

■ 第3章 吉野川河口域における底生動物とヨシのモデル化の検討

3.1 概要

干潟に生息・生育する生物への影響の考え方を以下に示す。

底生生物の生息環境を評価するために、平成 15～19 年度に実施された環境モニタリング調査の結果を用いて生物生息・生育モデルを構築した（平成 20～22 年度に検討）。このモデルは、第 2 章で示した 7 種の指標種とヨシを主な対象としている。

モデルを作成するにあたっては、物理指標のみでモデルを構築するものとした。この理由として、人為的に操作不可能な化学的要因等をモデルに導入することで、数値解析を応用させた生息可能場の予測が困難になること、環境モニタリング調査（事後調査を含む）で容易に得られる調査データでモデルを構築することで、建設工事中または完了後の生息場を迅速に評価しつつ、変遷状況を把握しやすいといったことが上げられる。

図 3-1 に橋梁の建設に伴って変化する環境を、生物環境と物理環境で大別して示す。橋梁が建設される事によって、洪水流、波浪、潮汐流といった水の流れが変化し、それに応答して地形（標高や粒度）が変化する。その変化の結果に選好性がある生物が定着し、生物環境を形成すると言える。

本事業で底生生物の生息環境の定量的に評価するために用いた 4 種類のモデル（選好度、決定木、ロジスティック回帰、HSI）の概要と特徴について表 3-1 に整理して示す。

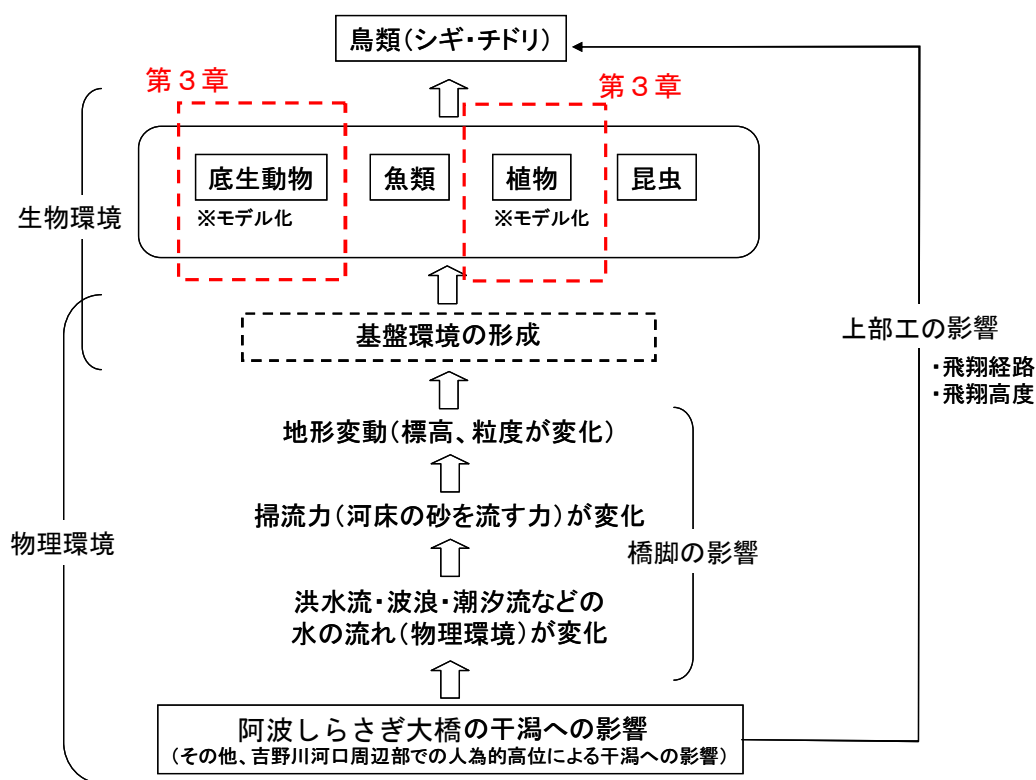
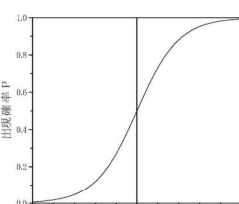
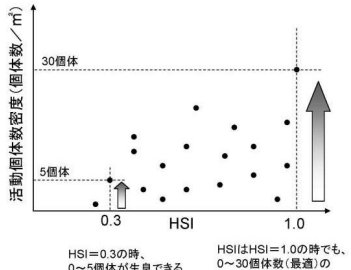
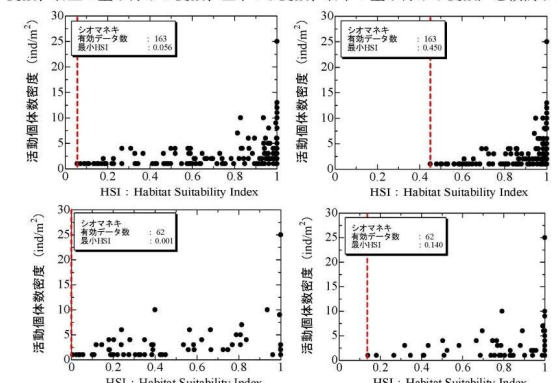
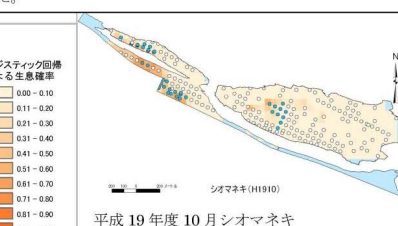
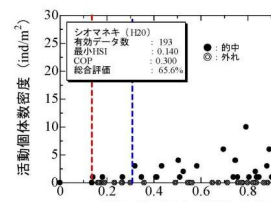


図 3-1 橋梁の建設に伴う物理環境、生物環境の変化の流れ

表 3-1 指標種の生息環境の評価に用いた 4 種のモデルの概要

		平成 20 年度実施																																															
概要 (特徴)	選好度	決定木																																															
		<p>説明変数を階級に区分し、目的変数（底生生物の在・不在）全体の割合（全体率）と在の場合の割合（利用率）から選好している範囲を導き出す手法である。</p> <p>【階級区分：スタージェスの公式】 階級数 = 1 + log₂N N：立地のデータ数 スタージェスの公式により、階級数を算出し、これによる全体率と利用率のヒストグラムを作成する。</p> <p>【選好度：Jacobsの公式】 $Dsa = \frac{rs \cdot Pa}{rs + Pa - 2rsPa}$ Pa：全体率 全調査箇所のうち該当当地 type a が占める割合 rs：利用率 種が生息していた箇所の合計に対する利用箇所 type a の割合</p>	<p>説明変数の一つを指標に用いて、目的変数（底生生物の在・不在）への影響力の大きさを2つのグループに分類する方法で、この手順を反復することで、目的変数の状態を予測する樹形構造を作成する判別・予測手法である。</p> <p>【CART法】 Gini係数を用いた環境項目（説明変数）の分岐による樹木モデルにより選考する範囲を導き出す手法 $Gini \text{ 係数} : Gini \text{ index} = 1 - \sum_k p_k^2$</p> <p>樹木モデルの大きさは、樹木選定の複雑さを示す cp 値による選定や断層を指定する方法で「剪定」する。平成 20 年度のモデル検討での解析では、基本を 5 段階として剪定している。</p>																																														
目的変数	底生生物の在・不在																																																
説明変数	含泥率・地盤高（平成 15 年度春～19 年度秋）																																																
適用例	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">調査項目</th> <th rowspan="2">欠損レコード数</th> <th rowspan="2">使用レコード数</th> <th colspan="3">アシハラガニ属</th> <th colspan="3">コムツキガニ</th> <th colspan="3">シオマネキ</th> </tr> <tr> <th colspan="3">8回確認</th> <th colspan="3">8回確認</th> <th colspan="3">8回確認</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>標高DLM</td> <td>15</td> <td>978</td> <td>0.914~2.114</td> <td>0.914~1.714</td> <td>0.914~2.114</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>含泥率</td> <td>3</td> <td>990</td> <td>20~</td> <td>0~20</td> <td>30~</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	調査項目	欠損レコード数	使用レコード数	アシハラガニ属			コムツキガニ			シオマネキ			8回確認			8回確認			8回確認			標高DLM	15	978	0.914~2.114	0.914~1.714	0.914~2.114							含泥率	3	990	20~	0~20	30~							<p>ある種に対して、調査により得られたデータの在・不在の範囲で評価する。</p> <p>Case by アシハラガニ</p> <p>変数が2つの場合、以下の図のように生息範囲を再現することができる。</p>		
調査項目	欠損レコード数				使用レコード数	アシハラガニ属			コムツキガニ			シオマネキ																																					
		8回確認				8回確認			8回確認																																								
標高DLM	15	978	0.914~2.114	0.914~1.714	0.914~2.114																																												
含泥率	3	990	20~	0~20	30~																																												
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 決定木に比べて、選好度の方が感度を高く示し、実際の生息状況とのマッチングが良い。 スタージェスの式によって階級化の処理をしているが、階級の取り方について作成者の任意性を含まれているため、その作業に応じて選好性が変動する。 			<ul style="list-style-type: none"> 選好度に比べ、決定木の方は生息範囲が絞られ、正解率が高くなる。 剪定段階で決定したしきい値により結果が異なる。 選好範囲をかなり狭く限定するため、正解率が高くなる代わりに、生息地に対する感度が低くなる傾向がある。 																																													
概評	<p>平成 20 年度事業では、選好度で分布を示し、実際に生息していた場所との比較をした結果、感度、特異度と共に高く、正解率も高く示され、生物の在・不在についてある程度良い再現性を示した。</p> <p>感度 85% 特異度 93% 正解率 92%</p> <p>平成 19 年度 10 月 シオマネキ</p>			<p>平成 20 年度の検討では、決定木で分布を示し、実際に生息していた場所との比較をした結果、感度、特異度と共に高く、正解率も高く示され、生物の在・不在についてある程度良い再現性を示した。</p> <p>感度 80% 特異度 99% 正解率 95%</p> <p>平成 19 年度 10 月 シオマネキ</p>																																													

表 3-1 (続き) 指標種の生息環境の評価に用いた 4 種のモデルの概要

	平成 20 年度、平成 22 年度実施	平成 21 年度実施																																																		
概要 (特徴)	<p>ロジスティック回帰</p> <p>目的変数 (底生生物の有・不在) に対する各説明変数の影響力の強さ (オッズ比) を求め、それらを用いて、目的変数の発生確率を導き出す手法である。</p>  <p>【総あたり法】 通常、生物の成長や増殖などに対応するロジスティック曲線を用いた線形モデルにより、ある立地範囲の基盤環境条件による生物種の生息確率を導き出す手法。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Coefficient s:</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Estimate</th> <th>Std. Error</th> <th>z value</th> <th>オッズ比</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(Intercept)</td> <td>-5.6493</td> <td>0.4642</td> <td>-12.171</td> <td></td> </tr> <tr> <td>標高DLM</td> <td>2.4542</td> <td>0.2753</td> <td>8.914</td> <td>11.63712</td> </tr> <tr> <td>gandei1</td> <td>4.1577</td> <td>0.3954</td> <td>10.514</td> <td>63.92433</td> </tr> <tr> <td>ryuro</td> <td>-4.5035</td> <td>0.8521</td> <td>-5.285</td> <td>0.01107</td> </tr> </tbody> </table> <p>$\text{Log}(p/(1-p)) = 2.4542 \times \text{標高DLM} + 4.1577 \times \text{含泥率} - 4.5035 \times \text{流路側} - 5.6493$ $(p: \text{出現確率}) \quad p = \text{EXP}(A) / (1 + \text{EXP}(A))$</p> <p>1. AIC (赤池情報基準) により、ベストモデルとなる変数を選択する。 2. 感度・特異度から閾値を算出、ROC 分析によって AUC を算出し、モデルの有意性を確認する。</p>	Coefficient s:						Estimate	Std. Error	z value	オッズ比	(Intercept)	-5.6493	0.4642	-12.171		標高DLM	2.4542	0.2753	8.914	11.63712	gandei1	4.1577	0.3954	10.514	63.92433	ryuro	-4.5035	0.8521	-5.285	0.01107	<p>HSI (Habitat Suitability Index: 生息適性指数) モデルとは、HEP (Habitat Evaluation Procedures: 生息評価手続き) で使用される生物の評価モデルのことで、対象生物のハビタット (生息環境) としての適性を求めるためのモデルである。ハビタットの適性を 0 (不適) ~ 1 (最適) という値で示す数式で表され、対象生物のハビタットとして成立するために最低限守らなければならない条件を定量的に評価する (「質」×「空間」) ことが可能である。</p> $\text{HSI} = \frac{\text{調査区域のハビタットの状態}}{\text{理想的なハビタットの状態}}$ $\text{HSI} = S_1 \times S_2 \times S_3 \dots \times S_n \quad \text{SI (Suitability Index): 対象種の必要因子}$  <p>HSI=0.3の時、0~5個体が息できる HSIはHSI=1.0の時でも、0~30個体数(最適)のポテンシャルを見るもの</p>																				
	Coefficient s:																																																			
	Estimate	Std. Error	z value	オッズ比																																																
(Intercept)	-5.6493	0.4642	-12.171																																																	
標高DLM	2.4542	0.2753	8.914	11.63712																																																
gandei1	4.1577	0.3954	10.514	63.92433																																																
ryuro	-4.5035	0.8521	-5.285	0.01107																																																
目的変数	底生生物の有・不在	底生生物の活動個体数密度																																																		
説明変数	含泥率・地盤高 (平成 15 年度春~20 年度秋)	中央粒径・含泥率・地盤高 (平成 15 年度春~20 年度秋)																																																		
適用例	<p>ベストモデルによって採用された変数の係数</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>種名</th> <th>標高(m)</th> <th>含泥率(%)</th> <th>ヨシ有</th> <th>流路側</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>アサギカニ</td> <td>+</td> <td>+</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>コガサガニ</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>シオマネキ</td> <td>+</td> <td>+</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>チガハ</td> <td>-</td> <td>+</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>ハクセンシオマネキ</td> <td>+</td> <td>+</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>ホトヘナガサガニ</td> <td>+</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>ハナガサガニ</td> <td>+</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>ヤマアサガニ</td> <td>+</td> <td>+</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>ヨシ</td> <td>+</td> <td>+</td> <td>X</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> <p>シオマネキ Coefficients: (Intercept) -6.2468 標高DLM 1.9514 7.038535 *** gandei1 5.6969 297.9423 *** yoshi -0.8544 0.425538 ryuro -17.9766 1.56E-08</p> <p>平成 20 年度では、底生生物の有・不在に関して、標高、含泥率、ヨシの有無、干潟の流路側、ワンド側についてロジスティック回帰分析を行っており、解析結果を用いて、各底生生物の生息分布確率を計算している。</p>	種名	標高(m)	含泥率(%)	ヨシ有	流路側	アサギカニ	+	+	-	-	コガサガニ	-	-	-	-	シオマネキ	+	+	-	-	チガハ	-	+	-	-	ハクセンシオマネキ	+	+	-	-	ホトヘナガサガニ	+	-	-	-	ハナガサガニ	+	-	-	-	ヤマアサガニ	+	+	-	-	ヨシ	+	+	X	-	<p>モデルの作成は含泥率と地盤高の 2 つの変数と、中央粒径を加えた 3 つの変数の場合、さらに因子間を重回帰分析することによって重み付けを行った合計 4 ケース (左上: 2 変数、右上: 重み付け 2 変数、左下: 3 変数、右下: 重み付け 3 変数) を検討する。</p>  <p>シオマネキ 有効データ数 : 163 最小HSI : 0.056</p> <p>シオマネキ 有効データ数 : 163 最小HSI : 0.450</p> <p>シオマネキ 有効データ数 : 62 最小HSI : 0.061</p> <p>シオマネキ 有効データ数 : 62 最小HSI : 0.140</p>
種名	標高(m)	含泥率(%)	ヨシ有	流路側																																																
アサギカニ	+	+	-	-																																																
コガサガニ	-	-	-	-																																																
シオマネキ	+	+	-	-																																																
チガハ	-	+	-	-																																																
ハクセンシオマネキ	+	+	-	-																																																
ホトヘナガサガニ	+	-	-	-																																																
ハナガサガニ	+	-	-	-																																																
ヤマアサガニ	+	+	-	-																																																
ヨシ	+	+	X	-																																																
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ロジスティック回帰モデルは、有・不在、有・無など 2 項値の統計処理において、比較的広く用いられる統計処理手法である。 各変数の値の増減に対し、出現率から求めたオッズ比が単調増加するようになるものであることが前提である。 	<ul style="list-style-type: none"> 生息範囲 (空間) に「質」を考慮することで、生物の生息場の好適性が評価でき、評価値 (HSI) から最大活動個体数のポテンシャルを推測できる。 近年では干潟などの環境影響評価として用いられる事が多い。 SI モデルの作成にあたっては、作成者の任意性が含まれており、不安定さが含まれる。 																																																		
概評	<p>平成 20 年度では、ロジスティック回帰で生息分布確率を示し、実際に生息していた場所と比較をした結果、生息確率の高い場所に、生物の生息が確認され、ある程度高い再現性を示した。</p>  <p>平成 19 年度 10 月 シオマネキ</p>	<p>総合的中率と総合予測率から総合評価をすることで、再現性のある程度高くすることができ、さらに生息ポテンシャルの高い場所を把握することが可能となる。</p> <p>モデル式</p> $\text{HSI} = S_1^{0.254} \times S_2^{0.342} \times S_3^{0.167}$ <p>(中央粒径 × 含泥率 × 地盤高)</p> <p>(HSI ≥ 0.140)</p> <p>COP : ≥ 0.3</p> <p>総合的中率 : 69.2%</p> <p>総合予測率 : 61.9%</p> <p>総合評価 : 65.6%</p>  <p>シオマネキ (1120) 有効データ数 : 193 有効HSI : 0.140 COP : 0.300 総合評価 : 65.6%</p>																																																		

3.2 モデルの選定

3.2.1 選好度（平成20年度に検討。詳細は資料-18に記す。）

（1）モデル概要

底生動物（指標種7種、アシハラガニ）とヨシの計9種の生息環境の定量評価に用いた選好度について以下に示す。

用いた手法は、簡易 Suitability Index として利用可能な Jacobs の選好度指数（*Jacobs. J 1974*）であり、対象生物の生息空間として適地であるかどうかを評価するものである。以下に評価式を示す。

<選好度：Jacobs の式>

$$Dsa = \frac{rs - Pa}{rs + pa - 2rsPa}$$

Pa：全調査箇所のうち該当立地 type a が占める割合

（分析対象地の全環境資源に含まれる特定の環境資源の割合）

rs：種が生息していた箇所の合計に対する利用箇所 type a の割合

（解析対象生物が利用した全環境資源のうち、各環境資源の占める割合）

また、選好範囲を階級化する方法として、スタージェスの公式を用いた。スタージェスの公式により、階級数を算出し、これによる全体率と利用率のヒストグラムを作成する（図3-2）。

<階級区分：スタージェスの公式>

$$\text{階級数} = 1 + \log_2 N$$

N：立地のデータ数

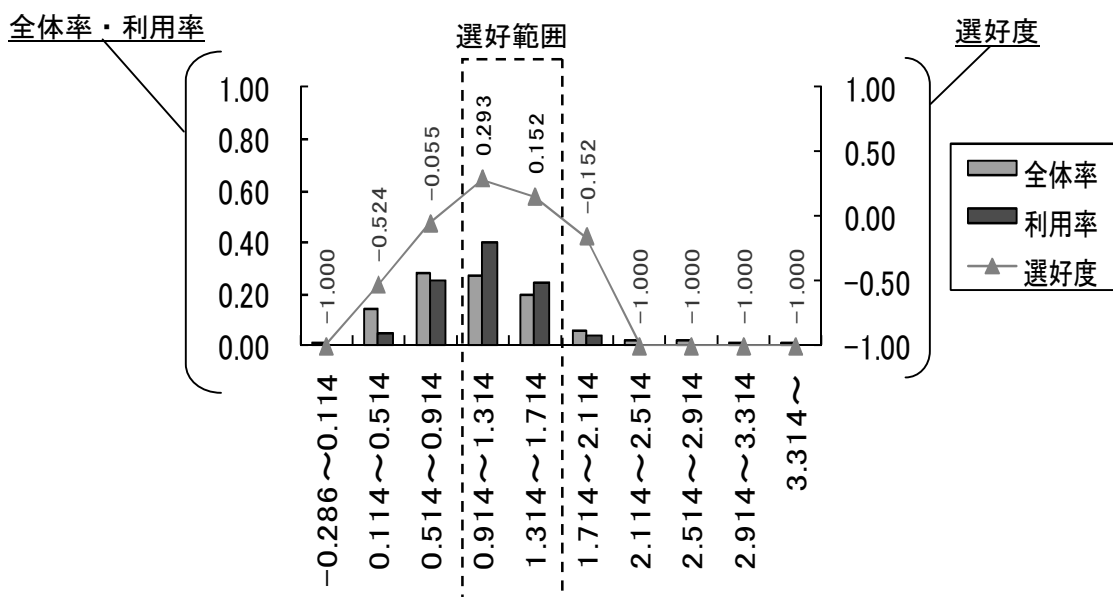


図 4-2 選好度による選好範囲の抽出例

(2) 結果

選好度を用いた指標種7種、アシハラガニ、ヨシの計9種の検討結果を以下に示す。

解析の結果、標高と含泥率のデータが充実している点に加え、標高、含泥率、植生（ヨシの有無）、流路（本流側、ワンド側）による選好性が確認された。しかし、ハクセンシオマネキについては、含泥率の選好性が認められず、選好度を用いてモデルを作成することができない結果を得た。また、ヨシについては標高、含泥率による選好性が見られた。全硫化物は、検討したいずれの種に対しても選好性が認められたが、人為的にコントロールすることが困難な化学的指標であるため、モデルの作成からは除外した。

表3-2に各因子の選好度の解析結果を、図3-3に標高と含泥率の選好範囲を、表3-3に指標種別の選好範囲の検討結果をそれぞれ示す。

表3-2 選好度による解析結果

調査項目	欠損し コード数	使用し コード数	ベントス								植生
			アシハラガニ属	コメツキガニ	シオマネキ	チゴガニ	ハクセンシオマネキ	フトヘナタリガイ	ヘナタリガイ	ヤマトオサガニ	ヨシ原
			8回確認	8回確認	8回確認	8回確認	8回確認	8回確認	8回確認	8回確認	8回確認
標高DLM	15	978	● 0.914~2.114	● 0.914~1.714	● 0.914~2.114	● 0.514~1.714	● 0.914~2.114	● 1.314~2.114	● 0.914~2.114	● 0.514~1.314	● 1.314~
含泥率	3	990	● 20~	● 0~20	● 30~	● 20~90	×	● 10~60	● 0~40	● 20~	● 10~
微細粒度D50	542	451	×	×	● 0~0.1	● 0~0.25	×	×	● 0.3~0.45	×	● 0~0.2
微細粒度細粒分	542	451	×	● 0~0.4	×	×	×	×	● 0~0.4	×	×
底生藻類量	542	451	×	×	● 5~20	×	×	×	● 5~20	×	● 10~30
貫入抵抗値MM	109	884	×	×	×	×	● 16~32	● 16~36	×	● 0~12	×
含水率	770	223	×	×	×	● 30~45	● 25~40	×	● 15~25	● 25~50	×
強熱減量	770	223	● 2.5~	×	● 3~	● 2~	×	● 1.5~3	● 1~2.5	● 2~	● 2.5~
含水比	715	278	● 30~	×	● 30~	● 30~	×	×	● 20~30	● 35~	● 40~
全硫化物	715	278	● 0.05~	● 0~0.05	● 0.05~	● 0.05~	● 0.05~0.45	● 0.05~1	● 0~0.05	● 0.05~	● 0.05~0.45
AVS	715	278	×	● 0~0.05	● 0.05~0.5	● 0.05~	● 0.05~1	● 0.35~0.5	● 0~0.05	● 0.05~	×
TOC	715	278	×	×	×	● 5~40	×	● 10~20	● 0~5	● 5~40	● 5~20
塩分濃度	715	278	×	×	×	×	×	×	● 0.2~0.4	×	×
植生	0	993	● ヨシ原	● 無植生	● ヨシ原	● ヨシ原	● ヨシ原	● ヨシ原	● ヨシ原	● 無植生	-
流路	0	993	● ワンド側	● ワンド側	● ワンド側	● ワンド側	● ワンド側	● ワンド側	● ワンド側	● ワンド側	-



図 3-3 選好度による選好範囲の抽出

表 3-3 選好度を用いた指標種別の選好範囲

指標種	含泥率(%)	標高(m)
シオマネキ	30 ~ 100	0.914 ~ 2.114
ハクセンシオマネキ	選好性無し	0.914 ~ 2.114
チゴガニ	20 ~ 90	0.514 ~ 1.714
コメツキガニ	0 ~ 20	0.914 ~ 1.714
ヤマトオサガニ	20 ~ 100	0.514 ~ 1.314
フトヘナタリガイ	10 ~ 60	1.314 ~ 2.114
ヘナタリガイ	0 ~ 40	0.914 ~ 2.114
アシハラガニ属	20 ~ 100	0.914 ~ 2.114

3.2.2 決定木 (平成 20 年度に検討。詳細は資料-22 に記す。)

(1) モデル概要

底生動物 (指標種 7 種、アシハラガニの計 8 種) の生息環境の定量評価に用いた決定木モデルについて以下に示す。

決定木は、CART (Classification And Regression Tree) 法を用いている。基本的な考えとして、CART は広がっていく枝を予め何の制限もせず成長させ、データと対話しながら剪定を行う方法を取っている。CART では、分岐する変数を選択する際に不純度、または情報量という指標を用いており、不純度は、変数を分岐する前と分岐させた後の誤差の改善の度合を示す指標で、次の式で定義されている。

$$\Delta GI(t) = P_t GI(t) - P_L GI(t_L) - P_R GI(t_R)$$

式の中の GI (t) は、次に示すノード t における Gini 分散指標 (Gini diversity index) である。略して Gini (ジニ) 係数と呼ぶ。

$$GI(t) = 1 - \sum_k p(k|t)^2$$

式の中の p (k|t) は、ノード t 内のカテゴリ k が正しく分類されている比率のことを指す。

本事業では、樹木モデルの大きさは、樹木剪定の複雑さを示す cp 値による剪定や階層を指定する方法で剪定し、5 段階を基本として剪定した (ただし、シオマネキとヘナタリガイは 5 段階でモデル化できなかった)。

例として、図 3-4 にアシハラガニ属の決定木を用いた解析の結果を示す。

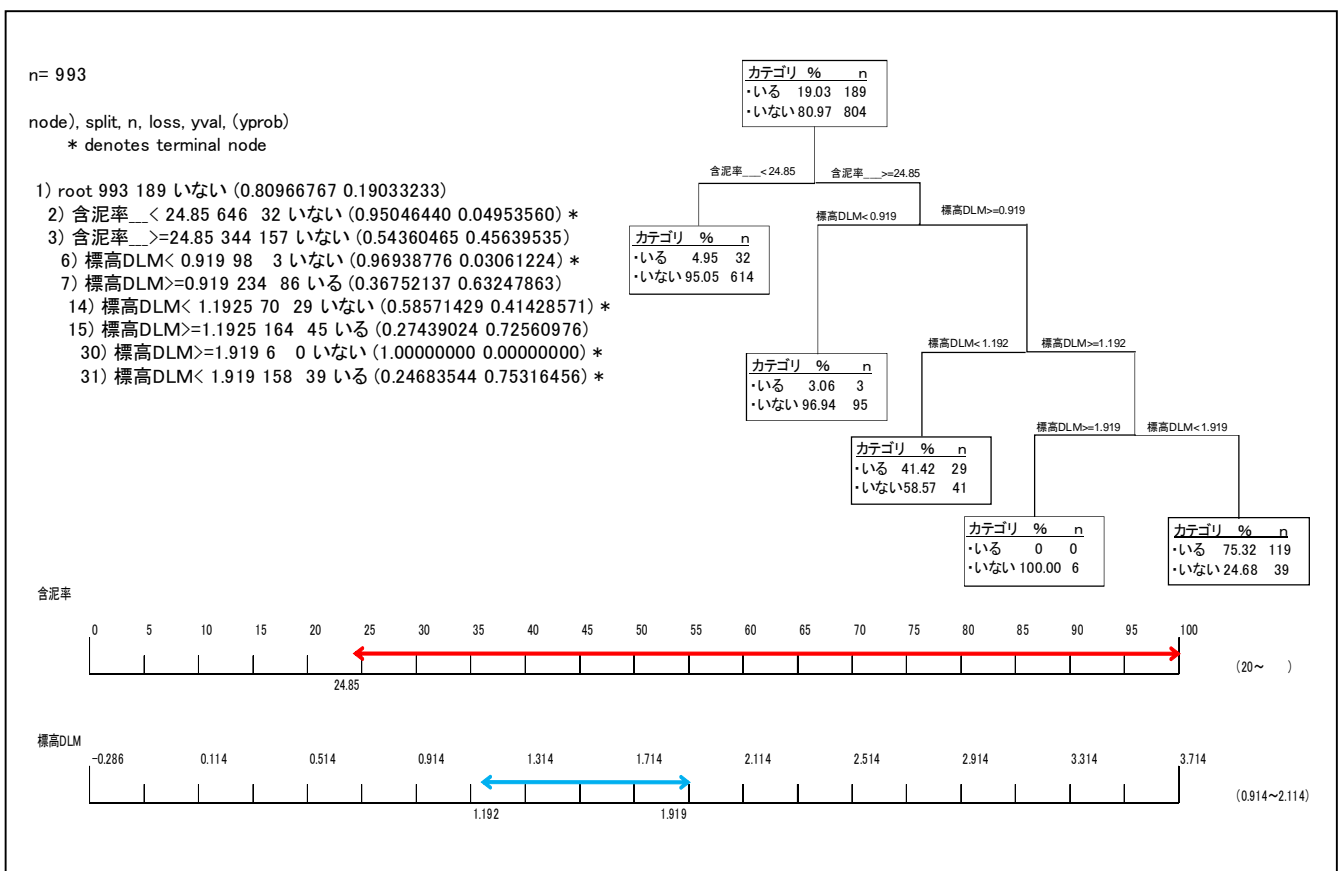


図 3-4 決定木によるアシハラガニ属の解析結果

(2) 結果

決定木による検討結果を以下に示す。

前述の選好度によって、生息場の評価に重要な要因は含泥率と標高であることを示した。決定木によるモデルを構築するに当たっても同様の因子を用いて解析した。

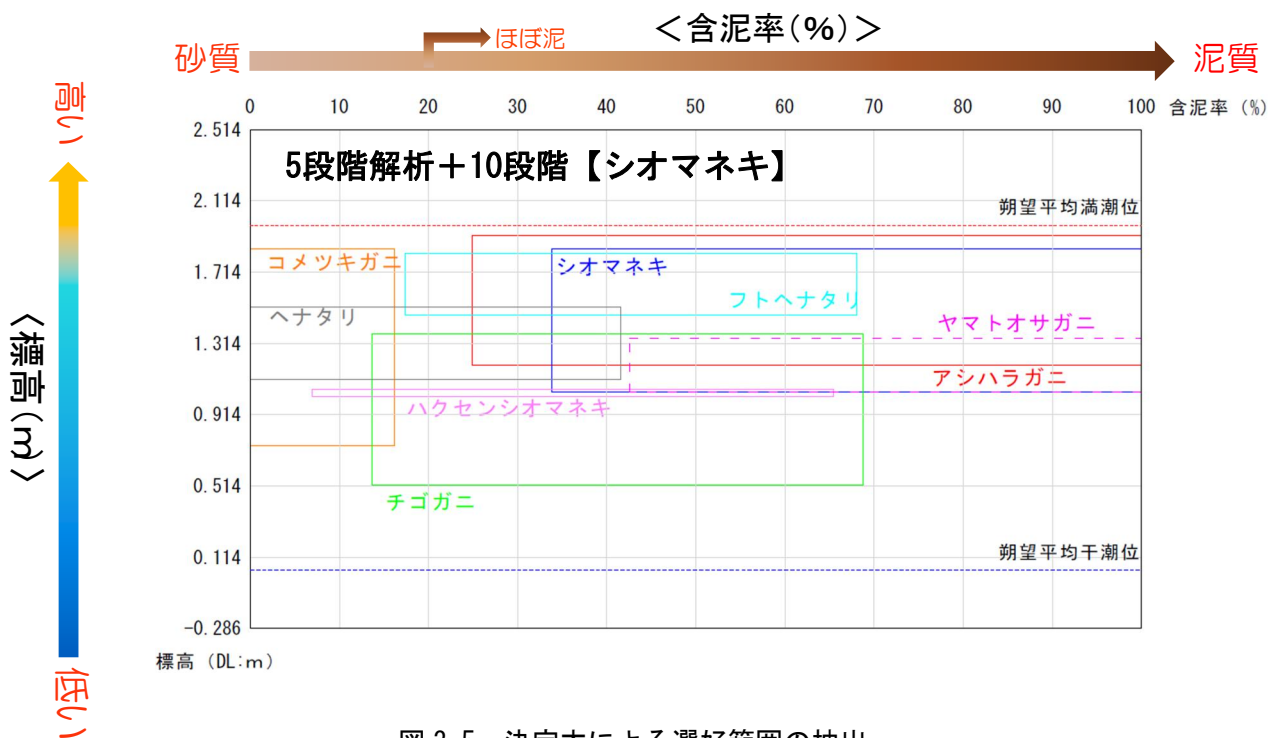


図 3-5 決定木による選好範囲の抽出

表 3-4 決定木を用いた指標種別の選好範囲

指標種	含泥率(%)	標高(m)
シオマネキ	33.85 ~ 100	1.041 ~ 1.843
ハクセンシオマネキ	6.95 ~ 65.5	1.015 ~ 1.055
チゴガニ	13.65 ~ 88.8	0.519 ~ 1.365
コメツキガニ	0 ~ 16.15	0.738 ~ 1.842
ヤマトオサガニ	42.6 ~ 100	1.041 ~ 1.340
フトヘナタリガイ	17.35 ~ 68.05	1.475 ~ 1.820
ヘナタリガイ	0 ~ 41.55	1.113 ~ 1.519
アシハラガニ属	24.85 ~ 100	1.192 ~ 1.919

3.2.3 ロジスティック回帰 (平成 20 年度及び 22 年度に検討。詳細は資料-34 に記す。)

(1) モデル概要

底生動物 (指標種 7 種) の生息環境の定量評価に用いたロジスティック回帰モデルについて以下に示す。

ロジスティック回帰モデルとは、ある現象が発生する確率 P を目的変数とし、その現象の出現を説明する変数群 $\vec{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ との関係が、次のロジスティック関数によって表されるとするモデルである。

$$P(x_1, x_2, \dots, x_n) = \frac{1}{1 + \exp\{-(\alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n)\}}$$

$$P(\vec{x}) = \frac{1}{1 + \exp\{-(\alpha + \vec{\beta} \cdot \vec{x})\}}, P(z) = \frac{1}{1 + \exp\{-z\}}$$

ただし β_1 は係数であり、 $\vec{\beta} = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$ 。また、 $z = (\alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n) = (\alpha + \vec{\beta} \cdot \vec{x})$ である。ロジスティック関数を表す曲線は図 3-6 の実線であり、 $P(z)$ は 0~1 の間の値 (0~100%の間の値) をとる。

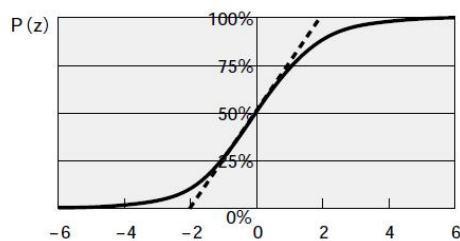


図 4-6 ロジスティック曲線

ロジスティック回帰分析とは、現象の有無と説明変数の値 x_i が明らかになっているデータを分析して先の式の α と各 β_i を求めるものである。説明変数の選択には、変数増減法を利用し、それらの係数 α 、 β_i の決定には最尤法を利用する。

この分析の利点として、

- 1) 種類が異なる複数の説明変数を考慮できる。
(1. 複数の要因を説明変数として取り込むことができる。2. 連続数値項目だけでなく、カテゴリ項目も取り扱うことができる。)
- 2) モデルの性質がよい。
(1. 要因とオッズでみたリスクとの関係を把握しやすい。2. 構築したモデルが安定している。3. 統計ツールを用いれば短時間で分析できる。)
- 3) 確率の予測に適している。

本事業におけるロジスティック回帰は、平成 20 年度と平成 22 年度に検討しているが、平成 22 年度は平成 20 年度を改善したものである。以下に平成 22 年度の解析手順を示す。

- 1) 流路側・ワンド側、湿性植生 (ヨシおよびアイアシに関連する群落) の有り無し、含泥率、標高、含泥率の 2 乗、標高の 2 乗の 6 つの独立変数を用いて変数選択を行う。
→変数減少法によりモデル選択を実施
- 2) 1) で得られたモデルでロジスティック回帰分析を実施
- 3) ROC 分析を実施し AUC 値を算出→モデルの有効性を確認

ROC 分析:連続変数である独立変数と二分変数である従属変数との関係の強さを AUC 値を用いて評価する方法。AUC 値が高いほど(一般には 0.7 以上であれば) 独立変数からの予測能力が高いと判断できる

(2) 結果

ロジスティック回帰による指標種 7 種の検討結果を以下に示す。

解析には 6 つの変数を用いたが、結果として標高、含泥率に関する独立変数は多くの種でモデルの変数として選択され、偏回帰係数も有意である結果を得た。すなわち、モデルの構築には標高と含泥率が必要であるという結果である。

表 3-5 ロジスティック回帰を用いた解析結果

コムツギガニ (AUC:0.6984)					ハクセンシオマネキ (AUC:0.9248)				
	Estimate	標準誤差	オッズ比	P 値		Estimate	標準誤差	オッズ比	P 値
(Intercept)	-3.8667	0.6128	0.02092732	***	(Intercept)	-16.026	2.5485	1.0965E-07	***
標高	9.4867	1.1385	13183.2188	***	標高	19.9119	3.9708	444250877	***
含泥率	-9.8661	1.8377	5.1905E-05	***	含泥率	11.8619	2.0689	141761.309	***
標高 ²	-3.8215	0.5053	0.02189493	***	標高 ²	-7.6505	1.5433	0.00047581	***
含泥率 ²	4.2395	2.5951	69.3731566		含泥率 ²	-14.1764	2.4526	6.9706E-07	***
植生	-0.8091	0.3257	0.44525862	*	植生	0.8713	0.343	2.39001586	*
流路	-1.7959	0.2486	0.165978	***	流路	0.4511	0.5102	1.57003828	

シオマネキ (AUC:0.8354)					フトヘナタリ (AUC:0.8979)				
	Estimate	標準誤差	オッズ比	P 値		Estimate	標準誤差	オッズ比	P 値
(Intercept)	-12.7118	1.7831	3.0153E-06	***	(Intercept)	-73.463	13.0536	1.2457E-32	***
標高	13.2272	2.7538	555264.58	***	標高	86.9017	16.5262	5.5072E+37	***
含泥率	5.1559	0.5049	173.451843	***	含泥率	15.361	3.2892	4690266.68	***
標高 ²	-4.6147	1.0458	0.00990515	***	標高 ²	-26.7006	5.2252	2.5356E-12	***
植生	0.5488	0.3112	1.73117436		含泥率 ²	-19.8012	3.8746	2.5145E-09	***
					植生	1.862	0.4967	6.4365971	***

チゴガニ (AUC:0.8538)					ヘナタリ (AUC:0.9740)				
	Estimate	標準誤差	オッズ比	P 値		Estimate	標準誤差	オッズ比	P 値
(Intercept)	-7.6336	0.6601	0.00048392	***	(Intercept)	-14.887	3.929	3.425E-07	***
標高	7.6328	1.2107	2064.82344	***	標高	18.202	5.758	80357822.4	**
含泥率	17.0324	1.2793	24950389.7	***	標高 ²	-6.097	2.072	0.00224961	**
標高 ²	-3.5806	0.5517	0.02785898	***	含泥率 ²	-6.247	1.814	0.00193625	***
含泥率 ²	-16.2496	1.4368	8.7678E-08	***	流路	-16.443	845.055	7.226E-08	

ヤマトオサガニ (AUC:0.8270)				
	Estimate	標準誤差	オッズ比	P 値
(Intercept)	-3.0817	0.5191	0.04588119	***
標高	-1.556	0.4206	0.2109783	***
含泥率	15.6998	2.1845	6581676.12	***
含泥率 ²	-9.875	2.3138	5.1445E-05	***
植生	-2.0626	0.3529	0.12712302	***
流路	-3.2889	0.7767	0.03729485	***

Estimate : 偏回帰係数および切片

標準誤差 : 偏回帰係数及び切片の標準誤差

オッズ比 : 他の変数を条件づけたもて、当該変数が 1 増えたときの確立の変化の比

P 値 : ※ : P<0.05 : 偏回帰係数は 0 とは有意に異なる

無印 : P>0.05 : 偏回帰係数が 0 であることを棄却できない

3.2.4 HSI (平成 21 年度に検討。詳細は資料-30 に記す。)

(1) モデル概要

HSI モデルについて以下に示す。HSI (Habitat Suitability Index : 生息適性指数) モデルとは、HEP (Habitat Evaluation Procedures : 生息評価手続き) で使用される生物の評価モデルのことで、対象生物のハビタット (生息環境) としての適性を求めるためのモデルである。ハビタットの適性を 0 (不適) ~1 (最適) という値で示す数式で表され、対象生物のハビタットとして成立するために最低限守らなければならない条件を定量的に評価する (「質」×「空間」) ことが可能である。

$$HSI = \frac{\text{調査区域のハビタットの状態}}{\text{理想的なハビタットの状態}}$$

$$HSI = SI_1 \times SI_2 \times SI_3 \cdots \times SI_n \quad SI(\text{Suitability Index}) : \text{対象種の必要因子}$$

HEP とは、複雑な生態系の概念を特定の野生生物のハビタットに置き換え、その適性について定量的に評価する (「質」×「空間」×「時間」) 手法であり、近年、自然再生事業、環境アセスメントにおける代償ミティゲーション、ビオトープ再生活動等々、生態系復元計画において活用されている。

(2) HSI モデル作成の流れ

HSI モデル作成の流れを以下に示す。

評価の対象は、7 種の指標種とした。これまでに検討されたモデル (選好度、決定木、ロジスティック回帰) では、「含泥率」と「地盤高」の 2 つの因子を用いて解析されており、平成 21 年度に実施した HSI モデルの検討においては、2 つの因子を用いた場合の HSI モデルと、「中央粒径」を新たに加えた 3 つの因子の場合についてモデルを検討した。図 3-7 に HSI モデル作成の流れを示す。

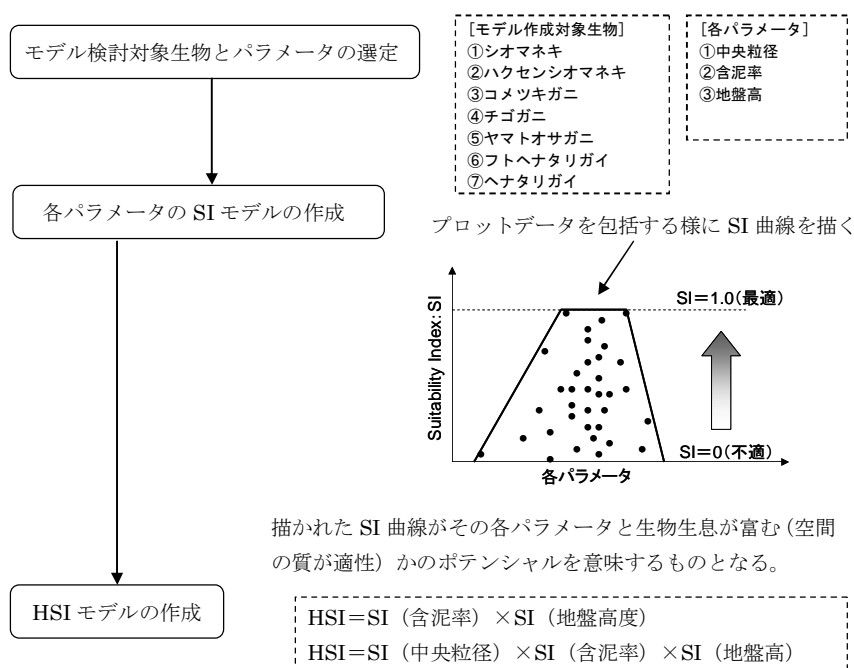


図 3-7 HSI 作成モデルフロー

(3) 因子間の重みを考慮した HSI モデルの作成

モデルの構築に用いる因子の実測データと、計測された個体数の相関を多変量解析によって求める。一般的な HSI モデルを作成する過程の中では SI モデルは各パラメータが 0.0 と 1.0 の間をとるように数値変換しているが、各因子が与える影響度（重み）を考慮できないため、この点が問題視されてきた。

そこで、HSI モデルに多変量解析である重回帰分析を踏まえることで、各パラメータの値に重みを考慮した。導入手法について、HSI モデルに重み係数 W_j を用いて、HSI を以下のように表現する。

$$HSI = \prod_{j=1}^m (SI)^{W_j}$$

この式の両辺の対数を取り、これを展開すると以下のように置き換えることができる。

$$\log(HSI) = \sum_{j=1}^m W_j \cdot \log(SI)_j$$

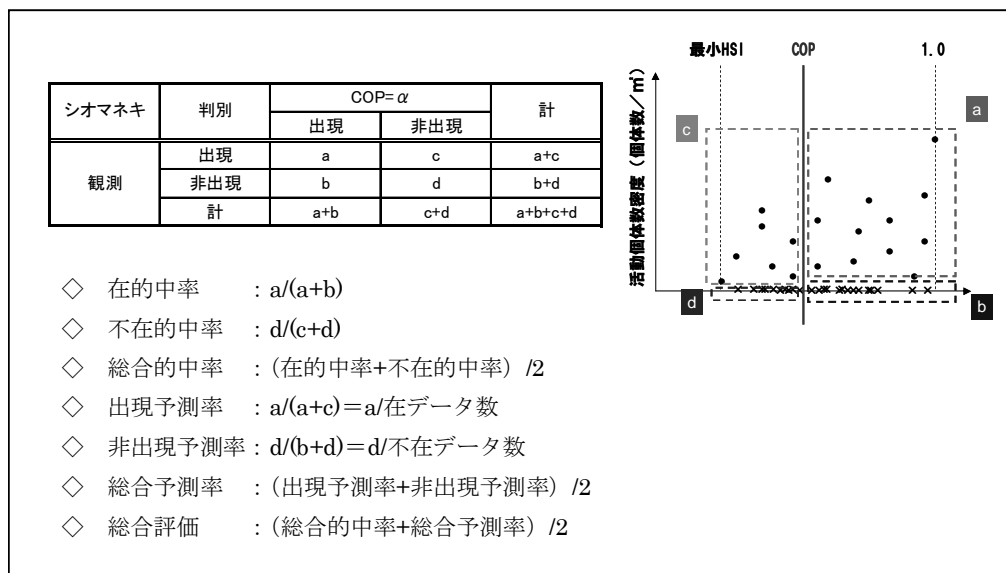
この式は、左辺の $\log(HSI)$ を目的変数、右辺の W_j を標準偏回帰係数、 $\log(SI)_j$ を説明変数とする重回帰式とみなすことができ、右辺の説明変数には、各年度別の作成した SI モデルの SI 曲線上の値を代入し、偏回帰係数に相当する重み係数 W_j の算定を行う。

(4) HSI モデルの総合評価の検討

HSI モデルの再現性の検討方法について以下に示す。

作成した HSI モデルに、対象種が生息しているか生息していないかに関係なく、平成 20 年度の生物調査結果を適応させる。HSI モデルは対象種の生息場のデータに基づいてモデルを構築されているため、最小 HSI 以下には生息できないとされ、モデルの再現性を検討する上で「HSI=最小 HSI~1.0」の範囲で検討する必要がある。そこで、その区間にあるしきい値（COP : Cut Off Point）を設定してモデルの再現性を検討した。

「在的中率」とは、在と予測した（ $COP \leq HSI \leq 1.0$ ）結果のうち、実際に生息していた場を正しく評価した割合、「不在的中率」とは、不在と予測した（ $最小 HSI \leq HSI < COP$ ）結果のうち、実際に生息していない場を正しく評価した割合、「出現予測率」とは、実際に生息していた場のうち、在と予測した（ $COP \leq HSI \leq 1.0$ ）結果が、占める割合、「非出現予測率」とは、実際に生息していない場のうち、不在と予測した（ $最小 HSI \leq HSI < COP$ ）結果が占める割合のことを意味する。在的中率と不在的中率より「総合的中率」を、出現予測率と非出現予測率より「総合予測率」を、これらから「総合評価」を求めた。以下に計算式を示す。



(5) 結果

HSI による指標種 7 種の検討結果を以下に示す。

総合評価を取り入れた手法を用いることで、作成したモデルの妥当性について検討しており、7~8 割程度の再現性を有したモデルを構築した。ただし、これまでに述べた 3 種のモデルでは含泥率、地盤高の 2 つによって構築されているが、HSI においては中央粒径も考慮しており、重回帰分析を実施する際に中央粒径が有効であると選択された指標種に関しては、それを用いてモデルを作成した。

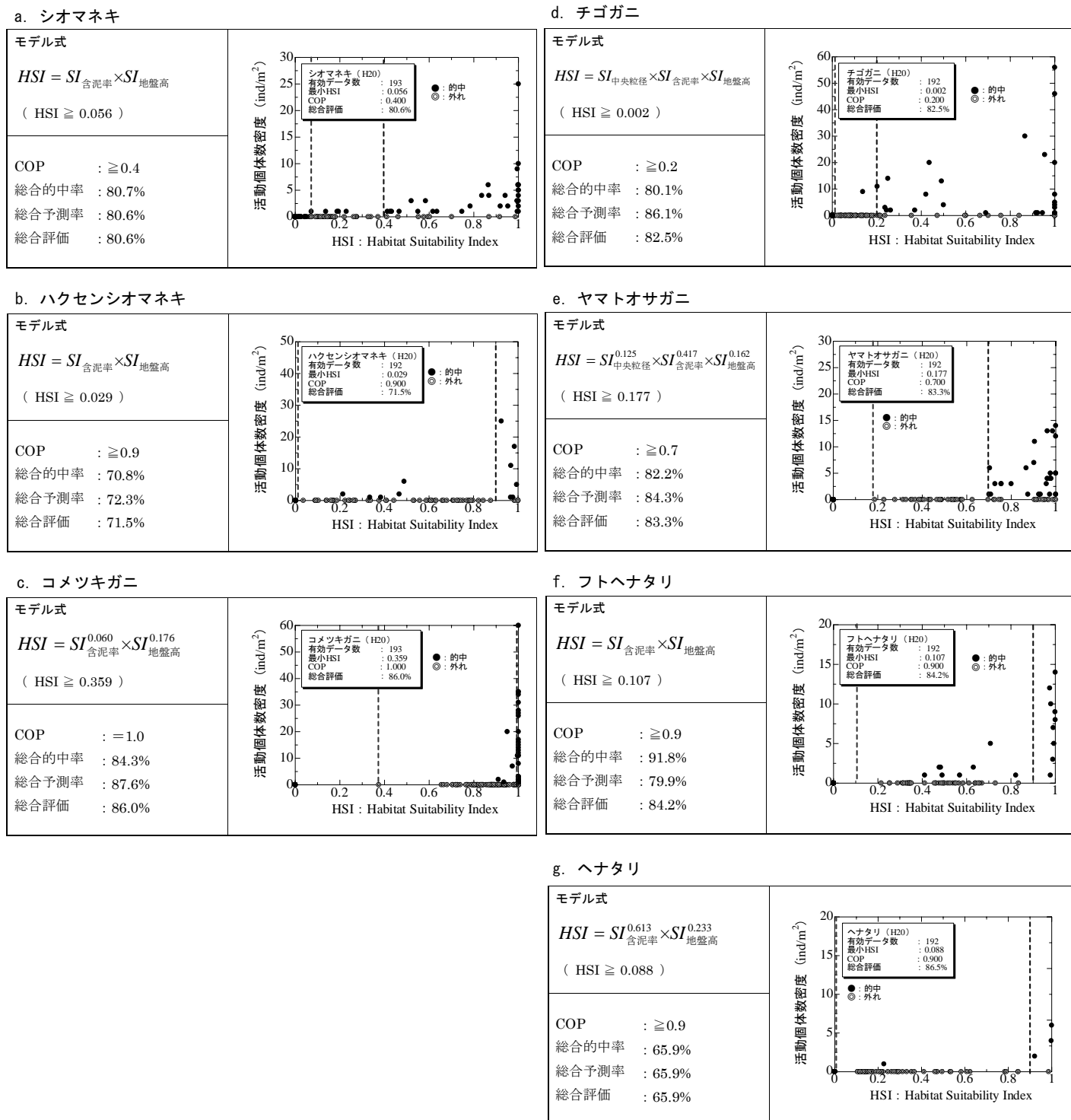


図 3-8 HSI 及び重み付け HSI を用いた検討結果

3.2.5 モデルの選定 (平成 22 年度に検討。詳細は資料-37 に記す。)

3.2.1~3.2.4 で示した 4 種の生息モデルの再現性を比較した。比較方法は、3.2.4 で示した総合評価値を求める手法を用いた。このとき、4 種のモデルは平成 15~19 年度の調査データを用いているため、以降の調査となる平成 20~21 年度の環境モニタリング調査で得られた指標種の生息データを再現の対象とした。図 3-9 に各モデルの総合評価の結果を示す。

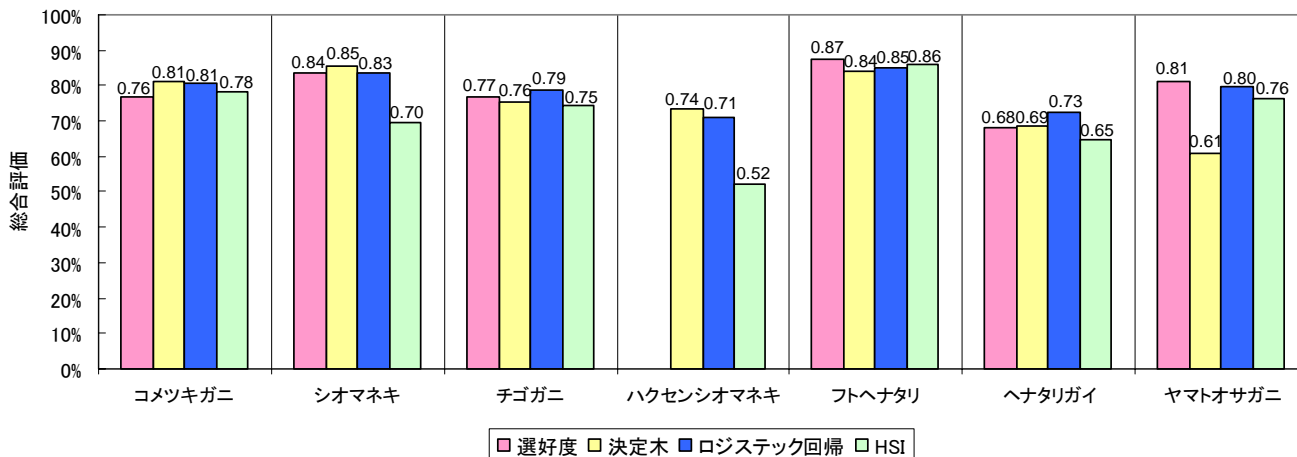


図 3-9 モデルの比較結果 (平成 20~21 年度の総合評価値を平均)

以下に、検討結果について考察した内容を示す。

- ・選好度、決定木、ロジスティック回帰、HSI について、総合評価値を比較した。
- ・HSI と決定木は種により傾向が異なるが、他解析と比較し値が低くなる場合がある。また決定木は感度*1が選好度に比べ低く、種によるばらつきが大きい。
- ・選好度、ロジスティック回帰については、概ね総合評価値に大きな差はない。



○ 底生生物の分布を決める要因の抽出

- ・選好度、決定木、HSI では標高・含泥率のみの解析で総合評価が 0.8 を超える種がある。
- ・ロジスティック回帰においても標高・含泥率に関する独立変数の係数がすべての種で有意。
→底生生物の分布規定には標高・含泥率が重要。

○ 平成 15~19 年度データを基に作成したモデルについて、平成 20~21 年度調査結果を適用し、総合評価値を算出して比較

- ・決定木、HSI は他解析と比較し値が低くなる種が見られた。
- ・選好度、ロジスティック回帰の総合評価値が高かった。

上記の考察を踏まえると、生物生息モデルとしてロジスティック回帰と選好度に有意性があると言える。以下にそれぞれの利点、欠点を示す。

※1: 感度とは、評価対象種の生息を確認した場のうち、モデルに適用させて生息可能場であると判断した場の数の割合。

<ロジスティック回帰>

利点：存在確率が分かる+どの変数に効果があるか分かる。

欠点：特に多項式回帰の場合、標高・含泥率が変化した場合の予測が困難。

<選好度>

利点：標高・含泥率のみを用いてのシンプルな解析だが、いずれの種でも比較的高い総合評価値。

欠点：底生生物の分布を決める要因がある程度、推測できている必要がある。

⇒ロジスティック回帰を実施することで判明。

<結論>

・ロジスティック回帰の実施により底生動物に影響を与えている要因を明らかにする。

→標高と含泥率

・長期的なモニタリングにおいては、明らかになった要因を用いて、選好度による解析を実施。

・閾値を決めるという意味では選好度の方が分かりやすい。(平成 22 年度第 1 回アドバイザー会議)

3.3 ヨシの生育モデルの検討 (平成 22 年度に検討。詳細は資料-37 に記す。)

ヨシの分布と基盤環境の関係について、平成 22 年度にモデル化して解析した。

はじめに、底生動物と同様に、ロジスティック回帰を用いて生育に重要な要因を抽出した。用いた変数は、標高、含泥率、流路側・ワンド側である。また山型の選好度を示した標高については、二乗項も加えてモデル化している。ロジスティック回帰の結果を表 3-6 に示す。

表 3-6 ヨシの分布のロジスティック回帰の結果

ヨシ(二乗項) (AUC : 0.9732)			
	Estimate	標準誤差	P 値
(Intercept)	-20.598	2.101	***
標高	20.526	2.495	***
含泥率	5.1559	0.5049	***
標高 ²	-5.064	0.758	***
流路	-17.943	707.524	

標高、含泥率が従属変数に対して有意な効果 (いずれも正の効果 (標高の 2 乗は負)) がある。

また、ロジスティック回帰以外に、選好度と決定木についても検討しており、以下に結果を示す。

モデルに用いた変数は、ロジスティック回帰において従属変数 (ヨシの有無) への有意な効果が確認された、標高および含泥率における選好範囲を算出した。

・選好度：標高の選好範囲：0.914~2.114m、含泥率の選好範囲：10.0~100.0%

・決定木：標高の選好範囲 (2 区分)：1.42m 以上と 1.184~1.420m、

含泥率の選好範囲 (2 区分)：9.25%以上と 48.55%以上

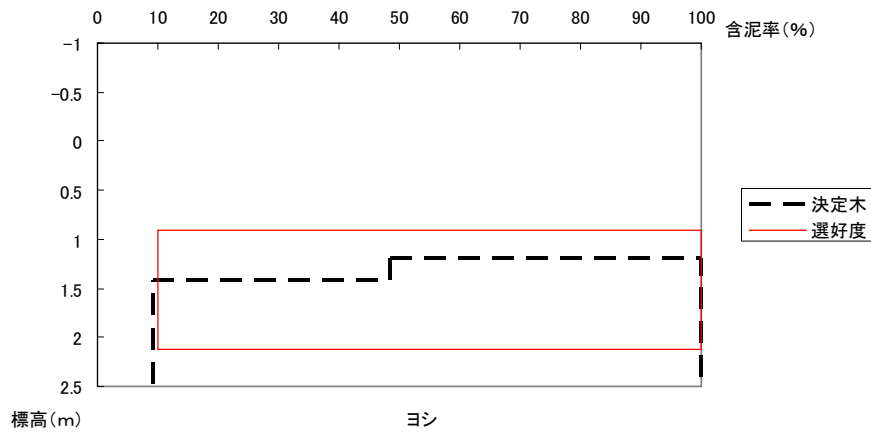


図 3-10 選好度と決定木の選好範囲

次に、総合評価値を表 3-7 に整理した。

表 3-7 各解析の総合評価値

	平成 15～19 年度	平成 20～21 年度
選好度	0.821	0.788
決定木	0.878	0.753
ロジスティック回帰	0.861	0.739
ロジスティック回帰 (二乗項)	0.875	0.741

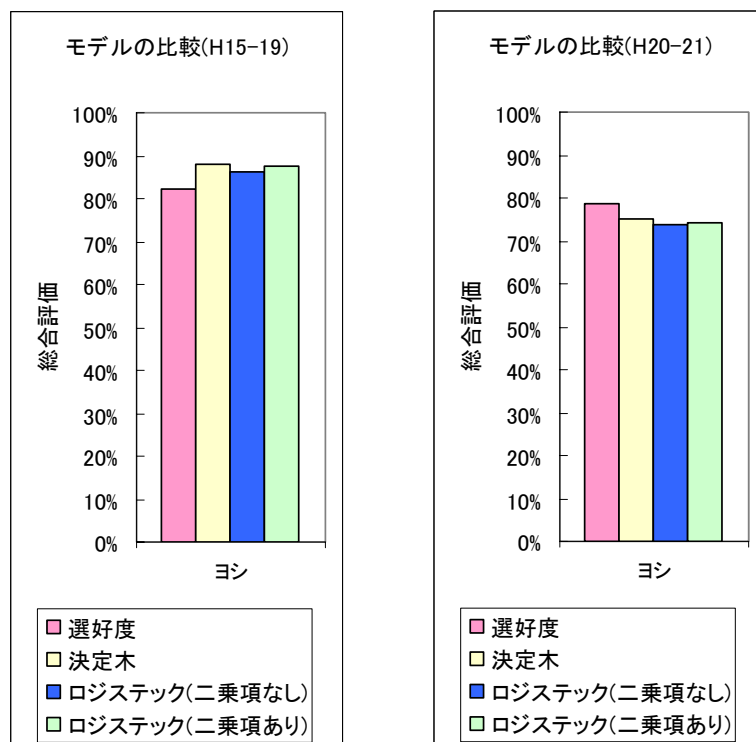


図 3-11 ヨシの各モデルの総合評価結果

- ・平成 20～21 年度の解析では総合評価値がやや下がるが、0.7 以上となり比較的高い値を示した。
→いずれの解析も平成 15～19 年度データを基に決定されたモデルで平成 20～21 年度の調査結果をよく予測したと言える。
- ・どの解析の総合評価値とも高い値を示し、大きな差はないが、平成 15～19 年度では決定木が、平成 20～21 年度では選好度がやや高くなる結果となった。
→底生動物と同様に、ロジスティック回帰を用いた解析の結果、ヨシの分布に標高および含泥率が影響を与えていることが明らかとなった。長期的なモニタリングにおいては、この 2 つに関してモニタリングを行うことでヨシの分布状況の変化を概ね把握できると考えられる。また、モニタリングの際、留意すべき選好範囲については、選好度・決定木の両解析により明らかにした。
→上記にあわせて植生調査を実施し、ヨシ群落の状況をモニタリングすることが望ましい。

<結論>

- ・ヨシの生育モデルは、ロジスティック回帰を用いて標高と含泥率を生育に重要な要因と抽出し選好度と決定木を用いてモデル化したが、平成 20～21 年度の再現性が選好度の方が良い点と、決定木より選好範囲を厳密化していることを踏まえると、選好度が良いと考えられる。
- ・しかし、決定木と選好度どちらも選好範囲が広く、吉野川河口域の潮間帯のほぼ全域で生育可能と評価しているモデルである。現実にはヨシは、波浪、河川流及び潮流などによって場が不安定な箇所には固着せず、安定した場から地下茎で群落を広げていく生活史を有している。それが広大な群落となり、水の影響に対して奥にいくほどに水の流れを緩衝し、安定性を高める。本モデルは、ある程度の再現性（調査時における瞬間的な状況のみ）は有しているものの、在・不在では流れ場の影響を受けやすい場所、受けにくい場所の潜在性の差を表現できない。さらに、モデル構築に用いたデータは、比較的ヨシが生育している場所に偏っているため、予測率が高く評価される傾向にあると言える。

3.4 モデルの精度

3.2 の検討結果から、吉野川河口域における指標種 7 種の生息環境の評価手法として、ロジスティック回帰を用いて生息に強く影響を与える要因を抽出し、標高と含泥率が重要である結果を得て、この 2 つの因子を用いて作成した選好度が最も妥当性があるという結果を得た（選好範囲については表 3-3 を参照、ただし、ハクセンシオマネキについてはモデル化できない）。

次に、選好度によって評価した平成 15～23 年度の生息可能場数の変遷状況を図 3-12 に、モデルの正解率の変遷状況を図 3-13 に、正解率の詳細を表 3-8 に示す。

ヘナタリガイは生息が確認できたデータ数が少なく、作成したモデルの正解率は 70%前後であるが、その他の種の正解率は 75%以上と高く、標高と含泥率のみで生息可能場を高く評価できていると言える。

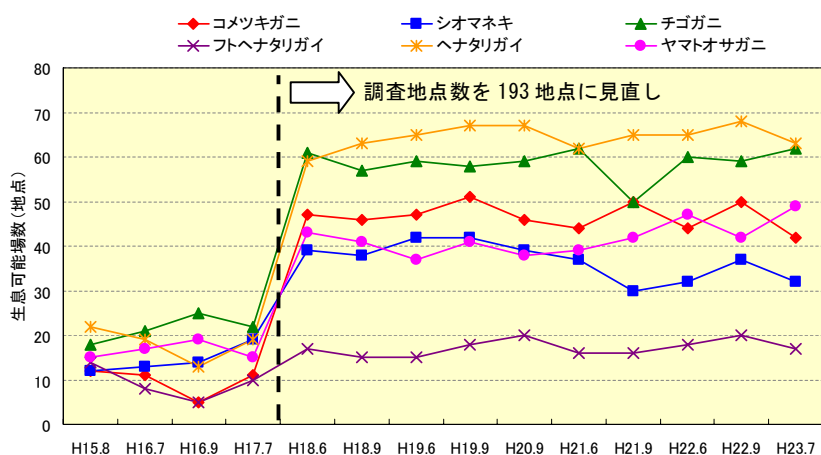


図 3-12 選好度で評価した生息可能場数の変遷状況（底生動物）

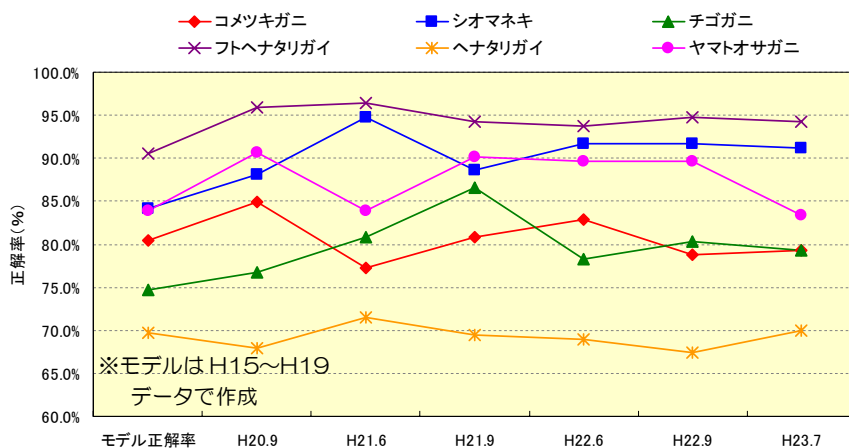


図 3-13 生息モデルの正解率の変遷状況（底生動物）

表 3-8 選好度の正解率の変遷状況（底生動物）

調査年月	コマツギガニ					合計	感度	特異度	正解率
	1	2	3	4					
H23.7	125	14	26	28	193	51.9%	89.9%	79.3%	
H22.9	114	12	29	38	193	56.7%	90.5%	78.8%	
H22.6	124	8	25	36	193	59.0%	93.9%	82.9%	
H21.9	123	17	20	33	193	62.3%	87.9%	80.8%	
H21.6	115	10	34	34	193	50.0%	92.0%	77.2%	
H20.9	128	10	19	36	193	65.5%	92.8%	85.0%	
H19.9	116	21	25	30	192	54.5%	84.7%	76.0%	
H19.6	127	10	17	37	191	68.5%	92.7%	85.9%	
H18.9	121	5	26	41	193	61.2%	96.0%	83.9%	
H18.6	127	8	19	39	193	67.2%	94.1%	86.0%	
H17.7	49	8	1	3	61	75.0%	86.0%	85.2%	
H16.9	39	4	12	1	56	7.7%	90.7%	71.4%	
H16.7	38	6	7	5	56	41.7%	86.4%	76.8%	
H15.8	37	10	1	2	50	66.7%	78.7%	78.0%	
合計	1,383	143	261	363	2,150				

調査年月	フトヘナタリガイ					合計	感度	特異度	正解率
	1	2	3	4					
H23.7	168	3	8	14	193	63.6%	98.2%	94.3%	
H22.9	167	4	6	16	193	72.7%	97.7%	94.8%	
H22.6	167	4	8	14	193	63.6%	97.7%	93.8%	
H21.9	169	3	8	13	193	61.9%	98.3%	94.3%	
H21.6	171	1	6	15	193	71.4%	99.4%	96.4%	
H20.9	170	5	3	15	193	83.3%	97.1%	95.9%	
H19.9	171	5	3	13	192	81.3%	97.2%	95.8%	
H19.6	168	3	8	12	191	60.0%	98.2%	94.2%	
H18.9	174	2	4	13	193	76.5%	98.9%	96.9%	
H18.6	171	3	5	14	193	73.7%	98.3%	95.9%	
H17.7	51	9	0	1	61	100.0%	85.0%	85.2%	
H16.9	51	4	0	1	56	100.0%	92.7%	92.9%	
H16.7	48	6	0	2	56	100.0%	88.9%	89.3%	
H15.8	36	13	0	1	50	100.0%	73.5%	74.0%	
合計	1,882	65	59	144	2,150				

調査年月	シオマネキ					合計	感度	特異度	正解率
	1	2	3	4					
H23.7	157	13	4	19	193	82.6%	92.4%	91.2%	
H22.9	152	12	4	25	193	86.2%	92.7%	91.7%	
H22.6	156	11	5	21	193	80.8%	93.4%	91.7%	
H21.9	153	12	10	18	193	64.3%	92.7%	88.6%	
H21.6	153	7	3	30	193	90.9%	95.6%	94.8%	
H20.9	144	13	10	26	193	72.2%	91.7%	88.1%	
H19.9	146	8	4	34	192	89.5%	94.8%	93.8%	
H19.6	141	14	8	28	191	77.8%	91.0%	88.5%	
H18.9	151	14	4	24	193	85.7%	91.5%	90.7%	
H18.6	153	28	1	11	193	91.7%	84.5%	85.0%	
H17.7	42	16	0	3	61	100.0%	72.4%	73.8%	
H16.9	37	8	5	6	56	54.5%	82.2%	76.8%	
H16.7	40	8	3	5	56	62.5%	83.3%	80.4%	
H15.8	37	7	1	5	50	83.3%	84.1%	84.0%	
合計	1,662	171	62	255	2,150				

調査年月	ヘナタリガイ					合計	感度	特異度	正解率
	1	2	3	4					
H23.7	130	58	0	5	193	100.0%	69.1%	69.9%	
H22.9	125	63	0	5	193	100.0%	66.5%	67.4%	
H22.6	128	60	0	5	193	100.0%	68.1%	68.9%	
H21.9	127	58	1	7	193	87.5%	68.6%	69.4%	
H21.6	131	55	0	7	193	100.0%	70.4%	71.5%	
H20.9	126	62	0	5	193	100.0%	67.0%	67.9%	
H19.9	125	59	0	8	192	100.0%	67.9%	69.3%	
H19.6	125	57	1	8	191	88.9%	68.7%	69.6%	
H18.9	129	60	1	3	193	75.0%	68.3%	68.4%	
H18.6	134	47	0	12	193	100.0%	74.0%	75.6%	
H17.7	42	17	0	2	61	100.0%	71.2%	72.1%	
H16.9	43	12	0	1	56	100.0%	78.2%	78.6%	
H16.7	37	18	0	1	56	100.0%	67.3%	67.9%	
H15.8	27	21	1	1	50	50.0%	56.3%	56.0%	
合計	1,429	647	4	70	2,150				

調査年月	チゴガニ					合計	感度	特異度	正解率
	1	2	3	4					
H23.7	124	33	7	29	193	80.6%	79.0%	79.3%	
H22.9	126	30	8	29	193	78.4%	80.8%	80.3%	
H22.6	125	34	8	26	193	76.5%	78.6%	78.2%	
H21.9	142	25	1	25	193	96.2%	85.0%	86.5%	
H21.6	124	30	7	32	193	82.1%	80.5%	80.8%	
H20.9	128	39	6	20	193	76.9%	76.6%	76.7%	
H19.9	131	28	3	30	192	90.9%	82.4%	83.9%	
H19.6	125	22	7	37	191	84.1%	85.0%	84.8%	
H18.9	124	28	12	29	193	70.7%	81.6%	79.3%	
H18.6	119	27	13	34	193	72.3%	81.5%	79.3%	
H17.7	36	17	3	9	61	75.0%	73.5%	73.8%	
H16.9	28	19	3	6	56	66.7%	59.6%	60.7%	
H16.7	34	17	1	4	56	80.0%	66.7%	67.9%	
H15.8	31	15	1	3	50	75.0%	67.4%	68.0%	
合計	1,397	360	80	313	2,150				

調査年月	ヤマトオサガニ					合計	感度	特異度	正解率
	1	2	3	4					
H23.7	133	21	11	28	193	71.8%	86.4%	83.4%	
H22.9	142	11	9	31	193	77.5%	92.8%	89.6%	
H22.6	139	13	7	34	193	82.9%	91.4%	89.6%	
H21.9	144	12	7	30	193	81.1%	92.3%	90.2%	
H21.6	141	18	13	21	193	61.8%	88.7%	83.9%	
H20.9	150	13	5	25	193	83.3%	92.0%	90.7%	
H19.9	147	13	4	28	192	87.5%	91.9%	91.1%	
H19.6	147	16	7	21	191	75.0%	90.2%	88.0%	
H18.9	150	20	2	21	193	91.3%	88.2%	88.6%	
H18.6	144	19	6	24	193	80.0%	88.3%	87.0%	
H17.7	41	8	5	7	61	58.3%	83.7%	78.7%	
H16.9	29	7	8	12	56	60.0%	80.6%	73.2%	
H16.7	32	4	7	13	56	65.0%	88.9%	80.4%	
H15.8	32	5	3	10	50	76.9%	86.5%	84.0%	
合計	1,571	180	94	305	2,150				

- 1 : 個体数=0、選好度=× (正解) 感度 : 4 / (3+4)
 2 : 個体数=0、選好度=○ (はずれ) 特異度 : 1 / (1+2)
 3 : 個体数>0、選好度=× (はずれ) 正解率 : (1+4) / 合計
 4 : 個体数>0、選好度=○ (正解)

次に、3.3ではヨシの生育環境についてモデル化し、近年の矮性化の要因を物理指標から抽出した。

抽出された要因は標高と含泥率であるが、これらで構成される選好度と決定木のモデルは8割程度の総合評価値を有しており、高い再現性を有していると考えられる。モデル構築に用いたデータが平成15～19年度の調査データであり、平成20～21年度の再現は選好度の方が優れていることから、ヨシの生育モデルは、選好度（標高、含泥率）で評価する方が良いと言える。

選好度によって評価した平成15～23年度の生育可能場数の変遷状況を図3-14に、モデルの正解率の変遷状況を図3-15に、正解率の詳細を表3-9に示す。

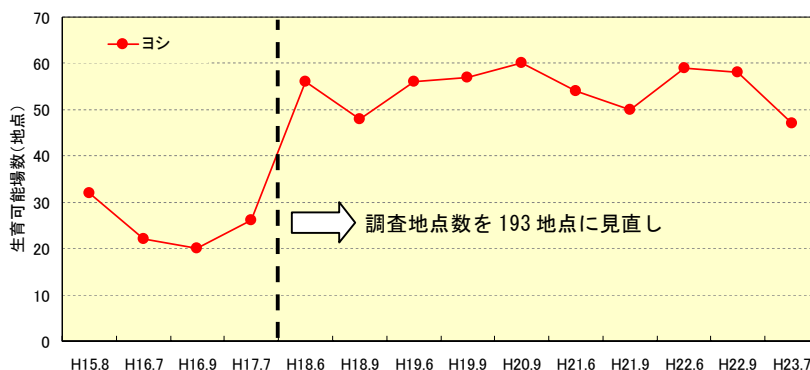


図3-14 選好度で評価した生息可能場数の変遷状況（ヨシ）

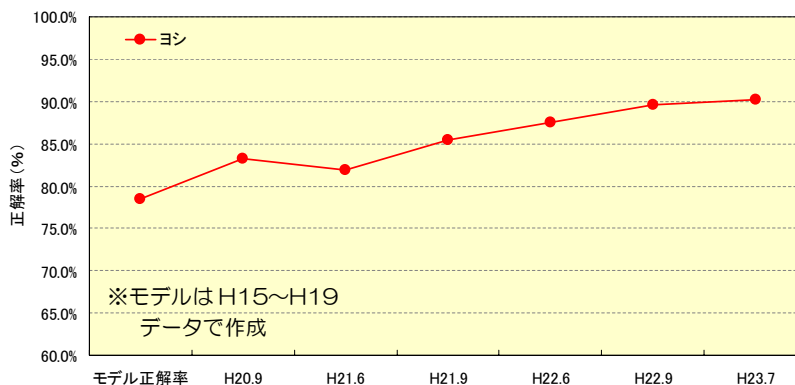


図3-15 生息モデルの正解率の変遷状況（ヨシ）

表3-9 選好度の正解率の変遷状況（ヨシ）

調査年月	ヨシ					合計	感度	特異度	正解率
	1	2	3	4	合計				
H23.7	139	12	7	35	193	83.3%	92.1%	90.2%	
H22.9	132	17	3	41	193	93.2%	88.6%	89.6%	
H22.6	130	20	4	39	193	90.7%	86.7%	87.6%	
H21.9	134	19	9	31	193	77.5%	87.6%	85.5%	
H21.6	127	23	12	31	193	72.1%	84.7%	81.9%	
H20.9	122	23	9	37	191	80.4%	84.1%	83.2%	
H19.9	131	21	4	36	192	90.0%	86.2%	87.0%	
H19.6	130	19	5	37	191	88.1%	87.2%	87.4%	
H18.9	141	12	4	36	193	90.0%	92.2%	91.7%	
H18.6	133	18	4	38	193	90.5%	88.1%	88.6%	
H17.7	35	15	0	11	61	100.0%	70.0%	75.4%	
H16.9	30	12	0	8	50	100.0%	71.4%	76.0%	
H16.7	28	14	0	8	50	100.0%	66.7%	72.0%	
H15.8	18	25	0	7	50	100.0%	41.9%	50.0%	
合計	1,430	250	61	395	2,136				

- 1：個体数=0、選好度=×（正解）
 - 2：個体数=0、選好度=○（はずれ）
 - 3：個体数>0、選好度=×（はずれ）
 - 4：個体数>0、選好度=○（正解）
- 感度：4 / (3+4)
 特異度：1 / (1+2)
 正解率：(1+4) / 合計

3.5 課題

<底生動物>

選好度はモデルを構築してしまえば、今後の環境モニタリング調査（事後調査を含む）で標高と含泥率のみを計測することで、生息場を容易に評価する事が可能であり、事後調査において橋梁の影響を評価しやすいと言える。しかし、評価対象種の在・不在を評価するのみで、潜在性（その場に生息する確率や個体数等）について評価することができない。この点では、総合評価値は落ちるが、ロジスティック回帰や HSI 等の潜在性が把握可能な評価手法に注目する必要がある。

<植物（ヨシ）>

物理指標（標高、含泥率）のみでヨシのモデル化を行ったが、ヨシの生活史を踏まえると妥当性のあるモデルとは言えない。その理由として、ヨシは安定性を産み出す基盤環境に近いものであり、日々の潮流や波浪などを緩衝する作用を有していると言える。すなわち、流れ場の影響を受けやすい場には生育が不適であり、ヨシが流れ場から何層にも重なり、奥に行けば行く程に群落としての維持を確保しつつ、形成される。構築したモデルでは、広い範囲を選好範囲としており、言うなれば吉野川河口域の泥場の潮間帯であればどこにでも生育可能と評価しているに等しい。また、モデルの構築に用いたデータは、比較的ヨシが生育している場所に偏っているため、予測率が高く評価される傾向にあると言える。

ヨシの生息モデルの構築には、地中の塩分濃度や硫化物などの化学的指標に対する好適性、生活史を捉え、さらには生物間相互作用なども考慮する必要がある。しかし、「橋脚が地形に与える影響の予測が可能な指標を用いる」という点に着眼する必要性があり、ヨシの生活史以上に、標高や含泥率などの推定可能な指標でモデルを構築しなければならなかったことが、ヨシの生物モデルを構築する上での制限であったと言える。