する区域(北陸・中部地方)に集中することが明らかになった。

魚類では、種数等でみた場合には、ダムの影響が検出されないことが多い。生態的・形態的な形質は、個体数より情報量が多く、変化に対して敏感だと考えられる。また、形質の多様性がダムの上下流でどのように変化しているかを解析した。群集間の形質類似性評価は、群集内での種間形質距離の平均と上下流を混合した際の種間形質距離の平均の比較により行った。高緯度のダムでは形質類似性が低くなる傾向があることがわかった。種の指数では検出できなかった影響が、形質を考慮することにより検出された。

環境DNAを用いたダム湖魚類相の調査を開始した。2014年度には全国の30ダムにおいて、冬季に湖心で採水したサンプルをもちいてサンフィッシュ科外来魚の検出を試みたが、検出率はいずれの種についても40%程度と低かった。これを受け、2015年度には、ダム内のどのような地点において、どのような季節に採水することが適切かを検討するために三春ダムの沖と岸で経時的なサンプリングを行った結果、夏季の岸での採水が検出率を最大化させることが明らかになった。また、2015年に開発された環境DNAメタバーコーディング手法を予備的に適用したところ、捕獲調査で確認された8種のうちの7種を含む合計9種の検出に成功し、メタバーコーディング手法による生息魚種の調査も可能である事が示唆された。

研究やダム管理に使うことが可能なデータベースは整いつつある。しかし、その維持管理や公開(他者の利用)については、まだ明確な方針を打ち出せていな

い。これらについては、今後の課題となるだろう。

生物の生息確認手法として近年急速に発達してきた環境DNAの手法については、ダムで活用する場合に、どうしたらよいか、分かりつつある。ダムにおける生物生息確認手法として、河川水辺の国勢調査などの調査の一部を担うことも可能になるだろう。

4. おわりに

ダム湖と水源地域に形成される新たな生態系についての科学的知見を統合し、その成果を地域の環境保全と社会の発展・再生に活用することが、水源地生態研究会の目的である。ダムによってもたらされる河川や周辺の生態系の科学的理解がその基礎となるが、研究成果がダム管理の現場で活用されることに大きな意義がある。現在まで、研究成果を論文(一柳ほか(2015)の付表公表論文リスト参照)や書籍(池淵、2008;大森・一柳、2011;谷田ほか、2014)で公にしてきた。2016年度には、研究成果を、ダム管理に直接携わるダム管理所等の職員やコンサルタントに向けたセミナーにおいて発信することを計画している。今後も、基礎的な成果をあげつつ、これを活用してもらおう工夫が重要となるだろう。

謝辞

ここで記した研究成果は、それぞれ、グループ長のリーダーシップのもと、研究活動を行った委員によるものである。関係したすべての方々へ感謝したい。

参考文献

- 1) 一柳英隆・天野邦彦・谷田一三・江崎保男(2015)水源地生態研究会の経過と成果.平成26年度水源地環境技術研究所所報 pp.61-73.水源地環境センター.
- 2) 池淵周一(編著)(2008)『ダムと環境の科学 I ダム下流生態系』京都大学学術出版会.
- 3) 大森浩二・一柳英隆(編著)(2011)『ダムと環境の科学 II ダム湖生態系と流域環境保全』京都大学学術出版会.
- 4) 谷田一三・江崎保男・一柳英隆(編著)(2014)『ダムと環境の科学 III エコトーンと環境創出』京都大学学術出版会.