

国内動植物 8 種における HSI モデル検討の試み  
 Proposal of Habitat Suitability Index Models for Eight Native Species

伴 武彦\*<sup>1</sup>  
 Takehiko Ban

1. はじめに

(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(以下、本研究会という)では、2000 年度より環境影響評価における自然環境への影響評価技法を研究しており、その一環として、国内 8 動植物の HSI モデル(Habitat Suitability Index Model、ハビタット適性指数モデル)案の構築に取り組んでいるところである。

わが国では、平成 11 年 6 月に施行された環境影響評価法に基づく基本的事項(平成 9 年環境庁告示第 87 号)に「予測評価においては、可能な限り定量的手法を用いる」旨が記載された。これにより、従来は定性的な予測評価に基づき環境保全措置が検討されることの多かった自然環境分野についても、定量的な予測評価手法の導入、より具体的かつ効果がみえやすい環境保全措置の検討が期待されている。

HSI モデルは米国の NEPA(National Environmental Policy Act)に最もよく利用される HEP(Habitat Evaluation Procedures)で用いる定量的な予測評価ツールである。

わが国においても過去にいくつかのグループが、学術的観点から HSI モデルの開発を試みているが、国内の環境アセスメントでの活用を前提に具体的な開発手法やその適用方法について検討した事例はほとんどない。

その理由としては、日米での制度面での違い、環境アセスメントの考え方の差異もあるが、どのようにすれば HSI モデルを構築することができるのか、その知見が少ないことも大きな理由の一つであろう。

また、実際の環境アセスメントで事業ごとに開発される HSI モデルは、予算的にも時間的にも制約を受けることが予想されるが、その際に必要とされるモデルの精度についても十分な検討がされているとはいえない。

本研究会では、これらの課題を踏まえ、環境アセスメント実務者の視点から具体的な種を対象に HSI モデル構築を試み、その過程における問題点や課題

等を整理することで、今後のアセスでの運用面における一助となればと考えた。

なお、本研究の一部には、環境省が平成 14 年度に実施した事業内容が含まれている。

2. 検討内容

HSI モデル対象種の選定

モデル対象種としては、ムササビ(陸生哺乳類)、サシバ(鳥類)、トウキョウサンショウウオ(両生類)、オオムラサキ(昆虫類)、カジカ(淡水魚類)、メバル(海生魚類)、ハクセンシオマネキ(干潟甲殻類)、エビネ(陸上植物)の 8 種を選定した。

選定にあたっては、国内アセスにおいて保全対象として取り上げられる頻度の高さを考慮したほか、陸上域・淡水域・海水域等の生息環境、分類群、種の情報の充実度、専門家の有無などが選定の根拠となった。また、モデル構築方法を検討するために既存の定量化モデルの有無等も重視した(表 1)。

実際のアセスでは、当該地域で希少性の高い種や生態系を代表する種などが優先して選ばれるべきである。しかし、今回の種選定の時も議論となったが、HSI モデルに向かない種特性というものもあるかもしれない。すなわち、HSI モデルでは対象地域を当

表 1 モデル対象種と選定の視点

対象種	分類群	生息域	選定の視点
ムササビ	哺乳類	陸域	・国内選定案件数が多い ・里地・郊外に生息する ・研究情報が入手しやすい
サシバ	鳥類	陸域	・猛禽類である(保全要求高い) ・里地・郊外に生息する ・研究情報が入手しやすい
トウキョウサンショウウオ	両生類	陸域～ 陸水域	・里地・郊外に生息する ・研究情報が入手しやすい ・調査フィールドがある
オオムラサキ	昆虫類	陸域	・国内選定案件数が多い ・里地・郊外に生息する ・研究情報が入手しやすい ・調査フィールドがある
カジカ	淡水魚類	陸水域	・国内選定案件数が多い ・保全要求性高い ・他の数理モデル(PHABSIM)がある
メバル	海水魚類	海水域	・藻場に生息する ・類似の生活史を持つ種の米国 HSI モデルがある ・研究情報が入手しやすい
ハクセンシオマネキ	甲殻類	海水域	・干潟に生息する ・国内で HSI モデルの検討がされている(四国地域) ・調査フィールドがある
エビネ	植物	陸域	・里地・郊外に生息する ・保全要求性高い

\*:(社)日本環境アセスメント協会・研究部会  
 1:(株)ポリテック・エイディディ

該種のハビタットとしての質と量の積で評価するため、タヌキなど都市環境にも適応性が高い種では評価しにくい可能性がある。また、植物では乱獲を受ける可能性の高い種の場合、生育の有無と生育環境の良否の判断が難しい。

また、事業特性によっては HSI モデルそのものの適用が難しい場合もある。これらについては、今後のさらなる検討が必要である。

#### HSI モデル作成におけるガイドライン案の検討

USFWS (U. S. Fish & Wildlife service、米国野生動物局) では HSI モデル構築にあたって参照すべき ESM103 (Ecological Service Manual 103) を作成しており、国内には田中 (1998) らによって紹介されている。

これらを参考に、さらにトウキョウサンショウウオのモデルを構築した流れを踏まえてガイドライン案を作成した。

トウキョウサンショウウオの検討に基づく、モデル構築の手順は図 1 に示すとおりである。

モデルの精度にも関係するが、アセスに実際に用いる段階にいたるまでには、おおむね 2 次、3 次段階以上の検討が必要と考えられた。各段階のモデルの特性を整理すると、以下のとおりになる。

1 次モデル：既存文献や専門家の知見に基づき構築した HSI モデルで、当該種に係る現在の知見を集約した基本的なモデルである。ただし、あくまで専門家の知見によっているもので、数値等のデータと個体数との相関については検討されていない場合があることや、現地での実測が難しい環境要素が変数に取り上げられている場合がある。ここで、もっとも重要なことは、適切に変数候補が十分に抽出されていることである。

2 次モデル：一次モデルについて、現地調査等により、環境要素 (= 変数) の見直しを行った段階のモデルである。ただし、生息非生息、個体数との相関検証については収集可能なデータの範囲で行う。

3 次モデル：二次モデルをベースに、具体的な対象地における当該種の生息非生息、あるいは個体数との関係性に注目して変数と SI グラフの見直しを行う。実際のアセスでは、最低でもこのレベルでのモデルの適用が必要と考えられる。なお、このモデルはあくまで当該地域版なので、他の地域で適用する場合には注意が必要と考える。

なお、モデルは地域やデータによって、変数の重

み付けや SI の設定が変化することも想定されるため、随時の更新を前提とした利用体制と、対象地域や事業にうまく適用させるコンサルタントの技術が問われることになる。

#### 国内 8 動植物種における HSI モデル案の構築

生息・生態情報の多寡、既存モデルの有無等の状況を踏まえて、国内 8 動植物種の HSI モデル案構築を行った。各種のモデルの概要は、表 2 に示すとおりである。

なお、実際の環境アセスメントでは、地域特性により、対象となる種は異なることが想定される。また、種によって得られている情報の量は様でなく、個々の HSI モデル構築においても、臨機応変な対応が必要とされるであろう。本研究会では、これらの想定を踏まえ、いくつかの構築手法を試みた。以下にその内容の一部を紹介する。

#### 1) 既存知見による手法と統計的手法の活用について

ESM103 には、既存の知見を集積してモデルを構築する手法のほか、多変量解析など統計的手法を用いた構築手法も示されている。本研究では、サシバにおいて多変量解析手法を用いた構築を行った。

統計的手法では再現性の面から説得力のあるモデルを構築することが可能であるが、生息情報と環境情報のデータセットが存在している必要があること、

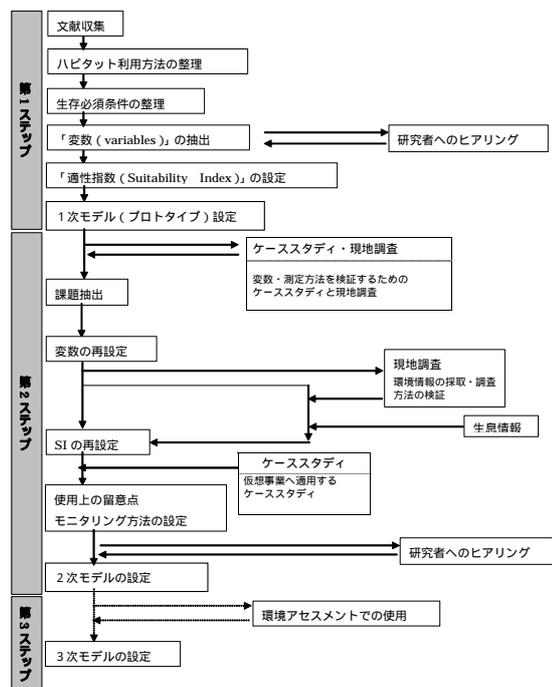


図 1 モデル構築の手順案

地域データごとにモデルが変わる可能性があること、後からデータを追加する場合のデータの取り方に統一性・信頼性を確保する必要があることなどが課題となる。一方で、専門知見のみでモデルを構築する場合には、専門家等へのヒアリングを広く行い、現時点での知見を網羅的に行う必要がある。

これらについては、モデルの文書化、あるいは管理などの面で十分な配慮が必要と考える。

## 2) 既存のモデルを利用した構築方法について

ESM103 において、当該種について既存のモデルが存在する場合には、時間とコスト削減のために積極的な利用が推奨されている。

本研究会では、対象種について既存の定量評価モデルが存在するハクセンシオマネキ、カジカ、及び類似の生活史を持つ種について米国で HSI モデルが存在するメバルの 3 種について、この手法を試みた。

本手法は、どの程度情報を利用するかにもよるが、情報の収集や変数の抽出などにおいて、時間の削減が期待できた。ただし、地域性を正確に反映するためには、対象地域のデータを取る必要があること、また、既存のモデルの変数の取捨や SI の再設定のた

めには、既存モデルの作成者の意図等を十分に汲み取る必要があると考える。

そのために、既存モデルや専門家への十分なヒアリングを行うと同時に、可能な範囲で既存モデルのバックデータの入手や現地データセットによる検証を行う必要があると考える。

## 3) 植物の HSI モデルの可能性について

国内の環境アセスメントでは、動物種だけでなく植物種についても保全を求められる場合が多い。

本研究会では、植物（エビネ）について HSI モデルの検討を行った。植物種については、移植による保全事例が多いが、移植の妥当性や移植地の適性判断のために、生育環境を質と量で評価する HSI モデルは有効なツールになると考えられる。

しかし、一方で、植物は生態系中では生産者の位置にあり、多くの動物種の HSI モデルにおいても生息基盤とみなされる植物（植生）は、適性を判断するための環境要素が光条件や水分条件などの、より直接的な環境要素に偏りやすくなる。このような環境要素は自然条件下でのコントロールが難しいなどの問題がある。また、乱獲などの影響で本当は生育

表 2 国内 8 動植物種の HSI モデルの概要

対象種	モデル構築方法	検証段階	モデル式	変数
ムササビ	既存文献 専門家ヒアリング	1次 モデル	$HSI = (V13 \times V2 \times V3)^{15}$	V1:「最老樹木の樹齡」、V2:「高木層の植被率」、V3:「広葉樹の占有率」
サンバ	既存文献 専門家ヒアリング 多変量解析	1次 モデル	$HSI = (V1 \times (V2 \times V3 \times 0.5 \times (V4 + V5)))^{15} \cdot 12$	V1: $= 1 / (1 + e^{-E})$ E = 11.98 × 谷津田面積 + 3.86 × 谷津田面積に対する斜面林面積 - 9.408 V2: 谷幅、V3: 草丈、V4: 耕作率、V5: 水陸離岸率
トウキョウ サンショウウオ	既存文献 専門家ヒアリング 現地調査 多変量解析	3次 モデル	・繁殖・産卵場の HSI: $(V1 \times V2 \times V3 \times V4)^{14}$ ・成体生息環境の HSI: $(V5 \times V6 \times V7)^{15}$ 繁殖場と成体生息環境を個別に評価	V1: 産卵場の水深、V2: 産卵場面積の変化率、V3: 産卵場の天空率、 V4: 産卵場と樹林との距離、V5: 広葉樹林の割合、 V6: 高木・亜高木層の植被率、V7: 土壌硬度
オオムラサキ	既存文献 専門家ヒアリング	1次 モデル	$HSI = (V1 \times V2 \times V3 \times V4 \times V5 \times V6)^{16}$	V1: 広葉樹林面積（成虫の餌、行動範囲） V2: エノキの胸高直径（成虫の産卵、幼虫） V3: 林縁からの距離（成虫の産卵） V4: 植被率（幼虫の越冬条件） V5: リターの厚さ（幼虫の越冬条件） V6: 樹林率（幼虫の目立ち度合い）
カジカ	既存文献 既存モデルの利用 専門家ヒアリング	1次 モデル	$HSI = (Ca \times Cj \times Cy \cdot nb \times Cb)^{14}$ Ca = V1 [生活史全般] Cj = $(V2 \times V3 \times V4 \times V5)^{14}$ [稚魚期] Cy · nb = $(V6 \times V7 \times V8 \times V10)^{14}$ [未成魚期及び非繁殖期] 又は = $(V6 \times V7 \times V8 \times V9 \times V10)^{15}$ (V9: 浮き石率) Cb = $(V11 \times V12 \times V13 \times V14)^{14}$ [繁殖期成魚期] 又は = $(V11 \times V12 \times V13 \times V14 \times V15)^{15}$ (V15: 空隙のある扁平・埋没石率)	[生活史全般] V1: 清浄度合い [稚魚期] V2: 水深、V3: 流速、V4: 底質、V5: 夏季最高水温 [未成魚・成魚期] V6: 水深、V7: 流速、V8: 底質、 V9: 浮き石割合、V10: 通年水温 [成魚期] V11: 水深、V12: 流速、V13: 底質、 V14: 空隙のある扁平・埋没石割合、V15: 産卵適水温
メバル	既存文献 既存モデルの利用 専門家ヒアリング	2次 モデル	通年の HSI = (春の HSI + 秋の HSI) / 2 春の HSI = V1、又は $(V2 \times V3 \times V4)^{15}$ の低い方 秋の HSI = V5、又は $(V6 \times V3 \times V4)^{15}$ の低い方	V1: 春の平均水温、V2: 春の植生、V3: 海藻類の植被率、 V4: メバルが入り込む空隙、V5: 秋の平均水温、V6: 秋の植生
ハクセン シオマネキ	既存文献 既存モデルの利用 専門家ヒアリング 現地調査	2次 モデル	$HSI = (V1 \times V2 \times V3)^{15}$	V1: 高度（平均水面からの高さ幅） V2: 強熱減量（干潟泥の有機物量） V3: 粗粒分の中央粒径（74 μm 以上の粒分の中央値）
エビネ	既存文献 専門家ヒアリング	2次 モデル	$HSI = (V1 \times V2 \times V3 \times V4)^{14}$ $HSI = ((V1 \times V2 \times V3 \times V4)^{14} + V5) / 2$	V1: ラン菌の存在、V2: 斜面方位及び地形 V3: 低木層（S層）における被度、V4: 樹林構成、 V5: ホリネータの存在

注 1) ここでは 8 種の HSI モデルの概要のみを記載している。トウキョウサンショウウオ、メバル、カジカについては本研究発表会で報告する内容を参照されたい。その他の種の詳細については「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 2004)を参照されたい。

注 2) これら 8 種の HSI モデルについては検討中でありまだ実用段階にない。

適地であっても実際に生育していない場合もあり、適性評価が難しいなどの問題もある。そこで本モデルの適用にあたっては、現存個体については影響回避することを前提に、環境保全措置において樹林の質を高めるツールとして用いることに主眼においたモデルとした。

#### HSI モデルを利用した自然環境影響評価の例

トウキョウサンショウウオのモデル(3次モデル)を用いて、仮定の面整備事業に適用するケーススタディを実施した。

HSI モデルを用いることで、代償ミティゲーションの評価だけではなく、低減や回避措置の効果も含め、ミティゲーション計画をわかりやすく説明する有効なツールとなりうると考えられた。

一方で、モデルの精度、合意形成の進め方、モニタリング規定の必要性など課題も指摘された。

### 3. おわりに

本研究の間にも、HSI モデルやその他の定量的な予測評価手法についての研究や報告例は着実に増えつつある。また、本研究の成果でも、実務者レベルでの HSI モデルの構築の可能性は示せたかと思う。

今回検討した 8 種についての HSI モデルは今後、現地データセットによる検証、専門家や学会発表を通しながら引き続き精度向上に努める。これらのモデルは、ウェブ等で公開し広く意見を求め、反映させる予定である。

一方で、実際の環境アセスメントへの定量的予測評価手法の適用は、まだ進んでいるとはいえない。その原因として、第一に、実際の環境アセスメントのスケジュールの中で、どのように HSI モデルを適用し、またどのように評価書に記載していくのかといった問題がまだ解決されていないことが挙げられる。また、複数種の扱い方、事業特性による HSI モデルの適性非適性といった検証はまだされていない。

本研究会では、次のステップとして、里山地域、沿岸地域の 2 地域を対象に、複数種の HSI モデルを用いたケーススタディを実施予定である。次回はその経過報告を行うことができるのでないかと考える。

### 4. 謝辞

本研究を進めるにあたっては、武蔵工業大学田中章助教授はじめ、多くの学識者、専門家の方々に貴重なご意見を頂いた。ここに深く謝意を表す。

また、8 種のモデルの検討にあたっては、当該種を専門とする多くの学識者、専門家の方、市民団体等の方から意見、アドバイス、データ提供等の惜しみないご協力をいただいた。ここに厚く御礼申し上げます。

最後に、多忙な実務の傍ら、環境アセスメントの発展のために自らの時間を割き、労力を注がれた本研究会のメンバー全員に改めて御礼申し上げたい。

### 5. キーワード

HEP、HSI モデル、定量的環境影響評価

### 6. 参考文献

誌面の都合より、下記以外の文献は、本研究会の成果報告書( (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 2004) を参照されたい。

- ・ Ecological Service Manual 103 ( U. S. Fish & Wildlife service 1981)
- ・ 田中章( 1998)生態系評価システムとしての HEP . 「環境アセスメントここが変わる」(「環境アセスメントここが変わる」編集委員会編) ,pp. 81-96 . 環境技術研究協会 , 大阪
- ・ (財)日本生態系協会( 2001) ヘップ( HEP) 国際セミナーテキスト