

【原著論文】

## HEPを用いたダム撤去事業における定量的影響評価

### —球磨川水系荒瀬ダム撤去事業をケーススタディとして—

八木 裕人 (東京都市大学環境情報学研究科 現所属: EA インターナショナル合同会社)  
つる 詳子 (自然観察指導員熊本県連絡会会長)  
田中 章 (東京都市大学環境情報学部)

I はじめに  
II 研究方法

III 結果と考察

キーワード: HEP, ダム撤去, 荒瀬ダム, 環境アセスメント, アユ

#### I はじめに

わが国では、高度経済成長期に造られた道路・橋梁・ダム等の公共構造物が、その役割や機能を終える時期に差し掛かり改修や撤去を行う転換期に差し加かったといえる。そのような中、球磨川に1954年完成した荒瀬ダムは住民の撤去を求める活動により、紆余曲折の末、2010年2月に撤去が決定し、3月31日水利権許可期限が過ぎた翌4月からゲートが開放された<sup>1)</sup>。ダムに関する経済分析で一般的に使用されている、多くのダムの使用に耐えうる年数はおおよそ50年であり<sup>2)</sup>、今後このような事例は増えて行くものと考えられる。荒瀬ダム撤去は「ダム撤去工法専門部会」、「荒瀬ダム撤去技術研究委員会」において撤去の工程が決定された。また、「荒瀬ダム撤去フォローアップ

専門委員会」において治水面及び環境面のモニタリング調査を検討・評価している。しかしその方法は環境影響評価法(1999年制定)における環境アセスメントにおける調査を踏襲している。環境アセスメントにおける動植物評価には、生態系の「空間」と「時間」についての定量的評価手法を持たなかったために、結果としてこれらの量の増減に対する実質的なミティゲーションが行われてこなかった<sup>3)</sup>。その解決先として生態系を生物種の「質」、「空間」、「時間」の概念から定量的に評価するHEP(Habitat Evaluation Procedure, ハビタット評価手続き)が着目されている。こういった背景から、公共構造物を造る際だけでなく撤去や改修する際にも定量的な評価が必要になってくるものと思われる。

表1 HEPの手順と本研究での考え方

手順	項目	本研究での考え方
1 HEP適用可能性調査	HEPチームの編成	筆者が第三者的な立場で評価を行った
	HEP評価のレベル検討	質×空間×時間で評価を行うこととした
2 HEP事前調査	評価区域の設定	球磨川本流の河口から瀬戸石ダムの湛水区間までを評価範囲とした
	既存情報収集	熊本県企業局作成資料、国土交通省九州地方整備局作成資料、地元住民へのインタビュー調査
	目標の設定とブレイクダウン	昔あった球磨川の状態に復元することを目標とした
	評価種の設定	アユを対象種として選定した
3 HSIモデルの確保	カバータイプ区分	大きくはダムによる湛水域と流水域の区分、細かくは熊本県横断測量結果による区分とした
	HSIモデルの作成	一度作成したモデルをアユの専門家に見ていただいた後、利用できるデータとの関係から最終版を作成した
4 HEP計算	HEP計算と比較評価	CHUまで求め複数案の比較評価をおこなった

表2 荒瀬ダム竣工から撤去までの流れ

年月	詳細
1951年11月	球磨川総合開発計画の策定
1954年12月	熊本県営藤本水力発電所の竣工
1955年3月	熊本県営藤本水力発電所の取水施設として荒瀬ダム竣工
2002年2月	川漁師組合の呼びかけでダム撤去運動の開始
2002年12月	潮谷義子知事が水利権を7年更新したのち2010年に荒瀬ダム撤去の決定(定例県議会)
2003年3月	水利権の更新
2008年11月	蒲島郁夫知事が荒瀬ダム撤去方針の凍結を表明
2010年4月	蒲島郁夫知事が2年間の水利権許可申請を国土交通省に提出するも取り下げてダムのゲートが全開になる
2011年12月	撤去が国により正式に許可
2012年4月	撤去開始予定

そこで本研究では、日本初のダム撤去事業が行われている球磨川水系を対象としてHEPによる複数のダム撤去案の比較評価を行い、ダム撤去によるHEP適用の可能性と課題について考察することを目的とした。

## II 研究方法

HEPの手順と本研究での考え方について表1にまとめた。本来のHEPでは目標設定やそれに付随する評価種の選定等をHEPチームで行うため、HEPチームの編成が重要なポイントとなってくる。しかし本研究では仮にHEPチームが編成されたとして評価を行った。評価のレベルはダム撤去ということを考え、「時間」の概念が必要であるとの判断からCHU (Cumulative

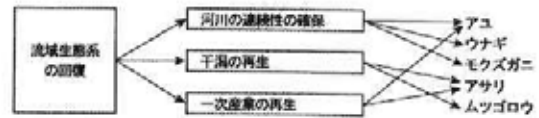


図1 HEPの目標設定と考えられる評価種

Habitat Unit)まで算出を行った。既存の情報としては事業者である熊本県企業局と、球磨川を管理し荒瀬ダムの魚道も建設した国土交通省九州地方整備局に協力を頂き資料を収集した。目標設定等は特に荒瀬ダム撤去運動を推し進めた地元住民の方の話から行った。評価種はアユ (*Plecoglossus altivelis*) としHSI (Habitat Suitability Index) モデルを作成した。

### (1) 対象地の概要

荒瀬ダムは1951年に策定された球磨川総合開発計画の一つとして1954年12月10日に県営で建設された。水力発電のために造られたダムだったが、建設当時県内需要電力の15%を占めていた年間出力7400万kWの電力は0.7%でしかなくなり、700軒ほどあった海苔業者は4軒に、鮎漁師の数は50分の1になり、放流時の振動により度重なる家の修繕を余儀なくされてきた<sup>9)</sup>。荒瀬ダム竣工から撤去までの流れを表2にまとめた。

### (2) HEPの前提条件

#### 1) 評価種の選定

まずHEPの目標は「流域生態系の回復」とした。さらにこの目標を達成するような小目標を「河川の連続性の確保」、「干潟の再生」、「一次産業の再生」とした。図1のように評価種としては数種考えられたが、最終的にアユとアサリに絞った後、熊本県企業局の調査している範囲、すなわち干潟を除いた河川のみを評価することとし、評価対象種をアユとした。アユは両側回遊性を持ち、球磨川での生活史は図2に示す通りである。荒瀬ダム建設を機に球磨川漁業協同組合が設立さ

表3 設定した複数案とその内容

複数案	内容
案1：過去	ダムのゲートが閉まっており発電用に水が溜まっているが続いた場合の案。現実に2010年3月31日まで続いていた状態である。
案2：現状	ダムのゲートが開いており、発電が行われていない状態。2010年4月以降のゲートが全開となった状態。
案3：将来A	荒瀬ダムが撤去された場合の将来。案2と同じく2012年からゲートが開放され、2018年に撤去工事が完了した場合。
案4：将来B	荒瀬ダム撤去と同時に遙拝堰が改修されるとした場合の案。2012年からゲートが開放され案3と同様に荒瀬ダムが撤去されると同時に現在検討されている遙拝堰の魚道の改修と運用方法が変わった場合。
案5：将来C	案4に加え、2014年に水利権の切れる瀬戸石ダムを撤去した場合の案。撤去は検討期間4年を合わせた6年とし、2020年に撤去が完了すると仮定した。

生育段階	月												生息場所
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
卵											卵期・孵化期		下流域
仔魚										流下期		下流域→ 河口・海域	
仔魚・ 稚魚	河口・海域生活期									河口・ 海域生活期		河口・海域	
稚魚			遡上期										河口→下流 域
未成魚・ 成魚					河川定着期・成長期								上～下流
成魚										降河期		上～下流→ 産卵場所	
										産卵期			下流域

図2 球磨川に生息するアユの生活史 (上村ら 2010)

れ、一番河口近くにある球磨川堰の魚道を遡上してくる稚アユを掬い上げ、上流の三十数箇所放流している<sup>7)</sup>。大島<sup>8)</sup>によると1955年2月6日から稚アユ放流が開始され、その年に放流された稚魚の総尾数は1,639,375尾(うち陸封小アユ1,000,073,海アユ639,302尾)である。ここでの評価は稚アユの放流事業を行わない場合のアユの生息ポテンシャルについて評価することとした。

2) 複数案の設定とターゲットイヤーの設定

複数案は「流域生態系の回復」という目標の下設定した(表3)。2012年12月現在では荒瀬ダムの一部ゲートが開放された状態で撤去工事がされ始めているが、2012年9月まではダムのゲートが全開されており、その状態を「現状」案とした。2010年4月以降ダムのゲートが全開となったが、それ以前の状態を「過去(何もしない案)」として設定した。荒瀬ダム撤去工事は2018年3月までの予定であるので2018年から魚類が行き来できる状態となると仮定し「将来A」とした。また、現在では荒瀬ダム下流に位置する九州農政局が管轄の遙拝堰(河口から9 km地点)の魚道改修のための調査が行われている。現段階では複数の運用方法の検討が行われているようであるが、荒瀬ダム撤去と同時にその運用方法が決定されたとした場合を「将来B」とした。また、遙拝堰の改修に加え、荒瀬ダムの上流に位置する電源開発が管轄の瀬戸石ダム(河口から28.8 km地点)が撤去された場合を「将来C」とした。瀬戸石ダムは水利権が2014年で切れるため、その後2年かけて撤去について準備が行われ、4年間で撤去される場合を仮定した。以上のことからターゲットイヤー(TY)を2010年、2012年、2018年、2020年、2050年と設定した。

3) 評価区域の設定とカバータイプ区分

評価区域は表1に示す通り八代海河口から瀬戸石ダム湛水区間までである。荒瀬ダムフォローアップ委員会は「荒瀬ダム撤去の影響は瀬戸石ダムから遙拝堰までである」とし、その範囲内での調査と評価のみ行なっているが、今回の評価では河川の連続性の確保という観点から八代海河口から瀬戸石ダムの湛水区間までとした。第5回荒瀬ダム撤去工法専門部会の資料<sup>9)</sup>にある「河床変動高および河床材料が概ね変化していない瀬戸石ダム上流11 km地点」を参考に河口から40.8 km地点を上流端とした。後述するSI (Suita-

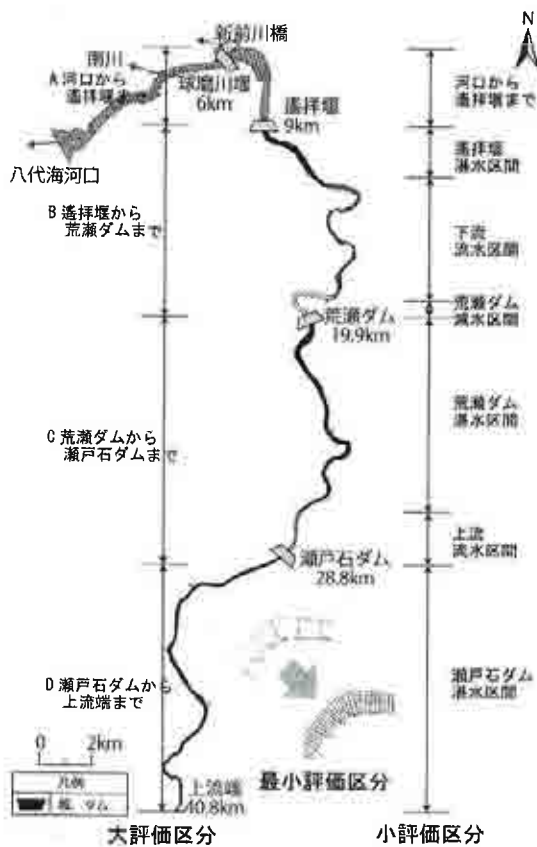


図3 HEPの評価区域と評価区分

表4 各案における瀬の数

区間	瀬の数 (個)					最大数
	案1	案2	案3	案4	案5	
A 河口から遥拝堰まで	0	0	0	0	0	0
B 遥拝堰から荒瀬ダムまで	11	16	16	20	20	20
C 荒瀬ダムから瀬戸石ダムまで	2	5	16	16	16	16
D 瀬戸石ダム湛水区間	0	0	0	0	8	8

各案の詳細は表3のとおりであり、それぞれの全過程がすべて終了した時点での瀬の数を表している

表5 各案における流下・遡上可能性

区間	流下・遡上可能性 (%)					最大数
	案1	案2	案3	案4	案5	
A 河口から遥拝堰まで	100	100	100	100	100	100
B 遥拝堰から荒瀬ダムまで	10	10	10	50	50	100
C 荒瀬ダムから瀬戸石ダムまで	0	0	10	50	50	100
D 瀬戸石ダム湛水区間	0	0	0	0	50	100

各案の詳細は表3のとおりであり、それぞれの全過程がすべて終了した時点での瀬の数を表している

bility Index)を適用するためのカバータイプ区分を図3のように行った。図3の最小評価区分は国土交通省八代河川国道事務所提供の平成16年度河川横断測量成果を用いて、メッシュの分割を行ったものである。最小評価区分は200mごとの横断測量成果を河川横断方向に6分割、縦断方向に5分割し7077の格子を作成した後、国土交通省八代河川国道事務所提供の航空写真から読み取り作成した河川の基盤レイヤを重ね合わせGISソフト上でオーバーレイし最終的に評価に必要な4835のカバータイプ区分を行った。SI<sub>2</sub>、SI<sub>3</sub>の流速、水深についてはこの最小評価区分ごとに数値を算出し、SI<sub>1</sub>の河床形態は図3の小評価区分を、SI<sub>4</sub>の水質とSI<sub>5</sub>の遡上・流下可能性は図3の大評価区分を用いた。

(3) HSIモデルの構築

アユの環境要因を定量化するため、HSIモデルを構築した。手順はまず評価種の既存文献を収集し生存必須条件を選定した後、評価種専門家の判断 (Best Professional Judgment, BPJ) と実際の評価で使用できるかどうかを判断した上で妥当なモデルを選定し

た。アユの餌となる付着藻類と浮遊物質量 (SS) を選定すべきとの助言を受けたが、ダム撤去による変数の挙動が曖昧であるため付着藻類については今回のモデルからは省き、SSについてはSI<sub>4</sub>の水質という形で反映させた。球磨川に生息するアユの生活史は図2に示した通りであるが、産卵期、稚魚期、遡上期・孵化期、に分け、それぞれのハビタット変数を設定した (図4)。

SI<sub>1</sub>の河床形態は地元住民の作成した地図等を参考に瀬の数を求め、区間ごとの最大数をSI=1.0とした。各案の全過程が終了した時点での瀬の数を表4に示した。SI<sub>2</sub>、SI<sub>3</sub>の流速、水深は文献調査により図5、図6のように設定した。流速と水深はiRICnays2Dを用い解析を行った値を用いた。計算には粗度係数として0.03を、上流端の流量として国土交通省水門水質データベースにある2011年の流量から平均流量を求め、167 m<sup>3</sup>/sを設定し等流計算を行った。SI<sub>4</sub>の水質は気象庁のデータから2012年に10 mm以上の雨が降った日を求め、湛水区間の数を乗じ下流の濁り度合いとした。SI<sub>5</sub>の遡上・流下可能性は球磨川堰をアユ

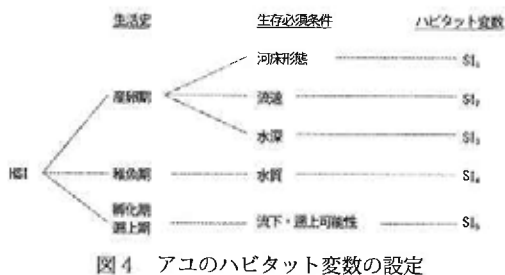


図4 アユのハビタット変数の設定

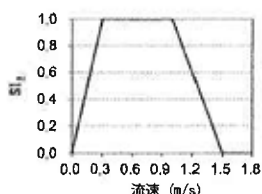


図5 SI<sub>2</sub> グラフ

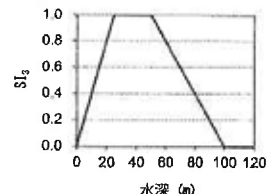


図6 SI<sub>3</sub> グラフ

表6 ターゲットイヤーごとの THU 算出結果

	2010年	2012年	2018年	2020年	2050年
案1	760277	760277	760277	760277	760277
案2	760277	826069	826069	826069	826069
案3	760277	826069	1185902	1185902	1185902
案4	760277	826069	1924430	1924430	1924430
案5	760277	826069	1924430	2691010	2691010

が完全に遡上できたとした場合その後の遙拝堰、荒瀬ダム、瀬戸石ダムを遡上・流下できる可能性を示した(表5)。インタビュー調査の結果、現時点では遙拝堰の魚道改変は現在あるものを利用し、水の流れを変え稚魚が魚道を登りやすくする対策を取る予定であることが分かった。現在の遡上・流下可能性を10%とした場合、おおよそ50%程度遡上・流下できるようになると過程し計算を行った。また荒瀬ダムにも魚道が設置されているが、アユの遡上に適していないことが指摘されていることや、ゲートが開放された現在では水が流れていない状態であるため、今回の評価では荒瀬ダムの魚道によるアユの遡上可能性を0%と設定した。最小の評価区分は図3にある通りで、一つのセルごとに HSI 値を HSI 結合式(式1)から求めた。

$$HSI = \left[ \left( \frac{SI_1 + SI_2 + SI_3 + SI_4}{4} \right) \times SI_5 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

式1は河川の連続性の確保という視点から  $SI_5$  の遡上・流下可能性を重視した式である。HEPの評価ではさらに HSI 値に面積(m<sup>2</sup>)を掛けあわせたものを HU (Habitat Unit), HU をターゲットイヤーごとに足し合わせたものを THU (Total Habitat Unit), 案ごとの THU 積分値が CHU とされる<sup>5)</sup>。

### III 結果と考察

#### (1) HEP 計算結果

HEPの計算はおおまかに質(HSI)、質×空間(HU)、質×空間×時間(CHU)のレベルに分けられ、後者に

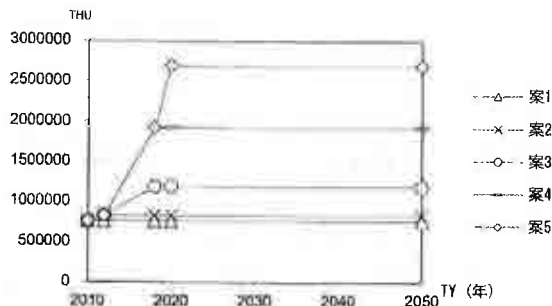


図7 THUとターゲットイヤーの関係

なるほど良いとされるが、表1の通りCHU算出までを行った。表6、図7にターゲットイヤーごとのTHU算出結果を示した。CHUは図7のようにTHU算出結果をターゲットイヤーごとに直線補間しTHUの折れ線と時間軸で囲まれた部分の面積を求めたものとした。案5のCHUを100%とした場合の各案のCHU算出結果を図8に示した。案1(過去)の何もなかった場合に比べ、現実に行われている荒瀬ダム撤去の案3(将来A)は17%CHUが高くなった。また、案5(将来C)は案1に比べ66%CHUが高くなることが予想された。

#### (2) 考察

以上の結果からダム撤去によるHEPを適用の可能性と課題について考察した。まず体制面については本研究の対象地は住民運動から荒瀬ダムの撤去がもたらされた経緯があり、住民の協力が得やすい状況にあった。また熊本県は荒瀬ダムフォローアップ委員会にて使用された資料をWeb上で公開しとても協力的であった。十分にHEPのような手法を取り入れて議論を行うことのできる可能性があるだろう。

次に今回のような評価の現実性についてであるが、難しいのは評価範囲と複数案設定であった。アユを評価種とし、その生活史のうち遡上と流下が重要であると考えた場合、評価結果のように荒瀬ダム撤去を単体で考えることは効果が薄いと言えるだろう。しかし荒瀬ダムは熊本県の管轄であるが、遙拝堰は九州農政局、瀬戸石ダムは電源開発株式会社が管轄している。このことから横のつながりが無ければ、放流事業を前提とし遙拝堰から瀬戸石ダムまでの区間で評価範囲を設定し、複数案も撤去の工法やそれに付随する環境保全措置で留まってしまう。

課題としてはダム撤去における影響の再現性が挙げられる。河川構造物として動物種の移動を妨げていること以外にも溜まっている土砂の撤去の仕方、ダム運用時のダム湖の水が下流に流れることによる影響とそれが無い場合の違いが困難であった。実務で使用されるには評価の再現性や妥当性を上げることが重要であ

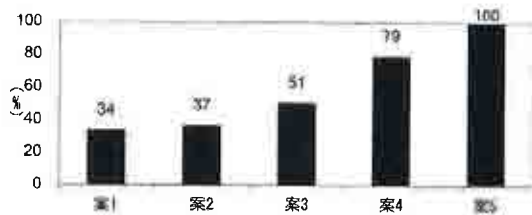


図8 各案のCHU算出結果  
案5を100%とした場合

ると考えられる。そういったことから本事例は日本で初めてのダム撤去事例であり、そのフォローアップをHEPのような手法で定量的に行うことは今後のダム撤去事業に活かせる部分が多いと考えられる。今までは造る際の環境アセスメントに定量評価が必要であるとされてきたが、今後は老朽化が進む構造物の改修や撤去にもこのような定量評価が必要とされるのではないだろうか。

#### 謝 辞

遙拝堰の改修について、またアユのHSIモデル作成を行う際にたかはし河川生物調査事務所の高橋勇夫氏に大変貴重な御意見を頂きました。球磨川漁協、熊本県企業局、国土交通省八代河川国道事務所には対象地域には関する情報、荒瀬ダム撤去問題に関する情報など様々な貴重な情報を頂きました。ここに厚く御礼申し上げます。

(受付：2013年1月27日 受理：2013年3月1日)

#### 文 献

- (1) 荒瀬ダム対策検討委員会 (2004) 第5回ダム撤去工法専門部会。
- (2) 上村雅文, 永田幸也, 岸良武志 (2010) 球磨川下流地区のアユについて。九州国土交通研究会。
- (3) 大島正満 (1956) 球磨川荒瀬堰堤が鮎の生態に及ぼしたる影響。魚類学雑誌, 1:1-11。
- (4) 田中章 (2004) HEPの特徴と今後の展開-どうして今、HEPなのか?-。第17回バイオリージョンGIS研究会HEPとGIS。
- (5) 田中章 (2012) HEP入門(新装版) -〈ハビタット評価手続き〉マニュアル-。朝倉書店。
- (6) つる詳子 (2003) 日本初のダム撤去宣言-荒瀬ダム撤去の経緯と今後の課題-。環境と公害, 33。
- (7) つる詳子 (2009) 球磨川流域の再生を考える, 水の循環が人・経済をつなぐ。BIO-City, 42: 105-107。
- (8) つる詳子 (2012) 日本初のダム撤去の現場からの報告 荒瀬ダムのこの1年(2) -2011年 撤去開始前の1年間の動き-。不知火海・球磨川流域圏学会誌, 6:47-50。
- (9) 科学・経済・環境のためのハインツセンター (2004) ダム撤去, 青山己織(訳), 岩波書店。

#### Applying HEP P to Quantitative Habitat Impact Assessment for Dam Removal Projects - Case Study of Arase Dam Removal Project in The Kumagawa River -

Yagi, Hiroto\* (Graduate School of Environmental and Information Studies, Tokyo City University)

Tsuru, Syoko (Kumamoto Nature Observation Educator's Association)

Tanaka, Akira (School of Environment and Information Studies, Tokyo City University)

Summary: This paper aims to clarify the problem with dam removal using the Habitat Evaluation Procedure (HEP) as a case study Arase Dam removal project. We selected a *Plecoglossus altivelis* as represented species because a *Plecoglossus altivelis* is species that represent the Kumagawa River. As a result, points to hold the follow-up committee collected academics and released the information to the public were highly applicability of HEP. The research questions were as follows: the change prediction form dam removal, how to set goals, the evaluation taking into account the time axis, evaluation limits of the data and the accuracy of the HSI models.

\*present affiliation; EA International, LLC

# 不知火海・球磨川流域圏学会誌



不知火海・球磨川流域圏学会

不知火海・球磨川流域圏学会誌(年1回発行)二〇一三年五月三十日発行

ISSN 1881-5340 2013 vol.7 No.1