

千葉県一宮川を対象とした簡略化した環境評価手法による 河川断面の決定

Determining the cross section of the Ichinomiya River (Chiba Prefecture) by a simple environmental impact assessment method

技術普及部 参 事 土門 晋
研究第二部 主任研究員 田村 英記
技術普及部 部 長 佐合 純造
い で あ (株) 前田 研造

千葉県の一宮川は九十九里地域で河口砂州（干潟）が残る稀少な河川で、河口砂州は「日本の重要湿地500（環境省）」に選定されている。このような、貴重な環境を有す河川だが、一宮川は平成元年と平成8年の洪水被害をうけ、「河川激甚災害対策特別緊急事業（激特）」が採択された。この事業は完了したものの平成18年度以降も引き続き、一宮町の市街地を背後にひかえた河口付近の下流区間の河道掘削が進められている。

本稿はこの河口部の河道掘削区間における、生物の生息場の定量的な評価方法を用いた掘削形状の決定方法について報告するものである。河川の生物生息環境の定量的な評価手法としてはIFIMが代表的だが、環境アセスメントに関する分野では米国で開発されたHEP (Habitat Evaluation Procedure) が注目されており、本稿では同手法を簡略化した方法を用いた。評価値は次のように算定した。1) 既往の資料や生物調査の結果をもとに指標種の選定を行った。2) 指標種について1m×1mのメッシュの生息場の有す価値を0～1の指数で評価した。3) 生息場全体で指数を結合し評価値を算定した。決定断面は、当面の整備対象流量を流下可能な河岸部分をテラス状とする形状とした。

キーワード：定量的評価手法、HEP、河川改修、河道掘削、一宮川

The Ichinomiya River in Chiba Prefecture is a rare, environmentally important river in the Kujukuri area in that it has estuary sand spit (tidal flat). The estuary sand spit has been selected as one of the 500 most important wetlands in Japan (Ministry of the Environment). In view of the flood damage involving the Ichinomiya River in 1989 and 1996, a Special Emergency Project for the Control of Severe River Disaster was adopted for the river. Although the project was completed, channel excavation has been continued since 2006 in the lower-reach section near the estuary along the urbanized hinterland city of Ichinomiya.

This paper reports on the method of determining the cross-sectional shape, to be formed by excavation, of the estuary excavation section using a quantitative habitat evaluation method. IFIM (Instream Flow Incremental Methodology) is a representative method for quantitative riverine habitat evaluation, but HEP (Habitat Evaluation Procedure) developed in the United States is attracting attention in the area of environmental impact assessment. In this study, a simplified version of the HEP was used. Scores were calculated as follows. (1) Indicator species were selected on the basis of available information and biological survey results. (2) The value of 1m × 1m mesh areas of habitat for indicator species was rated in terms of an index ranging from 0 to 1. (3) The rating score for an entire habitat was calculated by summing the indices for individual mesh areas. It was decided to use a terraced-bank cross section capable of carrying the current design flood discharge.

Key words : quantitative evaluation method, HEP, river improvement, channel excavation, Ichinomiya River

1. はじめに

河川環境の定量的な評価は、「治水」、「利水」に関する計画が計画洪水流量や正常流量といった定量的な河川毎の目標値として示されるのに対し、定性的な表現となることが多い。このように定性的な表現に留まる理由は生物の挙動や調査結果に不確実な面が多く、数値目標が立てにくいことが考えられる。しかし、このような定量的な表現は目標設定に限らず、様々な生物の挙動を想定し対応策を検討する順応的管理に際しても必要と考えられる。

一方、河川における生物生息環境の定量的な評価手法はさまざまな手法が提案されており、IFIM (Instream Flow Incremental Methodology) が代表的である。また、近年では環境アセスメントに関する分野において活用されている米国で開発されたHEP (Habitat Evaluation Procedure) が注目され、その手法を用いた実施事例も増えている¹⁾。しかし、これらの定量的な手法を適用するには専門的な知見のほか、詳細な調査に要する時間や予算が必要であり、災害復旧など緊急性の高い事業や、中小河川に適用するには課題も多いと考えられる。そこで、本稿では千葉県の一宮川を事例として、この手順を簡略化し断面決定を行った結果を報告する。

2. 適用河川の概要

一宮川は千葉県茂原市、一宮町等を流域とする二級河川である(図-1)。自然環境面では九十九里地域で河口砂州(干潟)が残る稀少な河川で、この河口砂州には重要な植物群落の存在や多くの渡り鳥が飛来する。そのため、この河口砂州は「日本の重要湿地500(環境省)」に選定されている。しかし、都市化の進行や、それに伴う河川の改修により、砂州の規模が縮小しており(図-2)、干潟やヨシ原などの河口砂州付近で見られる河川環境の保全及び復元が期待されている。

一方で、一宮川は平成元年と平成8年の2回の洪水被害をうけ「河川激甚災害対策特別緊急事業(激特)」が採択された。その結果として、暫定的な治水目標に対し、堤防の嵩上げや調節池の設置が進められてきた。これらの事業は完了したが、平成18年度以降も整備計画の目標流量に向けた治水安全性の向上に対する取り組みが進められている²⁾。本事例では一宮町の市街地を背後にひかえた河口付近の河道掘削工事を対象に整備案を評価したものである。



図-1 一宮川 流域図

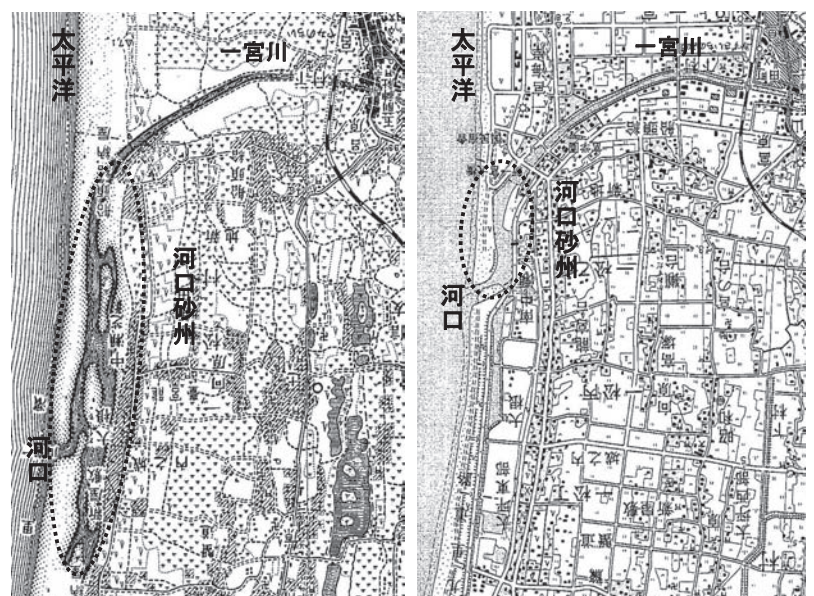


図-2 一宮川 河口部の変遷
(左:明治36年測図、右:平成2年測図)

3. 評価手法の概念³⁾

3-1 HEPの考え方

HEPの評価方法の概念は、対象とする生物の生息生育に必要な環境（棲みやすさ）を「質（=価値）」として数値でとらえ、それに例えば面積などの「空間」と経年的な変動等を考慮した「時間」を掛け合わせたものである。

表-1に示す通り生息場の価値（SI）を、空間的、経年的に累積した評価値が累積的ハビタットユニット（CHU）となる。この評価手法では評価値が高ければ、対象とした生物のより棲みやすい環境となる。手続きの流れは1) HEP適用可能性調査、2) HEP事前調査、3) HSIモデルの確保、4) 評価値の算定、5) 複数のプラン比較評価である。

表-1 HEPの様々な段階での評価

価値の算定	数式	説明
SI (Suitability Index, 生息場の価値)		ある生物のある環境要素との関係を表した数値や関数
HSI (Habitat Suitability Index, ハビタット適正指数)	SIの結合 例)算術平均 幾何平均	小区域のハビタットの質を定量的に表した数値や関数
HU (Habitat Unit, ハビタットユニット)	$HU = HSI \times \text{面積}$	HSIに小評価区域の面積を乗じた値
THU (Total Habitat Unit, 合計HU)	$THU = \sum HU$	ある瞬間の評価区域全域の価値
CHU (Cumulative Habitat Unit, 累積的HU)	$CHU = \sum THU(t)$	経年的な変化を累積した評価値

3-2 具体的な評価手順（図-3）

(1) 評価の適用可能性調査

適用には複数案の案出、評価種の選定、評価対象のハビタットに関し「質」「空間」が把握できることが必要であり、このような条件の確認を行う。ここでは評価を調査時点のハビタットユニット（HU）とするため、時間的な変動や生物の成長段階といった「時間」による評価を考慮していない。

(2) 評価の事前調査

評価の区域設定を行い、その区域における既存の調査資料を収集する。その資料に基づき特徴的あるいは典型的な環境を抽出し目標の設定を行う。設定された目標をふまえて代表とする評価種を選定する。

(3) SIモデルの確保

調査や既往文献に基づき図-4に示す生息場の価値と環境要素の関係を示すSIモデルを構築する。なお、有識者などのアドバイスを得て、対象生物の「生息場

の環境要素」と「生息場の価値」の関係把握に必要な調査を実施する。

(4) 評価値の算定

複数のSIの結合にあたっては、式(1)の算術平均や式(2)の幾何平均を用いる。例えば、一つの指標に対しSI=0となる場合にHSI=0とするような生息場の評価では幾何平均を用いる。

$$HSI = (SI_{\text{指標1}} + SI_{\text{指標2}} + \dots + SI_{\text{指標N}}) / N \quad (1)$$

$$HSI = (SI_{\text{指標1}} \times SI_{\text{指標2}} \times \dots \times SI_{\text{指標N}})^{1/N} \quad (2)$$

また、HUの算定は空間要素AとHSIの積の総和により算定する。この空間要素は面積等である。

$$HU = HSI_i \times A_i \quad (3)$$

(5) 複数プランの比較評価

設定した複数案の空間要素AによりHUを算定した結果を比較し評価を行う。

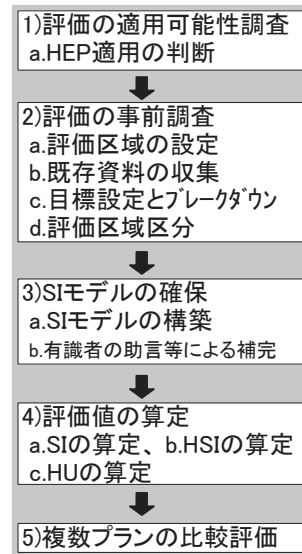


図-3 具体的な評価手順

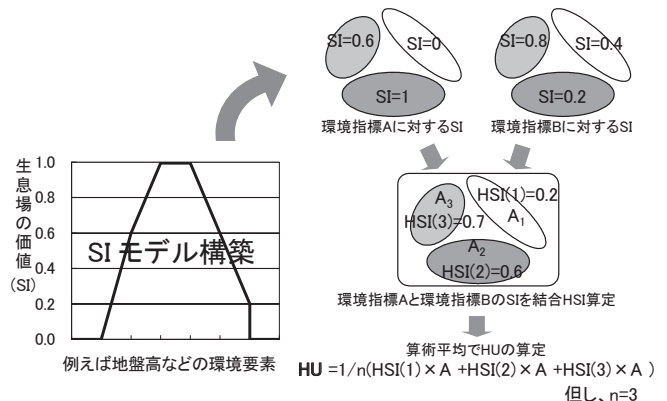


図-4 SIモデル構築から評価値（HU）算定までの流れ

4. 生息場の価値の算定

4-1 生物調査

目標設定をもとに生物調査は干潟生物及びヨシ原に依存する生物に着目し実施した。調査時期は平成18年5月で表-2に示す調査を行った。調査時期は干潟生物が活発に活動し潮位変動により調査データが取得できる時期、干潟を利用する鳥類の渡りの時期やオオヨシキリの繁殖期を考慮した。調査は①干潟生物とヨシの生育場の目視調査(4測線)、②干潟生物の採取調査を地盤高0.1m間隔、採取量0.018m³で実施(4測線)、③干潟及びヨシ原で見られる鳥類のスキャンサンプリング及びタイムマッピング調査を実施した。調査箇所は図-5に示した。

その結果、①目視調査では3門3綱15種類、②採取調査では3門6綱25種類の干潟生物が確認された。採取調査の個体数はNotomastus属の一種、カワゴカイ属の一種(従来の“ゴカイ”)、カワザンショウガイなどが多い結果となった。また、地盤高との関係ではカワゴカイ属の一種がTP0.0m以下の地盤高の低い場所で個体数が多く確認された(図-6)。③鳥類の調査で

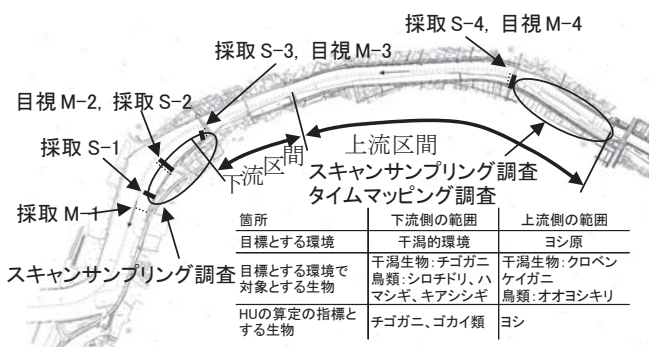


図-5 生物調査箇所、対象区間と目標とする環境と指標生物

表-2 現地調査の調査内容

対象	調査日時	調査内	詳細
底生動物(干潟生物)	平成18年5月25~26日	目視調査	・生息孔の概数を目視観察で記録 ・生息孔の宿主を確認 ・ヨシの生育範囲の確認
		採取調査	・地盤高0.1m間隔で調査枠を設置 ・縦30cm×横30cm×深さ20cm(採取量: 0.018m ³)で採取 ・1mmメッシュのふるいに残った生物をサンプリング
鳥類	平成18年5月15~17日	スキャンサンプリング調査	・出現する鳥類の利用状況を一定の時間間隔で記録 ・記録項目は、種類・個体数・時刻・行動・位置等
		タイムマッピング調査	・調査範囲の堤外地にテリトリーもしくは行動範囲があると推定される種(オオヨシキリ、コチドリ、ヒバリ) ・鳥類の代表個体について、個体別に利用状況・位置等を記録

は9目20科39種の鳥類が確認された。個体数が多く確認されたのは、下流区間に近い河口砂州でカワウ、ハマシギ、キアシシギなど、上流区間でズズメ、オオヨシキリ、カワラヒワとなっている。また、タイムマッピング調査の結果ではオオヨシキリの観察個体でヨシ原の利用が多く観察された(図-7)。

4-2 目標の設定

対象とした区間を図-5に示すように、河口砂州と連続する「下流区間」とかつてヨシ原が多く見られた「上流区間」に環境を区分し、それぞれに異なる特性をもった環境を創出するものとした。

河口干潟に近い「下流区間」の範囲では、『干潟の創出』を目標とし、干潟生物ではチゴガニ、鳥類はシロチドリ、ハマシギ、キアシシギの生息可能な環境を可能な限り多く創出するものとした。

また、「上流区間」では、『ヨシ原の創出』を目標とし、干潟生物(甲殻類)はクロベンケイガニ、鳥類はオオヨシキリの生息可能な環境を可能な限り多く保全・創出するものとした。

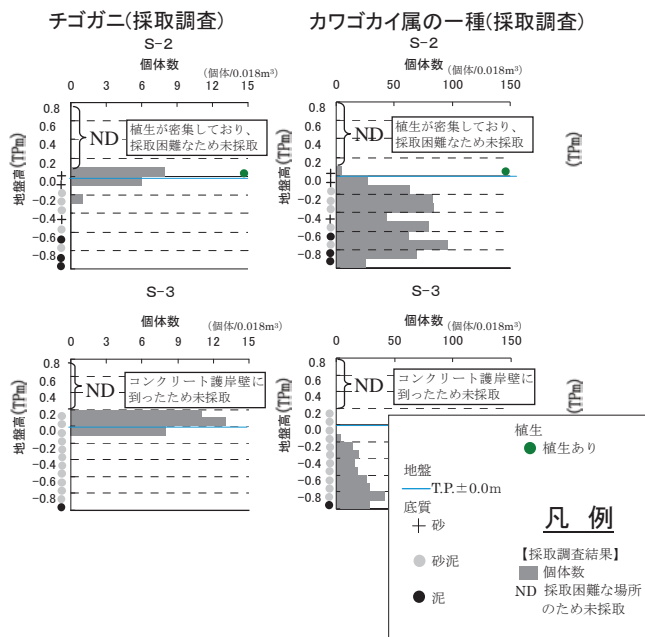


図-6 生物調査結果(底生動物)

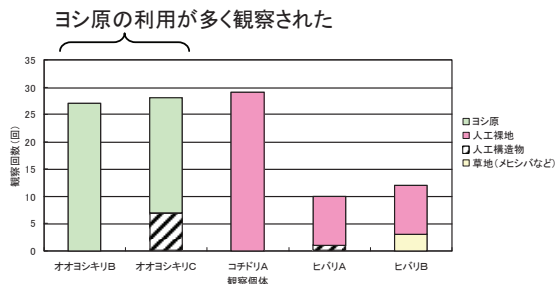


図-7 鳥類のタイムマッピング調査結果

4-3 河道断面案の設定

洪水の流下河積を大きくするため河道掘削を行う。河道断面は現況河道を図-8aのように掘削し、①河岸を部分的にテラス状に残し干潟やヨシ原を保全するケース、図-8bのように②河岸部分をスロープ状に掘削し様々な高さの環境を確保するケースとした。以上の断面に対し、前述の手法を適用し定量的な評価を行った。

4-4 ハビタットユニット (HU) の算定

(1) 目標とする指標種の設定

「下流区間」のハビタットユニット (HU) の算定に際しての指標種はチゴガニとゴカイ類とした。鳥類では当初、最も個体数の多かったハマシギを候補として選定したが、調査で確認されたハマシギの行動の約70%が「採餌」であり、ハマシギの生息場の価値は「採餌効率」によって算定可能と考えられた。一宮川河口干潟でのハマシギの主な餌料はゴカイ、イトゴカイ科、スピオゴカイ科などのゴカイ類であり⁴⁾、ゴカイ類の生息に適した場所はハマシギにとって価値の高い場所と仮定し、ゴカイ類を指標とした。

また、「上流区間」のHUの算定に際しての指標種はヨシ原とした。一般にクロベンケイガニやオオヨシキリは繁殖期等の生活をヨシ原に依存するといわれ、図-7でもオオヨシキリについてその傾向が確認されたためである。そのため、両種の生息基盤であるヨシ原が形成される場所が両種の生息環境として価値が高いものと考えた。

(2) 生息場の価値 (SI) の算定
指標種の環境要素 (評価指標) に応じた生息場の価値の算定を行うために、指標種の生息状況との相関関係を整理した。本事例で整理した生物の生息状況と環

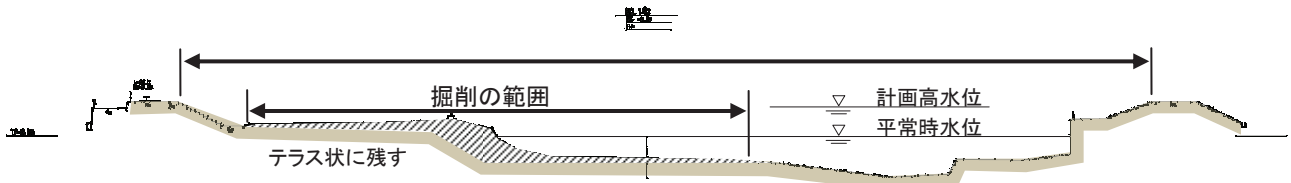


図-8a ①河道断面の一部をテラス状に残し干潟やヨシ原を保全するケースの河道横断面図

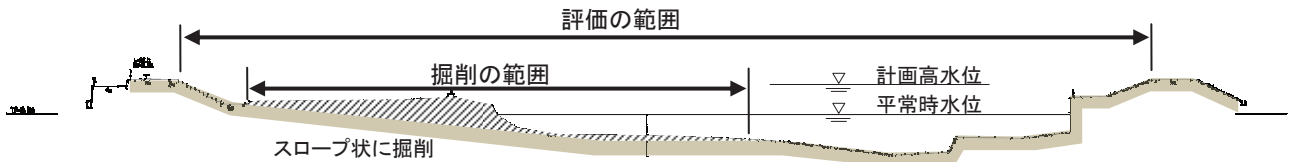


図-8b ②河道断面の一部をスロープ状に残し様々な高さの環境を提供するケースの河道横断面図

表-3 生物の生息状況と環境要素の関係

区間	対象生物	生息状況	環境要素 (評価指標)
下流側	チゴガニ	目視調査で確認された生息孔数 採取調査で確認された生息個体数	地盤高 河床材料 勾配
	ゴカイ類	ゴカイ類(ゴカイ綱に含まれる生物)の 生息湿重量	地盤高 河床材料 勾配
上流側	ヨシ	目視調査による生育状況(粗密度・混生度)	地盤高 河床材料 勾配

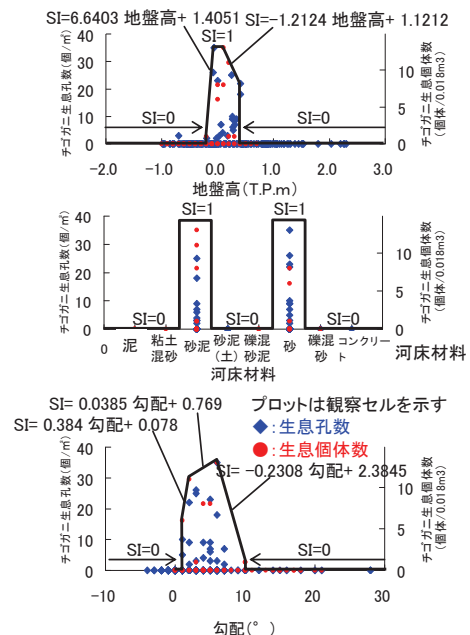


図-9 生息場の価値 (SI) モデルの構築 (チゴガニ)

境要素の関係は、表-3に示したように、チゴガニ、ゴカイ類、ヨシに対して地盤高、河床材料、勾配である。これらの関係を整理し指標種の生息場の価値(SI)の算定を行った。チゴガニの地盤高(GL)に関するSIの算定結果を図-9に示す。この環境要素以外にも日照条件、塩分など様々な環境要素が考えられるが、今回は限定された条件の元、現地調査で取得している項目のみを対象とした。

(3) ハビタットユニット (HU) の算定

ハビタットユニット (HU) の算定に使用する環境要素は地盤高、勾配である。河床材料は川幅や河川の地盤高などの条件に基づき、短期間の整備で人為的に設定することが困難であり環境要素から除外した。また、評価指標の結合にあたってはSI=0となる場合にHSI=0とするため、(2)式を用いた。

次に、「空間」に面積Aを与え(3)式によりHUを算定した。算定にあたり河道状況を1m×1mのメッシュに分割し、各メッシュに地盤高及び勾配の情報を与えた。下流区間のHUはチゴガニ、ゴカイ類のそれぞれ

のHUを平均して評価値として算定した。また、上流区間はヨシのHUを評価値とした。

なお、現況河道において作成したSIの再現性について、下流区間のチゴガニではS-3測線の調査結果(図-6)をS-3上のHSIの算定メッシュ(図-10)の分布状況が反映していることにより確認を行った。上流区間のヨシ原については図示しないが既存の植生図とHSIの算定メッシュを比較し、SIモデルの再現性を確認した。

4-5 ハビタットユニット (HU) による検討案の比較

図-11、12に下流区間のゴカイ類及上流区間のヨシ原の評価値(HSI)算定メッシュを示した。また、それぞれの区間の評価値HUをまとめ図-13に示した。

①は②に比べて下流区間では1.3倍、施工などにより環境面で劣化した現況河道に対しては2.7倍の価値となる河道を創出可能と評価できた。また、上流区間では、①が②の河道に対し1.8倍で、現況河道に対しては2.3倍の価値を創出することが可能と評価できた。

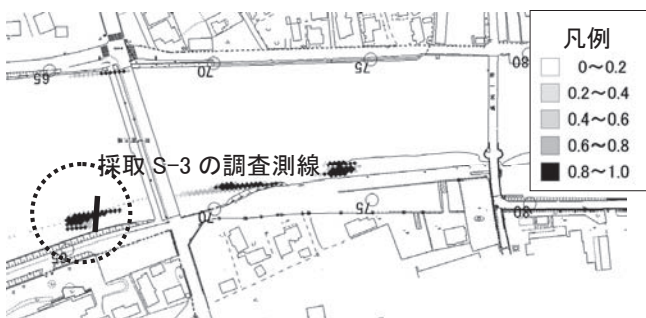


図-10 チゴガニの分布状況の再現

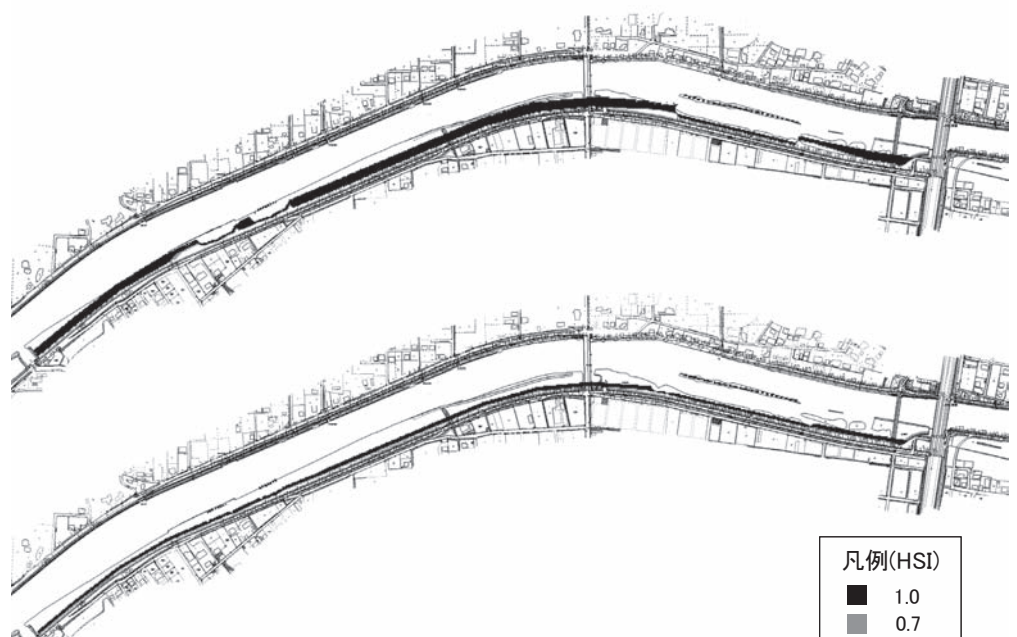


図-11 ヨシ原の評価値(HSI)算定メッシュの表示 (上流区間) 上①テラス形状、下②スロープ形状

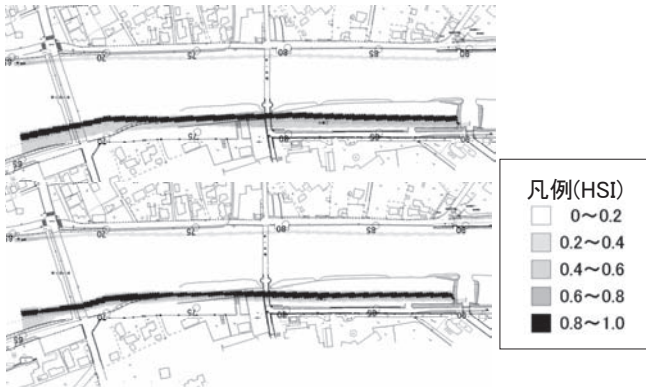


図-12 ゴカイ類の評価値 (HSI) 算定メッシュの表示 (下流区間) 上①テラス形状、下②スロープ形状

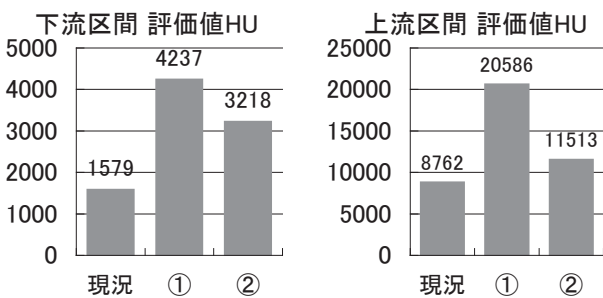


図-13 評価値ハビタットユニット (HU) の算定結果

5. まとめ

5-1 HEPの手続きの簡略化

適用した手順は本来のHEPの手順から以下の簡略化を行ったものである(図-14)。この手続きでは次の①調査回数の簡略化、②少ない調査回数でも評価可能な評価値の選定、③HEP手続きを行う検討チーム構築について簡略化した。

(1) 調査回数の簡略化

HEPの手続きでは、時系列的な群集の挙動も考慮し、経年的な生物調査に基づき手続きを進める。しかし、河川の整備では災害復旧事業など緊急性が高い場合や予算の不足などの理由により、調査年次を限定せざるを得ない場合がある。これを補完するため既往の資料や有識者の助言で資料の不足を補うものとした。将来的に多くのSIモデルが得られるようになれば、それらのモデルを利用した簡略化もあり得る。

(2) 少ない調査回数でも評価可能な評価値の選定

調査時点の生息場の価値に面積を乗じたハビタットユニット (HU) を算出し評価値とした。そのため時間的な変動や生物の成長段階といった「時間」による評価を考慮しない。

(3) HEP手続きを行う検討チーム構築の省略

HEPの手続きでは中立的なHEPの専門家を含め、工事及び環境保全に関わる専門家が検討チームを構築

することが重要と考えられている。これは事業を進めるに際して様々な立場や専門性をふまえた合意が重要と考えられるためである。しかし、国内では河川の工事などの小規模の改変に際して、様々な分野の専門家が直接的に工事に関わることはそれほど多くなく、状況に応じ特定分野の専門家に判断を仰ぐケースが多い。本ケースでもこのような手続きを想定し、プロセスの各段階で専門家より助言を得るものとした。

簡略化した手法の流れ

【参考】HEPの流れ

(文献2のフロー図に加筆)

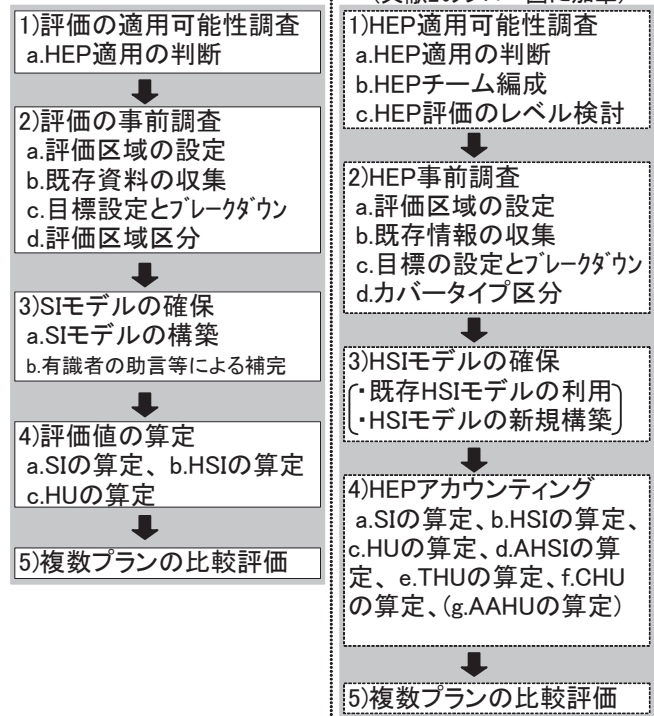


図-14 HEPの全体フローとの比較

5-2 適用結果と課題

本研究では、HEPの考え方を簡略化した検討手法を提案し、一宮川の河道掘削方法を選定する定量的な評価値を算出した。以下に結果と課題について述べる。

- 調査資料の少ない河川でも簡略化した手法により、比較案を評価し得る定量的な評価値を算出することができた。
- 定量的な評価方法を用いることで整備目標が明確となり、説明性の高い案を選定することが可能になると考えられた。
- 本事例では調査に基づき生息場の価値 (SI) を算定したが、既往の文献には様々なSIの情報が明らかとなっており、一般に適用の妥当性を確認できれば、既往の知見を利用することは効率的と考えられた。

しかし、以下のような課題も残った。

- 本事例ではSIモデルの構築を1回の調査資料をもとに行った。しかし、このモデルの正確さによりHUの算定結果が異なるものになるため今後のモニタリング結果をふまえて可能な範囲でSIモデルの精度の改善が望ましい。
- 本事例では少ない調査結果を元にハビタットユニット (HU) を算定した。その結果、実現象で生じる年変動や季節変動、生物の成長段階、河道の物理環境の変動が考慮されていない。時間的な変動を考慮したモデルを必要とする場合にはより詳細な調査検討が必要である。
- 本事例は関係技術者が有識者にヒアリングを行い、アドバイスをもらう手順で手続きを進めた。しかし、一般的にはHEP検討チームのような様々な分野の専門家が事業を評価できるしくみづくりが課題と考えられる。

一宮川では、以上の結果をもとに施工を進めており、今後はモニタリングの実施結果をふまえて、整備効果の検証や順応的管理に向けた検討をすすめる予定である。

謝辞:本稿のとりまとめに際し、千葉県河川環境課、長生地域整備センターの多大なるご協力をいただいた。また、検討の各段階では元東邦大学教授秋山章男氏、南九十九里浜の自然を見守る会の堀内正範氏に助言をいただいた。ここに感謝申し上げます。

<参考文献>

- 1) 久喜伸晃, 田中章: 日本における HEP の実施事例及び HSI モデルの蓄積状況に関する研究, 環境アセスメント学会 2006 年度研究発表会要旨集 pp.25 - 29 (2006)
- 2) 一宮川流域委員会資料, 千葉県
- 3) 田中章: HEP 入門 <ハビタット評価手続き> マニュアル, 朝倉書店 (2006)
- 4) 秋山章男: シギ・チドリ類の採食行動 (一宮川河口干潟周辺における調査), 海洋と生物 129 (vol.22 no.4), 生物研究社 (2000)