

HSI モデル整理票

記入日 2006 年 10 月 24 日

票 A には、本 HSI モデルに関する基本情報が記されています。また票 B には、本 HSI モデルにおける各項目の記載の有無が記されています。 の記してある項目がモデルに記載されている項目です。

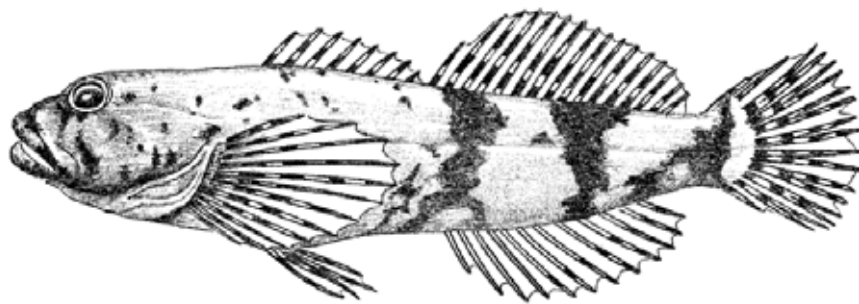
票 A						
基本 情報	評価種名	標準和名：カジカ大卵型				
		学名： <i>Cottus pollux</i>				
	HSI モデルの 作成者名	（社）日本環境アセスメント協会・研究部会 自然環境影響評価 技法研究会 第一ワーキング				
	HSI モデル作成者 の連絡先 (自宅 or 会社) 一般公開しても良 い範囲でご記入くだ さい	住所：〒108-0022 東京都港区海岸 3-9-15 LOOP-X ビル 8 階 日本エヌ・ユー・エス(株) 環境コンサルティング部門 佐藤光昭 Tel：03-5440-1852 E-mail：mksatoh@janus.co.jp				
票 B						
H S I モ デ ル の 記 載 内 容	評価種に 関する情報	1	評価種の希少性、規制等に関する記載			
		2	評価種の垂直・水平分布に関する記載			
		3	評価種の生活史に関する記載			
		4	評価種のハビタットに関する情報の記載			
	構築された HSI モデルに 関する情報	5	HSI モデルの構築手段 に関する情報の記載	(1)	文献調査	
				(2)	フィールド調査	
				(3)	専門家へのイン タビュー調査	
				(4)	サンプルデータ による検証	
		6	フィールドにおける各変数の測定方法の記載			
	7	各変数に関する SI モデル(グラフ、文章等) の記載				
8	HSI 結合式もしくはそれに相当する文章の記載					
9	HSI モデルの適用範囲(評価種のライフステー ジ、カバータイプ、地理的範囲、季節、最小 ハビタット面積等)の記載					
その他	10	引用文献リストの記載				

HSI モデル（生息場適性指数モデル）：

カジカ大卵型

(Japanese sculpin : Large egg type)

Cottus pollux (Günther)



2006年6月1日改訂

HSI モデル(生息場適性指数モデル):カジカ大卵型(Japanese sculpin: Large Egg Type)

Cottus pollux (Günther)

(社)日本環境アセスメント協会・研究部会

自然環境影響評価技法研究会

第一ワーキング

〒102-0083 東京都千代田区麹町1丁目3番7号

(作成担当者)

日本エヌ・ユー・エス(株) 佐藤光昭

日本技術開発(株) 後藤伸一

(株)東京久栄 矢代幸太郎

(株)建設技術研究所 杉山智治

富士通エフ・アイ・ピー(株) 奥田耕司

応用技術(株) 八木勇次郎

この HSI モデルは、「(社)日本環境アセスメント協会・研究部会 自然環境影響評価技法研究会 第一ワーキングで」で検討・作成されたものであり、本協会・研究部会の許可なくして引用・転記・転載は認められない。

序

このカジカ大卵型のハビタット利用情報および HSI モデルは、「自然環境影響評価技法研究会 報告書」((社) 日本環境アセスメント協会・研究部会 自然環境影響評価技法研究会。平成 16 年 5 月) において、我が国の環境アセスメントへの HEP(Habitat Evaluation Procedures) および HSI モデルの適用可能性を検討するために作られたプロトタイプを基本として、専門家の意見等を反映して、当面必要とされる改訂を行ったものである。

本モデルは、カジカ大卵型の成育に必要な条件や選好性に関する既存情報をまとめることにより作られている。HSI モデルは、ゼロ(生息に不適なハビタット)から 1(生息に適切なハビタット)の間の指数となるよう調整されている。ハビタット利用情報 Habitat use information を HSI モデルに変換するのに用いた仮説、および現場でのモデルの変数を測定するための方法も示してある。また、モデルの適用に関するガイドラインも記述してある。更に、HSI を計算するのに引用した全ての文献を示してある。本モデルは、本研究部会の作成担当者が本種にとって最も重要な生息場の特性と考えたものを単純化して示してある。

本冊子のモデルを環境影響評価あるいは環境保全措置に使用する場合、研究の対象(地域など)を明確に明らかに設定することが必要であり、その目的に合うようにモデルを修正する必要がある。

このモデルは、種の分布が生息場の環境条件と関係するという仮説の上に成り立っており、証明されている原因や結果の関係の記述ではない。しかし、このモデルは仮説的なデータセットによって適用されておらず、またこれまで現場にて実証に供されていない。そこで、本モデルを改訂し、その有効性を検証するために、(社)日本環境アセスメント協会は本モデルに対するユーザーからのコメントや提案を歓迎する。これらのコメント・提案は、生息場に基づく本手法の有用性と有効性の増幅に役立つものとなるからである。本種の HSI モデルに関するコメントや提案は、以下に連絡をお願いしたい。

〒108-0022 東京都港区海岸 3-9-15 LOOP-X ビル 8 階

日本エヌ・ユー・エス(株) 環境コンサルティング部門 佐藤光昭

E-mail : mksatoh@janus.co.jp Tel. : 03-5440-1852

目次

1 はじめに	1
2 謝辞	1
3 ハビタット利用情報	1
3.1 生活史の全体像	1
3.1.1 分類	1
3.1.2 形態的特徴	1
3.1.3 分布・生息場所	2
3.1.4 生活史、成長、寿命	2
3.2 食性（餌）	3
3.3 水環境	4
3.3.1 水温	4
3.3.2 水質	4
3.4 繁殖	5
3.4.1 産卵時期	5
3.4.2 産卵形態	5
3.4.3 卵・産卵数	5
3.5 カバー（底質）とその物理的生息環境	5
3.5.1 稚魚期	6
3.5.2 未成魚および非繁殖期	6
3.5.3 繁殖期（卵期を含む）	6
3.6 移動性	8
3.7 その他特に留意すべきこと	8
4 ハビタット適性指数（HSI）モデル	9
4.1 モデルの適用範囲	9
4.2 モデル式	10
4.2.1 概要	10
4.2.2 ハビタット変数のSI グラフ	17
4.2.3 HSI 数式	23
4.2.4 現地調査方法	24
4.3 当該種に関わるその他のモデル	25
5 参考文献	26
6 改訂記録	29

1 はじめに

本 HSI モデルは、カジカ大卵型が生息する河川において、河川改修等の開発行為が想定される場合に、その生息環境への影響を評価し、併せてその生息環境に係るミティゲーションの検討に資するためのものである。

2 謝辞

カジカ大卵型の HSI モデルを作成するに当たって、豊橋技術科学大学名誉教授の中村俊六博士、北海道大学の後藤晃助教授、長野県水産試験場の山本聡研究員に貴重な情報とアドバイスを頂いた。ここに深く謝意を表する。

3 バビタット利用情報

カジカ大卵型の生息場の解説に当たり、河床材料の分類は山本・沢本(2000a)(Platts *et al.*(1983)に準拠)に従い、以下の6段階に分類した。

巨礫(大)Large boulder : > 610mm	巨礫(小)Small boulder : 305 ~ 610mm
荒石 Rubble : 76 ~ 305mm	礫 Gravel : 5 ~ 76mm
土砂(粗)Fine sediment(large) : 1 ~ 5mm	土砂(細)Fine sediment(fine) : < 1mm

3.1 生活史の全体像

3.1.1 分類

カジカ (*Cottus pollux* Günther) は、カサゴ目カジカ科に属する淡水魚である。カジカには河川陸封型でやや大型の卵を産む大卵型と、それより小型の卵を産む両側回遊性の小卵型 (= ウツセミカジカ (*Cottus reinii*)). 岡崎・小林 1992)、およびそれらのほぼ中間径の卵を産む中卵型がある。この3型は別種とされる可能性が高い(岡崎ほか 1994、岡崎 1997、藤井ほか 1997)。

なお、本種の学名については、再考の余地が残されている(藤井ほか 1997)。

3.1.2 形態的特徴

カジカ大卵型は全長約 150mm に達する。体表に鱗はない。体色は淡褐色から暗褐色まで変異に富み、体側には4~5条の黒褐色の横帯がある。背鰭は2基あり、前方の第一背鰭は全て棘、後方の第二背鰭は最初の1棘と残りが全て軟条からなる。胸鰭は大きく扇状である。体後方の背鰭と臀鰭の基底の長さはほぼ同一で、腹鰭は左右に分かれる。鰓蓋の後縁に棘が1本ある(リバーフロント整備センター1996)。

カジカの3型は形態的に酷似するが、小卵型および中卵型はやや大型で全長約170mmになる。胸鰭の軟条数は大卵型が11~12、小卵型が12~14、中卵型がほ

ほこの中間と少し異なることで区別できる。産着卵の直径は、大卵型で 2.5 ~ 3.7mm、小卵型で 1.8 ~ 3.1mm、中卵型はほぼその中間である（藤井ほか 1997）。

大卵型の雄は頭幅が雌よりもかなり広く、また晩秋になると成魚では第一背鰭の先端が鮮やかな金色を呈してくるので、雌と区別がつく（松田 1994a）。

3.1.3 分布・生息場所

カジカは日本固有種で、大卵型は本州(和歌山を除く)、四国、九州(熊本・宮崎、鹿児島を除く)に分布^{*1}し、主に河川の上・中流域に生息する。

*1: 小卵型は青森県以南の本州太平洋側（北海道大学兎後藤助教授私信）に、中卵型は積丹半島以南の北海道、本州(秋田、新潟、石川、福井を除く)、四国、九州(宮崎・鹿児島を除く)に分布する。小卵型は主に太平洋側、中卵型は主に日本海側に分布するとされているが、両種の分布域の違いはまだ明らかではない。小卵型および中卵型は一般に河川の中・下流域に生息する（山口県生活環境部自然保護課 2002）。

カジカ大卵型は、底質が小石ないしは砂利で清澄な河川を好み、水底の小石等の陰に隠れ棲み、何かの刺激を受けると小石より小石へ急激に泳ぎ入る（田村 1937）。河川の河床形態（可児 1944）の区分からみると、上流域（Aa 型）から中流域（Bb 型）上部（宮地ほか 1996）に生息するが、河川勾配が強く（0.05 ~ 0.14）、0.3 ~ 1m（名越・村上（1980）では高さ 1 ~ 2m）の落差が連続的に出現するような環境には生息しない（大友ほか 1999）とされている。また、比較的出現個体数が少ないと思われる埼玉県の河川において、大友ほか（1999）は山地溪流型よりも中流域に近い河床が安定した砂礫底を好み、河床移動が大きく石・礫組成が粗いなど、河床の安定しない水域は本種の生息に不適であるとしている。しかし、急峻な山岳溪流でも確認される（山本 2000a）ことから、自然河川においては勾配や落差などによって必ずしも生息が制限されることはないようである（長野県水産試験場山本聡研究員私信）。

本種の生息量は、三重県の河川では 0.19 ~ 0.75 個体/m²（2.03 ~ 7.56g：名越・村上 1980）、石川県および山形県の河川では 0.29 ~ 0.94 個体/m²（四登・田中 1988a・1988b、大井・井口 1990）、長野県のカジカ資源が豊富な水域では 0.58 ~ 1.52 個体/m²（山本・沢本 1998）という値が推定されている。

3.1.4 生活史、成長、寿命

カジカ大卵型は、一生を河川で生活する^{*2}。仔魚は形態形成が進んだ状態で孵化し、大きな卵黄嚢を持つ。仔魚は海へ降下することなく、産卵床の周りの小礫の間で底生的な生活を送る。卵黄を吸収し終えた時には稚魚までに成長しており、移動・分散して比較的緩やかな平瀬の礫底に棲むことが多い（後藤 1991）。

本種の養殖に関する情報として、孵化仔魚は浮上しないで底層へと向かう性質がある（松田 1994a）とされており、暗い方へ移動する傾向がある。また、孵化後約 1 週間で卵黄を吸収し終わると、周辺への分散を始める（松田 1994b）。

*2：小卵型および中卵型では、孵化仔魚は小さな卵黄嚢を持ち、浮上して川を流れ下り海に入る。沿岸域でしばらく浮遊生活をした後、底生的稚魚となって川に遡上する（山口県生活環境部自然保護課 2002）。

雄は1年で体長約50～70mm、雌は幾分小型で50mm未満となり、成長に性差が見られる（Natsumeda et al.1997、松田 1994c）。両性とも、2年で成熟する（Natsumeda et al.1997、山本 2000b）。ただし、後藤（1991）は、雌の多くは2年で、雄の多くは3年で成熟するとしている。

成長の良い個体は、3年で全長15cmに達し、雌は全長10cm程度の個体が多い（山本 2000a）。全長と体長の関係式は、 $全長 = 1.2226 \times 体長 - 0.2365$ が報告されている（山本 2000b）。生物学的最小形は、雄で全長7.3cm（山本 2000b）、雌で全長4.7cm（田村 1937）～6.7cm（山本 2000b）とされている。未成魚の成長は、20 前後の高水温期が続く8月が最大となり（松田 1994c）初冬から春先が最も鈍くなる（松田 1994d）。成熟後は、7月から12月にかけて成長する（Natsumeda et al.1997）。成熟後、2～4年程度生きる（リバーフロント整備センター1996）とされていることから、寿命は4～6年程度と考えられるが、寿命を満3年（水野・御勢 1972）とする情報もある。

なお、本モデルにおいては、山本・沢本（1998）に準じ、稚魚を全長2cm未満、成魚を全長7cm以上とした。この稚魚から成魚に至る成長段階は「未成魚」として扱い、また Natsumeda（1999）の区分に準じて繁殖期を2～5月、非繁殖期をそれ以外の時期（6～1月）として区分することとした。

3.2 食性（餌）

カジカ大卵型は、稚魚・成魚とも典型的な水生昆虫食（名越・村上 1980）である。カジカ大卵型の主要餌料となる水生昆虫の種類は、河川ごとの水生昆虫相によって変化するが、稚魚および成魚ともに、多くは蜉蝣目と毛翅目を選択的に捕食する（名越・村上 1980、水野ほか 1958、関根 1966・1967、水野・御勢 1972）。餌となる水生昆虫の生活型別では、季節によって異なるものの、匍匐性が最も好まれ、遊泳型と携巣型がこれに次ぐ（名越・村上 1980）。水生昆虫のほかには、底生小動物、小魚なども捕食する（リバーフロント整備センター1996）。

夜間摂餌型の夜行性であるが、活発な個体は昼間でも摂餌する。夏場は、夜間に胃充満度が急激に高くなり、昼間に徐々に減少する（Natsumeda1998）。昼間あるいは非活動期は、休憩場所として石の下を利用するが、夜間は砂のあるところに出て摂餌する（Natsumeda1999）。それは、捕食からの回避というよりも、むしろ石などの障害物がないために餌がとりやすく、また摂餌機会・成功率も高いため（Natsumeda1998）と考えられている。カジカ大卵型の養殖では、一日のうちで餌食いの活発な時間帯は、日没後の暗くなり始めた頃である（松田 1995）。また、水温が8 以下になると摂餌量が低下し（小島・松田 1999）、4 以下になると摂餌しなくなる（松田 1994e）。

3.3 水環境

3.3.1 水温

(1) 繁殖(産卵)～稚魚期の水温

産卵期の水温は5～16 (宮地ほか1996)、飼育によるものでは6～12 である(リバーフロント整備センター1996)。産卵期である3月上旬～5月上旬の河川水温は4.0～10.5 (小山1950)で、田村(1937)は産卵適水温を3月下旬の水温から日中水温7～9 付近と推測し、小島・松田(1999)は産卵適水温の上限を11～14 としている。中村・ワドゥル(1999)では、産卵水温について5～20 を適(SI=1.0。以下同様)、4 以下および22 以上を不適(SI=ゼロ。同)としている。

本種の養殖において、産卵は水温が6～7 で始まり、12 くらい(松田1994f)あるいは13～15 (沢矢1982)に達すると終わりを迎えるとしている。また、受精から孵化までの積算水温は約300 (松田1994b)で、約30日で孵化する(リバーフロント整備センター1996)。小島・松田(1999)は、カジカ大卵型の受精卵は5～17.5 であれば正常に孵化する(沢田・大森1985)が、10 以下および14 以上では稚魚の歩留まりが悪くなるとして、10～13 の範囲を孵化適水温と推察している。また、稚魚期の最高水温(夏季)が20 を超えると、寄生虫症や鰓の病気が発生しやすくなるとされている(松田1994d、小島・松田1999)。

上記より、産卵期の適水温は6～15 、孵化時の適水温は10～13 (不適は4 以下・17.5 以上。いずれも養殖事例より)と考えられものの、孵化時の水温条件を併せ持つ産卵期の水温条件を有することが重要と考えられる。

(2) 未成魚～成魚期の生息水温

カジカ大卵型が生息する河川の水温は4月上旬で約9～10 、5月上旬では約16～17 (田村1937)である。養殖に使用している河川水の水温は、8月の20 を最高に下がり始め、10月中旬には15 、2月には1～2 と最低になる(松田1994e)。小島・松田(1999)は、カジカの生息できる上限水温をおよそ26 および冬期の最低水温を0 とし、養殖場では20 以上になると斃死が増加するか、生理的に異常を来すため、その飼育に当たっては10～20 が望ましいとしている。なお、中村・ワドゥル(1999)は、カジカ未成魚および成魚の生息適水温を5～25 としている。

3.3.2 水質

生息地の実測水質データとしては、pH が7.3～7.6、DO が9.9～10.2mg/l、COD が0.3～1.1mg/l、SS が1.3～2.7mg/l(大友ほか1999)などの報告がある。しかし、

生息条件としての水質について、適・不適に直接関係する情報は得られていない(小島・松田 1999)。

3.4 繁殖

3.4.1 産卵時期

カジカ大卵型の産卵期は、西日本で2月下旬から始まり、東日本では3月下旬～6月上旬頃である(宮地ほか 1996)。

3.4.2 産卵形態

産卵場所は生息水域の周辺である。カジカの交配は一夫多妻型(山本 2000a)で、雄は縄張りを作り、流れのあまり速くない浅瀬の石の下側に陣取って次々と雌を引き入れ(宮地ほか 1996)、上下逆位の姿勢で石の下面(天井側)に卵を産みつけさせる(小島・松田 1999)。産卵後、雌は産卵巣^{*3}から泳ぎ去り(山本 2000a)、雄は胸鰭および尾鰭を使って卵塊中の水替わりを促進するように水をあおり、卵塊が外敵から食害されないよう孵化まで保護する(小島・松田 1999)。

*3: 各文献で用いられる「産卵巣」と「産卵床」はほぼ同義であると考えられるが、本モデルでは便宜上“卵を産み付ける岩”を「産卵巣」、「産卵巣」のある河床を「産卵床」と呼ぶことにした。

3.4.3 卵・産卵数

卵は球形の粘着卵で、卵黄は橙色(小卵型では赤紫色)である。孕卵数は魚体の大きさに比例(小山 1950)し、産卵数は150～200粒(小卵型では600～1,500粒程度)が標準的である(リバーフロント整備センター1996)。卵塊の大きさは、長径約3cm、短径2cm程度(水野・丹羽(1961)より算定)である。また、1匹の雄が産卵巣内で保護する卵塊数(=産卵する雌の数)は、埼玉県の場合では1～3個の卵塊=1～3尾の雌(大友ほか 1999)である。養殖では、1尾の雄に対して雌6尾(松田 1994a)あるいは5～7尾(山本 2000c)を産卵池に放養することから、一産卵巣あたりに産卵する雌の数は5尾以上となる可能性が考えられる。

本種の養殖において、雌は第一回の産卵後、約20日で第二回の産卵を行うが、一回目に比べて卵径がやや小さくなる(松田 1994b)。産卵回数は、産卵後に適水温下であれば3回まで継続する(小島・松田 1999)。

3.5 カバー(底質)とその物理的生息環境

カジカ大卵型は、稚魚期と成魚期で生息場所の特徴が異なっており、また成魚期においては繁殖期と非繁殖期(以下、「繁殖期」「非繁殖期」という)で異なる物理的環境を利用している。なお、卵・仔魚期は、カバーの条件が繁殖期と同等と考えられたため、これに含めて検討した。以下にその概要を示す。

3.5.1 稚魚期

全長 2cm 未満の稚魚は、岸寄りの水深が浅い場所（20cm 未満）、流速がごく緩やかな場所（20cm/sec 未満）での確認事例が多い。そのため、浅くて流れがごく緩やかな場所を微小生息場としている傾向がある。また、そのような場所の河床は砂礫（直径 5cm 未満）で、周囲に比べて粒径の小さい傾向が認められている（山本・沢本 1998）。

3.5.2 未成魚および非繁殖期

全長 7cm 以上の成魚は石をカバーとして利用し、特に早瀬あるいは平瀬において浮き石状態の石の下での確認事例が多い。そのため、成魚の微小生息場所としては、石の下に隙間があることが重要である（大友ほか 1999）。物理的環境のうち、水深についてはやや深い地点（40～50cm）、流速についてはやや流れの緩やかな地点（20～40cm/sec）での確認事例が多い。そのため、未成魚や非繁殖期の成魚では、深くて流れが緩やかな場所を微小生息場所として選んでいる傾向がある（山本・沢本 1998）とされている。カバーとする河床の浮き石は、長径 10～50cm が重要（大友ほか 1999）とする報告がある一方、径 20cm 以上が多いもののその大きさについて選択的傾向は認められない（山本・沢本 1998）とする報告もある。なお、岩盤は、生息場として適切ではない（大友ほか 1999）。

また、Natsumeda（1998）は、体長 5.0cm 以上の個体による標識放流試験結果から、活動時は 0.2～6cm（granules、gravel）の礫床を、隠れ場あるいは休息場としては 6cm 以上の石（rubble、boulder）を選好し、夜間は砂質の河床も摂餌に利用するとしている。

なお、中村・ワドゥル（1999）は、カジカ未成魚期の生息を制限する物理的環境要因のうち、水深は 10～40cm が適で 80cm 以上が不適、流速は 40cm/sec 以下が適で 80cm/sec 以上が不適、底質は砂礫と礫が適でシルトと岩盤が不適としている。また、成魚については、水深は 20～80cm が適で 1.2m 以上が不適、流速は 20～80cm/sec が適で 1.4m/sec 以上が不適（流速ゼロは適性が半分）、底質は石（直径 10～50cm）と巨石（一抱え大以上）が適で砂が不適（礫、砂礫および岩盤の適性も低い）としている。

3.5.3 繁殖期（卵期を含む）

（1）産卵巣の性状

カジカ大卵型の産卵巣の多くは、平瀬（より水深のあるト口を含む）に限られる。産卵の潜在的可能性のある直径 15cm 以上の岩は淵で少ないが（24 個/100 m²）、早瀬（115 個/100m²）と平瀬（89 個/100m²）で多い。ただし、雄は自身自身では巣穴を掘らないため^{*4}、空隙のある埋没岩のみを産卵巣として利用する（Natsumeda1999）。産着卵が見られる石は、一部が河床に沈んだ動きにくい

石で、しかも河床との間に奥深い隙間（開口部が一カ所の洞窟状）を持っているものに限られる（丹羽 1954、沢田ほか 1983、山本 2000b、山本・沢本 2000a・b）。

生息場所の一つである早瀬では、前述のように、長径 15cm 以上の産卵可能な石が多い。しかし、その流速のために空隙の多い浮き石が多く、産卵巣となる空隙のある埋没岩が少ない。浮き石での産卵は、卵が侵入者に捕食される確率が高く（Natsumeda1999、山本・沢本 2000a）、洪水の危険も大きいと考えられる（Natsumeda1999）。そのため、瀬部分の空隙のある埋没岩を産卵巣として選択するものと考えられる。

^{*4}：松田（1994f）は、雄が小石を口にくわえて、石の下に産卵用の空間を作るとの情報を紹介している。雄が小石をくわえて産卵用の空間を作るか否かについては定かではない。いずれにせよ、全く埋没した岩では小石を運ぶ効率が悪いいため、はじめからある程度の空間のある埋没岩が必要と思われる。

カジカ大卵型の養殖では、直径 30cm のパイプを三等分に切断かつ長さ 20cm にした雨樋状のもの（松田 1994f）や屋根瓦（山本 2000c）が産卵巣として使われる。その入り口部を水流と平行に向け、片側が壁に接してさえいれば産卵し（松田 1994f）、筒抜け状は嫌う傾向がある（山本 2000c）としている。

（2）産卵巣となる石の大きさ

小山（1950）は、産卵場所は土砂の少ない瀬で、卵は大石（直径 30cm）または小石（直径 10～15cm）の下面に塊状をなして産みつけられ、石の下面が扁平であれば石の大小に制限がなく産みつけられるとしている。田村（1937）も同様に、卵が付着する石の下面は全て平坦なものに限られるとしている。また、卵塊が産着する石の下は空所となり、左右と前方は砂に囲まれ、後方のみが広く開口して平坦な砂面をなし、石の下は水流の影響が極めて少ない（田村 1937）としている。但し、本種の生物学的最小形が全長約 7cm、かつ卵塊の大きさ（約 3cm）を考えると、直径 10cm の石はあまりにも小さく、また開口方向は必ずしも後方であることはない（長野県水産試験場山本聡研究員私信）。

Natsumeda（1999）は、長径 18～38cm（平均 28 ± 7 cm）の石が産卵巣として利用され、周辺の埋没岩と比べてより大きいものを選好すると報告している。

大友ほか（1999）は、産卵には長径 15～35cm（平均 30cm）の石が利用される；産卵巣が作られる河床は 1cm 以下の砂礫で構成され、硬度 10cm 以下に引き締まった場所が適当である、と推定している。山形県内水面水産試験場・長野県水産試験場佐久支場（1997）および山本・沢本（2000a）は、カジカ大卵型の産卵床について、産卵に利用した石の径は 40～50cm あるいは 15～49cm の範囲で、30cm 以上の石が多く利用されるとしている。また、その周囲の河床材料は、径 1～7cm の礫が多いとしている。

(3) 産卵巣の水深と流速

産卵床の水深は、水位の変動による卵の乾燥を避けるために、15cm以上の場所が選ばれる(Natsumeda1999)。山形県内水面水産試験場・長野県水産試験場佐久支場(1997)および山本・沢本(2000a)は、カジカ大卵型の産卵床について、水深は15~50cm、流速は7~54cm/secの範囲にあるとしている。

大友ほか(1999)は、産卵は産卵床の流速が9~63cm/sec、水深が7~25cmの水域で可能である、と推定している。中村・ワドゥル(1999)は、産卵場の水深については15~70cmが適で0mおよび1.0m以上で不適、流速については10~60cmが適で0mおよび1.2m以上を不適、底質は石(10~50cm)と巨石(一抱え大以上)が適で砂礫と岩盤を不適としている。

なお、養殖では、産卵床の水深は産卵巣が水面より出なければ良く(松田1994f)、10cm前後で十分とされている(小島・松田1999)。水流は15cm/sec以下が望ましく、流速が強すぎると卵が流される(松田1994f)との報告がある。また、産卵が確認された人工産卵巣の入り口の流速については、19.6~34.5cm/sec(荒木・桂1998)と報告されているほか、その適切な流速としては20~35cm/sec(荒木・桂2000)という報告もある。

3.6 移動性

全長2~5cmの個体(未成魚に相当)については、数百m程度の狭い範囲内に留まるものが多く、大きく移動する個体は少ない(山本ほか2000)。

成魚では両性とも定着性が強いが、特に非繁殖期(産卵期前7~1月、産卵期後6~7月)にはその傾向が強い。非繁殖期は夜行性の捕食形態で特徴づけられ、通常早瀬、平瀬および淵のどこかに集中して移動することはなく、日中あるいは非活動期は石の下を休憩場所とする。非繁殖期では、雌雄とも日中の平均的な移動距離は20m未満である。一方、繁殖期(2~5月)では、雄は産卵巣が多く見つかる瀬に移動する傾向があるのに対し、雌にはそのような傾向はない。定着性が強い理由は、魚食性の動物による捕食や洪水を避けるためと考えられる(Natsumeda1999)。なお、夜行性であるため、夜間の行動範囲(平均 $67.9 \pm 35.7 \text{ m}^2$)は、昼間(同 $6.8 \pm 17.2 \text{ m}^2$)よりも極めて広い(Natsumeda1998)。

3.7 その他特に留意すべきこと

カジカ大卵型は、環境庁および水産庁のレッドデータブック(自然環境研究センター2003、日本水産資源保護協会1998)における掲載種ではないが、富山・滋賀・山口県のレッドデータブックでは掲載種となっている。

注：カジカは現在各地で激減しており、小卵型については絶滅した河川が多い(リバーフロント整備センター1996)。

4 ハビタット適性指数 (HSI) モデル

4.1 モデルの適用範囲

本モデルは、カジカ大卵型が生息する河川の上流域および中流域上部に適用する。また、このモデルは、カジカ大卵型の生活史全体（稚仔魚期～未成魚期～繁殖・孵化）季節としては周年（2～5月の繁殖期、それに引き続く稚魚期、更には非繁殖期である6～11月期）を対象として、ハビタット条件を評価するために作成されている。ただし、このモデルの作成に当たっては、主に長野県、埼玉県、栃木県、新潟県、山形県における情報を多く用いているため、他地域で適用する場合は水温や産卵時期の違いなど、注意が必要である。

カジカ大卵型の最小ハビタット面積については情報がなかったために、本モデルでは割愛することとした。しかし、本種の低い移動性のためか、本流では生息しないがある支流だけに生息する、堰堤で分断された数十mの狭い範囲で再生産している、などの事例が確認されている（長野県水産試験場山本聡研究員私信）。そのため、本種の生息に必要な一定範囲とは、本種の定着性および移動距離から考えると、数十m、あるいは生息河川の流程、遺伝的多様性の保全の観点からはもう少し広い範囲（数百m程度）であると推定される。

また、カジカ大卵型個体群が存続するためには、産卵床となる平瀬、主要な生息場である早瀬、稚魚期の成長に必要な流れの緩やかな岸寄りの浅場など、本種の成育段階に応じた河床形態のセットがある一定範囲に共存することが必要である。更に、これらのマクロハビタットのほか、隠れ場としての浮き石、産卵場としての空隙のある埋没岩というマイクロハビタットも必要である。しかし、これらのセットが、ある河道範囲に幾つあれば適切であるかという情報が現段階で得られていない。そのため、これらについてはハビタット変数としたものの、今後の情報収集によって補完されるべきものである。

本種は典型的な水生昆虫食であるが、これら水生昆虫が生息できる水質・底質が確保されれば、餌条件が確保できるものと仮定・代替した。水生昆虫の生息・成育に関係すると思われる樹林の存在については、ヤマメ・イワナなどの溪流魚ほどには依存しないと仮定し、本モデルでは言及していない。

また、本種が生息する上流域から中流域上部において、その河床勾配を生息制限要因として示唆する報告（田村 1937、名越・村上 1980、大友ほか 1999）も見られるが、急峻な山岳溪流でも確認されることから、河床勾配については変数としなかった。

なお、本種の生息に必要な、あるいはその生息を制限する環境要因に係るSI値については、次のようなモデル作成のための暫定条件を仮定している。

すなわち、関係文献や本種の過去の確認状況から、3.2以降に示すハビタット変数の各条件について、“生息に適切と思われる数値”に対して、SI値の最大値である「SI=1.0」を与え、これを便宜上「最適」と表現した。逆に、本種が“生息でき

ないと思われる条件の数値”に対して、「SI=0(ゼロ)」を与え、同じく「不適」と表現した。ここで用いた判断基準は定性的なものであるため、今後調査等を通じたデータ収集・整理あるいは専門家の判断等により、適切に修正される必要がある。

4.2 モデル式

4.2.1 概要

今回検討したモデルは、カジカ大卵型の生活史各段階の生態およびハビタットの違いから、その成育段階を稚魚期と成魚期に、また成魚期については繁殖期と非繁殖期に分け、それぞれ生存必須条件を検討して、HSIモデルを作成した。

ハビタット変数は、個々にあるいは組み合わせて生存必須条件を定義するものである。その生存必須条件(カバー/餌、水質条件、繁殖、その他)、ハビタット変数およびHSIの関係を図-1に示す。

なお、本種が夜行性であることから、夜間の摂食活動を反映した水深、流速、底質などのハビタット変数とすることも考えられる。しかし、調査・検証の実行可能性に加え、昼間のハビタットの存在で夜間の活動・ハビタットを代替できるものと仮定し、本報告では昼間のハビタットから変数を検討・設定した。

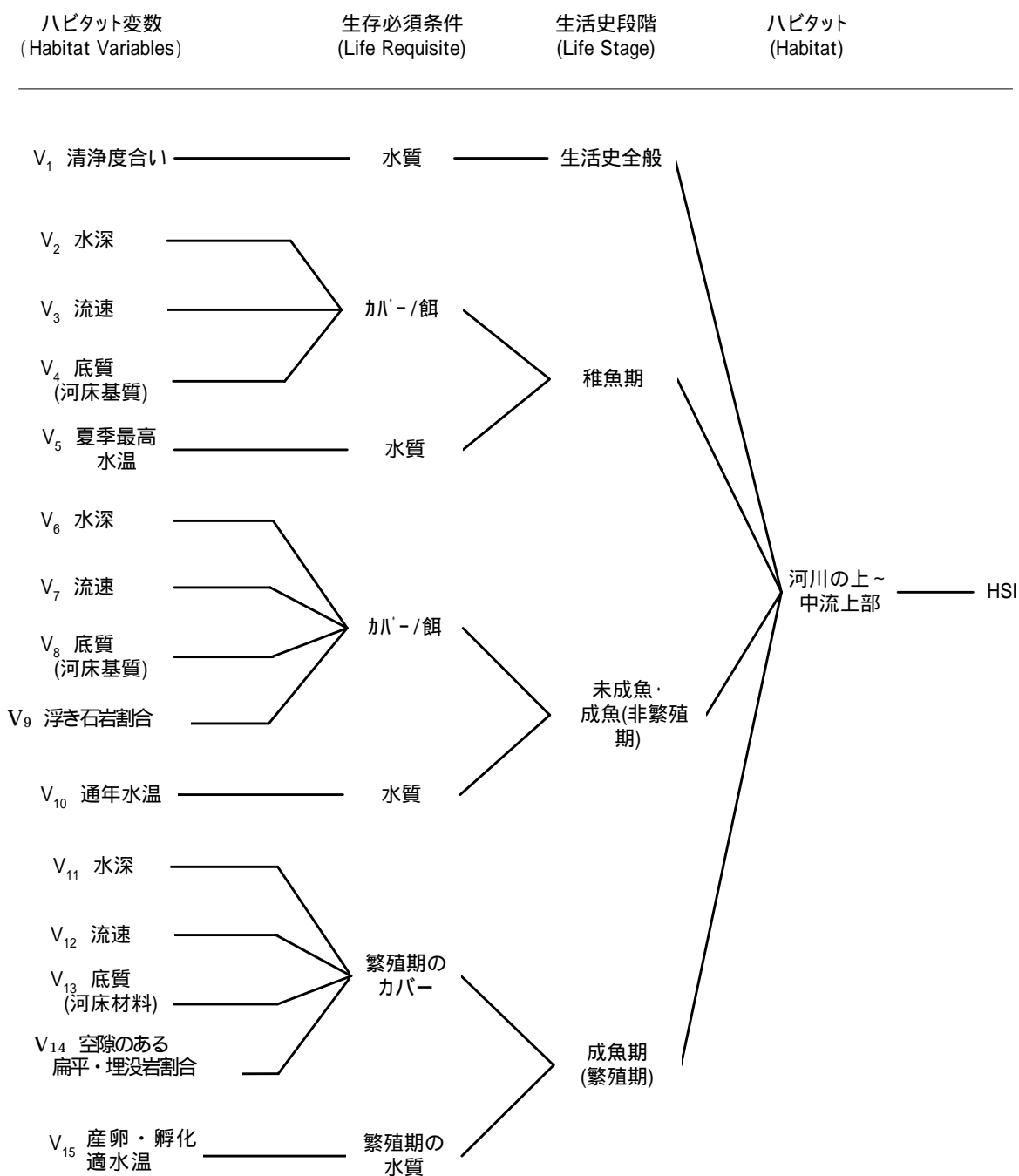


図-1 カジカ大卵型におけるハビタット変数、生存必須条件および HSI の関係

(1) 生活史全般

水質

カジカ大卵型の生息環境としての水質については、その生息を制限するような直接的なデータは見あたらない(小島・松田 1999)。しかしながら、その生態を考えると、隠れ場や産卵場となる石が清浄に保たれ、餌となる水生

昆虫が成育できる条件が必要であり、有機物と浮遊物質が少なく、清浄な水質が必須と考えられる。

ここでは、河川の上・中流域における水質に関する基準^{*5}のうち、カジカ大卵型の生息にとって重要である底質に着目し、「水産用水基準」(日本水産資源保護協会 2000)のうち“底質が清浄なこと = 有機物等による汚泥床・ミズワタが発生しない、微細な懸濁物が岩等に付着しない”ことを「清浄な水質」(V_1)の判断基準とした。変数の評価に当たっては、“清浄”の条件を満たしていれば最適($SI=1.0$)、河床の岩が泥や有機物等で覆われていれば不適($SI=0$ (ゼロ))、河床の状態がその中間(あるいは適否を判断できない微妙な場合)であれば $SI=0.5$ とした。

*5: 水質に関する基準としては、次のような基準が設定されている。

「水産用水基準」

「水産の生産基盤として水域の望ましい水質条件」を条件としており、「微細な懸濁物が岩面または礫、砂利などに付着し、種苗の着生、発生あるいはその発育を妨げないこと」を基準としている。サケ・マス類を対象とした主な指標項目は、以下のとおりである。

BOD: 自然繁殖条件 2mg/l 以下 (成育条件 3mg/l 以下)、T-N・T-P: 0.1mg/l 以下、DO: 7mg/l 以上、pH: 6.7~7.5、SS: 1.4mg/L 以下 (透明度 4.5m 以上)、着色: 有無、大腸菌群数: 1000MPN/100ml 以下、油分: 有無、農薬・重金属等の物質: 有害な程度含まれないこと、底質: 清浄なこと (有機物等による汚泥床・ミズワタが発生しない、微細な懸濁物が岩等に付着しない) など。

「環境基準」

環境基本法 (第 16 条) で示される水質汚濁に関する環境基準のうち、「生活環境の保全に関する環境基準」。人の健康の保護および生活環境の保全のうえで維持されることが望ましい基準である。カジカ大卵型については、ヤマメ・イワナ等の貧腐水性水域の水産生物等を対象とした「A 類型」の適用が適切と考えられる。“水道 2 級、水産 1 級、水浴に適用される A 類型” は以下のとおりである。

pH: 6.5~8.5、COD: 2mg/l 以下、浮遊物質: 25mg/l、溶存酸素量 7.5mg/l、大腸菌群数 1,000MPN/100ml 以下

水温

本種の生息する上・中流域の水温は、夏季の水温が生息を制限する要因となると考えられる。特に、養殖に関する情報では、稚魚期の高水温期の飼育が成績の良し悪しを決める (山本 2000a) ことから、重要な要因となる。また、産卵期の低水温も重要と考えられることから、成育段階別に変数を検討することとした。

(2) 卵・仔魚期

卵は産卵巣内で雄に守られ、孵化仔魚は産卵巣の周辺の砂礫底に隠れるため、この生活史段階での生存必須条件は成魚の繁殖条件に準ずるものとして扱った。

(3) 稚魚期

稚魚期においては、岸寄りの流れの緩やかな (20cm/sec 未満)、浅い (20cm

未満)砂礫底(直径 5cm 未満)というハビタットが必要である(山本・沢本 1998)。そのため、稚魚期のカバー/餌に関するビタット変数として、水深 (V_2)・流速 (V_3)・河床基質 (V_4) を選定した。また、夏季の高水温がその成長に影響を与えるため、夏季最高水温 (V_5) も変数として選定した。

カバー / 餌

水深 (V_2) については山本・沢本 (1998) に基づき、20cm 未満を最適とし、魚体が水面より出る水深 1cm 以下と 80cm 以上を不適として 20cm 以上は徐々に適性が下がり、80cm 以上を不適と仮定した。流速 (V_3) については同じく、20cm/sec 未満を最適とし、それ以上および 80cm 以上を不適とした。河床基質 (V_4) については、直径 5cm 未満を最適 (礫以下。シルトを含む) とし、荒石が半分の適性、それ以上の大きさの底質を不適とした。

餌条件については、上記カバー条件および前記水質条件が備わっていれば、餌となる水生昆虫を充分確保できるものと仮定した。

水質 (水温)

養殖に関する情報では、適水温値として、8月の平均最高水温が 20 未満、また最低水温については 8 で摂餌量が減少するため 10 以上が望ましいとしている (松田 1994c、小島・松田 1999)。また、山本 (2000a) は、水温が 18 まで上昇する河川水での飼育事例から、0 歳魚の高水温期を過ぎるまでは魚病等により減耗するが、それ以降は減耗が少ないことを報告している。そのため、稚魚期の夏季最高水温 (V_5) をハビタット変数とし、10~18 を最適、8 以下と 20 以上を不適とした。

注：ただし、本変数に関する情報が、カジカ大卵型の養殖に基づいているため、自然条件と異なる可能性がある。それ故、今後の情報収集・整理により、吟味する必要がある。

(4) 未成魚期および非繁殖期

未成魚期および成魚の非繁殖期の生息には、砂礫底の早瀬および平瀬という河床が必要であり、マイクロハビタットとして浮き石が必要である。そのため、未成魚期および非繁殖期のハビタット変数として、水深 (V_6)・流速 (V_7)・底質 (河床基質) (V_8) を選定した。加えて、対象時期の水温 (V_{10}) も正常な成長を促すのに重要な要因と考えられることから、これもハビタット変数として選定した。なお、カバーとして必要な浮き石割合 (V_9) については、情報不足であるが、今後の改訂を視野に入れて変数として選定した。

カバー / 餌

選定した変数については、3.5 で示した山本・沢本 (1998)、大友ほか (1999)、中村・ワドゥル (1999)、山形県内水面水産試験場・長野県水産試験場佐久支

場（1997）および Natsumeda（1998）などの報告を基に、以下のように設定した。

未成魚期～非繁殖期について、水深（ V_6 ）は文献情報と現地検証の結果から 20～50cm を最適とし、体高未満（2cm 未満と仮定）と 1.2m 以上を不適とした。また、流速（ V_7 ）は、文献情報と現地検証の結果から 20～40cm/sec が最適で、流速ゼロは半分の適性、1.4m/sec 以上は不適と設定した。底質（河床基質）（ V_8 ）は、荒石（76～305mm）および巨礫（小：305～610mm、大：610mm>）が最適、土砂（細：1mm<）および岩盤を不適とした。また、夜間の摂餌場としては、礫（5～76mm）および土砂（粗）（1～5mm）が利用されることから、これも最適とした。

カバーとしては石の存在が重要であり、平瀬および早瀬というハビタットの中で、浮き石の下の空間というマイクロハビタットが隠れ場あるいは休息場として必要となる。すなわち、ひさし状、あるいは屋根状の構造（大友ほか 1999）のある浮き石の存在が重要と考えられ、これをハビタット変数とした。

浮き石の存在・割合（ V_9 ）に関して、大友ほか（1999）は“{(浮き石の個数) / (全石数)} × 100%”として“浮き石率”を示している。埼玉県河川では、カジカ大卵型が 100m² 当たり 300 個体以上確認された場所の浮き石率は 50% 以上の場所であった（大友ほか 1999）。この場合、石の大きさに対する選択性はないとする報告があることから、直径 10cm 以上の浮き石率は、50% 以上が最適、ゼロ% を不適と仮定できる。ただし、カバーとなる石が少ない河川もあるため、瀬の一定範囲内にカバーとなる浮き石がどれくらいあれば良いかという観点から、例えば 100m² 当たりの浮き石個数で表すことがより適切と考えられる。この場合、「浮き石割合」は、“浮き石率”よりも“浮き石密度”と表現する方が適切である。

本モデルの前提条件となる平瀬・早瀬・淵という河川形態のセットおよび水質が存在すれば、必然的に浮き石が生産されると考えられるが、本種の生息の適否に係る“浮き石の個数”あるいは“浮き石密度”については情報不足である。しかし、“浮き石”は本種の生息にとって重要な微少生息環境であるため、後述の SI グラフでは、「浮き石割合（ V_9 ）」として、便宜上大友ほか（1999）の“浮き石率”を示した。今後、現地検証などにより、ハビタット変数「浮き石割合（ V_9 ）」の内容を改訂して行く必要がある。

水質（水温）

養殖情報（小島・松田 1999、松田 1994f）では、生息可能水温として 0～25、26 以上で不適、5～20 が適としている。中村・ワドウ（1999）では、未成魚期および成魚期の生息適水温として、5～25 が示されている。また、山本（2000a）は、18 まで上昇する河川水での飼育事例から、1 歳魚で

は高水温期でもほとんど死亡しないとしている。そのため、生息水温 (V_{10}) は 5~20 を最適、26 以上を不適とし、0 は最低水温であるために半分の適性とした。

(5) 繁殖期

繁殖期 (2~5 月) においては、非繁殖期と異なり、繁殖 (産卵) 環境が平瀬に限られ、しかも一定範囲の水深・流速、かつ、産卵基質として空隙のある埋没岩が必要である。そのため、ハビタット変数として、繁殖期の水深 (V_{11})・流速 (V_{12})・底質 (河床基質) (V_{13}) および空隙のある扁平・埋没岩割合 (V_{14}) を設定した。加えて、産卵期の水温 (V_{15}) も受精卵の正常な発生を促すのに重要な要因と考えられることから、これもハビタット変数として選定した。なお、産卵基質となる空隙のある扁平・埋没岩割合 (V_{14}) については、浮き石割合 (V_9) と同様、今後の改訂を見据えた推定値による設定を行なっている。

カバー / 餌

i 産卵場所の水深

沢田ほか (1983)、山本・沢本 (2000a)、Natsumeda (1999)、中村・ワドゥル (1999) および山形県内水面水産試験場・長野県水産試験場佐久支場 (1997) の情報に基づき、産卵期の産卵床 (瀬) の水深 (V_{11}) は 15~70cm を最適、ゼロおよび 1.0m 以上を不適とした。

ii 産卵場所の流速

山本・沢本 (2000a)、大友ほか (1999)、中村・ワドゥル (1999)、山形県内水面水産試験場・長野県水産試験場佐久支場 (1997) および養殖に関する情報 (松田 1994f、荒木・桂 1998、小島・松田 1999) に基づき、次のように設定した。

産卵期の自然河川での産卵場所の流速 (V_{12}) は、10~60cm/sec を最適とし、流速ゼロでは浮泥が溜まってしまうため不適であり、最大側流速を稚魚期の値から 80cm/sec 以上を不適とした。

iii 産卵床の周囲の河床材料 (孵化仔魚にも関連)

径 5~76mm の礫の場合が多く、砂泥に囲まれた巨礫や巨礫のみで構成された河床で、礫間の空間が大きい場所に産卵することは少ない (山本・沢本 2000a)。また、産卵巣が作られる河床は、1cm 以下の砂礫で構成される (大友ほか 1999)。

そのため、産卵床の基質材料 (V_{13}) としては、礫 (5~76mm) および土砂 (粗: 1~5mm) を最適、土砂 (細: 1mm<)、荒石 (76~305mm) 以上と岩盤は不適とした。

注：大友ほか（1999）が示した河床の「貫入度」については、雄が産卵巣を作るために小石を運ぶ（運ばないとする説もある）条件なのか、空隙のある埋没岩のある条件となるのかなどの情報が少ないため、ここでは変数として扱わなかった。

iv 産卵巣の岩

産卵巣はほぼ平瀬に限られ、しかも産着卵が見られる石は一部が河床に沈んだ動きにくい石で、河床との間に奥深い隙間（開口部が一カ所の洞窟状）を持っているものに限られる（Natsumeda1999、沢田ほか 1983、山本2000a、山本・沢本 2000a・b）。また、産卵基質の石は、石の下面が扁平であれば石の大小に制限がなく産みつけるとする報告もあるが、Natsumeda（1999、長径 18～38cm（平均 28 ± 7 cm））、大友ほか（1999、長径 15～35cm（平均 30cm））、山本・沢本（2000a、径 15～49cm の範囲で 30cm 以上の石を多く利用）に基づき、直径 15～49cm の範囲（30cm 以上が多い）が最適と考えた。

この産卵巣となる埋没岩に関する変数は、モデルに組み込むべき重要な変数と考えられるため、瀬における空隙のある直径 15～49cm の扁平な埋没岩の割合（ V_{14} ）をハピタット変数として設定することとした。しかしながら、既存情報では、浮き石割合（ V_9 ）と同様、これに関するデータがない。そこで、本報告では、以下のように推定して本ハピタット変数を設定した。それ故、今後は現地検証等により、本変数を改訂して行く必要がある。

空隙のある扁平・埋没岩の割合は、浮き石割合（ V_9 ）と同様に、一定範囲内の密度で表すべきと考えられ、「空隙・埋没・扁平岩密度（ V_{14} ）」で表現すべきと考えられる。後述の SI グラフでは、「浮き石率」（大友ほか（1999）に準拠）が 50%以上であれば本種の産卵に適切であると仮定しているが、そこまで空隙のある扁平・埋没岩の存在割合は自然河川で高くないものと考えられる。そのため、適性値の下限値として、仮に 30%以上あれば「空隙のある扁平・埋没岩割合（ V_{14} ）」は最適と考えた。また、空隙の大きさについて言及している報告は見あたらないが、本種の養殖における産卵床として長さ 20cm 程度のパイプを切断したもの（雨樋状）が利用されていること、本種の生物学的最小形（全長 7.3cm）および卵塊径（約 3cm 程度）から考えて最低でも奥行きが 10cm 以上、成魚の全長（約 15cm）を考えれば 20cm 程度必要と仮定できる（入り口の大きさは、最低限カジカ雄の頭が入れば良いと仮定）。

産卵・孵化水温

中村・ワドゥル（1999）、山形県内水面水産試験場・長野県水産試験場佐久支場（1997）および養殖に関する情報（小島・松田 1999、松田 1994f、沢矢 1982）より、産卵期の水温（6～15 が適）よりもこれに付随する孵化適水温

(10~13) がより重要と考え、産卵・孵化期の水温 (V_{15}) については、最適が 10~13、不適が 4 以下および 17.5 以上とした。

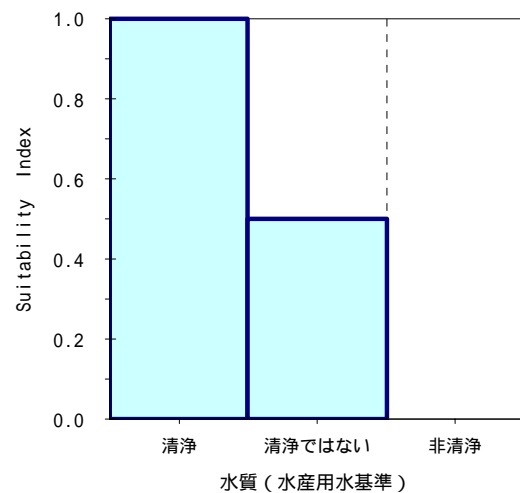
4.2.2 ハビタット変数の SI グラフ

上記の検討を基に、以下にカジカ大卵型のハビタット変数と適性度 (SI) の関係を図-2 に、SI グラフに関連するデータソースと仮定を表-1 に示す。

V_1 水質[生活史全般]

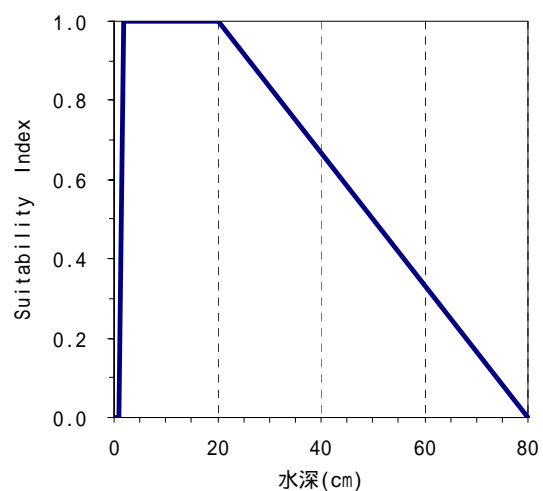
未成魚と非繁殖期の生息場所である
瀬・早瀬等の水質

(河床の岩に泥や有機物が堆積していなければ最適=1.0、堆積していれば不適=ゼロ、その中間あるいはその判断がつかない場合は「清浄でない」として適性値=0.5 とする)



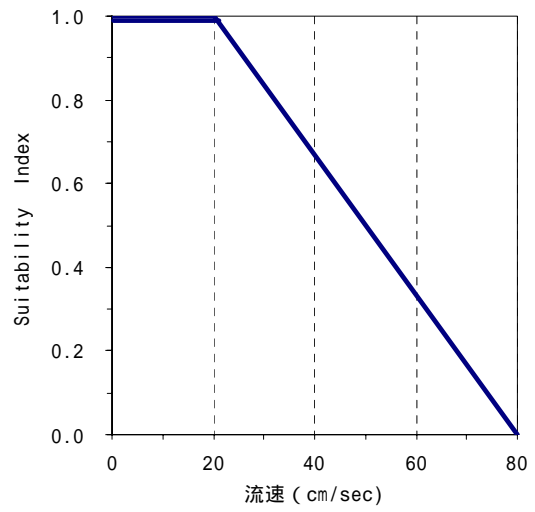
V_2 水深[稚魚]

稚魚期の生息場所である
岸寄りの浅い場所



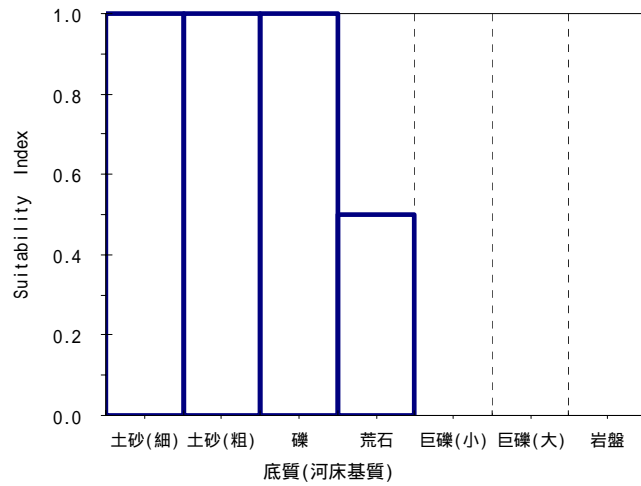
V₃ 流速[稚魚]

稚魚期の生息場所である岸寄りの
流れの緩やかな場所



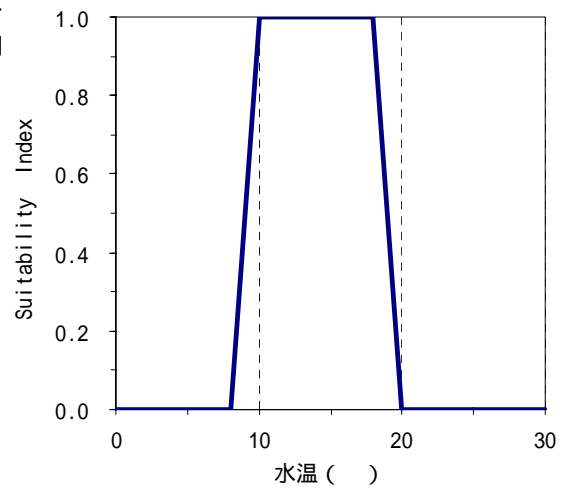
V₄ 底質 (河床基質) [稚魚]

稚魚期の生息場所
ある岸よりの砂礫底



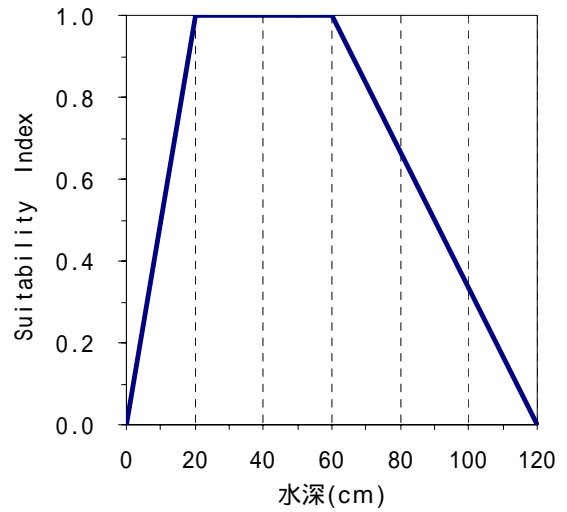
V₅ 水温[稚魚]

夏季 8 月の月平均最高水温が稚魚の生息を脅かす。また、最低水温も成長を抑制する。



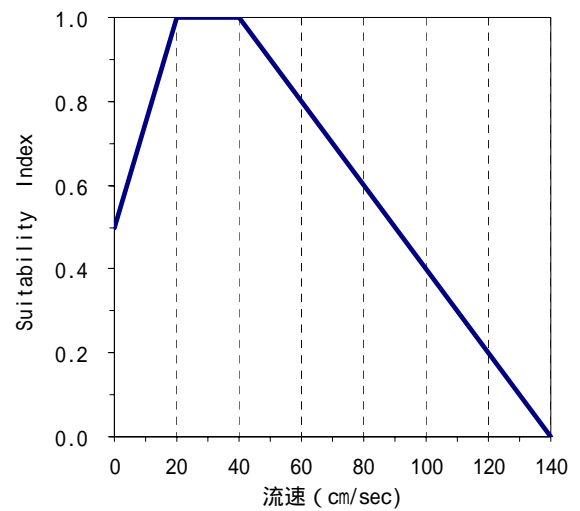
V₆ 水深[未成魚 / 非繁殖期]

未成魚と非繁殖期の成魚の生息場所である瀬・早瀬等の水深



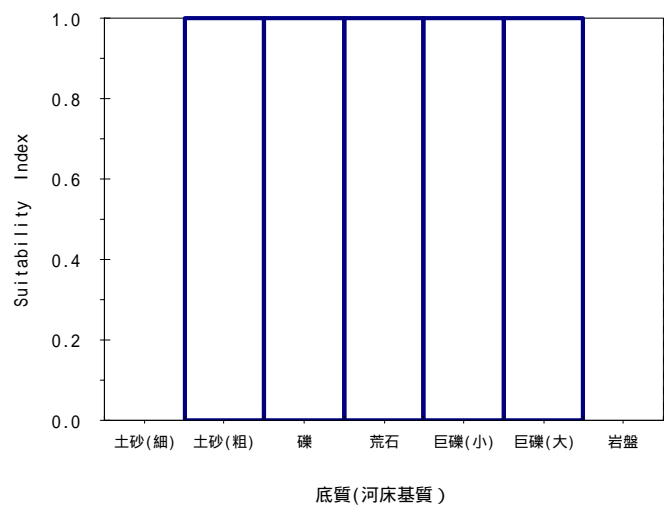
V₇ 流速[未成魚/非繁殖期]

未成魚と非繁殖期の成魚の生息場所である瀬・早瀬等の流速



V₈ 底質 (河床基質) [未成魚 / 非繁殖期]

未成魚と非繁殖期(成魚)の生息場所である瀬・早瀬等の河床条件



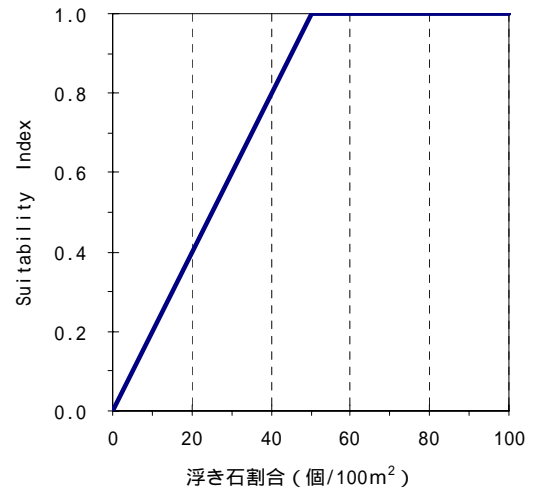
V₉ 浮き石割合 (河床基質)

[未成魚/非繁殖期]

未成魚と非繁殖期の成魚の生息場所である瀬・早瀬等の浮き石割合*

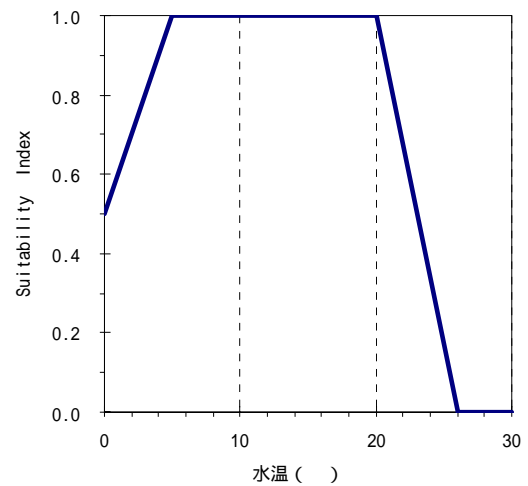
*浮き石割合 =
(一定面積当たり径 10cm 以上の浮き石の数)
(例えば、100m² 当たり)

なお、右図は、大友ほか (1999) の“浮き石率” ({(浮き石の個数) / (全石数)} × 100% ”を基に示したものであり、今後の検討が必要である。



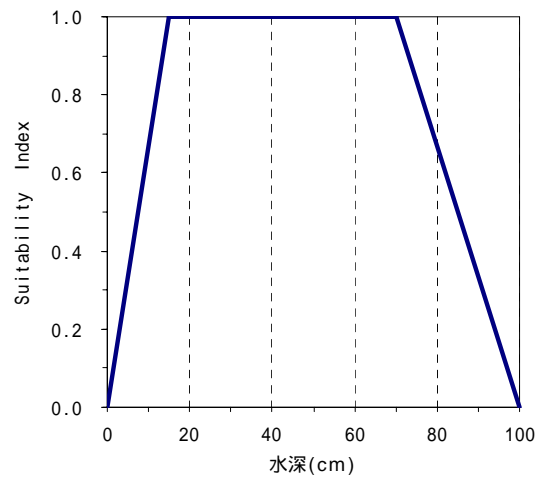
V₁₀ 水温 [未成魚/非繁殖期]

未成魚と非繁殖期の成魚の生息場所である瀬・早瀬等の水温



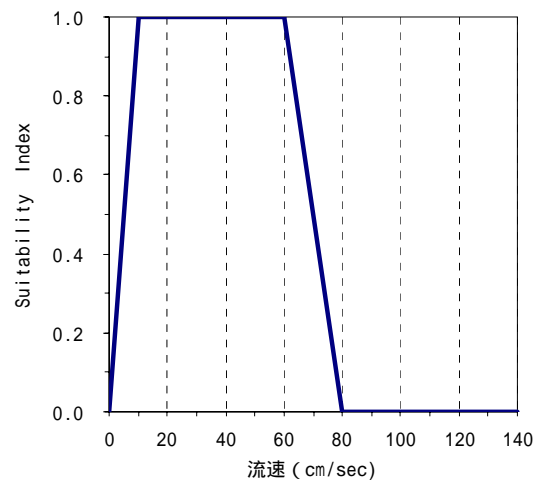
V₁₁ 水深 [繁殖期]

繁殖期における産卵床 (瀬) の水深



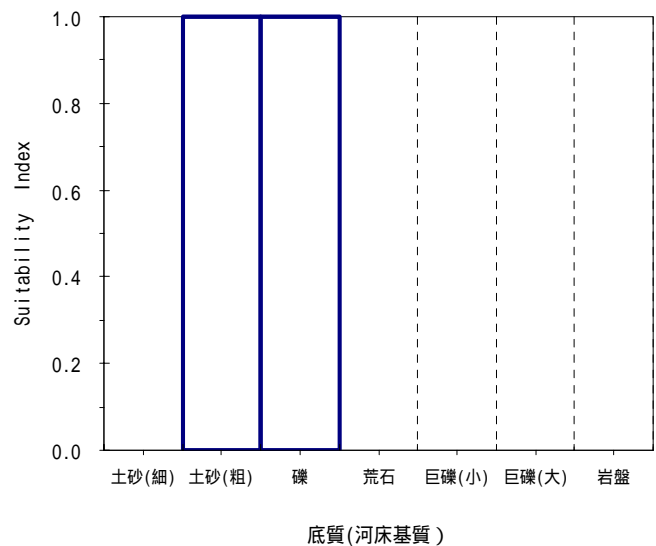
V₁₂ 流速[繁殖期]

繁殖期における産卵床（瀬）の流速



V₁₃ 底質（河床基質）[繁殖期]

繁殖期における
産卵床（瀬）の
河床材料

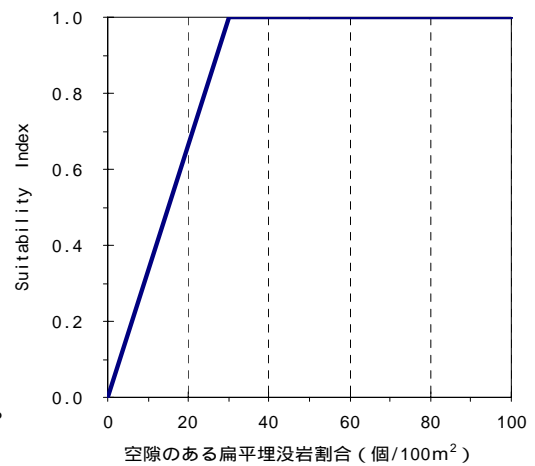


V₁₄ 底質（産卵基質）[繁殖期]

産卵する岩の形状
空隙のある扁平な埋没岩の割合*

*産卵巣となる岩の密度 =
(一定面積当たり産卵巣となる直径 15 ~
49cm、奥行き 20cm 程度の埋没岩の数)
(例えば、100m² 当たり)

これについても今後の検討が必要である。



V₁₅ 水温[繁殖期]

産卵および孵化期における産卵床
(瀬)の水温

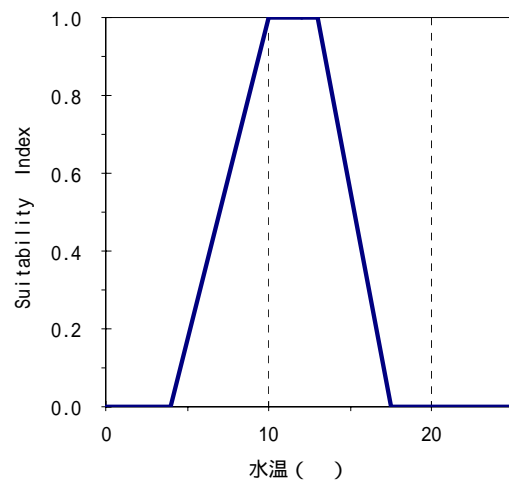


図-2 カジカ大卵型のハビタット変数と SI グラフ

表-1 カジカ大卵型のハビタット変数のソースと仮定

ハビタット変数	データソース	仮定
V1	小島・松田(1999)、日本水産資源保護協会(2000)	清浄な水質が必要であり、その指標として水産用水基準を基に底質の堆積物あるいは付着物がないことが必要である。
V2	山本・沢本(1998)	稚魚は、水深の浅い岸寄りの水域を選好する。
V3	山本・沢本(1998)	稚魚は、流れの緩やかな水深の浅い岸寄りの水域を選好する。
V4	山本・沢本(1998)	稚魚は、直径5cm未満の砂礫底を好む。
V5	小島・松田(1999)、松田(1994d・f)	稚魚は、8月の平均最高水温が20 以上では生息が困難である。また、水温が10~19 を適性水温とし、8 未満を不適とした。
V6	中村・ワドゥル(1999)、山形内水面水産試験場・長野県水産試験場佐久支場(1997)、大友ほか(1999)、山本・沢本(1998)	未成魚および成魚の非繁殖期では、水深40~50cmの早瀬・平瀬がカバー/餌場として重要である。
V7	小出水(1999)、山形内水面水産試験場・長野県水産試験場佐久支場(1997)、大友ほか(1999)、山本・沢本(1998)	上記環境での流速は、20~40cm/secが最適である。
V8	Natsumeda(1998)	上記環境での底質は、生息場として荒石・巨礫(小)が、餌場として礫・土砂(粗)が最適である。
V9	大友ほか(1999)	未成魚および非繁殖期では、径10cm以上の浮き石が隠れ場・休息場として必要である。
V10	小島・松田(1999)、松田(1994f)	0~25 まで生息が可能であるが、26 以上は不適で、5~20 が最適である。
V11	沢田ほか(1983)、山本・沢本(2000a)、Natsumeda(1999)、中村・ワドゥル(1999)、山形県内水面水産試験場・長野県水産試験場佐久支場(1997)	産卵場所の水深は、15~70cmが最適である。
V12	荒木・桂(1998)、中村・ワドゥル(1999)、山本(2000a)、松田(1994f)、大友ほか(1999)、山本・沢本(2000a)、山形内水面水産試験場・長野県水産試験場佐久支場(1997)	産卵場所の流速は、10~60cm/secが最適である。
V13	大友ほか(1999)、山本・沢本(1998)	産卵床周辺の河床材料は、礫と土砂(粗)が最適であり、土砂(細)、荒石以上、岩盤は不適である。
V14	Natsumeda(1999)、沢田ほか(1983)、山本・沢本(2000a)	産卵巣となる岩は、一部が河床に沈んだ径15~49cmの岩で、河床との間に洞窟状の隙間(20cm程度)が必要である。
V15	小島・松田(1999)、松田(1994f)、沢矢(1982)、山形内水面水産試験場・長野県水産試験場佐久支場(1997)	孵化期では、11~13 が最適で、4 以下および17.5 以上は不適である。

4.2.3 HSI 数式

カジカ大卵型のハビタットを評価するに当たり、各ハビタット変数のどれかがSI値=ゼロ(不適)であれば、カジカ大卵型の生息にとって不適な環境であると考えられる。そのため、本種の HSI モデル式を以下の幾何平均法によって算出することを提案する。

生活史全般 (C_a)

$$C_a = V_1$$

稚魚期 (C_j)

$$C_j = ((V_2 \times V_3 \times V_4 \times V_5)^{1/4})$$

未成魚期および非繁殖期 ($C_{y.nb}$)

$$C_{y.nb} = ((V_6 \times V_7 \times V_8 \times V_9 \times V_{10})^{1/5})$$

繁殖期 (成魚: C_b)

$$C_b = (V_{11} \times V_{12} \times V_{13} \times V_{14} \times V_{15})^{1/5}$$

$$HSI = (C_a \times C_j \times C_{y.nb} \times C_b)^{1/4}$$

4.2.4 現地調査方法

カジカ大卵型の HSI モデルに関わるハビタット変数のデータ取得に当たって、推奨される調査手法を表-2 に示す。

表-2 カジカ大卵型のハビタット変数の測定方法

ハビタット変数	測定法
V ₁ (水質：清浄度 合い)	水産用水基準（サケ・マス類）の評価項目のうち、底質の清浄度合いを目視にて評価する。
V ₂ 、V ₆ 、V ₁₁ (水深)	平均水深は、当該水域における既存データを用いるか、現地で測量を行う。 その際、最低でも対象とする生活史段階において月1回の頻度で天候、流れを考慮しながら、水平的には1m間隔で水深を測定し、平均を取るものとする。
V ₃ 、V ₇ 、V ₁₂ (流速)	平均流速は、当該水域における既存データを用いるか、流速計で現地調査を行う。 その際、対象とする生活史段階において最低でも月1回の頻度で天候、水深を考慮しながら、水平的には川幅に応じた任意のピッチで、鉛直的には6割水深で測定し、平均を取るものとする。
V ₄ 、V ₈ 、V ₁₃ (底質：河床基 質)	河床基質は、対象種の各生活史段階のハビタットごとに、任意の大きさのコドラートを複数取り、その中の底質を肉眼にて測定し、平均を取る。 なお、底質の区分は、Platts et al.(1983)（山本・沢本1998参照）に準拠する。
V ₅ 、V ₁₀ 、V ₁₅ (水温)	平均水温は、当該水域における既存データを用いるか、水温計で現地調査を行う。 その際、各生活史段階のうち最低でも月1回の頻度で天候、流れを考慮しながら、代表的な地点にて水温を測定する。なお、自記式水温型にて連続観測することが望ましい。
V ₉ ・V ₁₄ (浮き石割合、 空隙のある扁平 埋没岩割合)	河床に3m程度の棒やチェーン等を置き、これに接する石・岩について、横から軽く押して動くものを浮き石（長径10cm以上が対象）、動かないものを埋没岩（同径15cm以上）として計数、長径の測定を行う（大友ほか1999）。埋没岩のうち、産卵巣となり得る瀬の空隙のある扁平石については、空隙を奥行き10cm以上～20cm程度を有する岩を対象として同様の測定を行う。これについては、潜水観察が必要となる。これによって、一定面積当たりの浮き石割合および空隙のある扁平・埋没岩割合（密度）を求める。

注：個体数の確認は、潜水調査によるか、電気ショッカー（特別採捕許可が必要）による。
繁殖期の調査では、卵を保護している雄親が卵の保護を放棄する可能性があることに留意して調査方法を検討する必要がある。

4.3 当該種に関わるその他のモデル

本種に関わる HSI モデルのうちの SI モデルについては、IFIM の PHABSIM に関して同様の選好曲線が作られている（中村・ワドゥル 1997）。ただし、PHABSIM の SI モデルは、カジカの大・中・小卵型を区別せずに扱っているため、本 HSI モデルでは PHABSIM の情報の一部を利用するにとどめた。

上記 IFIM の PHABSIM におけるカジカのモデル（中村・ワドゥル 1997）では、生活史を産卵場・未成魚・成魚に分け、それぞれにマイクロ指標として水深・流速・

底質（河床材料）およびマクロ指標として水温を対象とし、それぞれについて適性曲線が作られている（図-3。底質区分が本 HSI モデルとは異なり、シルト、砂、砂礫（砂+礫）、礫（握りこぶし大以下）、石（10~50cm）、巨礫（一抱え大以上）および岩盤の7種を使用）。ただし、この PHABSIM における選好曲線では、生息条件のうちのカバーについては取り上げていない。

本 HSI モデルでは、このカバーについて、未成魚および非繁殖期（成魚）の隠れ場となる浮き石割合（ V_9 ）および産卵巣となる空隙のある扁平な埋没岩の出現割合（ V_{14} ）を検討・設定して SI モデルを作成し HSI モデルに導入している。

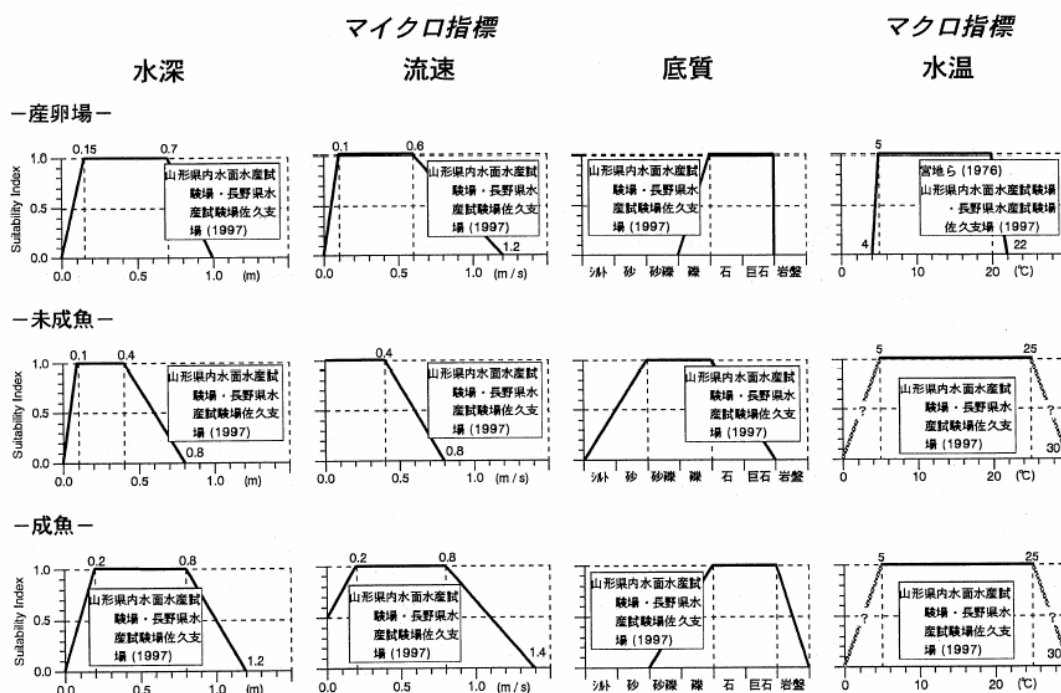


図-3 PHABSIM におけるカジカの選考曲線例

(中村・ワドゥル 1999 より転写)

5 参考文献

- ・ 荒木康男・桂和彦 (1998) カジカの完全養殖に関する研究．平成 8 年度山形県内水面水産試験場事業報告書、p.66-69．
- ・ 荒木康男・桂和彦 (2000) 第 2 章魚種別試験成果と今後の課題、第 3 節カジカ (その 2)．小島将男・松田繁雄編．新魚種養殖技術開発事業報告書 - コレゴヌス、ナマス、カジカ、ペヘレイ、大型ザリガニの養殖技術開発．p.78-80．水産庁、175pp．
- ・ 藤井亮吏・矢部 衛・清水孝昭・金山 勉・尼岡邦夫 (1997) カジカ 4 型の分類学的検討．1997 年度日本魚類学会年会講演要旨:p. 26.
- ・ 後藤晃 (1991) カジカ．『日本の淡水魚』(川那部浩哉、水野信彦編・監修)、

- pp.666-667 . 山と溪谷社、719pp . 東京 .
- ・ 可児藤吉 (1944) 溪流性昆虫の生態。「昆虫」上(古川晴男編)、研究社、東京 .
 - ・ 小島将男・松田繁雄 (1999) カジカ編、p . 2 ~ 63 . カジカ類の養殖技術 . (社)新魚種開発協会、緑書房、96 pp .
 - ・ 小山一 (1950) 千曲川カジカの生態調査 (第1報) 生息状況と産卵について . 日水誌、16(4):119-126 .
 - ・ 松田繁雄 (1994a) カジカ養殖奮戦記 . 養殖、31(10) : 113 . 緑書房、東京 .
 - ・ 松田繁雄 (1994b) カジカ養殖奮戦記 . 養殖、31(11) : 113 . 緑書房、東京 .
 - ・ 松田繁雄 (1994c) カジカ養殖奮戦記 . 養殖、31(12) : 113 . 緑書房、東京 .
 - ・ 松田繁雄 (1994d) カジカ養殖奮戦記 . 養殖、31(13) : 113 . 緑書房、東京 .
 - ・ 松田繁雄 (1994e) カジカ養殖奮戦記 . 養殖、31(14) : 109 . 緑書房、東京 .
 - ・ 松田繁雄 (1994f) カジカ養殖奮戦記 . 養殖、31(8) : 109 . 緑書房、東京 .
 - ・ 松田繁雄 (1995) カジカ養殖奮戦記 . 養殖、32(8) : 113 . 緑書房、東京 .
 - ・ 宮地傳三郎・川那部浩哉・水野信彦 (1996) 原色日本淡水魚類図鑑 . 462pp . 保育社、東京 .
 - ・ 水野信彦・川那部浩哉・宮地伝三郎・森圭一・児玉浩憲・大串竜一・日下部有信・古屋八重子 (1958) 河の魚の生活 . コイ科4種の生活史を中心に . 京大生理生態業績、81:1-48 . (名越・村上1980からの孫引き)
 - ・ 水野信彦・丹羽弥 (1961) カジカ *Cottus pollux* Günther の生態的二型 . 動物学雑誌、70(8) : 267-266 .
 - ・ 水野信彦・御勢久右衛門 (1972) 河川の生態学 . 築地書館、245pp . 東京
 - ・ 名越誠・村上俊明 (1980) 平倉川のカジカ (*Cottus hilgendorfi*) の生息量と食性 . 三重大水産研報、7 : 29-44 .
 - ・ 中村俊六・テリー・ワドゥル (1999) IFIM 入門 . (財)リバーフロント整備センター、197pp .
 - ・ Natsumeda, T., S. Kimura, Y. Nagata (1997) Sexual dimorphism, growth and maturity of the Japanese fluvial sculpin, *Cottus pollux* (large egg type), in the Inabe River, Mie Prefecture, central Japan. Ichthyol. Res., 44(1):43-50.
 - ・ Natsumeda, T. (1998) Home range of the Japanese fluvial sculpin, *Cottus pollux*, in relation to nocturnal patterns. Env. Biol. Fish., 53:295-301.
 - ・ Natsumeda, T. (1999) Year-round local movements of the Japanese fluvial sculpin, *Cottus pollux* (large egg type), with special reference to the distribution of spawning nests. Ichthyolo. Res., 46(1):43-48.
 - ・ (社)日本水産資源保護協会 (1998) 日本の希少な野生水生生物に関するデータブック (水産庁編) . 437pp .
 - ・ (社)日本水産資源保護協会 (2000) 水産用水基準 . 96pp .
 - ・ 丹羽彌 (1954) 木曾谷の魚 (上流編) . 木曾教育会、302pp . 長野県 .

- ・ 岡崎登志夫 (1997) mt-DNA に基づくカジカの遺伝的分化. 1997 年度日本魚類学会年会講演要旨: p.26.
- ・ 岡崎登志夫・小林敬典 (1992) カジカの遺伝的分化 - 種分化の様式をめぐって. 1992 年度日本魚類学会年会講演要旨: p.42.
- ・ 岡崎登志夫・小林敬典・洲澤 譲・清水孝昭 (1994) 日本産カジカ両側回遊型内で認められた 1 未記載種. 1994 年度日本魚類学会年会講演要旨: p.20.
- ・ 大井明彦・井口雅陽 (1990) カジカ移植放流増殖効果調査 - . 平成元年度山形県内水面試験場事業報告、12-21 . (山本・沢本 1998 より孫引き)
- ・ 大友芳成・鈴木栄・鈴木邦雄 (1999) カジカの生息環境について . 埼玉水試研報、57:6-16 .
- ・ Platts, W.S., W.F. Megahan and G.W. Minshall* (1983) Methods for evaluating stream, riparian, and biotic conditions. (中村俊六・塚原健一・石川雅朗監訳 . 建設省豊橋工事事務所、豊橋、88pp . 山本・沢本 (2000a) より引用)
- ・ (財)リーパーフロント整備センター編 (1996) 川の生物図典 . (株)山海堂、674pp . 東京 .
- ・ 沢田守伸・村山忠・渋谷隆之 (1983) カジカ生息分布調査 . 栃木水試業務報告書、27:114-120 .
- ・ 沢田守伸・大森勝夫 (1985) カジカ人工採苗試験 飼育試験 . 昭和 58 年度栃木県水産試験場業務報告書、128-132 .
- ・ 沢矢隆之 (1982) カジカの種苗生産と養殖 . 養殖、19(11):97-100 .
- ・ 関根和伯 (1967) カジカの捕食における日周期 . 第 13 回日本生態学会大会講演要旨集 . (名越・村上 1980 からの孫引き)
- ・ 関根和伯 (1968) カジカに於ける食性の周年変化 . 第 14 回日本生態学会大会講演要旨集 . (名越・村上 1980 からの孫引き)
- ・ 四登淳・田中浩 (1988a) カジカ種苗放流効果調査 - . 昭和 60 年度石川県内水面水産試験場報告、48-49 .
- ・ 四登淳・田中浩 (1988b) カジカ種苗放流効果調査 - . 昭和 61 年度石川県内水面水産試験場報告、43-44 .
- ・ (財)自然環境研究センター (2003) 改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物 - レッドデータブック - 4 汽水・淡水魚類 . 230pp .
- ・ 田村修 (1937) カジカ (*Cottus pollux* Günther) の研究. 水産学会報、7(3):135-148.
- ・ 山口県環境生活部自然保護課 (2002)) レッドデータやまぐち - 山口県の絶滅のおそれのある野生動植物 - . 513pp .
- ・ 山本聡 (2000a) 第 3 章第 3 節カジカ . 小島将男・松田繁雄編 . 新魚種養殖技術開発事業報告書 - コレゴヌス、ナマズ、カジカ、ペヘレイ、大型ザリガニの養殖技術開発 . p.162-166 . 水産庁、175pp .
- ・ 山本聡 (2000b) 千曲川由来養成カジカ *Cottus pollux* の成熟と全長. 長野水試研

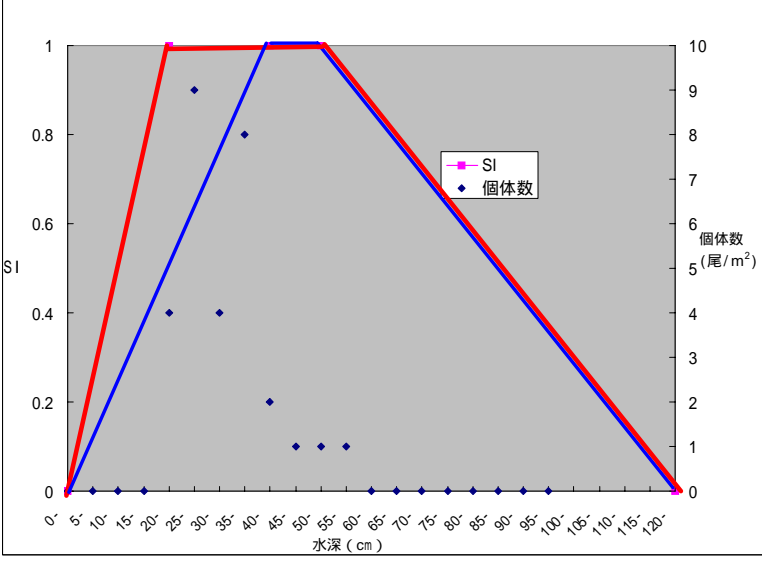
報、4:14-15.

- ・ 山本聡 (2000c) 第 2 章第 3 節カジカ . 小島将男・松田繁雄編 . 新魚種養殖技術開発事業報告書 - コレゴヌス、ナマス、カジカ、ペヘレイ、大型ザリガニの養殖技術開発 . p.54-80 . 水産庁、175pp .
 - ・ 山本聡・沢本良宏 (1998) 千曲川での河川型カジカ , *Cottus pollux* の微小生息場所の物理的環境 . 水産増殖、46(2):231-236 .
 - ・ 山本聡・沢本良宏 (2000a) カジカ *Cottus pollux* 産卵床の物理的環境条件 . 長野水試研報、4:4-6.
 - ・ 山本聡・沢本良宏 (2000b) カジカ *Cottus pollux* 人工産卵床の造成 . 長野水試研報、4:7-9.
 - ・ 山本聡・沢本良宏・羽毛田則生(2000) 山地溪流におけるカジカ *Cottus pollux* 稚魚の放流効果 . 長野水試研報、4:10-13.
 - ・ 山形県内水面水産試験場・長野県水産試験場佐久支場 (1997) カジカの資源回復に関する研究報告 . 水産業関係地域重要新技術開発促進事業、58pp .
- (注 : 「 * 」印を付した文献は直接参照できなかったことを示す)

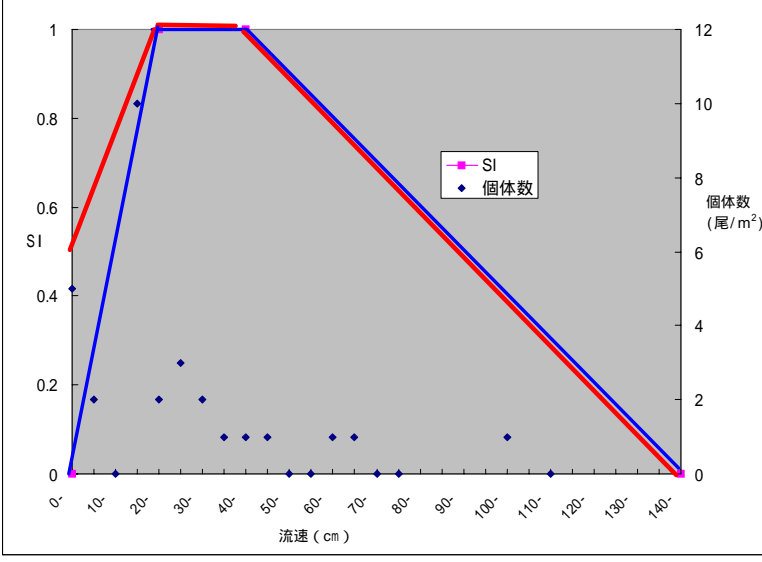
6 改訂記録

- ・ 2004 年 11 月 12 日 (社)日本環境アセスメント協会の HP 掲載のため、上記プロトタイプを対象に以下を改訂した。改訂者・連絡先は内表紙に示したとおりである。
(主な改訂内容 : 専門家の意見等の反映)
 - ・ 各変数の情報を一覧化し、SI 値を見直した。その結果、産卵孵化期の水温 V_{15} の SI グラフを修正した。
 - ・ HSI 式の設定根拠を追記した。
 - ・ 浮き石割合 V_9 および埋没岩割合 V_{14} をハビタット変数として設定した。ただし、今後の検証や検討が必要なことから便宜上変数の名称を今までどおりとした。
 - ・ 文献や文章の記載ミスを修正したほか、御指摘いただいた表現を改めた。
- ・ 2004 年 5 月 「自然環境影響評価技法研究会 報告書」((社)日本環境アセスメント協会・研究部会 自然環境影響評価技法研究会。平成 16 年 5 月) にプロトタイプを掲載した。作成者・連絡先は内表紙に示したとおりである。
- ・ 2005 年 8 月 30・31 日に長野県千曲川にて検証調査を実施した。未成魚・非繁殖期の水深、流速、底質 (V_6 、 V_7 、 V_8) データ、個体数の確認結果および河川での観察結果を基に、文献情報から作成した SI 図を下記のように見直し、前二者の SI グラフおよびこれに関連する文章を修正した (青が以前の SI グラフ、赤が修正版)。

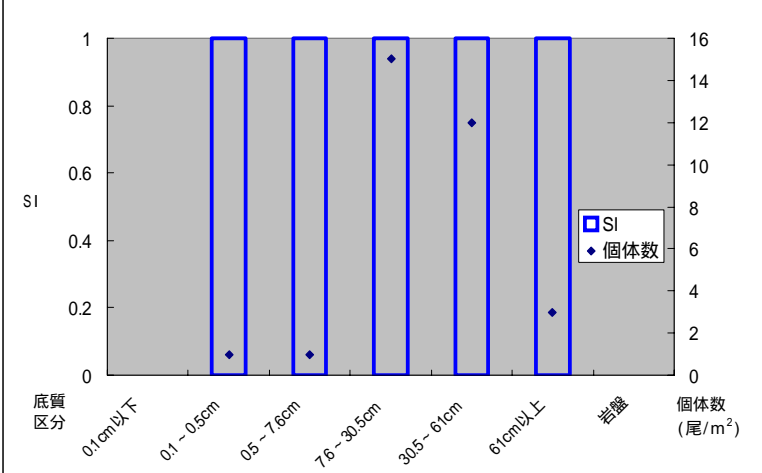
水深 (V₆)
赤線に変更



流速 (V₇)
赤線に変更



底質 (V₈)
データ確認



・2006年6月1日 作成者・連絡先、誤字およびグラフの転記ミス (V₃、V₅、V₁₅) を修正した。