

一般財団法人新潟県建設技術センター研究助成  
平成29年度研究成果報告書

三面川再生に向けたステークホルダー・インタレスト分析と魚類に着目した河川環境再生手法の検討

新潟大学 朱鷺・自然再生学研究センター 豊田光世  
熊本大学 先端科学研究部 皆川朋子

### 研究の背景と目的

古くより鮭の川として知られる三面川は、地域を支える重要な自然資源である。現在、森づくりなど流域保全の取り組みが行われているが、地域資源としての価値をさらに高めていくためには、さまざまな視点から三面川の価値・課題を見出し、再生シナリオを示す必要がある。近年は、中流域における課題として、アユの漁獲量の減少が指摘されており、その要因としてダムの影響が懸念されている。ダム下流では、河床の粗粒化、黒色化、糸状緑藻の繁茂といった問題が生じ、新潟県はこれらを改善するため、河床の天地返し（河床整形）を平成25年度より実施しているが、その効果は限定的であると考えられる。そのため、河床整形の効果を定量的に検証しつつ、より効果的な対策を検討していく必要が生じている。

本研究では、三面川再生に向けたビジョン構築のための基礎データについて、以下2つのテーマで調査を行った。

1. 三面川再生に向けたステークホルダー・インタレストの分析（担当：豊田光世）
2. 魚類に着目した河川環境再生手法の検討（担当：皆川朋子）

社会的側面および工学・生態学的側面から三面川をめぐる課題を分析することで、地域特性を生かした河川再生のシナリオ構築に貢献することを目指す。

### 研究成果の概要

平成29年度の研究を通して明らかになったことの概要を以下に示す。

- ・ 三面川中流部の再生をめぐるっては、当該エリアにおけるアユ漁の低迷を懸念している三面川鮭産漁業協同組合がキーステークホルダーである。中流部の再生は、多くの公的資金を要する公共事業であり、持続的な再生事業の推進のためには流域住民との連携を視野に入れる必要があるが、三面川漁協が抱く「アユ漁を再生したい」というインタレストだけでは、ステークホルダーが限定的で、事業の公共性は十分に見えない可能性がある。また、三面川は「鮭の川」としての知名度が高く、アユの漁場の再生という目標は、地域のアイデンティティを生かしたミッションとなっておらず、流域の協力を広く獲得できるとは限らない。このことは、河川の環境保全に向けた合意形成プロセスの検討において重要な課題となりうる。
- ・ 三面川の多面的価値を明らかにするために中流部の集落住民を対象とした聞き取り調査を行ったところ、三面川の三面ダム直下から布部にかけてのエリアには、少なくとも45件の名称が付されており、「三面川中流部」という一言では表現しきれない多様な川とのかかわりが明らかとなった。アユ、サケに限らない魚類資源の活用には生息環境の精緻な把握が重要だっただけでなく、交通や流通の要として船が利用されていたことから、瀬、淵、巻といった川の地形の特徴が把握できる名前が付けられている。
- ・ 川幅水位比に着目しダム建設前後を比較した結果、河口から8-9km上流の地点からダム直下（14km）までの区間において川幅水深比が顕著に低下し、瀬淵構造が発生しにくい河道特性に変化してきていることが分かった。
- ・ 環境DNA分析を用いてアユの縦断的な生息量を評価した結果、河口から5km地点の環境DNA濃度が最も高く、上流ほど濃度は低くなる。
- ・ アユの環境DNA濃度に影響する環境要因として、川幅水深比（B/h）の寄与率が高いことが示された。構築したモデルを用いて奥三面ダム建設前後の生息場を評価した結果、中上流域において瀬淵が発生しにくい河道に変化し、生息場としての質が著しく低下している可能性が示された。
- ・ 2つのテーマの調査を統合すると、河川環境の多様性の把握と再生が三面川再生の重要なスタートポイントであることが示された。

## 1. 三面川再生に向けたステークホルダー・インタレストの分析

三面川中流域では、ダム設置後の環境の悪化を受けて、環境保全・再生の対策を講じる必要性が高まっている。特にその必要性を強く訴えているのは、この川を生業の場とする三面川鮭産漁業協同組合（以下「三面川漁協」とする）である。中流部はアユの漁場として知られ、岩崩から荦太にかけてのエリアには地域内外の釣り人が多数集まったというが、アユの生息数は、激減の傾向にある。例えば、布部にあるやなへの落ち鮎の数は、平成22年度の8,851尾から、平成26年度の634尾へと10分の1以下に減少している<sup>1</sup>。同時期のアユ釣りの遊魚券販売枚数も、平成22年度の6,017（うち年券725）枚から、平成26年度の4,071（うち年券568）枚に減少した。漁業者は、必ずしもアユを主たる生計としているわけではないが、魚が豊富に生息していた川の姿や、釣り人が列を作って鮎釣りを楽しむ風景が失われたことへの喪失感は大きい。

漁協関係者がアユの生息数の要因として問題視しているのが、河床の石を黒く覆うマンガンの影響だ<sup>2</sup>。中流部の河床の石は黒く変色しており、そのせいでアユの餌となる藻の繁茂が阻害されていると認識している。マンガンが付着する原因は判明していないが、ダムの湖底に有機物が堆積していることと関連しているのではないかと懸念があり、漁業者は、河川管理者である新潟県に対し、マンガンを取り除くための対策を求めている。ただし、マンガンがアユに及ぼす影響については、まだ詳細が明らかとなっていないため、共同研究者である皆川が調査を進めている。

三面川中流部再生に向けた合意形成は、アユの生息環境改善のための技術導入にかかわる合意と、三面川の地域資源としての価値を高め再生の公共性・正当性を高めていくための合意という、二つの段階で検討する必要がある。後者の視点を踏まえると、科学的な原因の追究と改善策の開発を進める一方で、三面川中流部の再生の意義について、人びとの価値認識の再考という観点から改めて考えていく必要がある。中流部の再生は、多くの公的資金を要する公共事業である。また、持続的な再生事業の推進のためには流域住民との連携を視野に入れる必要がある。三面川漁協が抱く「アユ漁を再生したい」というインタレストだけでは、ステークホルダーが限定的で、事業の公共性は十分に見えてこない。また、三面川は「鮭の川」としての知名度が高く、アユの漁場の再生という目標は、地域のアイデンティティを生かしたミッションとなっておらず、社会的賛同を十分に獲得できるとは限らない。

そこで、本テーマでは、流域住民への聞き取り調査を実施し、地域の人びとと川との多彩な関わりを明らかにするとともに、三面川中流部の河川空間の多面的価値を整理した。かつての川の様子についての記憶や、河川の多様な価値認識の把握が、保全事業の社会的意義を高め、三面川再生の方向性を検討する際の合意形成の基盤的情報となる。

### （1）調査対象地域

環境の悪化が最も懸念されているのは、三面ダム直下から布部橋あたりまでの河川区域である。漁業者が懸念するマンガンの付着量は、上記区域内の岩崩で0.22mg/cm<sup>2</sup>、荦太で0.27mg/cm<sup>2</sup>であり、布部の0.031mg/cm<sup>2</sup>と比べるとかなり高い数値となっている。新潟県も区域内で対応策である天地返しを実施してきた。本調査の対象も、上記区域内にある「岩崩集落」「荦太集落」「布部集落」の3地域とした。

### （2）調査の方法

本調査では、三面川中流部の河川空間に付された地名を手がかりに、人と川との関わり、かつての川の風景などを明らかにし、三面川再生に向けた合意形成プロセスの方向性や考慮点を示すことを目指す。そのために、調査対象地域の3つの集落において、インフォーマルインタビューの形式で聞き取り調査を行った。調査対象者を表1に示す。対象者の選定は、「河川とのかかわりが深かった高齢者」という条件で、本間誠一

<sup>1</sup> 三面川鮭産漁業協同組合提供資料

<sup>2</sup> 2015年9月9日情報交換会での聞き取り、2016年2月24日三面川鮭産漁業協同組合での聞き取りほか。

氏の協力のもと進めた。

集落名	調査日	対象者	生年月日
布部	H29.7.19	Aさん	S25.4.2
		Bさん	S21.10.7
		Cさん	S23.12.1
		Dさん	S14.4.14
		Eさん	S25.2.26
荃太	H29.7.19	Fさん	S14.7.29
		Gさん	S15.4.12
岩崩	H29.7.20	Hさん	S12.3.12
		Iさん	S29.8.15
		Jさん	S29.6.16

表1 三面川中流部聞き取り調査対象者（H29年7月実施）

聞き取り調査では、特に河川の地名（通称地名・呼び名）に着目して、流域住民と三面川とのかかわりを明らかにすることを目指した。地名を通して環境認識を調査する研究は、地理学や民俗学などの分野で行なわれている（浅野 1984, 笹谷ら 1985）。河川整備においても、地名から認識される地形環境を踏まえて計画づくりを行うことの必要性が指摘されている（笹谷ら 1990）。こうした調査の意義として、微細な通称地名は土地の性質を深く端的に表す（笹谷ら 1985）、また地名は単なる場所に付された名称ではなく人間の空間に対する認識が表出している（藤永 2009）などが挙げられる。

本調査では、対象者の川の記憶を具体的な場所を特定しながら記録するため、流域の地図を囲んで、川と3のかかわりについて自由に語ってもらった。河川の通称名称を掘り起こしながら、それぞれの場所の特徴について記憶を辿って話してもらった。他者との会話のなかで思い起こされる記憶もあるため、グループインタビューの形式とした。インタビューの内容はICレコーダーで録音し、音声テキスト化した後に分析した。

### （3）聞き取り調査の結果

聞き取り調査で明らかになったことを、1）河川に付された地名、2）ダムの影響という項目ごとに以下にまとめる。

#### ①河川に付された地名

インタビュー調査の結果、三面川の三面ダム直下から布部にかけてのエリアには、少なくとも45件の名称が付されており、「三面川中流部」という一言では表現しきれない多様な川とのかかわりが明らかとなった。各地点の呼び名と地形的特徴、そこで見られた生き物についての情報を整理したものが表2である。

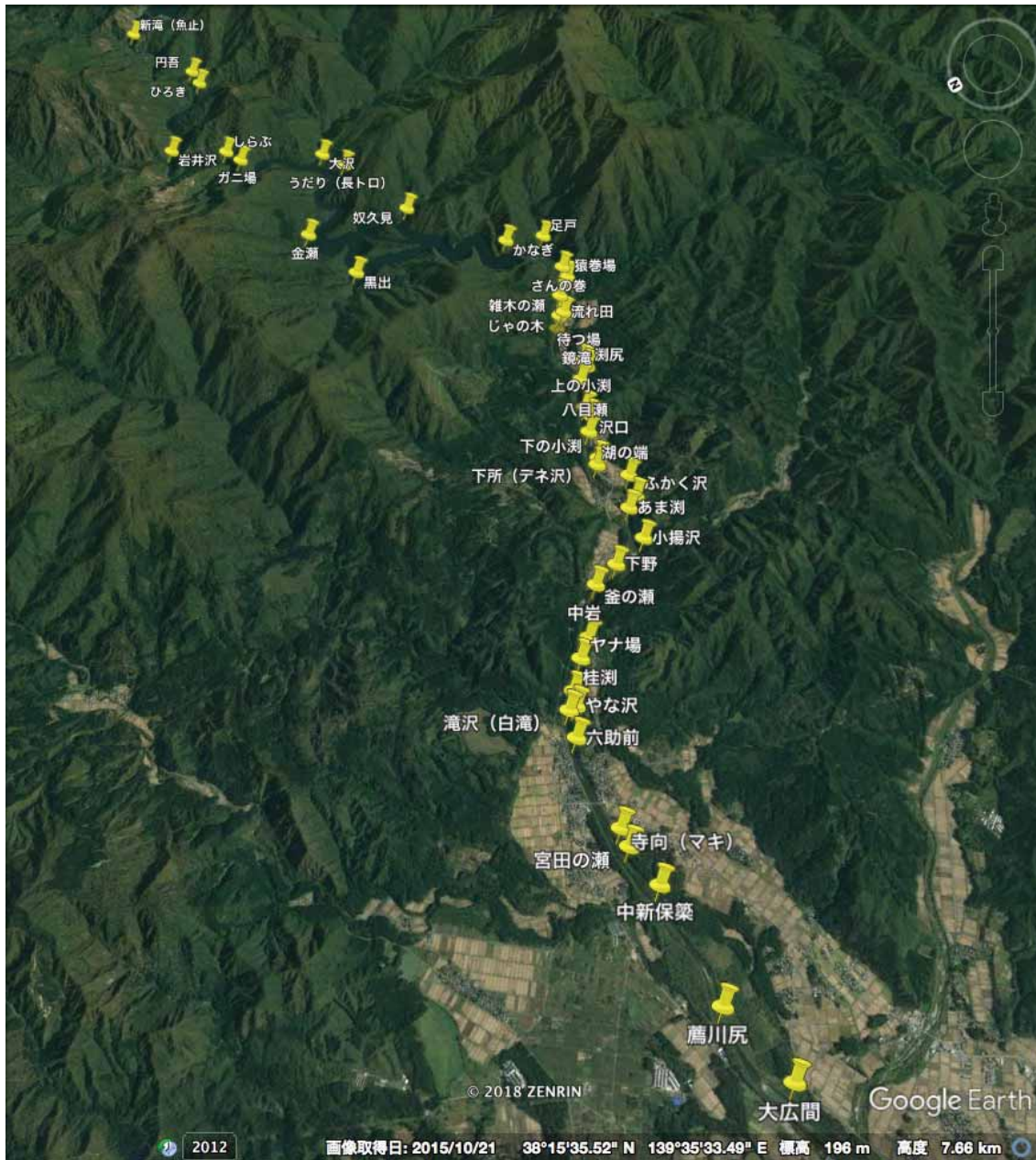
表2：三面川中流部の地名と特徴

地名	読み方	地形	生き物
新滝・魚止	しんたき・うおどめ	合流点	マスの本場
円吾	えんご		マス・キス
ひろき	ひろき		
岩井沢	いわいそ	沢	
しらぶ	しらぶ		

ガニ場	がにば		
大沢	ウソ	沢	
うだり・長トロ	うだり・ながとろ	瀬	アユの本場
金瀬	かなぜ	瀬	
奴久見	ぬくみ		イワナ
黒出	くろで	川原	アユ・アマゴ
かなぎ	かなぎ		マス
足戸	あしど		マス・サケ
さんの巻	さんのまき	巻	マス・アユ
猿巻場	さるまきば	淵	
雑木の瀬	ぞきのせ	瀬	マス・アユ
流れ田	ながれだ		
じゃの木	じゃのぎ	砂原	スナヤツメ・エビ
跨ら田	こらだ		
赤堀	かぼり	川原	マス・アユ
待つ場	まつば		
淵尻	ふちじり	淵	マス・アユ・サケ
鏡滝	かがみたき		
上の小淵	うえのこぶち	淵	
沢口	さわぐち	沢	
八目瀬	やつめせ	瀬	ヤツメ
下の小淵	したのこぶち	淵	
下所・デネ沢	しもどころ・デネゾ	沢	マス・ウグイ
湖の端	うみのはた		マス・アユ・サクラウグイ
ふかく沢	ふかくぞ	沢	
あま淵	あまぶち	淵	
小揚沢	こあげぞ	沢	サクラウグイ・ヤツメウナギ
下野	しもの		
釜の瀬	かまのせ	瀬	
中岩	なかいわ		
ヤナ場	やなば		
桂淵	かつらぶち	淵	
やな沢	やなぞ	沢	
滝沢・白滝	たきぞ・しらたき	沢	
六助前	ろくすけまえ	河原	
寺向・マキ	てらむこう・まき		
宮田の瀬	みやだのせ	瀬	
中新保築	なかしんぼやな		
薦川尻	こもがわじり		
大広間	おおひろま		



図 1：三面川中流部の地名のプロット



今後、さらに聞き取り調査と現地調査を重ね、結果の精度を高めていく予定である。表 2 では生き物についての情報を示したが、このほかにインタビュー調査のなかでは、山仕事や暮らしと川とのかかわりについての言及もあった。例えば、舟運が主な交通・輸送手段だった時代は、安全な運航のためにも瀬や瀧を認識し、川の深さを知ることが重要であったと予測される。燃料としての木材の確保や輸送においても、川は重要な拠点であった。そうした特徴も合わせて整理し、川と人のかかわりの全体像を明らかにする必要がある。

## ②ダムの影響

三面川中流部の再生は、ダムによる環境への影響から必要性が問われるようになった。ただし、聞き取り調査のなかでは、ダムの設置によってもたらされた恩恵についての発言もあった。調査で得られたダムの影

響についての意見を正負両面から以下に示す。

#### 【プラスの影響】

荃太

- ・ ダムなかったらほんとやっぱ安心していられねもんな
- ・ 奥三できたから、確かに安心してはられる。

岩崩

- ・ 道路が良くなったことが一番いい。
- ・ 結局、水わろなったんだろな。けども、洪水が起きねえだけいい。あれはいがった。あれ、おっかねがったんだよ。あそこでもって、みんな止まってたよ。俺、夜中にでも、なんだや、電話でもってみんな聞いたんだけどさ。相当な雨降ったよ。あれじゃこっちみんなやられるよ、昔だば。
- ・ 魚には悪くなったけども、ほんとに治水考えると、おらっちはいがったろな。
- ・ (ダム建設時は岩崩に) 郡内の若い男女がみんな集まったん。岩崩に映画館あったり、飲み屋があったり。うん。警察もあったん。

#### 【マイナスの影響】

布部

- ・ ダムの後は泥しか流れてこなくなった。今みたいな状態。穴がないのでカジカがいなくなった。奥三面ダムができてからさらにダメになった。濁りが消えなくなった。どうなって直すの？ダムを動かすか？解体するのか？耐用年数は？半分くらい埋まっているのでは？鮎も減ったのかもしれないけど、二つ目のダムができてから全く獲れなくなった。サケはまだ来ているけど。カジカは全然いない。潜るところ、隠れるところないし。
- ・ 以前は玉石がよく取れた。今は泥で埋まっている。石が流れてこない。海では貝やノリが獲れなくなっている。ダムは成長のために必要だったかもしれないけど・・・
- ・ 今も「瀬」「淵」という地名がある場所は、それなりに深さの差はあるが、前よりはなくなってしまった。
- ・ 今の子供達は川に入れない。石がすべる。歩けない。
- ・ 自然のサイクルをダムが止めている。本来の自然の能力を生かせるシステムを。

6

荃太

- ・ ダムの一番底の土砂ばけがないってやんだけてんで、砂が流れてしもう。砂なくなって、もうだから、ヤツメとか、ああいうのがいなくなったんだもんな。砂が流れてくるもん。
- ・ ダム二つになってから、300トン以下の水がぜってて以上は出ないから。だすけ、ああ、ちょっと増えたくらいで、あれじゃないですか。前だば、ほんとに荃太の驚見橋超えるか超えないかなんていう、500トンぐらいの水、出るときなればやっぱ石もある程度動いたろうし。
- ・ ほんとに怖いほどいだんだわ。潜ってくと魚がぐわっとおって。小さいたって、俺、中学のころより潜ってやんだけども怖かったもん、やっぱり。がさっとこう見るとね。あれだけいよった魚がもういなくなったなんか、やっぱりほんとダムって確かに怖いことは怖いな。

岩崩

- ・ (魚は) だんだん減ってった。水わろなったすけ、来のなったんだ。三面ダムだけのときだば、それでもまだいがった。奥三ができてから特にああいうんかった。今もそんだがな。
- ・ ダム造る前だば、奥三面だの、猿田だの、あそこらみたいにほんとに透き通った水の色ってやんが、沢水みたいな感じだった。

- ・（ダム建設）の前はほんとに澄んでて、5メートルも3間も先見えるような、今だば、奥三面の猿田川みたいな川だったわけじゃないすか。ただ、しだども、三面ダムできてから、今まで50年も、60年もたつわけですけど、ただ、その前にスーパーラインできる前までだば、もっといい川だったんねろかね。

ダムから受ける恩恵についての認識はあるものの、負の影響に対するインタレストが強い。発電による収益については、地域還元が十分になされていないためか、ほとんど話題に上がらない。ダムの役割と効果を多角的に整理し、地域での生かし方を改めて検討する必要がある。

### ③その他三面川再生にかかわる発言

- ・ 鮎のために天地返ししている。でも天地返しするとデメリットもある。砂が流れていってしまう。また上流の泥が溜まっていく。限界がくるのでは？
- ・ 土木と企業局の縦割り。放流のサイレンならすのは、土木。企業局は夜電気がいらぬから絞ろうとする。

### （4）考察と今後の展開

「三面川中流部の再生」というコンセプトから見えてくる合意形成の枠組みは、アユ漁を活性化したい漁協と、河川管理者ならびに上流のダム管理者である県との間に生じる、極めて限定的なインタレストによって規定される。この枠組みにおいては、どのような技術的解決策が可能なのか、また各解決策がどの程度のコストや環境インパクトを与えうるかという観点からのみ意思決定の方向性が検討されることになる。しかしながら、桑子（2005）が「川は人びとにさまざまな経験を与え、人生を豊かにする可能性をもつ」と述べる通り、より包括的な視点から河川の意味を捉えなければ、公共事業として実施される再生の意義も乏しいものとなってしまう。三面川がもつ意味を丁寧<sup>7</sup>に紐解いていくことが、地域の多様な主体の協力のもと、河川再生を持続的に進めていくうえで、重要なステップとなる。

これまでの調査では、三面川中流部に45件の地名が付されていることが明らかとなり、各地点の地形的特徴やかつての川の様子、人の暮らしとのかかわりについての多様な価値認識の端緒を得ることができた。本調査で明らかとしたような河川空間がもつ多彩な意味と特徴を踏まえなければ、三面川中流部の再生事業は極めてビジョンに乏しいものとなってしまう。

今後は、以下の点に焦点を当てて引き続き研究を進め、三面川再生の方向性について社会的側面から検討する。

- ・ 地域住民に対する聞き取り調査を再度実施し、地名や川の特徴にかかわるより詳細なデータを収集する。特に、女性への聞き取りがなされていないため、女性を対象とした聞き取り調査を行う。
- ・ テーマ2の調査データも生かして三面川中流部再生の社会的プロセスを検討する。さまざまな流域住民を巻き込みながら、三面川再生を地域の事業として発展させていくために、本調査で得られる川の履歴についての情報をいかに生かしていくかを検討する。

### ■参考文献

- 浅野久枝（1984）「東京都三宅島における地形を主とした民俗分類体系」地理学評論 57(8): 519-536.
- 桑子敏雄（2005）『風景のなかの環境哲学』東京大学出版会.
- 笹谷康之・中村良夫（1985）「農村集落の民俗空間構成に関する研究」造園雑誌 48(5): 318-323.
- 笹谷康之・中村良夫（1990）「語彙体系による河川地形環境認識の把握について」環境システム研究 18: 7-12.
- 藤永豪（2009）「有明海における漁民の環境認識—地名と流し網漁師の事例から—」教育系・文系の九州地区国立大学間連携論文集 2(2): 1-11.



## 2. 魚類に着目した河川環境再生手法の検討

三面川では、奥三面ダム建設後においてアユの現存量が減少したとされ、生息場の改善が急務となっている。国内外の多くの河川において、ダム建設後、下流河川への土砂供給の諫止や流況の平滑化等により、河床底質の粗粒化や河道の二極化・樹林化が進行することが報告されている。三面川においても、奥三面ダム建設後、樹林化の進行や河道の二極化やダム下流河川における粗粒化が確認されている。粗粒化はアユの餌となる付着藻類の生育に影響を与え、また河道の二極化は瀬や淵の消失を招き、アユのみならず、他の魚類や水生生物にも影響を及ぼしていると考えられる。ダム下流河川における粗粒化や付着藻類の異常繁茂を改善するため、1990年代より置土やフラッシュ放流が実施されているが、三面川においても、河川環境の現状を科学的に評価し課題を明らかにした上で、保全・再生目標や再生シナリオを具体的に示していく必要がある。そこで29年度は、奥三面ダム建設後の河道の変化に伴う生息場の変化や現在のアユの生息分布等を評価し、現状の課題を科学的に評価することを目的として調査を実施した。

### (1) 奥三面ダム建設後の河道の変化

写真-1に奥三面ダム建設前後における三面川の1975年と2015年の空中写真（国土地理院撮影）を示す。樹林化が認められ、その要因として多くのダムで報告されている流況の変化（図-1）とこれに伴う河床攪乱頻度の減少（図-2）があげられる。樹林化が進行すると、川幅が減少するため、砂州形態を規定する川幅水深比（以下、 $B/h$ ）が低下する。 $B/h$ は、年最大流量程度時における川幅（ $B$ ）と水深（ $h$ ）の比によって算出される指標で<sup>1)</sup>、砂州発生の有無や、単列砂州、複列砂州等の砂州形態を示すため、アユの生息場として重要な瀬淵構造を評価することができると考えられる。そこで、奥三面ダム建設前の1975年と2012年における河口から約15km区間の $B/h$ を算出した。結果を図-3に示す。特に8-9kmより上流の区間で $B/h$ が大きく低下していることがよみとれる。1975年は $B/h$ が100を超える地点も多く、複列砂州が形成されていたと推定されるが、2012年は50程度であり砂州が発生せず、瀬淵構造が明瞭に形成されない領域にあることがわかる。また、



写真-1 樹林化進行の様子(1975年:奥三面ダム建設前, 2015年:現況)

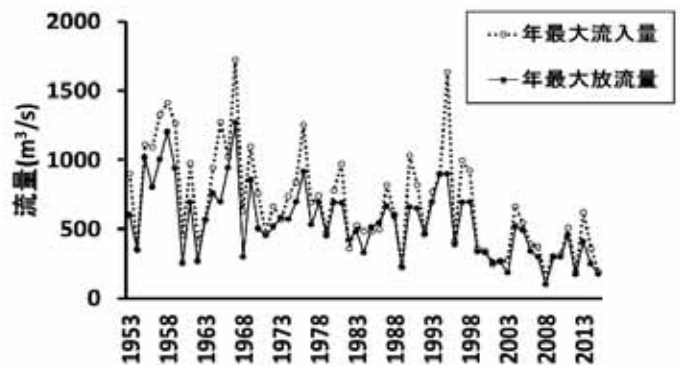


図-1 三面ダムにおける流況データ(1953-2015)

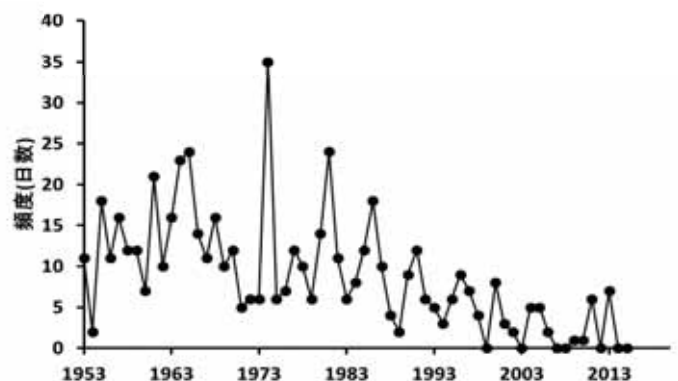


図-2 河床攪乱頻度(1953-2015)

iRIC(Nays2DH)を用いて9km~14kmにおける1972年及び2012年の流速, 水深を算出した. 結果を図-4に示す. 瀬淵が不明瞭となっていることがこの図からも読み取ることができる.

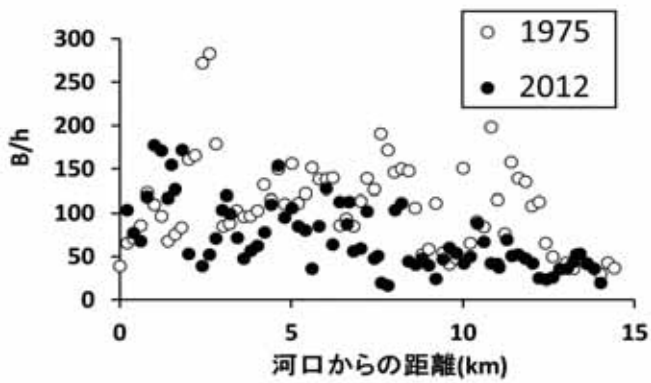


図-3 奥三面ダム建設前後における B/h の変化

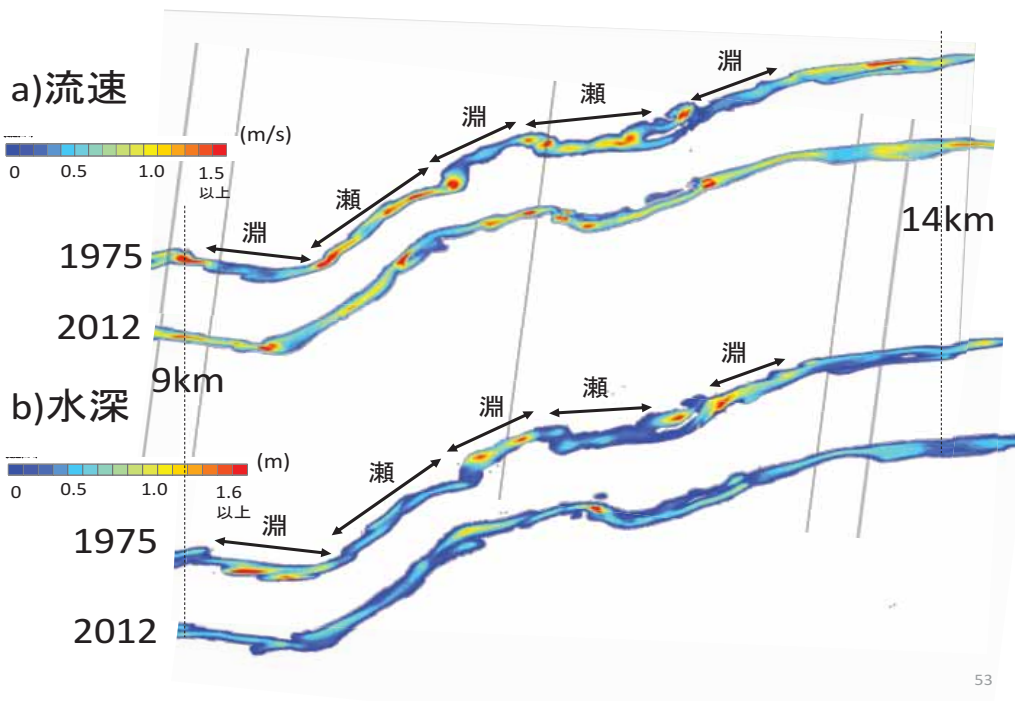


図-4 9-14km 区間における平水時の水深・流速の比較

## (2) アユの縦断的分布

アユの縦断的分布を把握するため、環境 DNA 分析を用いて生息量を評価した。環境 DNA 分析とは、水や土壌を採取し、その中に含まれる生物から剥がれ落ちた皮膚や分泌された粘液、腸の粘膜を含む糞などに由来すると考えられている DNA 断片を検出することによって、そこに生息する対象生物のモニタリングを行う手法である<sup>2) 3)</sup>。

環境 DNA 分析に用いる採水は 2017 年 7 月 2-3 日、8 月 29-30 日及び 10 月 29 日に実施した。採水は流心表層において 1L 採水した後、直ちに DNA の分解を阻害するための塩化ベンザルコニウム溶液を 1L あたり 1mL 加え、冷暗状態で保存し熊本大学に運搬した。届いたサンプルは、GF/F ガラスフィルターで濾過した後、凍結保存した。フィルターからの抽出は、サリベットチューブ及び DNA 抽出キット (DNeasy Blood & Tissue Kit, Qiagen) を用いて内井らの方法<sup>4)</sup>に従った。抽出した DNA のサンプルは、qPCR を行う前に、PCR 溶液として調製し、抽出した DNA のサンプル溶液 2 $\mu$ L に、50 $\mu$ M の Primer (Forward と Reverse) をそれぞれ 0.36 $\mu$ L ずつ、10 $\mu$ M の Probe を 0.25 $\mu$ L、2 $\times$ Probe qPCR Mix (TaKaRa Bio) を 10  $\mu$ L、H<sub>2</sub>O を 7.03 $\mu$ L 加え、合計で 20 $\mu$ L とした。PCR 増幅には、リアルタイム PCR 装置 (Thermal Cycler Dice<sup>®</sup> Real Time System III TP950: Takara, Shiga, Japan) を用い、PCR の条件として、95 $^{\circ}$ C で 15 秒、60 $^{\circ}$ C で 1 分からなるサイクルを 55 サイクル行った。なお、アユに特異的な Primer 及び TaqMan Probe については、Yamanaka & Minamoto<sup>5)</sup>と同様のものを使用した。PCR 装置によって検出された Ct 値 (threshold cycle) は、既知濃度 (6000, 600, 600, 60, 6 copies//ml) で作成した検量線を用いてそれぞれのサンプルの DNA 濃度を算出した。

分析結果を図-5に示す。環境DNA濃度は7月においては河口から1.5kmから7km区間で比較的高い値を示し、5km地点の早瀬において最大値を示し、12kmから14m (ダム直下) にかけては低い値を示した。8月においては、7月とほぼ同様な分布を示し、河口から1.5kmから7km区間で比較的高い値を示し、12kmからダム直下にかけては低い値を示し、ピークも同様に5km地点であった。また、図-5は7月8月におけるそれぞれの最大値を1.0とした場合の各地点の濃度を相対的に示したものである。10月においては下流区間で高い値を示し、産卵のための降下と対応した分布状況を示したものであると考えられた。

## (3) 一般化線形混合モデルを用いたアユ生息場評価

(2) で縦断的な分布状況が定量的に明らかになったが、アユの生息量を規定する物理的要因を明らかにするため、(2) で得られたアユの環境DNA濃度を目的変数とする一般化線形混合モデル (GLMM) を構築し評価した。説明変数として、アユの生息に寄与すると考えられる水深 (h)、流速 (v)、河床材料値 (S)、河床勾配 (l) に加え、河道横断形状を加味するため川幅水深比 (B/h) を選定した。前述したように B/h は出水時における川幅 (B) と水深 (h) の比であり、瀬淵構造を規定する河道特性値として一般的に用いられる指標である。なお、モデルに用いる水理量は、iRIC (Nays2DH) を用いて算出し、ベストモデルは AIC 基準に従い、最も AIC 値が小さいものをベストモデルとした。

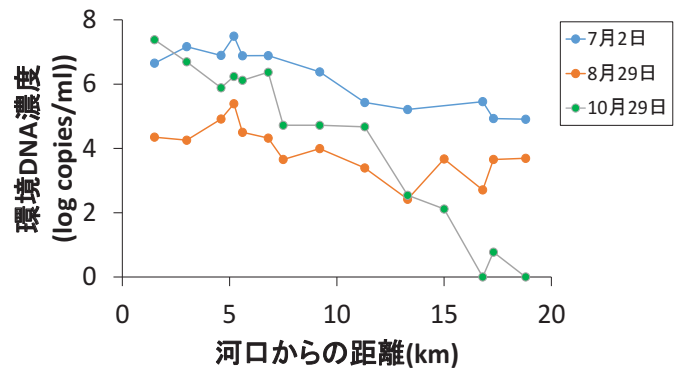


図-5 縦断分布

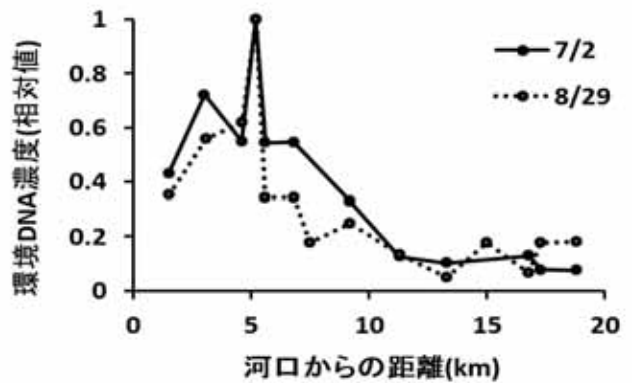


図-6 縦断分布(相対化)

表-1 GLMM 線形予測

Explanatory variables	Objective variables
(Intercept)	3.28E+00
I	-1.60E+02
I <sup>2</sup>	-
h	-1.06E-03
h <sup>2</sup>	7.07E-05
v	7.77E-03
v <sup>2</sup>	-3.35E-05
B/h	4.91E-02
(B/h) <sup>2</sup>	-2.11E-04
S	-
S <sup>2</sup>	-
random effect	1.13E+00 -1.12E+00
AIC	1237
実測値と推定値の相関	0.95131302

表-1にAICが最も小さいベストモデルを示す。実測値と予測値の重相関係数はR=0.955を示し高い説明力を示した。また、AICが小さい方から10個モデルを選択し傾向を分析した。10個全てにおいて、流速の2乗項、B/h、B/hの2乗項が選択されており、この3つの要因は説明力が高いことが確認された。正負の符号に関しては、全体の傾向とベストモデルの間に大きな相違がないことが確認されモデルの信頼性を裏付けた。次に、2乗項が選択された水深、流速、B/hにおいて、最大・最小値を求めるため、それぞれの変数に任意の値を代入し選好曲線を作成した。水深は100cmで最小、流速は120cm/sで最大、B/hは120前後で最大を示した。また、寄与率は、B/hが最も大きく、次いで流速、水深の順に大きい値を示した。B/hについては、(2)で示したとおり奥三面ダム建設後、低下し瀬淵が発生しにくい河道に変化したことを示したが、環境DNA分析によるアユの生息量の縦断的な分布状況からもこれがアユの生息に負に作用していることを支持する結果が得られたものと評価できる。

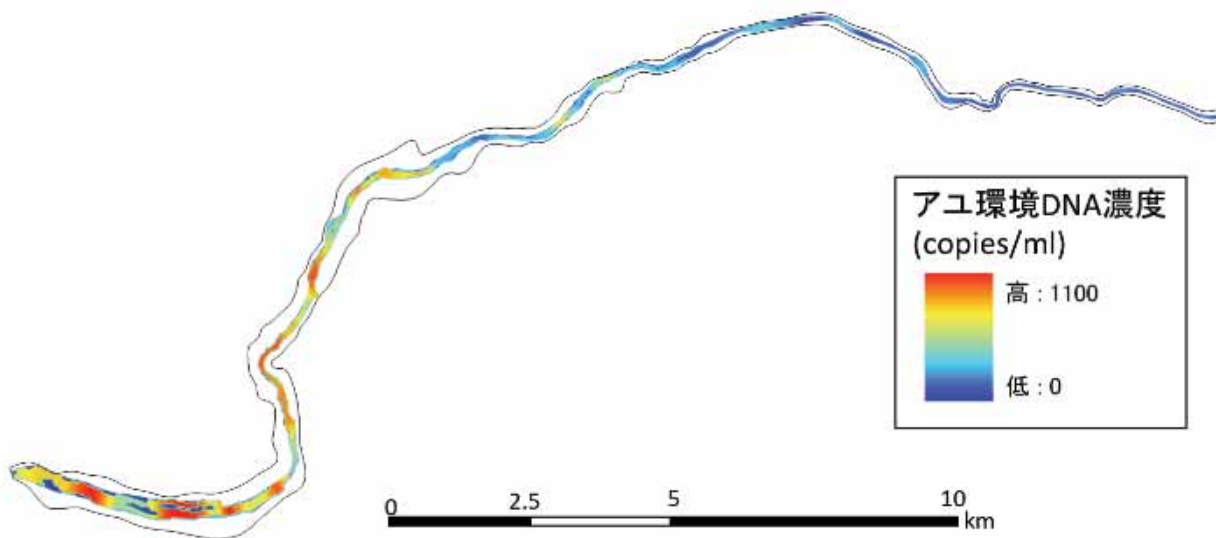


図-7 アユ環境 DNA 濃度推定結果(7月),0-20km

(4) まとめと今後の予定

H29年度は、ダム建設によるアユの生息場への影響を定量化し評価するため、奥三面ダム建設後以降の河道の変化と現在のアユの生息状況を評価した。以下に得られた結果を列挙する。

- ① 奥三面ダム建設後の流況の変化、河床攪乱頻度の減少を定量的に示した。また、アユの生息場として重要な瀬淵構造を評価するため、川幅水位比に着目しダム建設前後を比較した結果、河口から8-9km上流の地点からダム直下(14km)までの区間において川幅水深比が顕著に低下し、瀬淵構造が発生しにくい

河道特性に変化してきていることが示された。

- ② アユの縦断的な生息量を評価するため環境 DNA 分析を用いて評価した結果、河口から 5km 地点の環境 DNA 濃度が最も高く、上流ほど濃度は低いこと示された。
- ③ アユの環境 DNA 濃度に寄与している環境要因を一般化線形混合モデルを構築し評価した。構築したモデルでは、B/h、流速、水深、河床勾配が選択され、特に B/h の寄与率が高いことが示された。構築したモデルを用いて奥三面ダム建設前後の生息場を評価した結果、中上流域で生息場としての質が著しく低下している可能性が示された。

以上より、奥三面ダム建設後の河道の変化とこれに伴うアユの生息場（物理環境）としての質の低下については概ね示すことができたが、この他、アユの生息に影響を与える要因として餌資源を評価する必要がある。H30 年度は、餌資源について評価を行い引き続き課題を抽出を行うとともに、アユ以外の魚類の生息状況についても調査を行う予定である。また、これらを踏まえ、保全・復元目標を提示し、改善策としての置土の適切な運用にむけ調査・研究を実施していく予定である。

#### 参考文献

- 1) 黒木幹男,岸力：中規模河床形態の領域区分に関する理論的研究,土木学会論文報告集,第 342 号,pp.87-96,1984.
- 2) 高原輝彦, 山中裕樹, 源利文, 土居秀幸, 内井喜美子：環境DNA分析の手法開発の現状～淡水域の研究事例を中心に～, 日本生態学会誌, Vol.66, No.3, pp.583-599, 2016.
- 3) 山中裕樹, 源利文, 高原輝彦, 内井喜美子, 土居秀幸：環境DNA分析の野外調査への展開, 日本生態学会誌, Vol.66, No.3, pp.601-611, 2016.
- 4) Uchii K., Doi H. & Minamoto T. : A novel environmental DNA approach to quantify the cryptic invasion of nonnative genotypes, *Molecular Ecology Resources*,16, 415-422, 2016.
- 5) Yamanaka H.&Minamoto T. :The use of environmental DNA of fishes as an efficient method of determining habitat connectivity, *Ecological Indicators*, 62, pp.147-153, 2016.