

ダム撤去に対するニホンウナギの HEP 評価
-球磨川瀬戸石ダムを対象として-
Applying HEP to Evaluate Impacts of Kuma River Dam Removal
Projects on Japanese Eel Populations

石 宏偉
Hongwei Shi

概要：本研究では、ダム撤去事業をケーススタディとして、定量的生態系評価手法である HEP を利用し、ニホンウナギのハビタット適性を数値化することにより、ダム撤去の検討の一つの材料とすることを目的とした。評価は撤去しない案、一つのダムを撤去する案、二つのダムを撤去する案の三つの案を設定し、HEP で分析した結果、「ダムを撤去する」という案がニホンウナギにとって最も良いということが明らかになった。今後、ダム撤去に環境アセスメントを義務化することなどが課題である。

Summary: This paper used HEP to analyze the potential influences of Arase and Setoishi dam removal projects on Japanese eel habitats and makes recommendations to increase the quality of the habitats. And considered three different scenarios and their potential effects on THU and used HSI models and normalized THU scores for each scenario in accordance with HEP procedures. HEP study results can be used when considering future river works. Specifically, HEP can be used as an alternative to, or in consonance with other Environmental Impact Assessments to determine habitat impacts of dam removal projects.

キーワード：ニホンウナギ、ダム撤去、HEP、複数案評価、環境アセスメント

Keywords: Japanese Eel, Dam Removal, HEP, Alternatives Analysis, Environmental Impact Assessment

1. はじめに

従来の日本の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が殆ど行われてこなかった。また、ダム下流域における生態系の評価技術、予測技術にまで発展を遂げた研究がみられない（国土技術政策総合研究所, 2009）。八木・つる・田中 (Yagi, Tsuru, & Tanaka, 2013)では球磨川の老朽化した荒瀬ダム撤去に伴うアユ、アサリのハビタットへの影響に HEP¹を利用する評価を行い、HEP の適用性を考察した。

IUCN (IUCN, 2010)が発行したレッドリストでは、ヨーロッパウナギ (*Anguilla anguilla*) は絶滅寸前の魚類とされ、球磨川に生息する

ニホンウナギ (*Anguilla japonica*) が絶滅危惧 IB 類(EN)に日本の環境省のレッドリストに登録された。ウナギ資源の減少を招いた原因は大きく分けて、人による乱獲、生息環境の崩壊と地球規模の環境変動の三つである。乱獲と生息環境の崩壊は明らかに人為的インパクトである。更に、この生息環境の崩壊は主に河口域の水質悪化や河川工事(ダム、護岸)である(塚本, 2008)。

球磨川流域の荒瀬ダム撤去(撤去中)に伴うニホンウナギの個体数の変化に関する議論が活発になっている。そして、瀬戸石ダムに関しても水利権が 2014 年で切れるため、ダム撤去も話題になった(川崎, 2013)。

そこで本研究では、定量的評価手法 HEP を

¹ HEP は Habitat Evaluation Procedures の略称。

用いて HSI モデルを作成することで、ダム撤去前後のニホンウナギのハビタットを数値化し、HEP の評価結果によってダムの撤去について検討することを目的とした。

2. 研究方法

本研究では八木・鶴・田中 (2013) の研究結果「球磨川流域にダム撤去に伴う HEP の評価が可能」を受け、対象種をニホンウナギとし、ダム撤去に伴う球磨川中・下流域のニホンウナギの生息環境の影響を評価した。評価のレベルはダム撤去ということを考え、「空間」の概念が必要であるという判断から THU まで算出を行った。研究の方法としては、(1) 河川の基礎データの収集 (2) ニホンウナギの環境要因に関する既往文献の調査とライフステージの確定 (3) 複数案を設定し、収集したデータを HEP に適用してニホンウナギのハビタットを評価した。

3. 研究結果

3-1 評価対象地

本研究は球磨川河口から瀬戸石ダム湛水区間までの区域を評価対象地とした。そして本研究の対象地範囲内では遥拝堰、球磨川堰と前川堰が存在しているが、規模が小さく、影響が殆どないが分かった。

3-2 評価対象地の範囲区分と複数案の設定

評価範囲は図 1 のように設定した。河口から荒瀬ダムまでを A 区域、荒瀬ダムから瀬戸石ダムまでを B 区域、瀬戸石ダムの湛水区間を C 区域とする。そして、ダム撤去に関する複数案を設定し、各区域のニホンウナギのハビタットの質を算出した。荒瀬ダム、瀬戸石ダムの両方を撤去しない場合を案 1、荒瀬ダムを撤去して、瀬戸石ダムを撤去しない場合を案 2、荒瀬ダム、瀬戸石ダムの両方を撤去する場合を案 3 とした。

3-3 ライフステージの選定

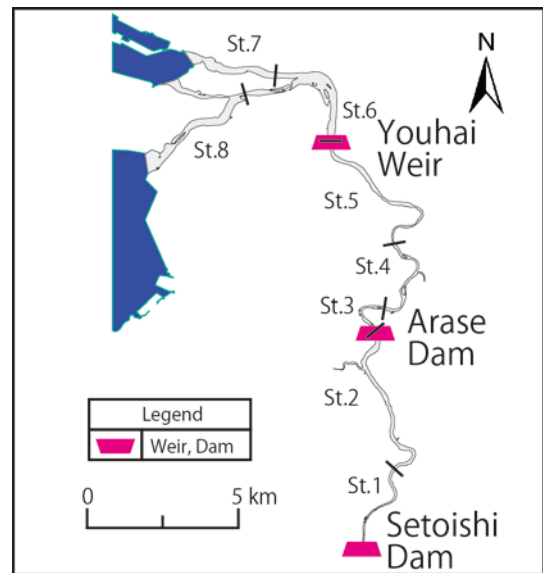


図 1 評価区域と評価区分

ニホンウナギの生活史から、球磨川流域には主にシラスウナギ、黄ウナギ、銀ウナギが生息していると推定された。黄ウナギは全ての区域に生息すると推定されるため、本研究では黄ウナギを対象として評価した。

3-4 ダム撤去に伴うニホンウナギのハビタットへの影響と HSI モデルの作成

本研究は既往文献を調査し、ニホンウナギの環境要因とダム撤去に伴う流域への影響を纏め、ダム撤去に伴うニホンウナギのハビタットへの影響を選定した (図 2)。そして、選定した影響に基づき、HSI モデル (図 3) を作

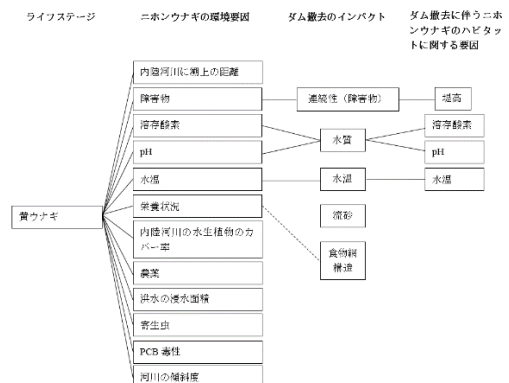


図 2 ダム撤去に伴うニホンウナギのハビタットへの影響

成した。HSI モデルの構築は主に既往文献、専門家の意見（本論第 6 節）を元に作成したものである。障害物の堤高 V_1 の HSI モデルについて、ウナギは 6 メートル以上の障害物がある場合は溯上が非常に困難であり、20 メートル以上の障害物がある場合は溯上が不可能と考えられる。溶存酸素含有量 V_2 は黄ウナギに対して最低 2.5 mg/L が必須であり、既往の養殖ニホンウナギ研究の文献により（鈴木、1994）、溶存酸素は 2.5ppm（約 2.5mg/L）以下になると摂餌量が急激に低下することが分かった。ウナギが移動する時より高溶存酸素が必須である。最低 5mg/L の溶存酸素が最適である。 V_3 について強酸性と強アルカリ性はウナギの生息に悪影響を与える。pH3 以下及び 10 以上の場合ウナギが生存できないことが明らかになった。オランダのヨーロッパウナギの生息水域の pH は 5~8 程度である（Leuven, R.S.E.W, Oyen, & F.G.F, 1987）。ニホンウナギの場合は養殖のニホンウナギのデータを参照した。pH は 7~8 程度で最適、9 以上は不適である（ベトナム養殖場水質改善プロジェクト、2012）。ウナギは水温 V_4 0°C~39°C の時に生存できるが、低温はウナギの成長を抑制し、高温はウナギを致死する可能性がある。10°C 以下の場合ウナギが成長できないと考えられる。20°C~26°C の範囲は黄ウナギに対して最適な成長水温である。

3-5 変数のデータ収集

本研究では A.B.C 三つの区域に分けた。各区域の水質、水温のデータが必須である。A 区域として、四つ（金剛橋、前川橋、萩原橋、横石）の観測所があり、この四つの観測所の平均データは A 区域のデータとした。B 区域に観測所がないため、水質、水温のデータが入りできなかった。C 区域には上流の天狗橋観測所のデータを利用する。下流四つの観測所のデータと瀬戸石ダムの上流の天狗橋観測所のデータを比較し、B 区域の水質、水温を推測した。堤高について、荒瀬ダムは 25 メートル、瀬戸石ダムは 26 メートルである。五つの

場所の溶存酸素含有量は全部 8mg/L 以上、また、上流の溶存酸素含有量は下流よりやや高いことが分かった。A 区域の溶存酸素含有量は 9.7mg/L、C 区域の溶存酸素は 10.8 mg/L。B 区域の溶存酸素含有量は A と C の平均値にして 10.25mg/L 程度と判断した。そして、ダム撤去直後には溶存酸素含有量は大幅の変動する可能性があるが、長期的にウナギに十分な溶存酸素を提供できる。pH について、五つの観測所の年間 pH8 程度に維持している。A 区域の pH は約 7.9、C 区域の pH も約 7.9、B 区域の pH は A と C の平均値にして 7.9 程度と判断した。そして、ダム撤去直後には pH は大幅の変動の可能性があるが、長期的にウナギに安全範囲内の pH を提供できると考えられる。水温については下流と上流の年間平均水温は 15°C~20°C の範囲内に変動している。ウナギの成長に十分であると考えられるが、成長の最適な水温ではない。A 区域の年間平均水温は 17.7°C、C 区域の年間平均水温は 16.69°C。B 区域の水温は A と C の平均値にして 17.2°C 程度と判断した。そして、ダム撤去後はダムの上下流の水温は 1°C 低下すると考えられる。

3-6 HEP 計算

収集したデータを各 HSI モデルに代入し、A.B.C 三つの区域の SI1、SI2、SI3、SI4 を算出した。そして各区域の HSI も計算した。RICNays2D を用いて各区域の面積を計算した。最後 HEP による（田中、2006）THU を算出した（表 1）。結果として、案 1（過去）の何もし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 2 は THU が高くなった。また、案 3 瀬戸石ダムも撤去される場合は THU 更に高くなることが予想された。

4. 結論と考察

本研究で得られた主な知見を整理すると、以下のようなものである。

質と空間の指標を含んだ THU まで数値化に評価することができた。一方、HEP は、評

備される生物の基礎データが不可欠であり、データがないと評価が困難である。すなわち、HEP 評価は生物の基礎研究の進捗に依存すると考えられる。本研究の評価対象としたニホンウナギが謎の生物と呼ばれ (塚本, 2012)、より詳細の生物データを望む。そして、ダム周辺の水質、水温の情報がないため、評価の精度に影響を与えると考えられ、より正確なモニタリングデータの公開を望む。多数の HEP 評価中は SI モデルが 4~6 個程度 (田中, 2013) 既存研究「アユ・アサリの HEP 評価」より SI モデル数が 1 個増加し、4 個を選定し、より普遍性がある。そして、同一場所の研究は、既存研究の部分研究データ (例: 地理・水質データ) が使われ、評価効率が上がったため次の段階の研究に役立つと考えられる。HEP 評価は HEP チームの編成の必要があり、場合によって数十人が必要し (例: 米国の EIS チーム: 35 人)、本研究は以上の HEP チームの編成は困難であるため、より多くの専門家の知見が必要であると考えられる。

本研究の結果を通して老朽化したダムを撤去する選択肢を検討する価値があると考えられる。八木らはダム撤去に伴う HEP を用いてアユ・アサリのハビタットを評価した結果について、ダム撤去の方案はより高い質のアユ・アサリのハビタットを提供できると考えられる。その二つの結果に基づいて、ダム撤去は回遊魚類の資源を増加できるのではないかと考えられる。そして、これからダム撤去に伴う環境アセスメントを義務化することを検討するべきだと考えられる。

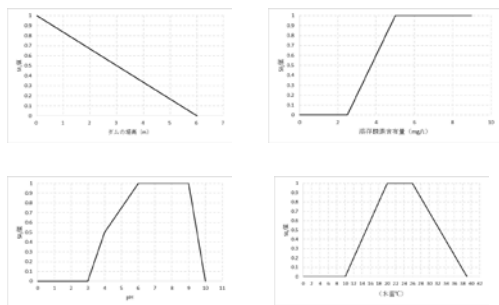


図3 HSI モデル

表1 HEP 計算マトリックス表

複設案	A 区域				B 区域				C 区域				THU
	面積: 462043m ²				面積: 965221m ²				面積: 1010000m ²				
案 1	SI ₁	SI ₂	SI ₃	SI ₄	SI ₁	SI ₂	SI ₃	SI ₄	SI ₁	SI ₂	SI ₃	SI ₄	5687808.3825
	1	1	1	0.77	0	1	1	0.72	0	1	1	0.67	
	HSI _A : 0.9425				HSI _B : 0.68				HSI _C : 0.67				
	HU _A : 4354758.1025				HU _B : 656350.28				HU _C : 676700				
案 2	SI ₁	SI ₂	SI ₃	SI ₄	SI ₁	SI ₂	SI ₃	SI ₄	SI ₁	SI ₂	SI ₃	SI ₄	5789472.2825
	1	1	1	0.67	1	1	1	0.62	0	1	1	0.67	
	HSI _A : 0.9175				HSI _B : 0.905				HSI _C : 0.67				
	HU _A : 4239247.2775				HU _B : 873525.005				HU _C : 676700				
案 3	SI ₁	SI ₂	SI ₃	SI ₄	SI ₁	SI ₂	SI ₃	SI ₄	SI ₁	SI ₂	SI ₃	SI ₄	5969066.87
	1	1	1	0.62	1	1	1	0.62	1	1	1	0.62	
	HSI _A : 0.905				HSI _B : 0.905				HSI _C : 0.905				
	HU _A : 4181491.865				HU _B : 873525.005				HU _C : 914050				

引用文献

- Alabaster, J., & Lloyd, R. (1982). Water quality criteria for freshwater fish. FAO, Butterworth Scientific.
- De Boer, J., & H., P. (1993). Toxische PCB's in vis uit de Nederlandse Rijntakken. In: Van Dijk G.M. & E.C.L. Marteinj (Eds.), 1993. *Ecological rehabilitation of the river Rhine, The Netherlands research summary report (1988-1992). Report of the project 'Ecological Rehabilitation of the rivers Rhine and Meuse', Report no. 50*, pp. 21-22.
- Elie, P., & J., D. (1976). Alimentation et croissance des civelles d' Anguilla anguilla L. (poisson Téléostéen Anguilliforme) élevées expérimentalement à diverses températures au laboratoire. *Extrait des Annales de la Nutrition et de l'Alimentation 30 (1)*, pp. 95-114.
- Fuente, Y. (2003). Etat des lieux de la circulation des poissons migrateurs sur le bassin versant de la Viline et definition de potentiels de colonisation. Internal Report Fdppma 35. p. 52.
- Hewett, S., & B.L., J. (1992). Fish bioenergetics model 2. A generalized bioenergetics model of fish growth for microcomputers. *UW Sea Grant Technical Report No. WIS-SG-92-250. Wisconsin-Madison: University Wisconsin Sea Grant Institute.*
- ICES. (2003). *Report of the ICES/EIFAC Working Group on Eels.*
- IUCN. (2010). <http://www.iucnredlist.org/details/60344/0>.
- Klein, J. B., W., D., & E.H.R.R., L. (1990). Growth and production of yellow eels and glass eels in ponds. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 75, pp. 189-205.
- Leuven, R.S.E.W., Oyen, & F.G.F. (1987). Impact of acidification and eutrophication on the distribution of fish species in shallow and lentic soft waters of the Netherlands: an historical perspective. *Journal of Fish Biology 31*, pp. 753-774.
- Nathaniel P.Hitt, S. E. (2012). *Dam Removal Increases American Eel Abundance in Distant Headwater Streams*. Retrieved from tandfonline: <http://www.tandfonline.com/loi/utaf20>
- Sadler, K. (1979). Effects of temperature on the growth and survival of the European eel. *Anguilla anguilla L. J. Fish Biol.* 15, pp. 499-507.
- Schmidt, J. (1922). The breeding places of the eel. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. Vol. 211*, pp. 179-208.
- Schouten, W. (1992). Habitat Geschiktheid Index Model. De aal Anguilla anguilla (L.). Organisation for the Improvement of Inland Fisheries. Nieuwegein, The Netherlands. p. 23.
- Sinha, V., & J.W., J. (1975). *The European Freshwater Eel. Liverpool University Press.*
- Tesch, F.-W. (1983). *Der Aal. Biologie und Fischerei.* Verlag Paul Parey. Hamburg, Berlin. Tesch, F. W. 1999. *Der Aal.* Parey Buchverlag, Berlin. 397.
- Yagi, H., Tsuru, S., & Tanaka, A. (2013, Vol.7.No.1). Applying HEP to Quantitative Habitat Impact Assessment for Dam Removal Projects—Case Study of Arase Dam Removal Project in the Kumagawa river—. *J. Japanese Soc. Shiranui & Kumagawa Reg. Stu.* pp. 2-7.
- ベトナム養殖場水質改善プロジェクト. (2012). *ベトナム養殖場水質改善プロジェクト*. Retrieved from ベトナム養殖場水質改善プロジェクト: http://www.chugoku.meti.go.jp/research/kankyo/pdf/mizu_kaigai_h24fy/mizu_kaigai_h24fy_02_2.pdf
- 国土技術政策総合研究所 環境研究部, & 土木研究所 水環境グループ 自然共生センター. (2009, 2). *ダムと下流河川の物理環境との関係についての捉え方*. 国総研資料 第512号.
- 黒木, 真., & 塚本, 勝. (2011). *旅するウナギ1 億年の時空をこえて*. 東海大学出版社.
- 川崎, 浩. (2013). *瀬戸石ダム水利用更新申請*. Retrieved from 熊本ニュース: <http://kumanichi.com/news/local/main/20131204008.shtml>
- 塚本, 勝. (2008). *ウナギ資源の現状と保全—コンビナーを代表して—*. 海洋号外 (48), pp. 5-8.
- 田中, 章. (2006). *複数の開発案の状況*. In 章. 田中, *HEP 入門—ハビタット評価手続き—*マニュアル (pp. 202-212). 朝倉書店.
- 鈴木, 健. (1994). *ウナギ養殖技術に関する研究—1 網生す用種苗の養成及び網生す養殖試験の結果について—*. 茨城県内水面水産試験場研究報告 30, pp. 44-59.