

5. フォローアップ専門委員等からの寄稿

荒瀬ダム撤去環境モニタリング調査に係わっていただいたフォローアップ専門委員等からの寄稿を次頁以降に示す。

表 5.1 寄稿していただいた専門家及び寄稿文タイトル一覧

区分	氏名	所属・役職	寄稿文タイトル	掲載頁	備考
委員長	篠原 亮太	熊本県環境センター館長 (熊本県立大学名誉教授)	荒瀬ダム撤去に関する委員会に参加して	5-3	
委員	天野 邦彦	国土交通省 国土技術政策総合研究所・研究総務官	荒瀬ダム撤去フォローアップ専門委員会で感じたこと	5-6	第11回～第14回
	大本 照憲	熊本大学大学院 先端科学研究部・教授	荒瀬ダムの撤去が直下流域の土砂動態、流れおよび環境に与えた影響についての一考察	5-8	
	角 哲也	京都大学防災研究所 水資源環境研究センター・教授	荒瀬ダム撤去事業に関わって	5-12	
	森 誠一	岐阜協立大学 地域創生研究所・教授	球磨川：ざわめく川の復活	5-15	
	佐藤 千芳	有限会社熊本植物研究所 代表取締役	球磨川の植物は戻って来たかー岩隙地の植生と植物相を手がかりにー	5-19	
	西野 宏	熊本大学大学院 先端科学研究部・教授	ウスイロオカチグサは湿気を求めて旅をする？	5-29	
	川野 由紀子	くまもと川の女性フォーラム 実行委員長	環境に配慮した荒瀬ダム撤去	5-38	
顧問	大和田 紘一	東京大学名誉教授	百済木川流域の大きな環境変化	5-41	
※	福岡 捷二	中央大学研究開発機構・教授	荒瀬ダム撤去工法専門部会での貴重な体験を思う	5-43	
元委員	藤田 光一	公益財団法人河川財団 河川総合研究所・所長	一委員から見た現場実務技術者の変化と撤去技術の開拓	5-45	第1回～第10回

区分は「荒瀬ダム撤去フォローアップ専門委員会」の役職

※「荒瀬ダム撤去技術研究委員会」委員長

所属・役職は令和元年 11 月 1 日時点

■寄稿作成要項（「第 13 回 荒瀬ダム撤去フォローアップ専門委員会」説明資料より抜粋）

（１）テーマ

- ・荒瀬ダム撤去工事に関連し、それぞれの委員が専門とする事項を基本として、各自でレポートのテーマを設定してください。

（２）内容

- ・内容は、論文に該当するような専門性の高いもの、随筆（エッセー）のようなもの、今後に向けた提言のようなものなど、各委員の判断に委ねます。
- ・レポート内容は事実に基づき正確かつ客観的に記載していただき、随筆等において主観的な記述を行う場合は、それが分かるように留意してください。
- ・レポート作成に必要なモニタリングデータは事務局から提供します。ファイル形式等のデータ提供方法は事務局にご相談ください。なお、データの加工等は、各委員で行っていただくことを原則とします。

（３）様式

- ・原稿サイズはA4とし、冒頭にタイトルと著者名を明記してください。その他の書式は任意とします。
- ・ファイル形式はPDF形式もしくはdocx形式（Microsoft Word）を原則とします。その他のファイル形式での提出を希望する場合は、事前に事務局にご相談ください。
- ・枚数に制限は設けませんが、事務局としては委員1名ごとに2～10頁程度を想定しています。事務局の想定枚数を大きく逸脱する場合は、事前に事務局にご相談ください。
- ・ファイルサイズにも制限を設けませんが、著しくファイルサイズが大きくならないよう、図や写真の解像度には留意してください。

（４）報酬・著作権

- ・レポート作成の報酬はありません。
- ・報告書に掲載する当該レポートの著作権及び文責は、各委員に帰属します。本委員会事務局（熊本県企業局）では、報告書（電子版を含む）及びインターネットホームページでの掲載等に係る全文の複製・翻訳などの形での利用について、許諾していただきます。既報の論文等を利用される場合は、著作権等についてご留意ください。

荒瀬ダム撤去に関する委員会に参加して

篠原亮太

熊本県環境センター館長

(熊本県立大学名誉教授)

岐阜県の長良川で鮎釣りをしてきた兄が、尺鮎で全国的にも良く知られた球磨川でも鮎釣りをしてみたいとのことで、1972 年（昭和 47 年）の夏、初めて球磨川にやってきました。この当時、すでに荒瀬ダム（1955 年完成）と瀬戸石ダム（1958 年完成）は稼働しておりましたが、水量は豊富で透明度は高く、鮎の生息環境として絶好の河川であると感じました。岩についた新しい沢山の鮎の食み後から、鮎の数の多さと活発な摂食行動が見て取れました。期待していた通り、ベテランの兄は 30 cm を超える尺鮎を釣り上げ、川辺にあった旅館に宿泊して、特別にこの鮎を塩焼きにさせていただき、これを感激しながら食したのを記憶しています。ただし、鮎釣りをした場所が球磨川のどの地点であったか、特に荒瀬ダムの上流側か下流側か明確な記憶がないのが残念です。この時、筆者はまだ大学生であり、将来この荒瀬ダム撤去事業で球磨川に係わるとは思いませんでした。

北九州市役所から、熊本県立大学に環境共生学部が新設されると同時に、転職し着任したのが、平成 11 年の 4 月です。熊本での生活がようやく馴れてきた頃、荒瀬ダム撤去に関する最初の委員会である「荒瀬ダム対策検討委員会（平成 15 年 6 月～20 年 3 月）計 9 回」に水質分野の担当委員として参加することになりました。ダム建設の例は枚挙に暇がありませんが、国内における撤去工事は前例がなく、その撤去工法や環境対策については、手探り状態でした。環境対策については、大規模開発事業において要求される環境アセスメントレベルの事前、事後調査が必要であるとの意見は、委員会の総意であったと記憶しています。河川工学を専門とされる先生方は、撤去によって河床と護岸が大きく影響を受けると、災害のリスクが高くなると懸念されていました。荒瀬ダム近辺の河川左岸には国道が、右岸には県道が通っており、洗掘や土砂の堆積など河川内の急激な形状変化は、回避しなければなりません。そこで、河川環境に配慮した最適なダム撤去工法を選定するためには、出水によるダム内や下流河川の変化（河床高、河床材料、水位及び水量）を予測し、その変化に伴う影

響を検討するため、河床変動モデルを用いたシミュレーションを実施することが提案されました。この難解なシミュレーションの作業は、企業局の担当者を随分と悩ませたであろうと大変同情いたしました。シミュレーションの結果、ダム撤去によって河川（河床）の大きな変動はないであろうとの結論に達し、事業は一步前進することになりました。

球磨川は、川面からは落差は余り感じませんが、会議資料として提出され河川の断面図を見ると、意外と落差の大きいことに驚きました。日本の河川は、諸外国の河川に比べると山から海までの距離が極めて短いため、年間 1,700mm もの降水量（インドネシア、フィリピン、ニュージーランドに次いで、世界第四位）があるにもかかわらず、利用できる水量が少ないと言われてきました。そのため、現在国内のダム数は治水用、発電用、農業用、工業用、飲料水源用などとして、落差が 15m 以上のもので計 3,091 カ所あるのも頷けます。今後、これらの多くは、耐用年数がくると荒瀬ダムと同様に撤去しなければならず、本事業が他事業のモデルとなることは必至で、委員会の使命は大変大きいと感じました。

「荒瀬ダム対策検討委員会（平成 15 年 6 月～20 年 3 月）（2003 年 6 月～2008 年 3 月）計 9 回」と併行して、ダム撤去工法を検討する「ダム撤去工法専門部会（平成 15 年 7 月～20 年 2 月）計 12 回」が開催されました。ここでは、環境に負荷をかけない具体的なダム撤去工法とその作業工程及び様々な環境対策が検討されました。しかし、「荒瀬ダム対策検討委員会」及び「ダム撤去工法専門部会」が終了してから 2 年間、撤去の最終決断が下されるまで委員会は開かれず、委員の 1 人として、大変気をもみました。新たに若干のメンバー入れ替えがありました。ようやく、荒瀬ダム撤去技術研究委員会（平成 22 年 4 月～平成 22 年 7 月）（2010 年）として計 3 回の委員会が開催され、先のふたつの委員会で検討した内容の見直しが行われました。基本的には、計画通りダム撤去を進めることには、技術的問題はないとの結論に至りました。

いよいよ平成 24 年から撤去工事が始まるため、工事の進捗管理、工事による環境影響などを監視するために「荒瀬ダム撤去フォローアップ専門委員会（平成 23 年 5 月～現在）（2011 年～）計 14 回」が設置されました。ダム撤去が始まって丁寧な工事作業のため、懸念されていた工事による濁水の発生はなく、また、ダム湖の減水による護岸は、事前の補強工事が功を奏し、崩落などはまったくない良好な状態でした。特に大きな変化は、ダム湖に流れ込んでいた百

済来川河口の底質と水質の劇的改善でした。ダム撤去による減水のため、百済来川河口部のよどみが解消されたことが、最大の理由であったと考えられます。

平成 15 年（2003 年）から令和元年（2019 年）まで、16 年間荒瀬ダム撤去に関する委員会に 38 回参加しました。委員会の名前は違っても、このように長い期間、同じ事業の委員会に参加できたことは、大変幸運でありましたが、その責任の重さを強く感じました。この 16 年間、球磨川の変化を見てきましたが、ダム撤去とともに河川の水質は徐々に改善され、水生生物の生息も本来の状態に戻りつつあります。また、河川や砂州の形状も、荒瀬ダム建設前（昭和 23 年）（1948 年）の状態に戻りつつあります。自然が持つ復元力の偉大さを改めて感じられたダム撤去事業でした。

荒瀬ダム撤去フォローアップ専門委員会で感じたこと

国土技術政策総合研究所 研究総務官 天野 邦彦

荒瀬ダム撤去フォローアップ専門委員会は、平成 23 年度から令和元年度まで 9 カ年にわたり実施された。この委員会の目的は、名前が示すように、治水面および環境面のモニタリング調査結果について、評価・検証を行うことを通して、より安全で、かつ環境に配慮した荒瀬ダム撤去を実現するというものである。私は、平成 28 年度の第 11 回から、前任者の後を引き継ぎ、最後の 4 年間にわたり委員会に参加した。

ダムは貯水池を形成して、川の流れを変化させる。荒瀬ダムは、湖のように大きな貯水池を形成していたダムではないとはいえ、貯水池底部に土砂が堆積していた。ダムを撤去すれば、この堆積土砂が下流に流下することになる。この土砂流下による影響がどのようなものになるか、また、貯水池であった部分が、どのような変化を示すのかについてモニタリングし、その結果を活かして、撤去工事を適切に行うことが本専門委員会の眼目である。

荒瀬ダム撤去事業により、球磨川にはどのような変化が生じるであろうか。長い目で見れば、ダム建設前の環境に戻っていくと考えるのが妥当なところであろう。しかし、荒瀬ダム撤去後に、どのような過程で球磨川の環境が復元し、平衡状態を示すようになるかについて、その変化の速度や特徴を、事前に定量的に想定することは困難と考えられた。これは、国内に類似事業が見当たらない上に、環境変化を大きく駆動すると考えられる、出水を含む将来の流況は、統計的にしか評価できないためである。

とはいえ、荒瀬ダム撤去事業前後における球磨川の環境変化量の総和は、荒瀬ダム建設後に生じた環境変化と同程度となることは、ほぼ間違いなく、球磨川の治水や環境に与える影響は無視できない。このため、事業にともなう環境変化が、どのような形で進むのかについて、調査・予測・評価といった作業を行い、この結果を活用して適切に事業を進めることが必要とされた。

こうして実施された事前の環境変化予測に基づいて、荒瀬ダムの撤去手順が決まり、工事が進んでいった。私が委員会に参加した時点で、川の滞筋部の堤体の撤去がされており、環境変化の相当部分はすでに進行していたと思われる。河床の変化については、当初予測よりも速かったものの、モニタリング結果に基づいた対応が実施された。

最新のモニタリング結果は、荒瀬ダム撤去に伴う大きな環境変化は収束し、ほぼ平衡状態に達したとみられることを示している。本事業による球磨川への影響の最大のものは、貯水池部分が元の河川同様の流水環境に復元されることと、貯水池堆積土砂が下流へ流出することに伴う河床の変化の 2 つであり、これら 2 つの変化の付随的变化として全体的な環境変化と見なせるということは、衆目の一致するところであろう。入念に実施された調査と、調査結果の事業への適切な反映により、ここに至るまで、大きな問題を生じせしめ

ることなく事業を進めてこられたことは、賞賛されるべきものと思う。貯水池部分の水位低下に伴う河岸部の浸食に対する補強や、環境影響緩和の観点から行われた貯水池堆積細粒土砂の事前除去等が、功を奏したと言える。事業主体である熊本県のご尽力に敬意を表したい。

荒瀬ダム撤去事業は、この種の事業の影響評価の難しさを同時に示すものであった。特に土砂の移動状況の予測には、周到な準備が必要である。本フォローアップ専門委員会で得られた知見は、河川における今後の土砂管理の参考になるものであり、広く共有されることを望むものである。

荒瀬ダムの撤去が直下流域の土砂動態、流れおよび 環境に与えた影響についての一考察

熊本大学工学部土木建築学科 大本照憲

日本は近代化の過程で河川開発が活発に進められ、とりわけ戦後の高度経済成長期に著しい。特に、水害の頻発、水需要の急増、電力エネルギーの供給を背景として多くのダム建設が行われ、洪水調節、水需要供給、水力発電の役目を果たし、日本の高度経済成長および社会発展に多大な貢献を果たしてきた。しかし、ダムや堰のような大型の河川横断構造物は川が本来有する連続性を遮断し、物理・生物環境の多様性を消失、自然攪乱を抑制する傾向を持つことが指摘されており、さらにその老朽化も進行中である。

ダムは下流河道に対して土砂かん止に伴い河床低下、河床表層材料のアーマー化を生じさせるほか、流量制御により無水・減水区間の発生などの流況変化を生じさせる。

ダム諸問題の解決には時間軸を長く取り、地域特性を重視した、治水、利水、環境および経済的合理性の視点から総合的に判断する必要がある。十分な知見が無い現状においては、大規模構造物であるダムを短期間で一挙に撤去することは、土砂動態の河川環境への影響の大きさから得策では無く、段階的な部分撤去が妥当の様に考えられる。

日本では熊本県南部を流れる一級河川球磨川の荒瀬ダムにおいて2012年9月より国内初となる本格的ダム撤去が段階的な部分撤去法で実施された。荒瀬ダムの直下流域では部分撤去により2015年および2016年の出水に伴い、大規模な礫州が形成された。礫州の形成は平面二次元河床変動解析による予測では十分に説明されていない。荒瀬ダム直下流においては出水時における局所流特有の強い流れの三次元性により礫州が形成された可能性が示唆されるが、礫州の発生機構について十分に実証されていない。

小林ら¹⁾は、2015年6月の出水で荒瀬ダム直下流に発達した礫州に対して、水生生物の生息場としての河床地形、平水時の流速、礫州下層の伏流水による湧水が底生生物群集に与える影響について検討している。

大本ら²⁻⁴⁾は、ダムが撤去される前のダム下流域の礫州動態の経年変化に与える影響、礫上の微細土砂の堆積と流れの三次元性との関係を検討した。

著者等は、荒瀬ダムの部分撤去に伴う、土砂収支、ダム直上流域の河床洗掘、直下流域の土砂堆積、平水時の流れについてダム撤去前との比較を通して検討してきた。特に、2015年6月の出水で荒瀬ダム直下流に発達した砂州を挟む左岸側の主流路および右岸側の副流路が2016年の出水によってどのような影響を受けたかについて考察した。欧米ではダム撤去の事例研究は幾つもあるが、段階的な部分撤去法については希少である。

現地調査では、2011年、2015年～2019年の計6年間の定点観測を通して得られた河床変動、河床材料および流れの変化を検討した。主流路における流れの計測では、River Boat と Workhorse ADCP(Acoustic Doppler Current Profiler) センチネル 1200 kHz を用いた。

流路における流れの計測は、2015 年においては ADCP を用いて実施した。2017 年においては水深が小さく ADCP を用いることが出来なかったため、表面流速の計測では副流路上流にトレーサとして長さ 2cm の緩衝材を投入し、UAV(Unmanned Aerial Vehicle)により上空 44m より静止状態で動画を撮影し、PTV(Particle Tracking Velocimetry)法を適用した。

荒瀬ダム直上流および直下流域における河道の経年変化については、熊本県企業局から提供された 2010 年～2016 年の間の測量データを用いて統計解析を加えた。

荒瀬ダム上下流における平均河床高の縦断変化から、荒瀬ダムの直下流 700m ではかつて木杭で造られた沈下橋が建設され、この位置は、堰上げ背水効果の影響で流速の低下および河床上昇を発生させた。さらに荒瀬ダムから沈下橋の区間は、河床勾配が相対的に緩やかで川幅も広く、2015 年の出水に伴う急激な上流からの土砂供給を大規模な礫州発生として受け止め貯砂池として重要な役割を担った。

荒瀬ダムの段階的部分撤去に伴い、ダム直下流ではダム撤去前には河床がアーマ化され一様な流れの河道がダム撤去後には河道中央に砂州が形成され多様な河床形状、河床材料および流れが形成され、生物の生息環境として良好なものとなることが示された。

特に、2015 年 6 月の出水で荒瀬ダム直下流に発達した礫州を挟む左岸側の主流路では平水時に極めて安定した並列らせん流の発生を捉え、更に右岸側の副流路では、主流路から砂州下層を通した清透な伏流水による流量が約 $1\text{m}^3/\text{s}$ に達していることを明らかにした。

2016 年の出水によって砂州尻ワンドの地形は消失した。更に、数年は荒瀬ダム上流の河床洗掘および下流では土砂堆積による河床上昇が予想された。砂州尻ワンドの地形は生物の生息環境として重要な機能を有することから、河道が安定した段階で再度検討する課題が示された。

ダムの撤去が河川環境に与える影響については、礫上の微細土砂（シルト、粘土）の堆積から検討した。礫や巨石上の微細土砂は、付着藻類の成長および更新を阻害することから検討対象とした。

図-1～3 それぞれ荒瀬ダム撤去が始まる前後における球磨川河口より上流 19.25km 地点（道の駅坂本周辺）の河道内の礫上に堆積する微細土砂の堆積状況を示す。目視から 2011 年では水が濁り、礫上にも多くの微細土砂が堆積している様子が伺える。一方 2018 年では水が澄んでおり河床礫が鮮明に捉えられ、微細土砂はほとんど堆積していない。

図-4 および 5 は、それぞれ、荒瀬ダム撤去前の 2010 年 12 月 11 日および荒瀬ダム撤去後の 2018 年 12 月 12 日において球磨川河口より上流 19.25km における礫上に堆積した単位面積当たりの微細土砂量の横断方向変化を示す。

2010 年 12 月 11 日における計測では比較的水際部に近く、水深が浅い地点で大きな値を示し、水深が急激に減少し始める左岸から 15m 地点付近で最大値約 $22\text{mg}/\text{cm}^2$ を計測した。河道中央に向かって水深が深くなるにつれて微細土砂の堆積量は減少傾向であった。

一方、2018 年 12 月 12 日においては 2010 年に較べて微細土砂の堆積は激減し、相対的には水深が急激に深くなる左岸側水際部付近で高い値を示し、河道中央付近ではゼロに近

い傾向を示した。複断面直線河道において高速域の低水路流れと低速度の高水敷上流れの速度差に起因する境界部に鉛直軸を有する大規模な水平渦が発生するとともに、高水敷先端より水面に向かう強い斜昇流が発生し、それに伴う二次流セルが形成されることが特徴として挙げられ、礫上への微細土砂の堆積はこの強い斜昇流によるものであることが示唆される。

2018 年の計測においては左岸から約 4m 地点で微細土砂の堆積量は最大値をとり $5.25\text{mg}/\text{cm}^2$ であった。この値は 2010 年における調査での最大値の約 1/4 倍に減少しており、河道中央付近から採取した礫においては礫上への微細土砂の堆積 (2018 年) が見られなかった。

今後の更なる検討が必要であると考える。



図-2 礫上の微細土砂の堆積状況



図-1 礫上の微細土砂の堆積状況(2011 年)



図-3 礫上の微細土砂の堆積状況(2018 年)

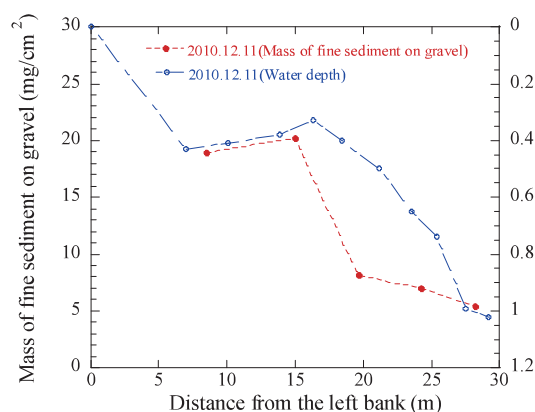


図-4 礫上の微細土砂量(2010 年)

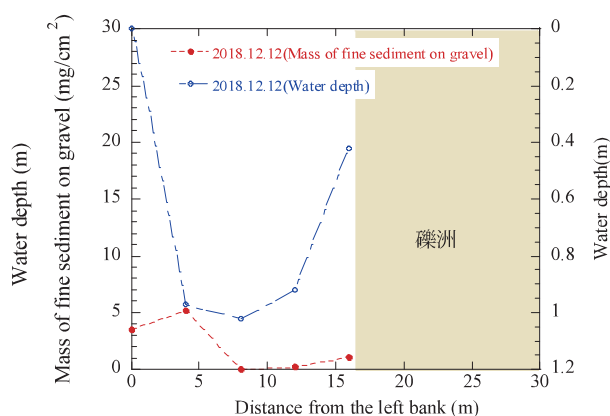


図-5 礫上の微細土砂量(2018 年)

参考文献

- 1) 小林草平, 角哲也, 竹門康弘: ダム撤去後に下流に形成した砂州の生物生息場機能, 河川技術論文集, 第 22 巻, pp.463-468, 2016.
- 2) 大本照憲・平川隆一: 荒瀬ダム下流域の土砂輸送および流れに関する研究, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.69, No.4, I_1057-I_1062, 2013.2
- 3) TERUNORI OHMOTO, KANJI ADACHI, SHAKILA KAYUM and RYUICHI HIRAKAWA: EFFECTS OF A PARTIAL DAM REMOVAL ON RIVER BED TOPOGRAPHY AND FLOW FIELDS, 12th International Symposium on Ecohydraulics (ISE) 2018, S6-1-1, August 20th, Tokyo, Japan
- 4) 大本照憲・安達幹治・平川隆一: 荒瀬ダムの撤去が直下流域の土砂動態および流れに与えた影響, 河川技術論文集, 第 24 巻, pp.315-320, 2018.6

私の専門はと聞かれれば、「ダム貯水池の土砂管理に関わる技術開発」と答えるようにしている。その理由は、①ダムは貴重な社会の財産（アセット）であり、これを良好な状態で次世代につなぐためには、堆積土砂を極力減らすことが重要であること、②一方で、ダムによる河川環境への影響を軽減する技術の中心に土砂の連続性の確保（総合土砂管理）があり、そのためにはダムからの土砂供給が鍵になること、の両面があるからである。

荒瀬ダムの撤去事業に関して技術的な専門委員会が組織されることになり、これに参加するお誘いが来た際には大いに困惑した。その理由は、ダムを撤去する前提での技術的な支援が私の目指す方向性と必ずしも合致しないのではないかと考えたからである。

当時、米国でダム撤去の動きが加速しているとのニュースが取り上げられることが多くなっていた。私もこの問題には大いに関心があり、米国ワシントン州の Elwha 川のダム撤去事業の現地調査を実施したり、米国土木学会のダム撤去に焦点を当てたワークショップに参加したりもした。私の理解では、米国におけるダム撤去の理由は、①構造的なリスクの解消（西部開拓時代（主にゴールドラッシュ）に設置されたダムの役割が終わり、管理者も明確ではなく、構造的な不安定化による決壊洪水のリスクが高まっていた）、②自然再生の一環（生態系の連続性の回復など）、などに大別され、撤去にかかる費用負担は、主に税金で賄われるのが通例であった。

その点で、発電機能が失われたわけでもないのに、早々に撤去することが決まってしまった荒瀬ダムは世界的に見ても特異な事例の一つと言える。東日本大震災を経た現在では、水力発電を含む再生可能エネルギーの維持・拡大は現在世代に大きなミッションであり、その観点からは大きな損失覚悟で撤去に臨んだといっても過言ではない。言い換えれば、撤去の意思決定が東日本大震災の後であれば、社会の判断も大きく変わっていた可能性があると思われる。

技術委員会に参加することを決断した私は、その悩みに対する一つの回答として、「ダム建設も技術であるなら、ダム撤去も技術であり、この機会に、撤去事業から得られる知見を、今後、既存のダムを持続的に管理していくための貯水池土砂技術に生かす」ことと見定めた。

では、「ダム撤去によってもたらされる環境変化、技術的な不確実性な何か」に話を移したい。米国の Elwha 川をはじめとする米国のダム撤去の事例を参考にすれば、「ダム撤去の必要コストの 60%は堆積土砂の処理管理コスト」と指摘されている。ダム本体そのものを撤去することよりもダム撤去時に流出する土砂の管理が技術的に難しいことを端的に示している。税金を使って撤去事業を進める米国では、ダイナマイトでダムを一度に破壊するような事例もあり、いかに早く、安くリスクを取り除くが重視されている。これに対して、作る時も、壊す時も慎重に事を進めるのが日本文化であり、米国以上に、この土砂問題に留意する必要があった。

熊本県知事も出席されたダム撤去事業の初回委員会で私が指摘させていただいたのは、「黒部川のダム排砂は1日程度で水位を低下させて急激に土砂を流すのに対して、ダム撤去は、数年かけて水位を低下させるゆっくりとしたダム排砂である」との認識を持つ必要がある、ことであった。土砂がダムから流出することには変わりはないので、何らかの環境影響が出ることは当然であり、全く何事も起こらないようなきれいごとにはならない。ダム撤去が自然再生的な役割を期待されているのであれば、いかに短期的な影響を小さくし、長期的なメリットを早く発揮させるか、が技術的な目標となることを確信した。その上で、これまでの米国におけるダム撤去事例や、黒部川のダム排砂事例などをもとに、以下のような環境影響を私の関心事項として設定した。

- 1) ダムからの流出土砂による水質変化（濁度、アユなど水生生物への直接影響）
- 2) ダムからの流出土砂による下流河床の変化（河床高、粒度分布、アユ産卵床などの生態系ハビタットへの影響）
- 3) 撤去後の湛水地内の地形変化（堆積土砂の縦断浸食）
- 4) 湛水池（止水環境）が河川状態（流水環境）に変化することによるダム下流へ放流される洪水時の濁度変化（ヒステリシス）

このような問題意識は、度重なる打ち合わせを通じて事務局とも共有させていただき、これを検証すべく必要なモニタリング計画を組んでいただいたことに感謝したい。その中でも、ダム上下流に自動濁度計を設置したり、堆積土砂の質的な安全性を確認するためのトレンチ調査を行ったり、ダム撤去前後の河床地形変化を記録するために最新式の3次元測量機能付ハイビジョンカメラ（フィールドビューアー）をダム上下流に設置したりと、多くの重要な試みが行われたことは特筆に値する。

モニタリング結果については、技術委員会報告書に詳細に記述されているので、詳細はそちらに譲りたいが、これまでに明らかになった事項の中には、当初の予想通りの結果となったものと、想定していなかったものに分けられる。当初の予想通りであったものとしては、事前の泥土の掘削除去や水位低下装置の導入などの事前対策の結果、当初懸念された、中小洪水時や平常時などに湛水地内の堆積土砂が浸食されることに伴う顕著な濁水の発生などは認められなかったことがあげられる。これに対して、想定していなかったものとして、従来は減水区間であったダム直下流の道の駅坂本地点に、撤去に伴って流出した砂礫が新たに堆積して新鮮な砂州を形成したことがあげられる。未固結の空隙の多い砂礫砂州は、豊富な伏流水と湧水環境とこれに伴うわんど環境を創出した。伏流（**Hyphoheric Flow**）時の砂礫のフィルタリング効果によって濁水が軽減されたり、地下水のような日変動の少ない水温環境が創出されたり、また、新鮮で柔らかく堆積した砂礫が良好なアユの産卵床をもたらすなど、ダム下流への土砂供給によるプラス効果を具現化する事例となった（小林ら 2017）。

他にも、新たな発見として、ダム直上に位置した百済来川の2段階の河床地形変化があげられる。1段階目はゲート開放時、2段階目は滞筋撤去時で、それぞれ洪水時の本川水位が低下することに伴って、引きずられるように百済来川の河床が順次低下したことが確

認められた。本川の河床低下が段差（Head cut）を作りながら上流に遡上する現象はこれまでも米国の事例などで紹介されているが、支川の地形変化が特徴的に捉えられた事例は限られ、貴重な知見と考えられる。技術報告書には、この本川と支川の地形変化について詳細に記述していただいております、特徴的な現象の一つと考えられる。

もう一つの事項として、洪水時にダム下流に放流される濁度変化について述べておきたい。一般に、ダム貯水池が形成されると、洪水ピーク時に流入する濁水が一時的に貯留されて遅れて放流されることから、ダム下流の放流濁水は洪水ピーク後にピークを持つ形になり、流量～濁度のグラフで反時計回りのループを描くことが多い。一方、ダム撤去後は湛水地が無くなることから、これが流入水と同じ時系列を持ち、時計周りのループに戻ることが想定された。しかしながら、荒瀬ダム撤去後は、ダム上下流に設置された自動濁度計のデータにより、荒瀬ダムによる濁水の滞留は見られなくなったものの、上流の瀬戸石ダムの影響は引き続き残っていることから、完全に自然河川状態までには至っていない。

最後に、荒瀬ダム撤去事業の総合的な効果をどのように考えるべきかについて言及しておきたい。ダムは半世紀にわたり本来目的である水力発電として機能してきたのであり、今後も適切な投資を行えば日本の貴重な再生可能エネルギー源として活躍していたものと想定される。特に、九州地方は太陽光発電の割合が国内の他地域よりも高く、昼夜の電源の出力変動、特に、夕方・日没時の急激な電源不足に対する調整電源が必要になっている。その意味で、安定した水量で発電を行い続ける水力発電の役割は相対的に高まっており、荒瀬ダムの価値も高くなっていったものと想定される。その中で多額のコストをかけてダムが撤去されたわけであるから、それに見合う、あるいは、それ以上の効用を生まないと、まさに「もったいないダム撤去」であったと後世から評価されかねない。その意味で、ダム撤去によってもたらされた効用をいかに評価するか、その課題に対する回答を問いつける必要がある。

もう一点、ダム下流に形成された砂州形成によるプラス効果は、ダムを存続させた形でのダムの通砂対策（洪水時のゲート操作の改善（発電の一時停止）によりダム湖に流入する土砂をもっと下流に通過させる対策）や、他のダムで取り組まれている「土砂還元（置き土）」でも実現させることが可能であることを付記しておきたい。このような試みは、既に宮崎の耳川水系のダム群で取り組みが開始され、荒瀬ダム下流に形成されたような新鮮な砂州の形成が認められ、岩盤化していた河道が見違えるように良好な砂礫河道に変化するプラス効果がダム下流に拡大していつている。ダムから供給された土砂のうちの細粒分は河口から沿岸域にまで到達し、海底土砂の質的改善につながったことが荒瀬ダムでも報告されている。現在、荒瀬ダム上流の瀬戸石ダムでもダム通砂の試みが開始されており、その効果の検証が期待される。

（参考文献）小林草平，角 哲也，竹門康弘：ダム撤去後に下流に形成した砂州の生物生態場機能，土木学会河川技術論文集，第 22 巻，463-468，2016 年 6 月

「球磨川：ざわめく川の復活」

森誠一（岐阜協立大学 地域創生研究所）

日本は、今もなお小学校で学ぶことがあるように、国土の多くを山地域が占め山国である。この山国観を別の角度から見れば、それだけ谷の多さになり、同時に川が多いことになる。つまり、我が国は川の多い「川のクニ」といえる。この日本＝川国論という観点は単に数が多いということだけではなく、川の土砂運搬により多くの平地を作る要因の一つとなり、人や生物が生活する場を提供する大きな要因となってきた。しかも、山の多くは緑に被われ、その斜面を概して占める森林の下に層を成す腐葉土や植物の生体自体に水を保ち、その緑の斜面は保水と地盤の安定に少なからず機能し、清流を保証してきたともいえる。一方で、河川はしばしば洪水となって水害をもたらし、人々の生命・財産を脅かし、人と水との闘いの歴史を連綿と継続させてもきた。この営為の歴史も、このクニが「川国」である由縁である（森、2010）。

このクニの人々は、河川を治水しつつ、利水することに腐心し、水環境の多様な機能を活用することによって「川国」を顕現してきたといえる。河川は人の生活を支え、歴史・文化・情緒を培う風土の重要な構成要素としても存在してきた。河川の多くは、例えば流量変動や河床地質によって蛇行して、ワンドや溜まり、分流、河道内伏流水などを多様な構成要素を形成させ、様々な生物を宿す環境を呈している。こうした河川環境こそが、保全すべき「自然のざわめき」といえる。しかしながら現在、川という存在はますます日常生活から遠くなっている。ずっと同じ地理的位置にあっても、人の生活や意識の中で川との距離は広がっている。その距離が広がるほど、「自然のざわめき」が聞こえなくなる。しかも、ざわめかない自然が増えるばかりでなく、「自然のざわめき」を感じない知覚が蔓延しつつある。

そうした人が感得する「自然のざわめき」という認知や意識も、河川環境の構成要素とすることができよう。とすれば、今後の川づくりにおいて、治水と利水や、生物多様性に加えて、景観・風景・風土および歴史・文化の特性への住民意識あるいは価値観も構成要素の対象にするべきであり、それも合意形成の資料とすることが肝要であろう。おそらく、その地域住民の原風景となってきた流域環境を守るとは郷土への思い入れを醸成し、国土の環境保全へのシナリオに強く直結するものに違いない。かつて、個々の胸にザワザワと体感して織り込んできた「自然のざわめき」を取り戻す時にきている。

一般にダム構造物は生物環境面からみれば、流路の分断化によって生物の移動阻害、下流域の河床アーマー化・流量減少、上流域の湛水化（水深のある止水域）、

さらにそれに伴う上流支流間の生物交流の低下、ダム湖の温水・濁水の下流流出などの物理的環境変化によって、生物環境は少なくとも在来種にとっては負荷となることが多い。つまり単純に言えば、ダム構造物は「自然のざわめき」を縮退させるものと位置づけられる。また一方で、水力発電や用水の将来確保として活用の新たな方法についての声も聞くことがある。いずれにしても今、河川と人の付き合い方を現代的に再考する時機にあり、具体的な検討が切望されている。

球磨川といえば、日本有数の急流河川で、大物（体長 30cm）の尺アユが釣れることでもよく知られている。私が同川に初めて訪れたのは、支流の川辺川と人吉市が目的地であったが、その際、八代から遥拝堰を過ぎると、すぐに山が迫り峡谷になったことを印象深くよく覚えている。狭い空が続く谷あいを曲がりくねりながら、ようやくとの思いでやや開けて明るい空間になった。そこに坂本・道の駅があり、少々ホッとした気持ちになったものであった。その時の目的は荒瀬ダムではなく、国交省の方々も同道されて、さらなる上流であったが、その左岸のジグザグに折れ曲がって高さを稼いでいる魚道を視察して、その規模の大きさに驚いた。当時は、これほど大きな魚道を見たのは初めてで、ダムの環境負荷とそれへの軽減措置の現場を実感した。こうして今回の撤去事業に関わる以前に、2 回ほど同川流域に来ては溪流魚を食するなどの機会を得た。

その後、球磨川は何かにつけ気になった川となり、本事業に直接的に関与する以前より、環境面では悪者に扱われることが多いダムの撤去ということで、私は事業動向にも大変関心をもっていた。しばらくして荒瀬ダム撤去事業に関して、既に本事業に関与されていた先達委員から参加依頼があり、ほぼ即断して加えていただくことになった。私は、本ダム撤去事業に平成 22 年度の「荒瀬ダム撤去技術研究委員会」より参加し、翌年から今年（令和元年）度までの「撤去フォローアップ委員会」および、それぞれの専門家から成るモニタリング検討会にも加わることになった。治水面および環境面のモニタリング調査結果をもとに評価・検証をしつつ、安全や環境に配慮した撤去事業にいくつかの意見等をする機会を得た。

「荒瀬ダム撤去環境モニタリング調査報告書」（本書）の作成においては、それまでの調査指摘や結果をもとにして、アユの産卵場の環境条件と餌条件に視点を置きつつ、特に流水環境になることによって生じるかつての瀬の復活状況に注目してきた（写真 1）。とりわけアユの産卵場や餌環境といった観点を中心にして、下代瀬およびダム撤去後の上流域の復活した瀬がどういう状況になっていくのかに関心をもった。減水したダム上流は、アユの産卵環境条件と餌条件に着目した下代の瀬と類似した環境が出現してきたといえた。本書の生物環境面に関しては、様々な

制約の中で蓄積した現行データをもって概して合理的にまとめられている。ダム上流域が浅く流水とともに底質（河床材料）が変化したことから、淡水魚を含め水生生物を流水性、止水性、回遊性といった生活形に視点をおいて解析されている。つまり、ダム上流域が流水や底質（河床材料）が変化することから、確認されたすべての種を個々に対象とするのではなく、生活形に注目する解析を検討した。この流水や底質など物理場の変化を見て、淡水魚に関しては生活形に依存した形で、それぞれの物理場に定性的ではあるが、およそ想定通り短期間で応答している印象である。結果として、大きな環境負荷なく、変化する流水環境に概ね応じた生物環境が回復しつつあると判断できる。

例えば、撤去直後におけるダム上流の底質は砂地となり、直ちにカマツカの生息が散見されたが、次第に河床材料の径が多くなる傾向があり、それに伴って同種が減少している。砂地を好む底生魚カマツカの生活史は、環境条件の変化に対して明瞭に応答していた。また、ダム湛水の水位低下後の百済木川（写真2）では、流速が早く浅くなった流水区間でオイカワの産卵行動が確認された。私は、この光景に小さな「ざわめく自然」を感じた。おそらく本種は、それまでの深い湛水域内では産卵できず、より上流の狭い浅瀬・流水範囲で再生産を行っていたものと思われる。この湛水域の解消直後の初夏に、オイカワの産卵行動や遊泳魚群が観察されたことに目を見張った。流速や底質の礫サイズなどの物理環境の変化は、魚類や一部のベントスの生活形に対応した変容をもたらしたといえる。

科学的データの蓄積という点からは不十分さを思う部分もあるが、いくつかの制約条件下の現行データでもって合理的かつ論理的にシナリオが構成されていると判断できる。ただ、不十分さは残るものの生物間の応答として、付着藻類と例えばアユとの関係についてはほとんどわかっていないに等しい。これは今後、検証すべき事案として、あるいは本事業と同様の事業の際に留意すべき点としておきたい。また、ダム上流の堆積土砂がいかの下流へ流出するかの挙動が気になったところだが、物理場として、例えば砂泥が下流淵や礫間空隙を埋めたといった大きな変化は認められなかった。このことは、おそらくアユの産卵や餌場の環境として、下代の瀬などへの影響も過少であったと想定される。これらはダム構造物の段階的撤去（一気に爆破するのではなく）、上流堆積の計画的な土砂搬出や水位低下設備の配備など、さらに現況に応じてその都度対策を検討して、順応的かつ慎重な撤去事業の実施が少なからず寄与しているのだろう。

本環境モニタリング調査報告書において、とりわけ撤去工事段階毎に物理場の変容と生物応答について仔細に丁寧を検討されており、それは高く評価されるべきものである。つまり、物理環境の時・空間の変容に対応して生物応答が整理され、イ

ンパクト・レスポンスの関係について明解に図示化されてもいる。

この平成 15 年の「荒瀬ダム対策検討委員会」から始まる本撤去事業では、これまでフォローアップ専門委員会を含め、それぞれの工事段階ごとの委員会で根拠をもって、「ざわめく自然」を目標に様々な議論がされている。こうした議論に基づく成果は、本事業が単に荒瀬ダムだけの一事例で終わることなく、今後も起きる可能性のあるダム撤去など大規模な環境回復を伴う土木事業において、その作業過程における指針や留意事項を含む具体的な検討課題の提出に寄与し、応用的に活用されることを期待する。仔細な例としては、本事業の結果が、河川水辺の調査や河川整備事業に、あるいはまた今後、ミチゲーションとしての危険分散（移植・放流）の検討内容に参照となることが望まれる。

現在の球磨川では、外来魚は大きな問題とはなっていないようだが、ダム湖が外来魚の温床になることはよく知られている。本ダム撤去事業によって流水域が拡張し、おそらく外来魚のブルーギルやオオクチバスにとっては生息しにくい環境になったといえるかもしれない。一方で、本事業によって水位変動のある湛水域から流水域が縦断方向に伸長した河岸域・水際域一帯に、外来性植物が急速に増え始めているという。今後、生物相の継続的調査が検討されるべきだろう。さらに、本撤去事業が八代海沿岸域や、本流域の横断工作物に及ぼす影響をもたらすかの効果評価の事業化の検討をしてよいものと思える。

最後に、「ざわめく自然」の復活を目指す本邦初の本格的ダム撤去事業に関与したことは、河川生態学を専門とし、環境保全に携わっている者として新しく勉強にもなり、知見を広げることができた。個人的にも大変有意義な機会を与えていただいたことに感謝したい。また、事務局の方々には多くの意見・依頼を申し上げ、多くのご足労・ご面倒をおかけした。僣越ながら、この場をかりて慰労の意を表する。

参考文献

森誠一（2010）日本川国論．秋道智彌ら編「水と環境」所収．233-274 頁．勉誠出版



写真 1：下代の瀬にて、左右 2 列に笹の葉に似たアユの食み跡（2015. 9. 18）.



写真 2：百済木川上流（2017. 6. 17）.
満水時には湛水化する.

球磨川の植物は戻って来たか ―岩隙地の植生と植物相を手がかりに―

(有) 熊本植物研究所 佐藤千芳

1. はじめに

河辺の環境には、植物の生育基盤が、頻繁に起こる増水によって破壊や大きな改変を繰り返す部分と、ほとんど攪乱を受けない部分とがある。

植物の生育状況は、前者ではその都度、より初期的状態への後退と次の攪乱までの発達が繰り返される。荒瀬ダム湛水域の同様な立地ではダム撤去直後からそのような増水による攪乱が発生しており、ダム撤去後の早い段階から、湛水域以外の増水攪乱地域における植物の生育状況と同じような変動が見られるようになった。そのため、植物相観としては湛水域も湛水域外と同様な緑地景観になっている。植物の生育という視点だけでみれば、この立地環境では植物的自然環境の再生が達成された状況と言えるかもしれない。しかし、そこに見られるのはセイタカアワダチソウやシナダレスズメガヤなどの外来植物を多量に含む植物社会である（図1）。このような状況は、交通量の多い道路沿いなどに形成される路上雑草群落と類似のものであり、いわば増水攪乱地雑草群落ともいえるものである。在来性や地域特性が低下し、ダム建設以前の植物的自然状況とは異質なものになっている。この点では、かつての球磨川の環境が戻ってきたとは言えないが、他方で、このような状況は今日の多くの河川に一般的な現象であり、荒瀬ダムがなかったとしても起きていることである。他河川でも普通に見られる共通性の高い植物社会が、荒瀬ダム撤去地域でも生育するようになったということでもある。



図1. 写真：シナダレスズメガヤ群落

一方、後者の、岩盤上のわずかな亀裂や凹地に発達する植生は、根が強く

張って、増水による攪乱をほとんど受けない。球磨川のこのような岩隙地には、トダシバやホソバコンギクが特徴的に生育するトダシバ群落(ホソバコンギクトダシバ群落)⁵⁾が見られる（図2）。本群落は立地的極相状態にある自然植生であり、地域本来の自然の姿と言えるものである。また、同環境には、クマガワリンドウやクマガワナンテン

ハギなど、この地域特有の植物群が生育している（図3）。荒瀬ダム湛水域の同様の立地でこのような植生や植物相が再生してくれば、ダム撤去が地域独自の自然環境の再生をもたらしたことになる。

以上を踏まえ、本稿では荒瀬ダム湛水域とその周辺地の岩隙地において、植生および植物相の現状を比較し、湛水域における自然環境の再生状況について検討した。



図2．岩隙地群落



図3．クマガワリンドウ

2. 調査内容

瀬戸石ダム下流域の河辺岩隙地において、8調査地点（図4）を設定した。いずれも、平常水位では河水の供給はなく、強く乾燥する立地条件にある。

各地調査地点では、 $1 \times 1 \text{ m}^2$ の方形区を3～6カ所もうけ、ブラウン・ブランケ法により植生調査を実施した。あわせて、調査地点全域で球磨川沿岸地に特有の植物5種（クマガワナンテンハギ、クマガワリンドウ、オニホソバシモツケ、クマノダケ、キイトラッキョウ）の生育確認調査をおこなった（表1）。

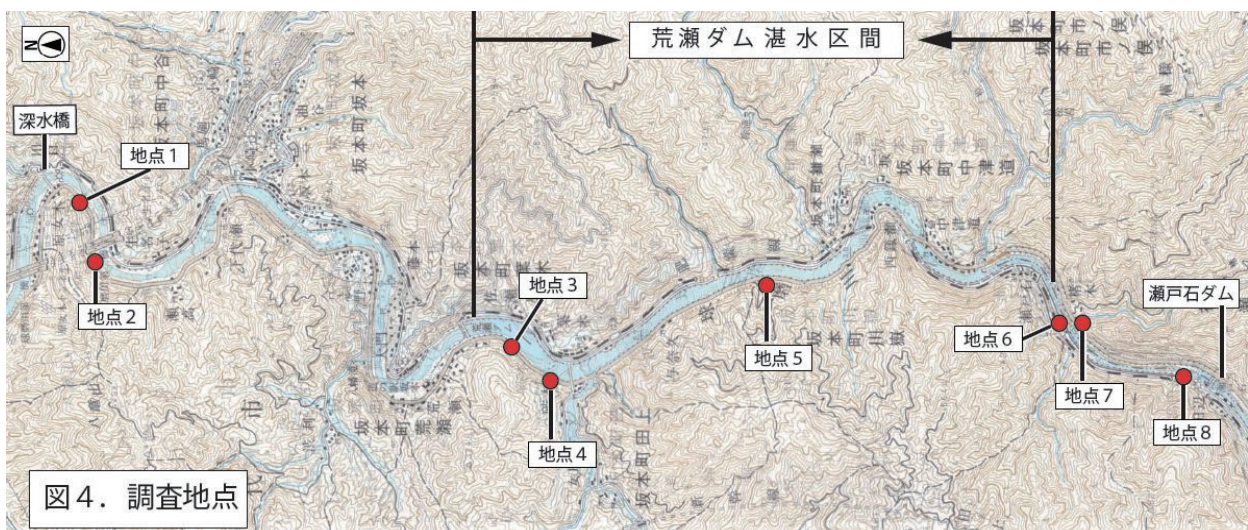


図4．調査地点

表 1. 調査地点と内容

調査地点	1	2	3	4	5	6	7	8
	13.7km 付近	14.3km 付近	20.4km 付近	20.9km 付近	23.0km 付近	27.3km 付近	27.4km 付近	28.4km 付近
	左岸	左岸	左岸	左岸	左岸	左岸	右岸	左岸
湛水状況	湛水域 下流	湛水域 下流	湛水域	湛水域	湛水域	湛水域 上流	湛水域 上流	湛水域 上流
調査内容	植生調査	植生調査	植生調査	植生調査	植生調査	植生調査	植生調査	植生調査
方形区数	3	3	6	6	5	5	5	5
方形区面積(m ²)	1 × 1	1 × 1	1 × 1	1 × 1	1 × 1	1 × 1	1 × 1	1 × 1
調査日	2019 9/12	2019 9/12	2019 9/13	2019 9/13	2019 9/13	2019 9/12	2019 9/12	2019 9/12
地域特有植物 分布調査	2018/11/20、2019/4/25、2019/9/12・13、2019/10/14							

3. 結果・考察

1) 植生調査

荒瀬ダム湛水域以外の調査地点（地点 1、2、6、7、8）では、トダシバが優占し、ホソバコンギク、サイヨウシャジン、イワカンスゲ、クマガワナンテンハギが常在的に出現するホソバコンギク・トダシバ群落が生育していた（表 2、4. 図 5、6）。群落高は 20～60 cm、群落構成種は 4～7、全体植被率は 20～40（時に～60）%で、構成種には外来種がほとんど見られない。植生は岩隙に沿って線状または小群状に生育している。

本群落は、トダシバ、ホソバコンギクを区分種としてまとめられるが、球磨川沿岸では同時にクマガワナンテンハギ、クマガワリンドウなどの地域固有種やサイヨウシャジンを随伴し、球磨川沿岸の河辺岩隙地に特有の植生となっている。

表 2. ホソバコンギクトダシバ群落 組成表

調査地点 和名	地点1, 13.7km		地点2, 14.3km			地点6, 27.3km		地点8, 27.4km	
	深水橋上流左岸		高速下左岸			瀬戸石駅：左岸		瀬戸石ダム下：左岸	
	No. 2	No. 3	No. 1	No. 2	No. 3	No.2	No.3	No.1	No.8
トダシバ	4・4	3・3	3・3	1・2	2・2	2・2	2・2	3・3	3・3
クマガワナンテンハギ	1・2	1・2		＋・2	＋・2	*	*	1・2	1・2
サイヨウシャジン	1・2	＋・2	1・2	＋・2	＋・2	1・2	1・2	＋・2	＋・2
ホソバコンギク		＋・2	1・2		1・2	1・2	1・2	＋・2	
イワカンスゲ	1・2	1・2	1・1	3・3	2・2	1・2			1・2
キイトラッキョウ	*	*	*	*	*	*	*		＋・2
クマガワリンドウ	*	*	*	*	*	*	*	*	*
オニホソバシモツケ				1・2				*	*
クマノダケ								*	*
ベンケイソウ s p								＋	
コバノウシノシッペイ	1・2								
ハマスゲ	＋・2								
シマカンギク	1・2	1・2							
ツルボ	＋・2	＋・2			＋・2				
ススキ									
ヨモギ				＋・2					
アレチハナガサ									
セイタカアワダチソウ									
シナダレスズメガヤ									
メリケンムグラ	3・3	2・2							
コニシキソウ									
メリケンカルカヤ									

※出現種と配列は比較のため表3と合わせた

*印は、調査地点には出現しなかったが、
周辺には生育するものを示す

赤字は外来種を示す

ブラウン・ブランケ法により調査。数値は生育植物の被度・群度を示す。

被度 5：植被率75%以上

4：植被率50～75%

3：植被率25～50%

2：植被率10～25%

1：植被率 1～10%

＋：植被率1%未満

群度 5：カーペット状に生育

4：大きなまだら状に生育

3：小群のまだら状に生育

2：小群で生育

1：単独で生育

これに対し、荒瀬ダム湛水域の調査地点（地点 3、4、5）では、ススキ、ヨモギを区分種とするヨモギーススキ群落が生育している。群落高は 35～65 cm、群落構成種は 4～6、全体植被率は 10～40%で、植生は岩隙に沿って線状または小群状に生育している（表 3、4、図 5）。立地環境が類似であるため、植生相観も似たものになり、遠目にはホソバコンギクトダシバ群落と同じに見えるが、セイタカアワダチソウ、シナダレスズメガヤ、メリケンカルカヤなどの外来種を多く含む一方で、ホソバコンギク

ートダシバ群落に特徴的なホソバコンギク、サイヨウシャジン、クマガワナンテンハギ、イワカンスゲの生育が見られない。また、クマガワリンドウ、オニホソバシモツケなどの球磨川特有の植物も見られない。

表 3. ヨモギーススキ群落 組成表

調査地点 和名	地点3. 20.4km			地点4. 20.9km			地点5. 23.0km		
	湛水域1			湛水域2			湛水域3		
	No.3	No.5	No.6	No.2	No.3	No.4	No.3	No.4	No.5
トダシバ			1・2	1・2		1・2			
クマガワナンテンハギ									
サイヨウシャジン									
ホソバコンギク									
イワカンスゲ									
キイトラッキョウ									
クマガワリンドウ									
オニホソバシモツケ									
クマノダケ									
ベンケイソウ s p									
コバノウシノシッペイ									
ハマスゲ									
シマカンギク									
ツルボ									
ススキ	2・2	2・2	1・2	1・2	1・2	2・2	1・2	2・2	2・2
ヨモギ	+・2	+・2	1・2	+・2	+・2	1・2	1・2	+・2	+・2
アレチハナガサ			+・2	+					
セイタカアワダチソウ	1・2	1・2	1・2	+・2	+・2	+・2	+・2	+・2	
シナダレスズメガヤ	1・2		2・2		1・2	1・2	1・2		
メリケンムグラ	1・2	+・2							
コニシキソウ	+・2			+					
メリケンカルカヤ		1・2		1・2	1・2				

※ 比較のため、出現種は表2とそろえた。

ホソバコンギクートダシバ群落は、球磨川沿岸の河辺岩隙地に特有の安定的な植生であり、湛水域の下流にも上流にも見られることから、荒瀬ダム建設以前は調査地点 1 ～ 8 の全域に生育していたと推察される。しかし、荒瀬ダム湛水域では消失し、ダム撤去後は先駆的に入りやすいススキ、ヨモギや外来種中心の植生が形成され、元々あったホソバコンギクートダシバ群落は再生していないと考えられる。

2) 立地特有植物の確認調査

対象とした植物の特性は次の通りである（図3、6）。

- ① クマガワナンテンハギ： 神瀬をタイプ産地とする本地域固有の植物で、一勝地より下流域の球磨川沿岸に生育する。^{1)、4)、6)}
- ② クマガワリンドウ： 神瀬をタイプ産地とする本地域固有の植物で、球磨川沿岸に生育する。^{4)、6)}
- ③ オニホソバシモツケ： 神瀬をタイプ産地とする植物で、神瀬より下流域の球磨川沿岸に生育する。本地域以外の生育地は福岡県古処山だけ。^{1)、2)、4)}
- ④ クマノダケ： 神瀬がタイプ産地とされ、神瀬より下流域の球磨川沿岸に多く見られる。^{1)、4)}
- ⑤ キイトラッキョウ： 九州では長崎県（西海）と本県球磨川下流域沿岸に限られる。^{3)、4)}

これら5種は、球磨川沿岸の岩隙地やその周辺に生育する本地域特有の植物である。調査地点はいずれも類似の立地環境にあるが、5種は荒瀬ダム湛水域以外では生育が見られたが、湛水域では生育が見られなかった（表3）。このことから、これらの植物は、荒瀬ダム建設前は地点1から地点8にかけて広く生育していたが、地点3、4、5では荒瀬ダムの湛水により消失し、ダム撤去後もまだ戻ってきていないと推察される。

4. まとめ

球磨川沿岸の岩隙地には、この地域特有の植生と植物相が生育している。これらは球磨川沿岸の植物的自然の本質的で重要な要素であり、いわば”球磨川らしさ”を表すものである。しかし、荒瀬ダム湛水域ではそれらが欠落しており、その意味で球磨川らしい植物的自然はまだ戻ってきていない。一方で、湛水域のヨモギーススキ群落内にもトダシバが生育し優占種となる部分も見られること（表3、4）や、ナンテンハギやサイヨウシャジンの生育も一部地域でみられること（熊本県植物相調査）から、それらの植生や植物相の復帰の兆しも感じられる。

荒瀬ダム湛水域の岩隙地における植生や植物相が、今後どのように変化するかは予測し難いが、”球磨川らしさ”が戻ってくるとしても10年以上の時間が必要なことは確

かだろう。早期の再生を期待したい。

なお、本調査では八代植物友の会会長の富田寿人氏に現地調査他で大変お世話になった。記してお礼申し上げる。

参考文献

- 1) 熊本記念植物採集会編（1969） 熊本県植物誌．長崎書店．
- 2) 杉本順一（1978） 改訂増補 新日本樹木総検索誌．井上書店．
- 3) 中西弘樹（2015）長崎県植物誌．長崎新聞社．
- 4) 初島住彦（2004）九州植物目録．鹿児島大学総合研究博物館．
- 5) 宮脇 昭（編著）（1984）日本植生誌九州．至文堂．
- 6) 米倉浩司・梶田忠（2003-） BG Plants 和名-学名インデックス (YList) , <http://ylist.info>」

表 4. 球磨川岩隙地群落 常年度表

	ホンバコンギクートダシバ群落			ヨモギーススキ群落			ホンバコンギクートダシバ群落		
調査地点	地点1. 13.7km 渇水域下流： 左岸	地点2. 14.3km 渇水域下流： 左岸	地点3. 20.4km 渇水域1： 左岸	地点4. 20.9km 渇水域2： 左岸	地点5. 23.0km 渇水域3： 左岸	地点6. 27.3km 渇水域上流： 左岸	地点7. 27.4km 渇水域上流： 左岸	地点8. 28.4km 渇水域上流： 左岸	
	3	3	6	6	5	5	5	5	
調査方形区数									
トダシバ	3 (2~4)	3 (1~3)	III (+~1)	IV (1~3)	I (1)	V (2)	V (3~4)	V (3~4)	
ホンバコンギク	1 (+)	2 (1)				IV (+~1)	III (+~1)	I (+)	
サイヨウシヤジン	2 (+~1)	3 (+~1)				V (1)	V (+~1)	V (+~1)	
イワカンスゲ	2 (1)	3 (1~3)				II (1)	I (1)	I (1)	
クマガワナテンハンギ	3 (+~1)	2 (+)				*	III (+~2)	V (+~4)	
キイトラッキョウ	*	*				*		II (+)	
クマガワリンドウ	*	*				*	II (+)	*	
オニホソバシモツケ		1 (1)					*	*	
クマノダケ		1 (1)					*	*	
ベンケイソウ s p								III (+)	
コバノウシノシッペイ	2 (1~3)								
ハマスゲ	2 (+~1)								
シマカンギク	3 (+~1)								
ツルボ	2 (+)					I (+)			
ススキ			V (1~2)	V (1~2)	IV (1~2)		III (1)		
ヨモギ		1 (+)	V (+~1)	V (+~1)	V (+~2)				
アレチハナガサ			III (+)	II (+)					
セイタカアワダチソウ			V (1)	V (+)	II (+)				
シナダレスズメガヤ			IV (1~3)	III (1)	I (1)				
メリケンムグラ	3 (2~4)		II (+~1)	I (+)					
コニシキソウ			I (+)	I (+)					
メリケンカルカヤ			I (+)	III (1~2)					

*：調査方形区には出現しなかったが、周辺域に
生育することを示す。
1方形区のみ出現種（特有种以外）は表記しなかった。

常年度：調査地点が5地点以上の場合
V：81%以上の調査区に出現する
IV：61~80%の調査区に出現する
III：41~60%の調査区に出現する
II：21~40%の調査区に出現する
I：1~20%の調査区に出現する

調査地点が4以下の場合は地点数を表示
() 内は被度の変動幅を示す。

緑文字：球磨川特有の植物

赤文字：外来植物

 <p>調査地点2. 全体状況</p>	 <p>調査地点2. 近景 ホソバコンギクトダシバ群落</p>
 <p>調査地点3. 全体状況</p>	 <p>調査地点3. 近景 ヨモギーススキ群落</p>
 <p>調査地点8. 全体状況</p>	 <p>調査地点8. 近景 ホソバコンギクトダシバ群落</p>

図5. 岩隙地群落生育状況



クマガワナンテンハギ



オニホソバシモツケ



クマノダケ



キイトラッキョウ



サイヨウシャジン

図 6. 調査地特有の植物

ウスイロオカチグサは湿気を求めて旅をする？

Paludinella devilis moves for a long distance to acquire a new wet place depending on the reduction of the lake-water level?

西野 宏*

熊本大学大学院先端科学研究部基礎科学部門化学分野
〒860-8555 熊本市中央区黒髪 2-39-1
nishino@kumamoto-u.ac.jp

Abstract: The tiny land snail *Paludinella devilis* (Gould, 1859), *ca.* 5 mm shell height, was found in the lakeside of the Arase Dam, Kumagawa River, and on the riverside of Kudaraki River, a branch river of Kumagawa, Kumamoto Prefecture, Japan. *P. d.* lived on the riverbank very close to the river water. When the gates were opened to demolish the dam, *P. d.* horizontally moved over 30 m to acquire a new wet place depending on the reduction of the lake-water level. It was found that *P. d.* was an amphibious shellfish living both in fresh water and air.

ウスイロオカチグサ *Paludinella devilis* (Gould, 1859) はカワザンショウガイ科 *Assimineidae* の殻高 5mm 程度の陸産貝（有肺類）である（図 1）。ウスイロオカチグサの分布はもともと沖縄・奄美群島（黒田, 1963；藤木・富山, 2016；片野田・他, 2017）とされていたが、1969 年に熊本県熊本市中央区にある江津湖湖畔に生息していることが報告され（岡本, 1969）、当時北限とされた。一般には、その分布は奄美諸島・沖永良部群島・沖縄とされ（東, 2006）、模式産地は琉球となっている（湊, 1988）。しかし、その後 50 年が過ぎ、全国で希少野生動植物や外来種関連の調査や各種環境評価関連の調査がきめ細かに行われるようになり、その生息域は随分と知られるようになった（矢野・増田, 1999；川瀬・他, 2012；福岡県大牟田市, 2012；鹿児島県, 2016）。最近では国内移入種という扱いの地域もあり（木村, 1996；松村, 1997；鳥居・他, 2012；中井, 2015）、ウスイロオカチグサがその地域にもともと生息していたのか、あるいは昨今のように人や物流の激しい移動に伴い、意図的ではない人為的移動・移入による生息域拡大であるのかは明確ではない（西, 2013）。何れにしても、その生息がこれだけ広く知られるようになったということは、本種が日本本土の環境に適応できる陸産貝類であるということであろう（増田・内山, 2010）。

さて、熊本県では 1969 年に本種が熊本市中心部にある遊水池の江津湖湖畔で発見されて以来、生息地およびその周辺の度重なる護岸工事のため個体数が激減した。2009 年版熊本県レッドデータブックには「近い将来における野生での

* NISHINO, Hiroshi: Department of Chemistry, Graduate School of Science, Kumamoto University

絶滅の可能性が高いもの」と判定され、絶滅危惧 IB 類(EN)にリストアップされた(熊本県, 2009)。現在でも江津湖湖畔ではその状況は変わらないが(熊本県, 2014), 2007 年に熊本県南部から中部にかけて流れる一級河川で日本三大急流の一つとして知られる球磨川本流およびその支流で第二の生息地が発見された。きっかけは、八代海から球磨川を遡ること約 20 km の所に敷設されていた発電用多目的ダムの荒瀬ダム(熊本県八代市)の撤去工事に伴う環境モニタリング調査であった。荒瀬ダム本体は 1955 年 3 月に竣工し、水利権等種々の問題から 2010 年に撤去が決定され、これを解体して昔の河川環境を取り戻すという計画が 2012 年 4 月よりスタートした(熊本県企業局, 2019)。人の造った人工物であるダム本体の解体工事は日本では初めてであり、6 年の歳月をかけて 2018 年 3 月にその撤去工事は完了した。解体工事に伴い、ダム解体前・途中・解体後の環境変化をモニターし、評価・検証することが本計画に盛り込まれており、総合的な詳しいモニタリングが行われている。筆者は荒瀬ダム撤去フォローアップ専門委員会委員として解体工事に関わっている。理由は荒瀬ダム上流のダム湖畔と、さらに遡ること 2 km ほど上流にある球磨川支流の百済木川土手からウスイロオカチグサが発見されたことにある。ウスイロオカチグサはこれまで熊本県では江津湖湖畔以外では発見されたことが無く、もともと海岸に生息するヘソカドガイと同じように海と関係があると考えられていたので(浜田, 1970), やや内陸のしかも大きな河川域で発見されたことは驚きであった。この流域だけで個体数は数十個体から数百個体を超える特異なハビタットを形成している。毎年の個体数調査では本種が絶滅危惧 IB 類(EN)に指定されていることから、採集するのではなく、目視による確認にとどめ、本種の保護に努めている。この付近ではウスイロオカチグサ以外に、ヒメオカモノアラガイ、ヤマタニシ、ヤマクルマガイ、アズキガイ、オカチョウジガイ、ダコスタマイマイ、ウスカワマイマイ、ツクシマイマイやモノアラガイ、カワニナ、マシジミが見つかる。

調査を進めていくうちに、ウスイロオカチグサの生態としてわかったことを記す。

1. ウスイロオカチグサは蓋を持つカタツムリの仲間で、短いやや尖った触覚の先端付近に眼があり、水辺の近くにいる(図 2)(松村, 1997: 増田・内山, 2010)。
2. 湿気があれば、活発に動き回る。動き回る速度は速く、顕微鏡下で生態写真を撮影しようとする、すぐ視野の外に出てしまう。
3. 生息している場所は川岸の水際から水平方向で 70 cm 程度の岩または泥(泥質および砂地)の上、水面より垂直方向に 40 cm 程度の土手や岩上を這っていることが多い(木村, 1996)(図 3-1)。最もよく見つかる所は水面上 5~10 cm の泥質の部分で、幼貝は水中の泥底上にもいた(図 3-2)。支流の岩壁では水面から垂直方向に 2 m 以上も上まで這い上がっている個体もいた。この場所は水面からの水しぶきや山側から滲み出す水分で、湿気のある場所の近くでもあった。

4. 支流の百済木川では、川岸から水平方向に 5 m 以上離れていても、山側から湧き水が流れ込んでくる幅 50 cm ほどの細い小川付近の落葉下にも生息していた。ここは以前、ダム満水時にダム湖水で満たされていた付近である。

2010 年 3 月末に荒瀬ダムは発電を停止し、ダムのゲートが解放され、ダム湖の水が放流された。当然、上流のダム湖畔の水位は 1 週間で 20 m ほど下がり、ウスイロオカチグサが生息していたダム上流湖畔の土手は、一部を除いて完全に干上がった。その後の調査（2012 年）の結果、干上がってしまった所では本種は見つからず、驚いたことに水位の減少に伴って川面近くの土手まで移動していることがわかった。そこは元々湖底であった所である。その距離はなんと水平方向で 30 m を超えていた。また、元々生息していた所（ダム湖満水時の湖畔土手）では、取り残された個体が一部発見された。その場所は山側から垂れ落ちてくるわずかな水滴のそばの湿った落葉下という環境で、すでに 3 年間も世代交代しながら細々と暮らしているかのようであった。ダム湖が復活することは無いので、山側からのわずかな水滴が途絶えてしまえば、周辺環境の乾燥が進行し、死滅する可能性が高いと思われた。最終的には 2017 年 8 月の調査で、この場所では完全に絶滅したことが確認された。

ここで本種は分類上、淡水中を主な生活の場とする淡水産貝類（鰓呼吸）ではなく、陸上で活動する陸産貝類（肺呼吸）の仲間である。従って、殻高 5 mm 程度のカタツムリがダム貯留水の放流による水位減少に伴って、湿気を求めて水平方向に 30 m (= 30000 mm) 以上も陸上と一緒に旅をした？と解釈せざるを得ない。海岸波打ち際の干上がった岩上で見かける海産のタマキビガイ（殻高 10 mm 程度）は、潮の満ち引きに伴って 30 m 程度の移動は可能かもしれない。しかし、潮汐は 1 日 2 回あり、岩上に取り残されたとしても 12 時間じっとしていれば、また海水が戻って来る。熊本県内で最も大きな陸産貝であるツクシマイマイ（殻径 60 mm）では、その時の気温や湿度にもよるが、通常 of 自然環境下では $5 \times 5 \text{ m}^2/\text{day}$ 程度しか自発的に移動しない。また、落葉下に生息する殻高 2 mm 程度のキュウシュウゴマガイでは $0.5 \times 0.5 \text{ m}^2/\text{day}$ 程度しか移動しない。そうすると、ウスイロオカチグサが水平方向に 30 m 以上も自発的に移動するのだろうか？そこで、この疑問を解くために、次のような実験を行なった。

《実験》50 mL サンプル管瓶に水（15 mL）を入れ、実験用に持ち帰ったウスイロオカチグサの生貝 5 個体を強制的に水中に落とした。その後、このウスイロオカチグサがどのような行動をとるのかを観察した（図 4）。

結果はこうであった。水中に落としたウスイロオカチグサは直ちに活発に動きだし、3 分後に 1 個体、6 分後、14 分後、25 分後にそれぞれ 1 個体ずつ、そして 30 分後に最後の 1 個体がようやく水上に這い上がった。やはり、ウスイロオカチグサは水中では生きられない陸産貝類であると思われた。しかし、驚いたことに、すべての生貝が這い上がった 5 分後に、こんどは 2 個体が再び水中に戻ってしまった。しかも、水中で活発に動き回り、口を動かしてサンプル管瓶内側のガラス表面を盛んになめ回していた。オレンジ色の顎板をしきりに動

かし、あたかもえさを食べているかのようにであった。この2個体は水中に15分間も留まり、再び水上へと這い上がった。その後、水上に這い上がっていた残りの3個体も含めて、5個体すべては水中へ戻ったり、水上へ這い上がったりを繰り返した。水中には1時間以上も留まっていることもあった。また、水中に餌としてキュウリの薄片を沈めたところ、12時間以上水中のキュウリ薄片上に留まっていた。

この実験結果から、ウスイロオカチグサは水陸両棲であり、餌を求めて水陸を行き来すると考えられる。このことは幼貝が水中の泥底上で見つかったことからもうなずける。よって、荒瀬ダムのゲートが開放されてダム湖の水が放流されたとき、水中またはすぐ近くにいたウスイロオカチグサは湖水の水位減少に伴って、川の水と一緒に自発的または水中で受動的に1週間程度かけて30 m以上水平方向に移動したと考えられる。この現象は支流百済木川の土手に生息しているウスイロオカチグサにも同様のことが言える。すなわち、荒瀬ダムのゲート開放により球磨川支流百済木川水面も10 m程度下がり、百済木川の土手にいたウスイロオカチグサも湿気を求めて移動していた。

まとめると、ウスイロオカチグサは水陸両棲（半陸棲）であり、水面から水しぶきがかかる程度に湿った土手や石垣上や岩の割れ目で発見されることが多い。また、湧き水程度の水分が山側から流れていれば、落葉下で生き残れる。水上の土手および水中の泥に含まれる有機物を餌としているようである。球磨川支流の百済木川土手では世代交代が繰り返され、荒瀬ダム撤去に伴う環境変化にも十分対応しており、この地域における絶滅または個体数減少の危険性は無くなった。ウスイロオカチグサが水陸両棲（半陸棲）であることは、筆者の知る限り、初めての知見である。

熊本県内の陸・淡水産貝類全般の生息環境調査で、ウスイロオカチグサが生息しているような場所は、見落とされてきた箇所である。しかし、荒瀬ダム撤去に伴う環境モニタリング調査により、ウスイロオカチグサの生態が明らかとなり、同時に行われている熊本県希少野生動植物検討委員会による調査により、江津湖と百済木川流域以外に3箇所の新たな生息地が確認された（西野，2019）

（図5）。熊本県内に生息するその他のカワザンショウガイ科の陸産貝としては、天草市牛深町の東シナ海に面した海岸線にヘソカドガイがいる（浜田，1970）。ヘソカドガイは海岸近くの石の間や流木等の下で発見されることが多く、その場所は満潮時に水没する所である（吉倉，1993）。



図 1. ウスイロオカチグサ (2012 年 8 月 30 日, 2014 年 8 月 25 日, 西野撮影)
 左: 球磨川本流旧荒瀬ダム右岸泥土上
 右: 百済木川上流土手上

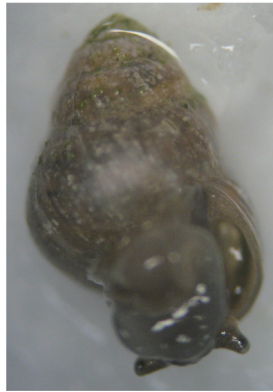


図 2. 採集されたウスイロオカチグサ *Paludinella devilis*
 採集日: 2013 年 9 月 13 日, 採集場所: 熊本県八代市
 殻高: 5.0-6.0mm, 殻径: 3.0-4.0mm



図 3-1. 生息確認地：球磨川本流旧荒瀬ダム右岸石壁上（➡ウスイロオカチグサ）



図 3-2. 生息確認地：百済木川河岸泥質上（➡ウスイロオカチグサ）

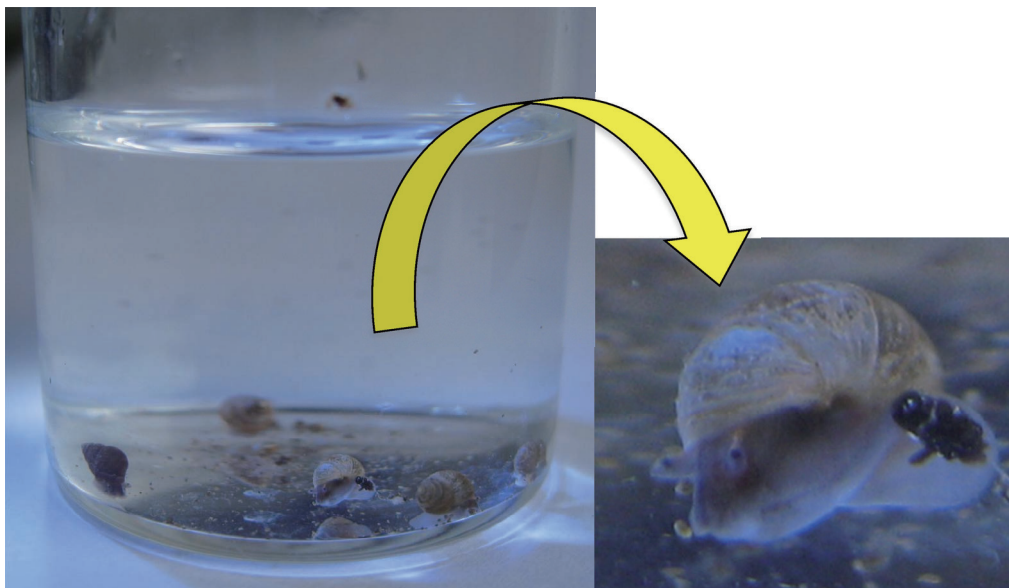


図 4. 水中を活発に動き回るウスイロオカチグサ *Paludinella devilis*

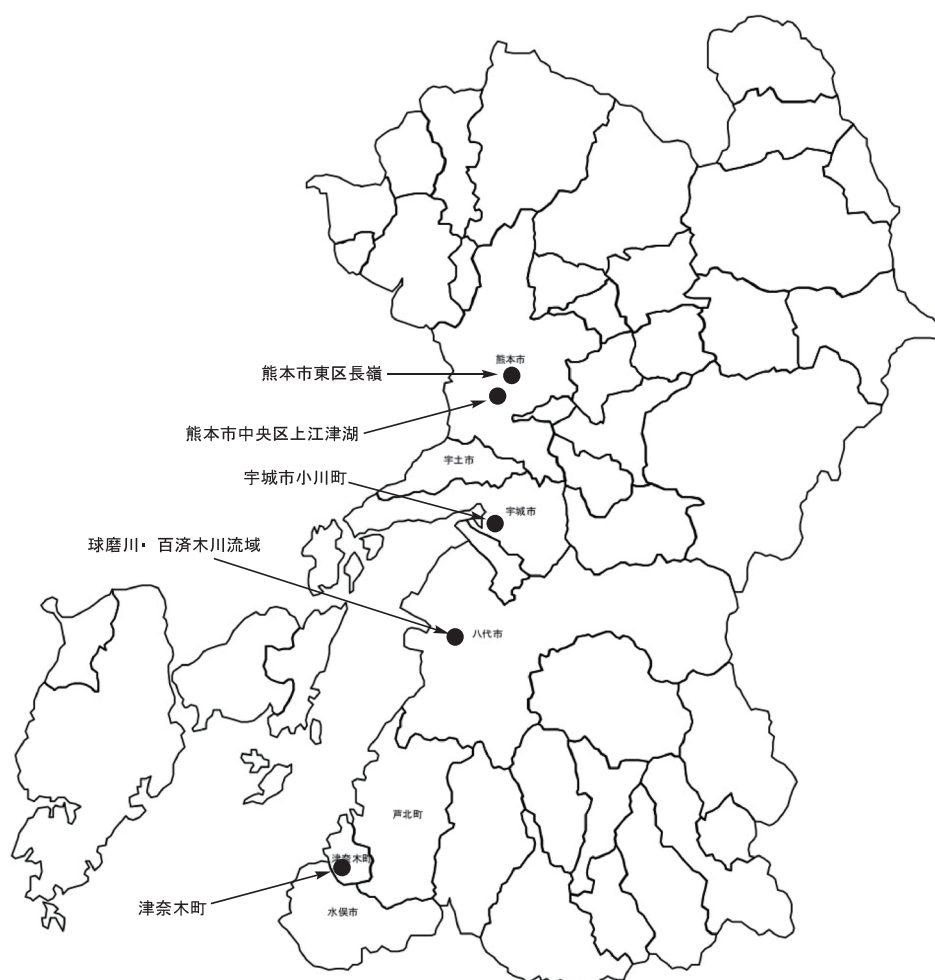


図 5. 熊本県内のウスイロオカチグサ分布状況（●生息確認地）

謝辞

本稿をまとめるにあたり，調査ならびに貴重な情報を常にいただいている熊本県希少野生動植物検討委員会 陸・淡水産貝類班調査員の松本達也 氏，(株)東京建設コンサルタントの大矢広志 氏に感謝します。

参考文献

- 岡本正豊．1969．雑記帳・熊本の貝．*ちりぼたん* 5(7)：205-210．
- 鹿児島県．2016．改定・鹿児島県の絶滅のおそれのある野生動植物 動物編．RED DATA BOOK 2016．財団法人鹿児島県環境技術協会．
- 片野田裕亮・中島貴幸・市川志野・富山清升．2017．大隅諸島における汽水及び淡水産貝類の生物地理．*日本生物地理学会会報* 71：69-79．
- 川瀬基弘・村瀬文好・早瀬善正・市原 俊・吉村卓也・山内貴司・横山貴則．2012．岐阜市に生息する陸産貝類．愛知みずほ大学．*瀬木学園紀要* 6：19-36．
- 木村昭一．1996．兵庫県神戸市で採集されたウスイロオカチグサガイ．*ちりぼたん* 26(3・4)：81-84．
- 熊本県企業局．2019．荒瀬ダム撤去工事記録誌．
- 熊本県．2009．改訂・熊本県の保護上重要な野生動植物-レッドデータブックくまもと 2009-．熊本県環境生活部自然保護課．
- 熊本県．2014．熊本県の保護上重要な野生動植物-レッドリストくまもと 2014-．熊本県環境生活部自然保護課．
- 黒田徳米．1963．日本非海産貝類目録．日本貝類学会．
- 鳥居 高明・齋藤 和久・樋村 正雄．2012．酒匂川水系の底生動物相および底生動物群集を用いた水系の類型化．*神奈川自然誌資料* (33): 55-64．
- 中井克樹．2015．京都府の陸産貝類相．京都府レッドデータブック 2015．
- 西 浩孝．2013．豊橋市内で確認されたウスイロオカチグサ．*豊橋市自然史博物館研報* (23)：19-21．
- 西野 宏．2019．熊本県の陸・淡水産貝類．レッドデータブックくまもと 2019．熊本県環境生活部自然保護課．
- 浜田善利．1970．熊本県陸産貝類目録（分布資料）．熊本洞穴研究会貝類目録出版部．
- 東 正雄．2006．原色日本陸産貝類図鑑．保育社，東京．
- 福岡県大牟田市．2012．平成 23 年度水生生物調査報告書 福岡県大牟田市【諏訪川水系】．大牟田市環境保全課．
- 藤木健太・富山清升．2016．喜界島における陸産貝類の分布状況．*Nature of Kagoshima* 42：405-418．
- 増田 修・内山りゅう．2010．日本産淡水貝類図鑑 ②汽水域を含む全国の淡水貝類．ビーシーズ．神奈川．
- 松村 勲．1997．大阪狭山市で採集したウスイロオカチグサ．*ちりぼたん* 27(3・4)：70．

- 湊 宏. 1988. 日本陸産貝類総目録. 日本陸産貝類総目録刊行会.
- 矢野重文・増田 修. 1999. 西日本におけるウスイロオカチグサの記録. *ちりばたん* 30(1) : 9-12.
- 吉倉 眞. 1993. 天草の自然. 熊本生物研究所.

(2019 年 8 月 21 日受理)

環境に配慮した荒瀬ダム撤去

川野由紀子

荒瀬ダムは戦後の電力不足と灌漑用水の確保等を目的に建設され、昭和29年に発電開始。当時の九州各県の電力不足を補ってきた。日本三急流の一つ球磨川沿岸には、戦後の電力不足を補うため地元の企業の小さな発電所が数か所建設され、建物は一種の風物詩となっていた。しかし世の中の情勢の変化とともに、発電を大きな目的として企画運営されたダムも、電力需要の見通しが立ち、地元民等から環境保全のため撤去を求める声が大きくなった。

県はダムに膨大な維持費がかかること、ダムによる弊害等を考慮し、紆余曲折の末平成24年ダム撤去に着手した。撤去にあたって重視されたのは河川の環境回復、昔の球磨川に戻して欲しいとの声が大きかった。

先ず、建設前の川の形態の調査・数少ない昔の川の写真や当時の住民の記憶を基に調査が始まった。

工事期間は目的達成のために素早くではなく、球磨川の代表的な魚類である鮎の産卵期や遡上期を避けて河川工事の時期、期間が決められた

期間中環境モニタリング調査を実施、騒音、振動、水質、動植物、基盤環境等を調査し河川環境に配慮した工事計画が立てられた。一つ一つ細かい調査がなされ、その成否につき検討が行われ再調査が行われた。

動植物の生育環境もどう変化するか検討され、種の絶滅を防ぐため最適な環境の場所に個体を移動させて適合性が検討された。理想的な環境とされたところで大きく成長したり、はかばかしくなかったり、元の位置で立派に育ったり自然の不思議を感じた。特に鮎については工事期間を鮎の成長

に配慮して施工、餌、餌場、個数等詳細に検討された。ダム撤去後の鮎の産卵場や餌場への影響は少なかったとみられ、鮎の川の復活が望まれる。

底生動物は水位低下により抽水植物が生育する水辺環境が一時的に消失すると考えられるため数種は、ダム撤去前に生息適地に移植された。撤去後荒瀬ダム上下流の流水回復区間では底生動物は止水環境から流水環境への変化に伴い種数や多様性が増加している。

河川の形態では工事の都度砂洲の形、砂の大きさ、形状が計算通りか水の流れ方は、下流への影響はと詳細に検討。ダム建設前の川の姿に復元することを目指して建設前の写真や地元の方の記憶を基に工事計画が何度も見直された。

騒音・振動・粉塵：撤去に関して最大限に配慮されたのは近隣の民家への影響。工事現場には大型のショベルエンジンカッターが運び込まれ期間中の埃や騒音や振動が懸念されたが、汚濁防止膜、タイヤ洗浄装置、防音壁が設置され分割しての制御発破や小割発破が行われた。粉塵対策は防爆シート・マットによる飛散防止、振動はコンクリート殻をクッション材にして抑え細心の注意を払い、いずれも基準値以下で工事が進んだ。

撤去したコンクリートは小割して発電用に設置されていた導水トンネルに埋め戻しに利用、ダム下流に堆積した土砂は施工ヤードの造成に利用して廃棄物を出さないよう環境に配慮された。

下流への配慮、濁水は濁水処理設備で処理・下流に流れないように汚濁防止膜を設置し作業法を配慮。これらの結果、期間中一度も基準値を超えたとの報告はなかった。

撤去完了：荒瀬ダムは着工から6年後の平成30年に無事撤去完了。跡地には展望スペースを設置、日本初のダム撤去の痕跡を残そうと様々な工夫がされている。

ダムの左岸と右岸の残存部に展望スペース、荒瀬ダム建設の慰霊碑、藤本発電所建設記念碑、ダム案内板、説明板が設置され荒瀬ダムの歴史や功績、撤去事業等々説明されている。日本初のダム撤去と注目され、県により膨大で詳細な資料も作成されているので現地視察や学習会で活用して欲しい。

「50年間、ダムによって変わった川が元に戻るのにどれだけかかるのか。」

みんなの懸念した河川環境は工事にも細心の注意が払われたが、自然の再生力も加わり驚くほどの回復力を見せている。鮎の遡上に尺アユ、球磨川の復活が待たれている。

熊本の誇る球磨川は流水環境の回復、河川形状の復活がみられ、まだまだ問題点は多いが撤去後の球磨川の活用に向けて地元では様々な企画が建てられ、調査が始まっている。

昔の球磨川を知る大人たちも動いている。

直ぐには実現しないにしても昔の川遊び、鮎釣り、観光と夢は大きく膨らんでいる。課題は多いが待ち望んだダム撤去、これを契機に一つ一つ夢を実現させて欲しい。鮎やなやレストランも作られた。ダムの跡地の展望スペースや道の駅坂本の展示室を活用してダム撤去の経過や学習会を町起こしの起爆剤にして欲しい。

百済木川流域の大きな環境 変化

大和田 紘一
〈東京大学名誉教授〉

平成29年6月1日に荒瀬ダム撤去フォローアップ委員会が開催され、熊本県からは、撤去工事も順調に進んでいるとの報告が行われた。会議の最後に篠原委員長から、この委員会の記憶として委員各位の感想文を書いた文集を作成しては如何かとの提案があった。私は、もちろん賛成であり、このような文章を寄稿したい。

この委員会が結成されて間もなく、現地をバスで視察する機会が持たれた。その時に百済木川がダム湖に合流する水域はダムによって水位も高く、合流点は流れもよどんで、富栄養化も進んでおり、見た目にも汚い川であるとの印象を受けた。県からの説明では、毎年5月から6月頃にかけて、鞭毛藻類による所謂淡水赤潮に悩まされているとのことであった。

1960年代から山間部のダム湖では、支流の河川がダムに流れ込む合流域に於いては、春から夏の時期に単細胞藻類によるいわゆる淡水赤潮が発生するようになってきて社会的にも問題になっていた〈1、2〉。

赤潮を発生させる種類は、藍藻類の *Trichodesmium* や *Oscillatoria* などや渦鞭毛藻類の *Peridinium* などが多かったが、我が国では、殻をもつ *Peridinium* 属の生物が多く報じられている(2)。百済木川でも *Peridinium* の発生が多かったと県の方からは聞いたように思われる。

その後、数年が経過して、委員会での現地視察が実施されてみると、荒瀬ダムの石柱の半分くらいが撤去されて、ダムの水位も下がり、球磨川には元の流れが戻ったので、百済木川の水位も十分下がって、合流点の付近は非常に広がりが見られ、さながら百済木川公園といった感があって、非常に感動したことが思い出されてくる。

かつて百済木川は、山間部から流れてきて、球磨川には現在のように合流していたものと思われる。ダム撤去によって、水位も十分下がり、合流域の付近は、自然の流れを持った支流となって、合流域の環境が見違えるように改善されたものと考えられ、ダムを撤去したことがプラスの効果をもたらしたものと高く評価をしたいと考える次第である。

引用文献

1. 近藤平一郎・小黑美樹. 1976. 淡水赤潮に関する研究- 1. 徳島公害センター年報. 2. 66-69.
2. 門田元〈編〉. 1984. 淡水赤潮. 恒星社恒星閣. pp290.



現在の百済木川（湛水時の上流末端部付近）

荒瀬ダム撤去工法専門部会での貴重な体験を思う

中央大学研究開発機構

教授 福岡 捷二

球磨川の清流を取り戻したいという地元の人々の強い要望で、本格的なコンクリートダムである県営荒瀬ダムの撤去をすることとなり、5年半の工事期間を経て国内初のダム撤去は終わった。私は河川工学の専門家として、平成15年7月より荒瀬ダム対策委員会の委員となり、その中に設置されたダム撤去工法専門部会の委員長を平成20年2月まで務めた。

当時、世界でダム撤去のいくつかの事例はあったものの、荒瀬ダムのような大きなダム（堤高25m、堤頂長210.8m、堤体積47,000m³）で、しかも球磨川のように土砂移動量の多い河川でのダム撤去例は見られなかったと思う。昭和29年12月に竣工した重力式コンクリートダムを平成24年4月から本体撤去工事に着手し、平成30年3月に撤去を完了した。この間、60年以上の長きにわたり使われてきたダム本体を安全に撤去することの仕事の重要性和責任の大きさを強く感じるとともに、これまで経験したことのない新しい事業への挑戦ということに、強い使命感を感じた。

撤去部会では、ダム撤去にあたって必要なことをすべて検討したが、ここでは、私が最も印象に残ったことを中心に述べる。

撤去工法専門部会は5年間12回開催された。撤去部会の主要な検討課題は3つあった。第1の課題は、ダムの撤去範囲、撤去手順等の撤去工法を決めること、第2は、ダム貯水池に大量に堆積している堆砂の除去方法、処理方法とダムを撤去したときに土砂を安全に流下させることが可能なのか、そして、最終的にダム建設前の河道に戻るのかを明らかにすること、第3は、ダム撤去に関わる環境保全処置及びモニタリング調査計画を創ることであった。第1のダムをどのように撤去するかは重要で大きな問題であったが、ダム構造が専門の委員によれば、人間が作った構造物は、それを撤去することは出来ると明言されていたので、専門家と事務局の意見に耳を傾け検討を進めた。

一方、ダム撤去に伴う堆積土砂の取り扱いについては、よく分かっていないことが多く、また河川環境に密接に関係することから、慎重に検討した。貯水池内に堆積している泥土、シルト、及びシルト混じり砂礫が、洪水時にダム下流に流出し、河川や海岸の生態系等に問題を引き起こさないようにするために、泥土10万m³、砂礫14万m³を事前に貯水池から撤去した。残された堆積土砂がダム撤去前、撤去中、撤去後に、洪水によりどのように下流河道で挙動するかを知るために、球磨川に適した洪水－河床変動解析モデルの構築をおこ

ない、これには、多くの時間を使った。球磨川は、急流河川でかつ複雑な河道形状をしており、モデルの開発にあたっては、調査で得られた洪水データおよび、河床変動データを用い、当時最先端の土砂水理学の学術・技術を駆使し開発を行った。またダム直下流に相当量の砂礫を置き土し、発生した洪水流による砂礫の流下形態を調べ、下流河川に不都合な堆積が生じないことを現地河道で明らかにし、モデルを用いて確認した。さらに、このモデルを用いダム撤去に伴う貯水池内および下流河川の河床変動予測等を行い、撤去後の河道は、ダム建設前の河道に復するかについての慎重な検討と議論を行った。これには、坂本町が有していた、ダム建設前の球磨川河道状況を示す写真等の多くの資料、特に、河道内に砂州がどのように存在していたかを示す手描きの絵は、解析モデルの精度向上に大変参考になった。解析モデルの適用の結果、球磨川は、ダムの撤去によって、ダム建設前の河道に戻り得ることを確認した。球磨川における洪水―河床変動モデルの構築に際して行われた洪水・土砂移動の調査データの収集と開発された解析モデルは、その後の我が国の石礫河道の洪水・土砂移動の研究及び技術の進展に著しい貢献をした。

ダム撤去に際して、コンクリート発破に伴い発生するコンクリート破砕殻の適切な処理、出水時の施工技術の改良、施工中の出水を安全に流すための水位低下設備の工夫等、現場での臨機応変な技術改良には、目を見張るものがあった。

これらと平行して、ダム撤去時、及び撤去に伴う事前と事後の環境変化の評価を行い、問題が生じないことも確認した。

これらの一連の技術検討は、治水と環境にかかわる研究者が一堂に会し、長い期間にわたり、それぞれの専門の立場から、時には専門を離れて真剣な議論を通じて得られたものであり、部会での議論は各委員にとっても学ぶことが多く、苦労が報われることが多かったと確信している。

荒瀬ダム撤去着手から撤去工事期間は 5 年半に及び、撤去前の計画段階から撤去中、撤去後のすべての期間にわたる記録と、それらを裏付ける技術的、学術的調査・研究資料が克明に残されてきた。また撤去着手に伴い「荒瀬ダム撤去ホームページ」を開設し、また現地工事の見学や視察を積極的に受け入れ、撤去工事に対する地域の理解の増進を積極的に進められ、今後の同種の調査・研究にとって大変貴重な財産となっている。これらは熊本県事務局の大変な努力によって行われたもので、関係者に深い感謝を表したい。

最後に、我が国で初めての本格的なダム撤去事業の撤去専門部会で尽力された各委員に感謝を申し上げたい。特に、終始、困難な技術的課題に対し撤去専門部会をリードされた 故 柏井条介委員に特別の謝意を表します。

一委員から見た現場実務技術者の変化と撤去技術の開拓

藤田 光一

(公益財団法人) 河川財団 河川総合研究所 所長

私は、荒瀬ダム対策検討委員会とそこに設置されたダム撤去工法専門部会（平成 15-19 年度）、荒瀬ダム撤去技術研究委員会（平成 22 年度）、荒瀬ダム撤去フォローアップ専門委員会（23-31 年度）に、河川工学を専門とする委員の一人として参加した。私が国土交通省の国土技術政策総合研究所に所属している時であった。フォローアップ委員会の委員としての務めは平成 27 年度までとなったが、それでも 13 年にわたり、荒瀬ダムを撤去するという事業の立ち上がりから完了に近づくまでの過程において技術面を中心に支援させていただくという貴重な機会を得た。

荒瀬ダム撤去がきちんと成し遂げられたことには多くの支えや要因があったはずである。その 1 つに、私は、撤去の実務を担った技術者の奮闘があったと確信している。そうした側面を伝えることも重要と考えて、その内容を以下書いてみたいと思う。本稿は、上記の委員としての務めの中で私が直接触れたことだけを土台に、そこから受けた印象や触発された考えを述べたものである。したがって、技術者の活躍を網羅的にカバーするものとはなっておらず、また私見が中心になっていることをお断りしておく。

高揚感に若干のむずがゆさを感じて

荒瀬ダム対策検討委員会（以下、対策委員会と略称）が始まって、地元の皆さんが荒瀬ダム撤去への熱い思いを語るのがとても印象的だった（私は第 1 回を欠席したので、平成 15 年 10 月 17 日の第 2 回以降のことであったと思う）。それは、荒瀬ダムが持つ負の側面（地元への環境影響、流砂系*を含む球磨川の自然環境への影響）が撤去により解消され、清流「球磨川」の再生ひいては地域の活性化につながるという期待に根差すものであった。加えて、日本で初めての本格的なダム撤去であり、プロジェクトとしてもダムや河川の技術としても新しい局面を切り開くものという意識が通奏低音になって、委員会がある種の高揚感に包まれているように感じた。

私はというと、地域の皆さんの熱い期待を受け止めつつも、技術専門家の習性で、「荒瀬ダムが及ぼしてきた環境影響は具体的にどのようなもので、因果関係やメカニズムを含め技術的にどこまで実態が明らかになっているのであろうか」とか、「ダム撤去で改善される内容は実際のところどのようなものであろうか」とか、「撤去に伴い負の影響も起こり得るので、環境改善だけを前提にしない丁寧な検討が必要であらう」とか、「発電用の堤高の小さいダムだから、治水・利水を主目的にした堤高の大きいダムに比較して撤去は容易、

とは輕輕には言えないであろう」など、事実や科学的検証、実行可能性の客観的吟味を重要とする（したがってものごとを科学的・技術的に丁寧に扱うべきとの）視点から興味や課題認識を持ち、それと上述の高揚感との間に微妙なずれのようなものを感じていた。

とは言え、潮谷義子知事（当時）が明確に判断を下したのであり、それにしたがって荒瀬ダム撤去を首尾よく完遂するための技術面での貢献を果たすべく、対策委員会の下津昌司委員長、ダム撤去工法専門部会（以下、専門部会と略称）の福岡捷二委員長の統括の下、他の委員とともに考え、知恵を出して行こうと思いを新たにしたものである。

*流域の源頭部から海岸までの一貫した土砂の運動領域を捉えるための概念

“項目立て”と実質検討とのギャップを直視することから

対策委員会と連動して専門部会、したがって撤去の技術検討が始まった。今でも印象深いのは平成15年7月18日に開かれた第1回専門部会で事務局から提示された資料の情報が少なかったことである。ダム上流の湛水域について、直近の河床等高線があり、元河床と直近二時点の横断河床形状が9側線で示されていた。しかし、河床材料の情報がない。撤去の方針を議論する時にそのようなデータは必要とされなかったのだろうかと言っていると、資料のその先に「ダム内に堆積している土砂の現状把握」という項目があり、調べるのはこれからであることがわかった。そして、その調査計画案にあるボーリングと表層河床材料採取調査の面積当たりの個所数が、音波探査による補完があるとしても少な過ぎる。後述するが、ダム撤去の方法を検討する上で、ダム上流の堆積土砂の性状（粒度）が平面および深さ方向でどうなっているかは極めて重要な情報である。その取扱いを目の当たりにして、感じていたずれが“もやもや感”に深まってしまった。それをかみ砕くと次のようである。

物事の方針を定め実行を決断する際には、そのための地固め作業が必要である。一方、地固めに完璧さを求めすぎると、決断ができなくなるか機を逃してしまう。であるから、走りながら考えるモードに突入する“勇気”が求められることもある。本件の場合、そのバランスはどうであったか？が気になったのである。こう考えていくと、初期の頃の専門部会の事務局資料に見られる、検討項目は揃っているが各項目の中味を作る道筋の詰めが弱いという共通的特徴にも得心が行く。上述の例はその典型と言って良い。

そうして私は、項目を立てることと実質的な検討が進むこととの間には大きなギャップがあり、そのギャップを埋めることは大変な作業であること、それこそが撤去の技術検討の中核であることを、撤去の実務を担う方々が当然ととらえるようになることが、技術検討を軌道に乗せる重要なステップであると考えようになった。

さらに大事なこととして、撤去のための教科書や技術ガイドラインの類は無く、すべてが手探りであり、このような状況でこうしたギャップが生じることの方が当たり前ということがある。撤去の実務に当たる方々が最初から周到な案を練り、撤去工法の議論に資する情報を用意することを期待する方が無理なのである。私は、だからこそ対策委員会そし

て専門部会設立の意義があり、専門部会に参画したからには、撤去の実務に当たる方々と一緒に技術的道筋を作っていくのだと、ほどなく考えを固めるに至った。部会で出された資料にその場で意見を言うというレベルでなく、二人三脚で一緒に汗をかかねばならないということである。

打ち合わせが積み重なり、目の色が変わる

その実践の機会は、堆積した土砂を撤去工事前にどれだけ・どのように除去すべきか？という技術課題の検討で早速訪れた。

上述のように相対的には小さい堤高のダムとは言え、それでも高さは10m近くある。ダム撤去は、人工的に維持されていた河床の高低差を自然の水流エネルギーに解き放つことであるから、堆積した土砂は、ある時期まで活発に下流に輸送される。それが過度に堆積すれば洪水流下能力（被害を起こす水位まで上がらずに安全に流せる洪水流量）を減少させ治水上の悪影響となる。石や礫からなる現河床を砂が薄く覆う程度であれば、流下能力への影響は小さくてすむが、それは今の生物にとっては好ましくない環境変化かもしれない。まして、もし堆積土砂に泥分が相当量あり（実際そうであった）、それが撤去に伴い下流に非洪水時に流送されれば、環境上の悪影響が出る可能性が高くなる。したがって、堆積土砂の流下が悪影響をもたらさないようにするための、堆積土砂除去のやり方を決めることは、重要な技術判断となるのである。その一方で、石・礫や砂は極力自然に流下させ、球磨川の流砂系の改善につなげることも求められており、この技術判断は、2つの目的達成のバランスを追求するという高度なものになる。

以上の技術検討には要所がいくつかあった。第一に、ダム上流に石・礫、砂、泥がどこにどれだけ堆積しているかを正確に把握すること（既述）、第二に、それを河床変動計算に反映させ、堆積土砂除去の仕方を色々変えて下流への土砂流送と河床材料変化を計算し、無実施を含む種々の除去法間の結果比較をできるようにすること、第三に、この計算において洪水流量の時系列生起パターンと撤去手順を的確に設定すること、第四に、河床変動計算を一次元（河川縦断方向のみの流れ、土砂流送、河床状況変化を考慮）で行うことの短所が判断の的確性に影響しないよう工夫すること、である。これらの意味を以下少し掘り下げておく。

ダム撤去の進め方各案の下で撤去中、どの段階でどのような規模の洪水を受けるか？は、堆積土砂の下流への出方に大きく影響する。たとえば、ダム堤体の除去工事が大きく進んだ後、いきなり大きな洪水が来る場合と、その洪水が中小規模の場合、有意な洪水がしばらく起きない場合とでは、結果が大きく異なりうる。そして、どのような洪水がいつ起こるかは予測できないため洪水生起シナリオを幅広く設定しなければならず、計算条件の組み合わせは多数にのぼる。その多数の結果を踏まえた総合比較検討には相当頭を絞ることになる。これが上記二番目と三番目の意味である。計算ケースが多い上に、河床変化・土砂流送を見る時間と河道長のスケールがともに大きいため（時間は50年、河道長は遙拝堰

から瀬戸石ダムまでのおよそ 20km)、計算時間のかかる平面河床変動計算(河川縦断方向だけでなく横断方向の流れと土砂流送も計算し、河床状況の変化を平面的に捉える)の適用は实际的でなく、一次元河床変動計算に頼らざるを得ない。この時、直接的には考慮できない横断方向の河床状況変化や流れ、土砂流送の影響を、手法の細部の設定や結果の解釈において客観性を保ちながら上手く考慮する必要が出てくる。これが四番目の要所の背後にある意味である。

以上のような技術検討は、部会の場合の議論だけで進められるものではなく、検討の進み具合を逐一見ながら、きめ細かにフィードバックをかけるプロセスが求められる。必然の流れで、一つの専門部会が終わって次までの間に事務局(撤去の実務を担う技術者やそれを支えるコンサルタントの方々を含む)との打ち合わせがなされるようになった。それは、専門部会の事前資料説明という性格のものではなく技術的な詰めそのものであり、最盛期には何度も実施された。私の場合で言えば、事務局の皆さんに、つくばや東京に何度もお越しいただくことになった。

こうした打ち合わせが積み重なって行くにしたがい、事務局メンバーにおいていつの間にか、項目立ては入り口に過ぎず、そこから先、実質的な技術検討を地道に進めていくことにこそ本プロジェクトの成否がかかっているのだという意識が定着していき、いつの間にか皆さんの目の色が変わったと感じた。先に言及したダム堆積土砂の把握について言えば、専門部会の第四回以降の資料にある堆砂の現状調査の内容は、初回とは見違えるようである。しかもそれは、実務者技術者の主体的取り組みの下でさらに充実していくのである。

一緒に川を歩きながら、同じ意識で河道を見るようになる

実務技術者と議論していて、最初のうちギャップがあると感じたもう一つのこと、ダム撤去の影響に晒され、それが良いものであれ好ましくないものであれ種々の変化が生じうる、その主舞台となる球磨川山地部河道(本稿では、山間を貫流する、荒瀬ダム撤去事業に関わる一連区間の河道のことを指してこう呼んでいる)の捉え方、さらに言うなら、その河床をしっかりと見ることへの意識がある。このことを説明するために、少々回りくどいが、私がこの技術検討において大事と考えた「河床をしっかりと見ること」の意味・内容をまず解説しておきたい。

荒瀬ダム撤去がもたらす河川の自然環境への影響について私は、「ダム撤去=良好な自然環境の再生」というようなステレオタイプの見方を取らず、撤去も河川へのインパクトの一つと捉え、環境アセスメントの方法論も取り込んで撤去に伴う環境変化を予測し、事前に明らかとなった負の影響については必要に応じて環境保全措置を講じること、そして、撤去時および撤去後にモニタリングを行って撤去前からの変化を継続的に把握し、その内容に応じて必要であれば策を講じられるようにしておくことが基本になると考えていた。ダム撤去に伴う自然再生の効果は、そのような調査検討から客観的かつ系統だった知見と

して明らかにでき、上記のステレオタイプの見方に依存した予断的・選好的“つまみ食い調査”は、かえって自然再生に果たす撤去の効果を科学的・技術的に曖昧なものにしてしまう。ただし、構造物を造るのでなく撤去する事業が対象なので、良好な結果をもたらす場面が多く想定される。そうした変化の把握がアセスメントやモニタリングから漏れないよう留意することが大事とも考えた。以上は、専門部会の進め方の基調とも整合的であったと思う。

その上で、私は、環境変化に関わる多くの項目がある中で、堤体の撤去過程で、一時的ではあるが自然の河川に比して過剰に流送される土砂（前述の検討を経て、泥土は全量をダム撤去開始前に除去することになったので、対象は石・礫と砂）が、下流の河床に、ひいてはそこでの球磨川固有の生態系にどのような影響を与えるか？が重要との意見を持っていた。湛水域が元の流水環境になる変化は劇的ではあるが、それは当然の、かつ大局的には明らかに好ましい方向の環境変化であり、その予測技術や評価のあり方に新たに検討すべき余地はあまりない。ダム撤去に特徴的で新たな検討法が必要という観点からはむしろ、地味に見えるが上記が大事と考えたのである。それは、石・礫や砂の流送が河川の生態系に果たす役割についての知見を深めることにもつながるはずである。

こうした着眼点に立った調査体系を組み立てるには、球磨川河道の当該区間特有の次のような基本的特徴を理解することが前提となる。

- ・ 山地地形によって強制的に、不規則に蛇行させられる河道において、その蛇行の曲がりの内岸側に州が形成され、その対岸（外岸側）に深掘れが形成されるというパターンを基調とし、谷間が前後よりやや広くなったところで中州が形成されやすいという特徴がところどころ組み合わさるという河床形状の基本特性。
- ・ その河床形状を作っている主体は石礫であり、ただし、同じ石礫と言っても、50cmを超える大石、人頭大の石、拳大の礫それぞれが主体になっている場所に分かれているという特徴があること。さらに、場所によって、石礫河床が砂に覆われていること。
- ・ 普段は、以上の形と材料を持つ一連の河道区間に水が流れて瀬や淵ができ、流速の速い場所やよどんだ場所ができ、様々な特徴を持つ様々なスケールの棲み処を生物に提供していること。
- ・ 洪水時には、砂は激しく流送され、石礫もある程度動くこと。ただし、強制的な蛇行が支配的であるという構図は変わらないので、上記の基本的な特徴は維持され、その中で一定範囲の変化が起こること。
- ・ 以上に示した球磨川山地部河道の特徴は、それぞれが互いに密接な関連性を持ち、あるいは階層構造を持った一つのシステムを成していると捉えるべきで、個々の特徴を抜き出して独立に扱うのではなく、一体的に見ていくことが肝要であること。

さて、ダム撤去で一時的に自然条件に比して多くの石礫や砂が供給されることの生物へのインパクトを把握できるようにしておくためには、その棲み処の基盤となっている球磨川山地部河道の上記の基本的特徴を押さえ、撤去に伴う河道変化を把握できるようにして

おかなければならない。そのためには、点での河床材料採取調査や数百 m ピッチの横断側線での形状測量だけでは足りず、上記の特徴を丸ごと把握する必要がある。そのためには、河床の状況、それがつくる生き物環境を面で把握しなければならない。当該区間全体を面で押さえるのは実際上不可能であるから、上記システムを構成するサブシステムの中から典型的、代表的な場所を選んで、面的な河床把握を効率的に行うことになる。具体的には、蛇行の曲がりにおける瀬と淵の 1 セットであったり、谷間がやや広いところに形成された中州とその周辺のエリアであったりする。

湛水域が元の流水環境になった後にどのような河道に落ち着いていくかのモニタリングにも、本川筋であれば同様のアプローチが適用できる。球磨川は湛水区間でも強制的な蛇行が支配的であり、流水環境に復すれば上記の基本的特徴が早晚出現するので、その過程を確認することが、環境変化の観点からの河床モニタリングの主眼になるからである。ただし、湛水域に合流する支川の変化把握には別の捉え方が必要であり、実際、それを意識したモニタリングが行われている。

以上の考えに基づき、私は、河床をしっかり見ることの重要性を強調しながら、河床状況を面的に捉えることも組み込んだ検討内容を提案してみた。しかし当初、事務局の方と打ち合わせをしていて、どうも話しがうまく伝わらない。決して拒絶モードでなくむしろ一生懸命考えていただいているのだが。それで私は、その原因が球磨川の当該区間の河道イメージを互いに共有できていないからではないか？と思うようになった。そこで、専門部会が始まって二年目あるいは三年目の初夏の頃のことであったように記憶しているが、何はともあれ事務局の方と一緒に川の中を歩き、水の中にも行けるところまで入ってみようとなった。そして、実際の河床を指さし、河床材料を手に取り、触り、足の感触を確かめ合いながら、上述した球磨川山地部河道の基本的特徴のことを現場で話し合った。私も含め皆結構汗だくになって。

おそらくそれもきっかけになってようやく、環境変化予測や環境モニタリングという視点から河床の調査を組み立てる議論において、事務局の皆さんとの共通基盤ができたと感じた。大事な技術用語について、同じ意味と中味を想起できるようになったということである。専門部会、対策委員会の後半から荒瀬ダム撤去フォローアップ専門委員会（以下、フォローアップ委員会と略称）にかけて取り組んだ河川環境図あるいは河川物理環境情報図*の作成、一次元河床変動計算と平面河床変動計算の組み合わせによる河床状況の平面分布の変化予測とその生物影響予測への活用、これらの検討成果から発する「生態系」という項目のモニタリング調査**、ダム下流近傍二カ所での定点モニタリング調査***などには、このような認識共有が役割を果たしたと思う。

そして、こうしたことが、技術検討の険路に遭ったら球磨川の実際の状況を今一度よく見てみることを惜しまないとの姿勢の定着にもつながって行ったように思う。たとえば後年、堤体撤去工事が山場を越え、上流からの土砂流下が本格化する段階で、直下流の河床

高変化が予想の範囲から外れる傾向が見えたとき、その課題をいち早く認識して、私など専門家が当該河床現場を事務局と一緒に見る段取りを主導したのは、他ならぬフォローアップ委員会事務局の技術者であった。撤去を実務で担った熊本県企業局に属する技術者が、熊本県の河川管理対象になっていない球磨川当該区間に降り立って河道の特性を吟味するような機会はそれまであまり無かったであろう。そうした状況からスタートして、事務局の皆さんが上記のような姿勢を当たり前とするようになったのである。

- * 典型的、代表的な場所を選んで、生物の棲み処にかかわる河床状況を面的に把握し 1 枚の平面図に表したものの。
- ** 重点箇所を何カ所か設定し、基盤環境と称して生物の生息・生育にかかわる河床状況を面的に追跡し、それを動植物調査結果と関連づけて総合的なとりまとめを行うこと。
- ***ダム直下流の、撤去に伴う土砂流下の影響を真っ先に受ける場所で、一定範囲の河床表層材料と河床形状を定点観測し、もし好ましくない影響が下流に及ぶ兆候が現れたら、それに早期に気づけるようにすることをねらったモニタリング。炭鉱のカナリア検知器から発想を得たもの。

検討過程とその蓄積を大事にする姿勢が生む好循環

対策委員会と専門部会、フォローアップ委員会と回数を重ね、検討が進み、各回の資料を合わせると膨大なものになっていった。ここまで述べてきているように、本プロジェクトは撤去技術を新たに開拓する、したがって技術検討を 0 から積み上げていく性格を持つものであった。このため、特に専門部会やフォローアップ委員会の場において、その回の説明内容を理解したり、それを踏まえて議論を深めようとする際に、過去の検討内容を確認したくなることがしばしば出てきた。ところが最初のうちは、机の上にはその回の資料しかない。通常の委員会であれば、既往回については簡潔な要旨が付いていれば十分なことも多く、このこと自体が問題というわけではない。しかし本件では、上記のことから、時には技術的な確認を、既往回の端折っていない検討資料に遡る必要がたびたび出てくる。

そこである時、事務局の方に、その回の資料とは別に、それまでの回の資料をすべて机の上に置くようにしていただけないかとお願ひした。すると早速次回から、きちんとファイリングされた既往回の資料が置かれるようになった。その分厚さは文字通りそれまでの“積み上げ”を示すものであった。そしてその何回か後には、分厚い既往資料は DVD に取って代わった。これにより、それまでに積み上がった検討資料を委員は毎回持ち帰れるようになり、次回に備えて、必要な時にいつでも子細を確認できるようになった。これは、今から思うと、技術検討の積み上げを大事にする姿勢を事務局が委員に対してさらに積極的、能動的に示すという、事務局からの“応戦”であったかもしれない。

平成 19 年度に専門部会の検討を受けて対策委員会が、ダム撤去工法、堆砂の除去および処理方法、環境調査内容（環境保全措置と環境モニタリング調査計画を含む）をとりまとめた。平成 22 年度に行われた荒瀬ダム撤去技術研究委員会による撤去技術の確認・検証を経て、荒瀬ダム撤去計画（案）が平成 23 年 9 月に熊本県企業局から出された。付録も含め 158 ページのボリュームを持つ。私は、撤去計画のとりまとめと同じく、そこに至った過程

をきちんと残すことが重要と考えていた。対策委員会や専門部会の多くの委員が同じ考えを持っていた。それを受け事務局は各委員に、対策委員会と専門部会の場に出された全ての資料が収められた DVD を提供した。そして、熊本県企業局の荒瀬ダム撤去ホームページでそれ（対策委員会全 9 回、専門部会全 12 回の資料）を見ることができる。専門部会の資料は総計 522 ページ（A4、A3 版混成）になる。

平成 23 年度からはフォローアップ委員会がはじまり、撤去工事が実施される過程での治水・環境の両面からのモニタリング調査、その結果の評価・検証、そして必要に応じた撤去事業へのフィードバックに重点が移っていった。この段階になると私は、フォローアップ委員会の事務局の取り組み方に、対策委員会や専門部会が始まった頃に比べてはるかに高い能動性、主体性を見ていた。撤去工事がいよいよ始まり、実務作業量はどんどん増えて行ったはずなのに、である。フォローアップ委員会の間に事務局と打ち合わせをする形は続いていたが、その内容は、一定レベルの詰めができたその先の議論をするという性格のものに変わっていった。後述するように、事務局から提案されるパターンも増えていった。

こうなった理由の 1 つに、撤去計画や環境変化予測と保全措置の検討過程、モニタリング計画の組み立ての過程で、各項目の実施内容を決めた意味・根拠と課題（弱いところ）が事務局でしっかり共有されていたことがあったように思う。であるから、筋書きと違う状況が生じたときに、その対処法を考える土台や基軸がすぐに引き出せる状態となっていたのではないか。検討を蓄積し、その積み上げの過程を理解していることが、次の展開への良き発射台になっていた、というイメージである。

検討過程を残し、まとめ（断片的、個別的情報のままにしないで）、共有化し、もって技術検討の実質が伝わっていくようにすることの重要性は、このプロジェクトが思わぬ形で先人からの恩恵を受けることでも示された。それは次のようである。

堤体撤去工事が進み、上流側水位が低下する過程で、撤去後に主流側となる右岸側のダム直上流部の河床に矢板や牛枠など荒瀬ダム建設時の仮設物が現れた。これは想定されていなかった。荒瀬ダム建設の施工状況までの記録は確認できていなかったからである。これら河床残存物は、右岸側の堤体撤去工事において施工ヤードの造成に利用された後、その全てをすみやかに撤去する運びとなる。何せダム撤去後には流れの主流となる右岸側をふさぐ形で残存しているのであるから。ここで、河床残存物の構造や平面範囲、設置深さが問題となった。仮設とは言え、もし、剛な、撤去が簡単でない構造物が河床深くまで入っていたら、堤体撤去後の右岸側での主流回復という、ダム撤去過程の最も重要な局面での工程に支障を来すことにもなりかねない。河床下のことであり、埋没構造物の存在状況を新たに調査することも容易でない。この時、問題を一気に解決したのが、荒瀬ダム建設を請け負った西松建設株式会社が所有する群峯という媒体に掲載された柴田平という方の執筆による「荒瀬ダム施工概要」という 1955 年の文献である。これにより、出現した河床残存物が荒瀬ダムの右岸側施工時の上流側仮締め切りであることが明らかになり、その諸

元に関する情報もそこに記されていた。この文献を得て河床残存物の撤去が滞りなく進んだのである。

国立国会図書館にこの文献を探しに行き、見つけ、上記の情報を得て見通しが開けたという報を事務局の方からいただいた時に私は、プロセスの記録を残すことの重要性を改めて感じ、そうしたことが 1955 年という時代になされていたことに感慨を覚えた。平成 31 年 3 月に熊本県から発刊された荒瀬ダム撤去工事記録誌の冒頭にある蒲島郁夫知事の発刊の辞は、「荒瀬ダム撤去工事で得られた様々な技術的・学術的な知見を、ここに工事記録誌として残し、後世に伝えてまいります」で締めくくられている。知見を残し後世に伝えるというこの姿勢は、ここまで述べてきたように、撤去事業を実務として担ってきた皆さんが体现し、様々な場面で実践につなげている。私は、そのことがとても価値のあることだと思う。

撤去事業が新しい技術・やり方を取り込む機会になっていく

私がフォローアップ委員会に参画して中盤以降になると、事務局から、新たな技術を使ってみること、やり方を新たに工夫してみることの提案が盛んになされるようになって、多くが実践された。撤去工事に入って実際に具体的な物がはっきり動き変わる状況になったこともこの背景ではあったと思うが、それだけでなく、事務局の技術者さらには撤去工事を担う技術者の能動性、主体性がより一層高まってきたことも大きかったと感じている。

ダム撤去工事の工程を CIM*ベースで検討し、表現し、説明にも活用することはその代表である。元々複雑なダムの三次元形状が、その撤去工程でさらに次々に変わっていく状況を、3D イメージでそのまま様々な角度から表示でき、撤去工程を段階進捗毎に丁寧にわかりやすく表現できることは、CIM 活用がもたらす大きな利点である。

フォローアップ委員会でその説明を受けた私は、その方法をダム撤去に伴う水域環境の変化を表現することにも使えないものかと、やや無軌道な発言をしてしまった。水面と、先に述べた球磨川山地部河道の基本的特徴を持つ河床との間の水流空間も三次元的形状を持つので、同じ技術が応用できるはずと安直に考えてしまったのである。たとえば、その空間がダム撤去によってどのように変わるかを、ダム下流から上流に鮎が移動する視点で表現したらどのようなものになるのだろうか？ 水域の物理環境の意味を考える手法として斬新ではないか？というようなことを“夢想”してしまっただけで、驚いたことに、（確か）次のフォローアップ委員会で、それに向けた試みを動画で表現したプレゼンテーションが出てきた。その完成度はともかくとして、新しい技術を新しいことに貪欲に応用してみようとする事務局の姿勢は際立っていた。

また、フォローアップ委員会の事務局は、ダム撤去が進行する段階において、ダム撤去とそれによる川の変化の全体像を、極力丸ごと把握し、記録に残すという方針の下、様々な取り組みを自発的に行っている。たとえば、平成 25 年度から 30 年度までの 6 年にわたって、ダムとその周辺の状況変化を様々な方角からの定点連続写真撮影で捉え、それをタ

イムラプス動画に加工したものが、荒瀬ダム撤去ホームページで見ることができる。

荒瀬ダム撤去事業は、それを実務で支える技術者にとって、もはや何とかやり遂げなければならない与えられたターゲットにとどまらず、技術や工夫を試し開拓する機会として活用するターゲットになってきたのだ、と感じる。私には、荒瀬ダム撤去ホームページに収められた中味から、そのような息吹が伝わってくる。

* Construction Information Modeling / Management のこと。計画、調査、設計段階から 3 次元モデルを導入することにより、その後の施工、維持管理の各段階においても 3 次元モデルを連携・発展させて事業全体にわたる関係者間の情報共有を容易にし、一連の建設生産システムの効率化・高度化を図ることを目的として導入される。

ビジョン構築力と現場実践力の切磋琢磨があつてこそ

我が国は、長らく、組織の中堅人材が担う現場力が強い一方で、大局を捉えたビジョンを構築し、その下で全体方針を戦略的に組み立て実行する力が弱いとされてきた。時代的趨勢の中で、近年は、この特徴が強みでなく弱みになってきたという認識の下、後者の力を重要視した取り組みが盛んになってきていると言えるのではないか。このベクトルの必然性を認めた上で、私は、だからといって、それが現場実践力の軽視につながってはならないと考える。とりわけ、本プロジェクトのように、実物（今回は、その中でも河川というスケールの大きい自然物）を相手にする場合には、科学や技術に裏打ちされた知見の支えを抜きにしては、上滑りの議論しかできない。その一方、現場実践力というものは、新たなチャレンジが与えられて思わぬ急伸を見せることも過去の実績が示している。安全地帯にどっぷりつかっていては、技術展開は遅いままと言うことである。であるから、上記の切磋琢磨が大事なのである。

本プロジェクトにおいては、当初は前者（撤去という方針提示）がやや勝っていて、後者（撤去の具体の道筋の検討）が遅れてついていく構図であつたように感じる。その後、本稿でも述べてきたように、現場実践力が急速に向上し、ダム撤去技術を新たに主体的に開拓するまでになったと言えるように思う。これは、切磋琢磨の 1 断面と言える。さらに言えば、平成 20 年度から 21 年度にかけて蒲島郁夫知事により下された、ダム撤去凍結→ダム存続→撤去の判断は、もう一つの切磋琢磨とは言えまいか。

荒瀬ダム撤去事業から学ぶことは多い。しかも上に述べたように、検討過程を残し、まとめ、共有化する取り組みがしっかりとされており、学ぶ環境は整っている。であるからこそ、つまみ食いの抽出がなされないことを望む。ダム撤去は素晴らしいとか、ダム撤去には問題が多い、というようなステレオタイプの見方の補強に便利使いするのはやめてほしい。全体像を見て、その上でそれぞれに荒瀬ダムの（一般論ではなく）撤去の本質を考える材料として生かしてほしい。できれば、上述の切磋琢磨という側面まで視野を広げて。

（令和元年（2019 年）9 月 23 日脱稿）