

ツキノワグマの *Ursus thibetanus* HSIモデル ver.1.0

ハビタット
評価モデル
シリーズ 8



△(財)日本生態系協会

Ecosystem Conservation Society - Japan

ハビタット評価モデルシリーズの刊行にあたって

自然と共存する美しい日本の再生が、今、求められています。20世紀は、我々と将来世代の重要な財産である自然環境が、国内外を問わず徹底的に損なわれ、失われた、「ネットロス」の時代でした。今世紀に入って、持続可能な社会の構築が世界共通の最重要課題となり、日本においても国土のランドデザインを描き直し、残された自然環境の総量を確保すること（ノーネットロス）と、失われた自然を再生すること（ネットゲイン）が焦点の課題となっています。これらの難題に対しては、我が国でも環境アセスメント制度や自然再生事業をはじめ、様々な施策が徐々に制度化されつつあります。しかし、どのような施策にせよ、その実効性を高める上で欠くことのできないツール、それが、適切な環境評価手法です。

現在、日本で最も注目されている環境評価手法に、アメリカ合衆国で約30年の実績をもつ、「ハビタット評価手続き（HEP, ヘップ）」があります。ヘップのコンセプトは、選定した評価種の生息環境（ハビタット）の価値を、ハビタットの質と、ハビタットの量、時間という3軸によって定量化するというものです。

ヘップは、定量スケールであること、シンプルで分かりやすいこと、標準化されていること、柔軟で適用範囲が広いことなど、合意形成ツールとして優れた特長を有し、環境アセスメントや自然再生事業、絶滅危惧種の保護管理といった幅広い分野で成果を上げています。日本においても、今後ヘップの活躍する場面が増えていくことは間違いありません。

本シリーズは、ヘップにおいて使用される HSI モデルを、主要な日本産野生生物について作成し、冊子として逐次公表することにより、我が国におけるヘップの普及ならびに適切な環境評価の実現に寄与することを目的として刊行されました。

本シリーズにおいて、各冊子は原則的に3部構成となっています。第1章では、既存文献を基に、対象種の生態やハビタット利用に関する情報が整理されています。第2章では、第1章の情報を踏まえた上で、野生生物とハビタットに関するデータを用いて、モデルの構築が行われます。そして、構築されたモデルは、第3章であらためて整理されます。すなわち、第3章がモデルそのものであり、第1章と第2章はモデルの根拠を述べた部分となります。

従来の HSI モデルでは、根拠が不明確なまま、主観的、感覚的にモデルが構築される場合も少なくありませんでした。本シリーズでは、対象種の生態に詳しい専門家の経験や感覚を尊重しつつも、極力、科学的、客観的なプロセスによりモデルの構築を行うよう努めています。このため、「どのようにモデルを構築したのか」という点を重視した構成となっています。

冊子のタイトルに付された ver.（バージョン）は、これらのモデルが常に改良の途上にあることを示しています。従って、今後もモデルの信頼度や使いやすさを高めるため、適宜、モデルのバージョンアップが検討されることとなります。その際には、モデルを利用された皆様からのご意見が欠かせません。対象種の生態やモデルの構築方法、使い勝手等についてお気づきの点があれば、巻末の連絡先までコメントをお寄せください。また、本シリーズでは、今後もモデルの種類を追加していく予定です。新たなモデルに関するご提案も歓迎します。

より良いモデルの構築、科学に基づいた環境評価の実現、ひいては日本の生物多様性の保全と回復のために、今後とも、皆様のご理解とご協力をお願い申し上げます。

最後となりましたが、本シリーズの刊行にあたっては、アメリカ合衆国内務省地質調査所、(財)日本生態系協会専門研究委員諸氏の方々をはじめ、多くの識者のご協力、ご指導をいただきました。ここに記して厚く御礼申し上げます。

2004年6月

(財)日本生態系協会 会長 池谷 奉文

1. ハビタット利用に関する既存文献情報

1 概要	2
2 食物	2
3 水	2
4 カバー	2
5 繁殖	2
6 行動圏	3
7 生息地の規模・連続性	3

2. ハビタット適性指数モデルの構築

1 方法	4
a 使用データ、分析エリア、パフォーマンス・メジャー	4
b ハビタット変数候補の定義	4
c 生存必須条件ごとの適性モデルの検討	5
d HSI への統合式の検討	5
2 結果	5
a 食物供給指数	5
b 生存必須条件ごとの適性モデルの検討	8
c HSI への統合式の検討	10
3 考察および今後の課題	10

3. ハビタット適性指数モデル

1 モデルの適用範囲	12
a 地理的範囲	12
b 季節	12
c 最小ハビタット面積	12
2 モデルの構造およびハビタット変数の定義	12
3 生存必須条件の算出式	12
4 HSI 算出のための統合式	13

4. 謝辞	13
-------	----

5. 引用文献	13
---------	----

6. 利用規約および利用申請書	15
-----------------	----

Ursus thibetanus

ツキノワグマ

の HSI モデル ver. 1.0

1

ハビタット利用に関する既存文献情報

1 概要

ツキノワグマ (*Ursus thibetanus*) は、イラン、アフガニスタンから、パキスタン、ネパール、東南アジア、中国南部および東北部、ロシア南東部、朝鮮半島、台湾などを経て日本に至るアジア地域に生息する (Yamazaki 2009)。体長 1 ~ 1.6メートルで、成獣の体重は 30 ~ 120kg 程度であり、主に森林を生息地とする (羽澄 1996)。日本では、本州・四国の落葉広葉樹林帯を中心に生息する。なお、九州では絶滅した可能性が高い。西日本を中心に生息地の分断・孤立化が進んでおり、紀伊半島、東中国地域、西中国地域、四国山地、九州地方、下北半島の 6 地域の個体群が絶滅の恐れのある地域個体群 (LP) とされている (環境省 2007b)。一方で、人間活動との軋轢も多く発生し、農作物 (穀類・野菜)・果樹・造林木への加害、人身被害は各地で発生している。そのため、年間 1,000 頭以上が有害鳥獣捕獲や個体数調整によって捕獲されている (環境省 2007a)。また狩猟獣に指定され、東日本を中心に、年間 500 頭前後が捕獲されている。

2 食物

それぞれの地域の植生や季節に柔軟に対応した食性を持っていると考えられる。本種は雑食であるが、植物食の傾向が強い (Yamazaki 2009)。春は、芽吹き直後の草本類や、木本類では主に新芽や花などを食べる。夏には、草本類に加え、ササ類のタケノコ、高茎草本、キイチゴやサクラ類の核果類を採食する。

秋には、冬眠を前に脂肪を蓄えるため、ブナ科植物 (ブナ、ミズナラ、コナラ、クリ) の堅果類や、ミズキ、オニグルミ、アケビ、サルナシ、ヤマブドウなどの果実を大量に食べる (橋本・高槻 1997)。

動物質では、夏にアリ類、ハチ類などの社会性昆虫を採食するほか、サワガニやカモシカ、ニホンジカの死体も採食する (橋本・高槻 1997)。

3 水

水 (飲み水や水浴びなど) の必要性に関する情報は、今のところツキノワグマでは無い。アメリカクロクマやグリズリーの HSI モデルにおいては、ハビタットにおける水場の存在は生存必須条件とされていない。水分は、主に食物から得ているものと思われる。

4 カバー

草本やアリ類を食すために、高山帯や草地に姿を現すこともあるが、通常は、樹林がカバーとして重要と考えられる。

5 繁殖

ツキノワグマは冬眠中の 1 ~ 2 月に (Yamazaki 2009) 2 ~ 3 年間隔で 1 ~ 2 頭 (平均 1.7 頭) の仔を出産する (阿部ほか 2005)。冬眠は 11 月 ~ 4 月ごろまで行い (Yamazaki 2009)、越冬場所としては、主に、大木の樹洞、あるいは岩穴や土穴を利用することが知られている (羽澄 2000)。実際の観察事例数は多くないが、神奈川県丹沢山地では、毎年違った環境を利用し、ほとんどが崩壊地のあるような急峻な谷部であり、狩猟による攪乱を避けるために、保護区内

【本モデルの引用例】

(財) 日本生態系協会ハビタット評価グループ (2010) ツキノワグマの HSI モデル ver.1.0. (財) 日本生態系協会編. ハビタット評価モデルシリーズ 8. (財) 日本生態系協会, 東京.

Ursus thibetanus

ツキノワグマ
の HSI モデル ver. 1.0

の急峻な環境を選択している（羽澄 2000）。また、秋田県や長野県では、樹洞や根の下や倒木の下などを冬眠場所として利用していることが報告されている（米田 1999, Huygens et al. 2001）。

交尾期は初夏に始まり、盛夏に終わる。その後、受精後の胚は、受精卵はすぐに子宮に着床せず、数ヶ月間の着床遅延（Yamazaki 2009）によって、飽食期の秋を挟んだ冬眠中に出産を行う。しかし、アメリカクロクマでは、秋の栄養状況によっては産子数が変化する可能性が知られている（Rogers 1987）。

一致することから、その生息には森林、特に連続した広葉樹林の存在が必要と考えられている（原科ほか 1999）。

6 行動圏

ツキノワグマは、生後 1 年半から 2 年は母親とともに行動する。それ以外は、基本的に単独生活である（Yamazaki 2009）。ツキノワグマの行動圏に関する報告は少ないものの、オスで 70km²（60km²～110km²）、メスで 40km²（30km²～50km²）程度とされるが、個体差・地域差が大きく、年変動も見られる（羽澄 1996）。基本的にオス成獣の行動圏のほうが、メス成獣よりも広い（Yamazaki 2009）。一般的に、若齢のオス個体は、分散過程で大きく移動することが知られており、1 年間の行動圏が 240km² に達する個体も確認されている（野生動物保護管理事務所 2002）。個体間の、排他的な関係はみられないと考えられている（羽澄 1996）。また、秋期の堅果類の豊凶によって行動圏が大きく変化することが知られていることから、行動圏はその地域の食物供給量の影響を受けている可能性が考えられる。

7 生息地の規模・連続性

現在の生息地の多くが森林の連続性の高い地域と

Ursus thibetanus

ツキノワグマ

の HSI モデル ver.1.0



2 ハビタット適性指数モデルの構築

1 方法

(a) 使用データ、分析エリア、パフォーマンス・メジャー

本モデルは、これまで関東山地およびその周辺部で行われてきたツキノワグマの生態調査（高田 1979, 長野県 1994, 山崎 1996, 羽澄ほか 1997, 群馬県 2000, Hashimoto 2002, 小池ほか 2003）および第2～5回自然環境保全基礎調査の植生調査データの一部を用いて構築した。モデル構築のために設定した分析エリアは、関東山地の内、群馬県と長野県に位置する区域とした。

植生データは、環境省の自然環境情報 GIS データの第2～5回植生調査重ね合わせデータを元に、地形図等を用いて、近年の植生の変化を考慮して修正を行った。なお、同植生図では、原則として道路による樹林の分断は表現されないため、特に生息地の規模・連続性に係る条件が適切に評価されない可能性がある。そこで、本分析では、数値地図 25,000 の道路および鉄道のラインデータを用いて、鉄道、有料道路、高速道路、幅員 13.0m 以上の道路、幅員 5.5m 以上 13.0m 未満の国道を抽出し（ただし、橋やトンネル、ベルトコンベアやロープウェイは除く）、幅員に応じて適切なサイズの道路・鉄道ポリゴンを作成した上で、樹林ポリゴンを切断した。

ツキノワグマの生息データについては、長野県（長野県 1994）および群馬県（群馬県 2000）において3次メッシュ（約 1km メッシュ）単位で得られた生息確認情報を用いた。

パフォーマンスメジャー（PM）は、上記生息データを用いて、5倍地域メッシュ（約 5km 四方）単位

で0～1の値として求めることとした。すなわち、5倍地域メッシュ内の3次メッシュ 25 メッシュに占める、ツキノワグマの生息が確認された3次メッシュ数の割合を「ツキノワグマ分布密度指数」として、これを PM とした。

(b) ハビタット変数候補の定義

前節の文献調査の結果より、ツキノワグマのハビタット適性は、食物条件、カバー条件、繁殖条件、森林規模・連続性条件によって決定され、水は制限要因となっていないと考えられた。ただし、繁殖条件については、本種にとって必要な条件がほとんど分かっていないことと、これらの条件は、食物条件や森林規模・連続性条件、カバー条件とある程度共通する部分があると考えられることから、今回は、検討対象としなかった。なお、ハビタット変数候補はモデルの使いやすさを考慮して、極力、入手しやすいデータに基づいて設定することとした。

食物条件

食物条件については、相観植生タイプごとに、ツキノワグマが採食可能な食物の豊富さを検討し、これを元に5倍地域メッシュあたりの食物供給指数（VFD）を求めてハビタット変数候補のひとつとした。

具体的には、まず、関東山地およびその周辺部で行われた糞分析法による食性調査5報（高田 1979, 山崎 1996, 羽澄ほか 1997, Hashimoto 2002, 小池ほか 2003）から、確認された食物種を抽出した。糞分析法は未消化物を対象とするため、必ずしも採食食物を正確に、定量的に反映するわけではないが、ツキノワグマの食性を調べる上で、胃内容物分析法や直接観察法といった他の手法は現実的ではないことから、糞分析法の結果を用いて、ツキノワグマの

※1 パフォーマンスメジャー：HSI と対応する、個体群の具体的な指標値。

採食物を決定した。

ツキノワグマの食性の内容は、果実や草本、昆虫など多岐にわたり、季節的な変動も大きい。しかし、これら多様な採食物の中でも、木本類の果実は、糞分析法で確実に同定が可能であり、各地の報告で高い出現割合を示す傾向がある（橋本・高槻 1997）。また、木本類の果実は、秋期に多く採食されるが、この時期の食物条件はツキノワグマの産子数に影響する可能性が示唆されている。このため、本モデルでは、ツキノワグマの食物条件は木本類の果実に基づいて評価するものとした（表 1）。

これらの食性の情報を元に、植物群集ごとの食物供給指数を以下のように点数化した。

まず、ツキノワグマの食性報告で確認された各果実種を、確認された報告数に応じて点数化し、これを利用率 (A) とした (5 報から確認の場合 1.0、4 報から確認の場合 0.8、3 報から確認の場合 0.6、2 報から確認の場合 0.4、1 報から確認の場合 0.1、0 報から確認の場合 0.0)。次いで、関東山地に分布する主な植物群集を選定し、「日本植生誌関東」(宮脇 1986) の群落組成表を用いて、食性調査で確認された植物種の、各植物群集スタンド群での最大被度を抽出し、これを被度得点 (B) とした (ブラウン-ブランケの被度階級区分において、5 を 8.75、4 を 6.25、3 を 3.75、2 を 1.5、1 を 0.25、+ を 0.05)。そして各植物群集において、各出現果実種の利用率に被度得点を乗じたものを合計し ($\sum (A \times B)$)、これを、各植物群集におけるツキノワグマの食物 (果実) 供給指数とした。

さらに、これら各群集の食物供給指数を、5 つの相観植生タイプ (広葉樹林、針葉樹自然林、針葉樹人工林、自然・半自然草地、その他) ごとに平均した上で、5 倍地域メッシュごとに相観植生タイプの面積

割合 (5 倍地域メッシュ全体に対する割合) に応じて食物供給指数を加重平均し、これをハビタット変数 (VFD: 5 倍地域メッシュあたりの食物供給指数) とした。

森林規模・連続性条件

森林規模・連続性条件の評価については、5 倍地域メッシュごとに、それぞれのメッシュに含まれる全ての森林パッチから、10,000ha 以上の樹林、1,000ha 以上の樹林、および 100ha 以上の樹林までの距離を測定し、これらをハビタット変数候補 (VF10kha、VF1kha、VF100ha) とした。

具体的には、「樹林 (広葉樹林・針葉樹自然林・針葉樹人工林)」をポリゴン結合した上で、各樹林ポリゴンを、大規模樹林 (10,000ha 以上の樹林)、中大規模以上樹林 (1,000ha 以上の樹林)、中規模以上樹林 (100ha 以上の樹林)、小規模樹林 (100ha 未満の樹林) のいずれかに分類した。そして、各樹林ポリゴンについて、それぞれ最も近い大規模樹林までの距離 (m) を各樹林パッチにおける「大規模樹林距離 (DF10kha)」、最も近い中大規模以上樹林までの距離を各樹林パッチにおける「中大規模以上樹林距離 (DF1kha)」、最も近い中規模以上樹林までの距離を各樹林パッチにおける「中規模以上樹林距離 (DF100ha)」とした。最後に、5 倍地域メッシュごとに樹林パッチの面積割合 (5 倍地域メッシュ内の全樹林面積に対する割合) に応じて DF10kha、DF1kha、DF100ha をそれぞれ加重平均し、得られた値を順に、ハビタット変数候補 (VF10kha、VF1kha、VF100ha) とした。

カバー条件

カバー条件の評価については、5 倍地域メッシュご

Ursus thibetanus

ツキノワグマ

の HSI モデル ver.1.0

とに、それぞれのメッシュに含まれる森林率を求め、これをハビタット変数 (V% FRST) とした。

(c) 生存必須条件ごとの適性モデルの検討

食物条件

分析エリア内の 5 倍地域メッシュのデータ (n=74) を用いて、PM を目的変数、VFD を説明変数とする分位点回帰式を求めた。

森林規模・連続性条件

PM を目的変数、VF10kha、VF1kha、VF100ha の全てまたは一部を説明変数とするモデル式候補 (表 1) を設定し、分析エリア内の 5 倍地域メッシュのデータ (n=74) を用いて、多変数に対する加法型の分位点回帰式を求めた。最適なモデル式の選択は、得られた分位点回帰モデルの AICc の比較により行った。

表 1. モデル式候補

候補式	
式 1	$PM = \beta_0 + \beta_1 VF10kha + \epsilon$
式 2	$PM = \beta_0 + \beta_1 VF1kha + \epsilon$
式 3	$PM = \beta_0 + \beta_1 VF100ha + \epsilon$
式 4	$PM = \beta_0 + \beta_1 VF10kha + \beta_2 VF1kha + \epsilon$
式 5	$PM = \beta_0 + \beta_1 VF1kha + \beta_2 VF100ha + \epsilon$
式 6	$PM = \beta_0 + \beta_1 VF10kha + \beta_2 VF100ha + \epsilon$
式 7	$PM = \beta_0 + \beta_1 VF10kha + \beta_2 VF1kha + \beta_3 VF100ha + \epsilon$
式 8	$PM = \beta_0 + \beta_1 LN(VF10kha) + \epsilon$
式 9	$PM = \beta_0 + \beta_1 LN(VF1kha) + \epsilon$
式 10	$PM = \beta_0 + \beta_1 LN(VF100ha) + \epsilon$
式 11	$PM = \beta_0 + \beta_1 LN(VF10kha) + \beta_2 LN(VF1kha) + \epsilon$
式 12	$PM = \beta_0 + \beta_1 LN(VF1kha) + \beta_2 LN(VF100ha) + \epsilon$
式 13	$PM = \beta_0 + \beta_1 LN(VF10kha) + \beta_2 LN(VF100ha) + \epsilon$
式 14	$PM = \beta_0 + \beta_1 LN(VF10kha) + \beta_2 LN(VF1kha) + \beta_3 LN(VF100ha) + \epsilon$

カバー条件

分析エリア内の 5 倍地域メッシュのデータ (n=74) を用いて、PM を目的変数、V% FRST を説明変数とする分位点回帰式を求めた。

(d) HSI への統合式の検討

ハビタット変数と SI カーブの決定後、HSI への統合式を検討した。乗法関数や幾何平均、算術平均、最小関数といった統合式候補を用いて HSI を計算し、これらを説明変数、ツキノワグマ分布密度指数を目的変数とする散布図を作成した上で、切片 = 0、傾き = 1 となるモデルからの 95% 分位点偏差が最も小さくなる統合式を採用した。

2 結果

(a) 食物供給指数

調査した文献 5 報において、ツキノワグマの糞から確認された木本類の果実は、合計 46 種であった (表 2)。各植物群集において求めたツキノワグマの食物供給指数は図 1 に示した。

これら各群集の食物供給指数を、5 つの相観植生タイプ (広葉樹林、針葉樹自然林、針葉樹人工林、自然・半自然草地、その他) ごとに平均すると、広葉樹林が 11.0 点、針葉樹自然林が 2.9 点、針葉樹人工林が 0.3 点、自然・半自然草地が 0.18 点、その他が 0 点となった。従って、VFD (5 倍地域メッシュあたりの食物供給指数) は、例えば、5 倍地域メッシュ内がすべて「広葉樹林」で覆われている場合は $VFD = 11$ 、すべてが「その他」(市街地など) である場合は $VFD = 0$ 、「広葉樹林」が 25%、「針葉樹人工林」が 25%、「その他」が 50% であるメッシュは、 $VFD = 11 \times 0.25 + 0.3 \times 0.25 + 0 \times 0.5 = 2.825$ となる。

なお、図 1 で食物供給指数 (FDa) が 0 より大きい群集において、秋期のみ結実する樹種 (馬場 2009) だけを使って計算した食物供給指数 (FDf) の FDa に対する割合 ($FDf \times 100 / FDa$) を求めたところ、ススキシバとスズラン・ススキが 0%、タラノキ・クマイチゴが 47.8%、スギ・ヒノキ・サワラ植林が 66.7% であった以外は、いずれの群集も 80% 以上となった。

Ursus thibetanus

ツキノワグマ
の HSI モデル ver. 1.0

表 2. 関東山地でのツキノワグマの食性調査で出現した果実一覧

種	出現地点数	長野県中央高地 (高田 1979)	東京都奥多摩山地 (山崎 1996 など)	神奈川県丹沢山地 (羽澄ほか 1997)	埼玉県秩父山地 (Hashimoto2002)	山梨県御坂山地 (小池ほか 2003)
ミヤマザクラ	5	●	●	●	●	●
サルナシ	5	●	●	●	●	●
ヤマブドウ	5	●	●	●	●	●
ミズナラ	4		●	●	●	●
オニグルミ	4		●	●	●	●
ウワミズザクラ	4		●	●	●	●
マタタビ	4	●	●	●		●
アケビ	4	●	●	●		●
ヤマボウシ	3		●	●		●
クマヤナギ	3		●	●		●
ヤマザクラ	3		●	●		●
コナラ	3		●	●		●
キブシ	3		●	●		●
ヤマグワ	3		●	●		●
マツブサ	3	●	●			●
クリ	3			●	●	●
ブナ	3			●	●	●
クマイチゴ	2		●			●
モミジイチゴ	2		●			●
イヌブナ	2		●			●
アオハダ	2		●			●
オオウラジロノキ	2			●		●
ミズキ	2			●		●
エビガライチゴ	2	●				●
カスミザクラ	2		●			●
カキ	2		●	●		
クヌギ	1			●		
カヤ	1			●		
ソメイヨシノ	1				●	
ハクウンボク	1				●	
ウド	1	●				
タラノキ	1	●				
オトコヨウゾメ	1	●				
ツノハシバミ	1	●				
ミツバウツギ	1		●			
オオヤマザクラ	1					●
エノキ	1					●
アブラチャン	1					●
クロモジ	1					●
ウラジロノキ	1					●
アズキナシ	1					●
マメザクラ	1					●
タカネザクラ	1					●
サンカクヅル	1		●			
コウゾ	1		●			
ノブドウ	1					●

Ursus thibetanus

ツキノワグマ

の HSI モデル ver.1.0

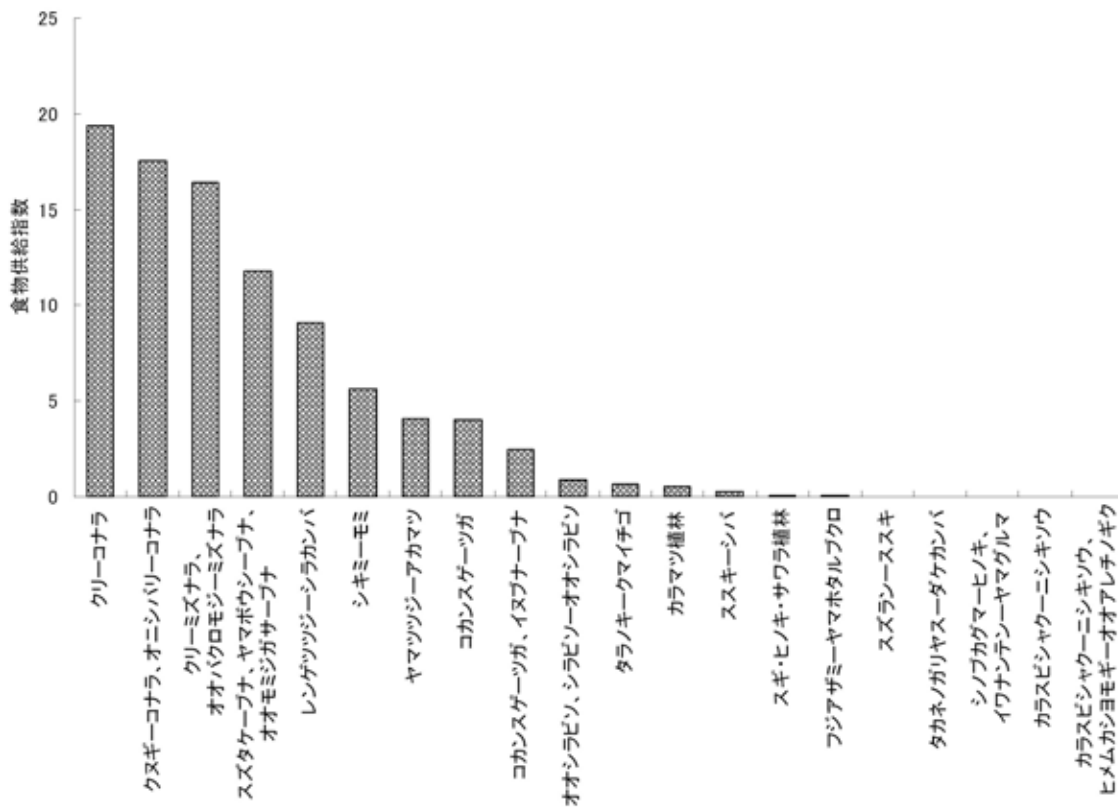


図1. 関東山地における各植物群集のツキノワグマにとっての食物供給指数

(b) 生存必須条件ごとの適性モデルの検討

食物条件

PM を目的変数、VFD を説明変数とする分位点回帰式を求めたところ、0.80 分位点において、 $PM = 5.35 \times 10^{-2} \times VFD + 0.752$ という式が得られた。しかし、この式では、食物がゼロの場合であっても、食物適性値が 0.75 という高い値になってしまう。このため、定数をゼロとした回帰式を再度求めたところ、以下の式が得られた (図 2)。

$$PM = 2.58 \times 10^{-1} \times VFD$$

同式を元に適性指数モデルを作成した (図 3)。

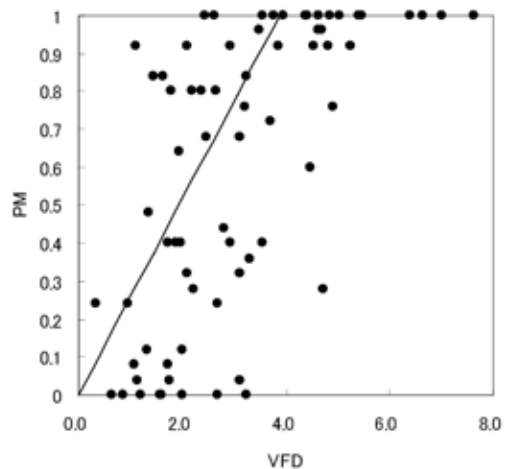


図2. 食物供給指数とツキノワグマの分布密度指数との関係

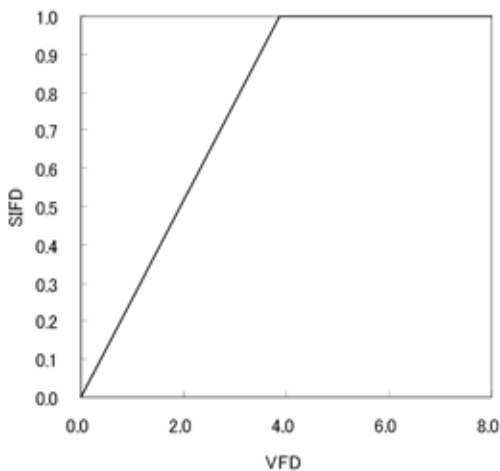


図 3. 食物供給指数と食物適性との関係

森林規模・連続性条件

PM を目的変数、VF10kha、VF1kha、VF100ha の全てまたは一部を説明変数とするモデル式候補を設定し、分析エリア内の 5 倍地域メッシュのデータ (n=74) を用いて、多変数に対する加法型の分位点回帰式を求めたところ、0.80 分位点における各候補式の内、最も低い AICc は式 8 となった (図 4)。

$$PM = -1.22 \cdot 10^{-1} \cdot \text{LN}(\text{VF10kha} + 1) + 1$$

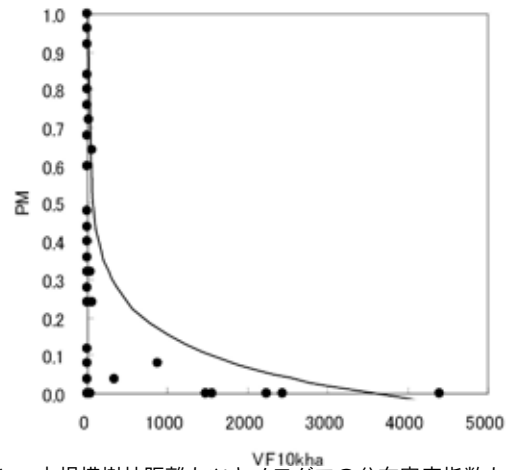


図 4. 大規模樹林距離とツキノワグマの分布密度指数との関係

同式を元に適性指数モデルを作成した (図 5)。

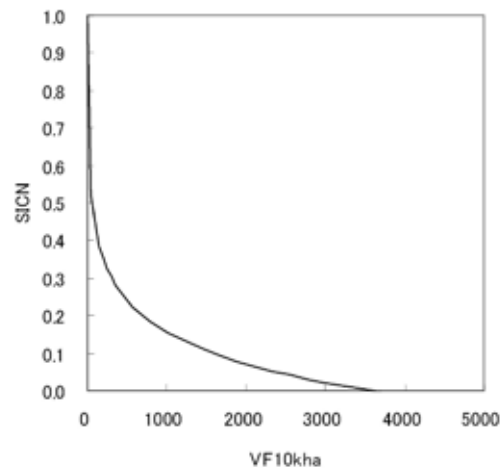


図 5. 大規模樹林距離と連続性適性との関係

カバー条件

PM を目的変数、V% FRST を説明変数とする分位点回帰式を求めたところ、0.80 分位点において、 $PM = -5.44 \cdot 10^{-4} + 1.15 \cdot 10^{-2} \cdot V\% \text{ FRST}$ という式が得られた (図 6)。

Ursus thibetanus

ツキノワグマ

の HSI モデル ver. 1.0

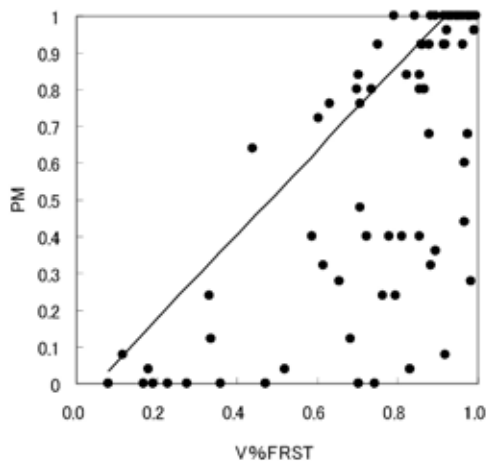


図 6. 森林率とツキノワグマの分布密度指数との関係

同式を元に適性指数モデルを作成した (図 7)。

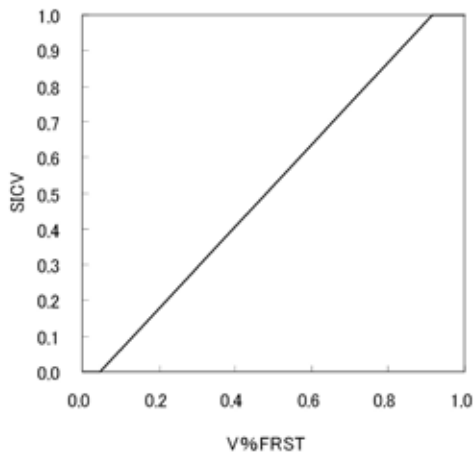


図 7. 森林率とカバー適性との関係

(c) HSI への統合式の検討

3つの生存必須条件は、いずれもツキノワグマにとって欠かせない条件であることから、制限的に(すなわち、乗法、幾何平均、最小関数によって)統合

することとした。各統合式候補により算出された HSI を説明変数、ツキノワグマ分布密度指数を目的変数とする散布図を作成した上で、切片 = 0、傾き = 1 となるモデルからの 95% 分位点偏差を求め、AICc を比較したところ、上記 3 種類の統合式候補の中では幾何平均の AICc が最も小さくなった (図 8)。

$$HSI = (SIFD * SICN * SICV)^{1/3}$$

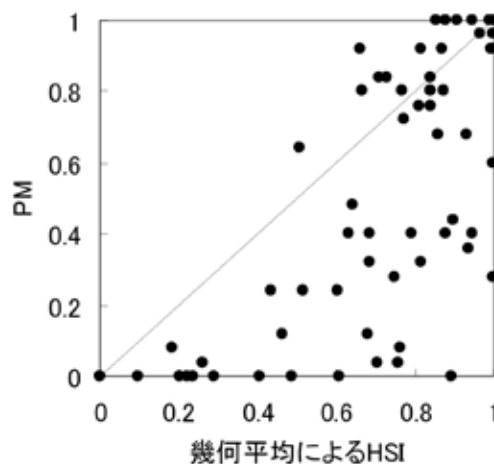


図 8. 幾何平均により求められた HSI とツキノワグマ分布密度指数との関係

3 考察および今後の課題

(1) 食物条件について

ツキノワグマの食性は植物質を中心とした雑食性であること(橋本・高槻 1997)を考えると、ツキノワグマの生息地の植生は、食物供給源としてツキノワグマの生息に対して大きな影響を与え、重要であると考えられる。本結果では、ツキノワグマの食性と植物群集の組成に基づいて食物供給源としての

価値を評価したところ、広葉樹林で最も高く、次いで針葉樹自然林、針葉樹人工林、自然・半自然草地の順となった。これは、ツキノワグマの全国の分布域と落葉広葉樹林帯とが、大きく重なること（花井 1980）と合致する。ただし、解析の過程で、いくつかの課題点も見出された。まず、本分析に用いたツキノワグマの食性情報については、各樹種の利用の有無を文献単位でカウントしたものであり、食物種間で十分に定量的な比較を行ったとは言い難い。本モデルでは、例えばミズナラとオニグルミの重要度を同等としたが、山崎（1996）の糞分析結果をみると、秋期の奥多摩地域では、ミズナラの方がオニグルミよりもはるかに重要な資源となっている。そのため、今後は、各地の食性研究において提示された各食物種の重要度を、HSI モデルに反映させる方法論について検討する必要があるだろう。

また、本モデルは、主に秋期に利用可能な食物資源に基づいて食物適性を評価するものとなっているが、ツキノワグマは、例えば、夏期にはハチやアリといった昆虫類をよく利用するなど、季節的に採食物を変化させる（橋本・高槻 1997）ため、秋期だけで年間の食物適性がすべて評価できるわけではない。従って、今後は、他の季節に利用される食物種についても評価を行い、モデルの精度を高めていく必要があるだろう。その際には、糞分析では定量的な把握が難しい動物質などの食物資源の評価を行うために、飼育個体を用いて各食物種の消化率を推定したり、採食物の栄養的価値を求めるなどして、それぞれの食物種の重要度を求める必要がある。

さらに、今回は、入手が容易なデータを用いるという方針でモデル構築を行ったため、50,000 分の 1 の植生図を元に分析を行ったが、実際には、ツキノワグマは 50,000 分の 1 植生図では表現されないよう

な小パッチについても柔軟に利用する（野生動物保護管理事務所 2002）。このような、よりミクロな視点でのツキノワグマのハビタット利用が、今回のモデルのようなランドスケープレベルでのハビタット利用に与える影響や、林内構造も含めたマイクロハビタットそのものの評価についても、今後の検討課題である。

(2) 連続性条件について

本結果では、生息地の食物条件とともに、樹林の規模とその連続性がハビタット適性に与える影響が大きいことが明らかになった。すなわち、評価対象地が 100km² 以上の樹林に完全に含まれている時、樹林規模と連続性に関する適性は最適となるが、樹林規模が 100km² に満たない場合であっても、ごく近くに 100km² 以上の樹林が存在する（大規模樹林との連続性が高い）ことで、樹林規模の不足が補償されていた。

今回の分析から得られた「100km² 以上」という値は、不明な部分は多いものの、一般的に知られているツキノワグマのオスの最大行動圏（約 110km²）（羽澄 1996）と概ね対応しており、本種が個体レベルで安定的に生息するためには、少なくともこの程度の樹林規模が必要であることを示しているものと思われる。

なお、樹林パッチ間の環境によって、ツキノワグマにとっての連続性（分断）の程度は異なることが予想されるため、今後は、環境を考慮した移動コストについての検討も必要と思われる。近年、ツキノワグマの生態調査において、GPS 型受信機を用いた詳細な行動追跡が実施されており（山崎ほか 2003）、今後、より詳細な考察が可能になると考えられる。

Ursus thibetanus

ツキノワグマ

の HSI モデル ver.1.0

(3) カバー・繁殖条件について

本種のカバー条件については、今回は単純に森林率のみで表現したが、道路や人家の存在などがカバー条件に与える影響や、冬眠や繁殖に必要な環境条件などについても、今後検討が必要である。

(4) パフォーマンス・メジャーについて

今回、パフォーマンス・メジャーとしては、3次メッシュ単位で整理された生息の有無の情報を利用した分布密度指数を用いたが、ツキノワグマの実際の生息密度との関係については不明である。同生息情報は、アンケート調査によるものなども含まれるため、生息密度の指標としてみた場合には過大評価である可能性がある。今後、適切な生息密度の指標に関する検討と検証が望まれる。



3 ハビタット適性指数モデル

1 モデルの適用範囲

(a) 地理的範囲

本モデルは、群馬県から長野県にかけて広がる関東山地（標高 50 ~ 2,000m）におけるデータに基づいて作成された。このため、本モデルの適用範囲としては、主に関東の山地帯が推奨される。

(b) 季節

本モデルは、ツキノワグマの周年のハビタット要求を評価するものである。

(c) 最小ハビタット面積

本種の最小行動圏面積は 30km² であるため、少

なくとも、ハビタットの合計が 30km² に満たなければツキノワグマにとってのハビタット適性はない (HSI = 0) もとする。

2 モデルの構造およびハビタット変数の定義

ツキノワグマの HSI は、食物条件と森林規模・連続性条件、カバー条件によって規定されるものとした。ハビタット変数、生存必須条件、およびツキノワグマの HSI の関係については、図 9 に示した。

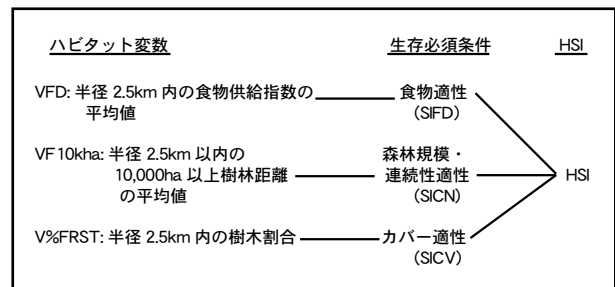


図 9. ツキノワグマのモデルにおける、ハビタット変数、生存必須条件、HSI の関係

3 生存必須条件の算出式

$$\text{食物適性} = \text{SIFD} = \begin{cases} 2.58 \cdot 10^{-1} \cdot \text{VFD} & \text{VFD} \leq 3.87 \text{ の場合} \\ 1.0 & \text{VFD} > 3.87 \text{ の場合} \end{cases}$$

$$\text{連続性適性} = \text{SICN} = -1.22 \cdot 10^{-1} \cdot \text{LN}(\text{VF10kha} + 1) + 1$$

ただし、 $0.0 \leq \text{SICN} \leq 1.0$

$$\text{カバー適性-SICV} = \begin{cases} 0.0 & V\% \text{ FRST} < 0.05 \text{ の場合} \\ -5.44 \times 10^{-4} + 1.15 \times 10^{-2} \times V\% \text{ FRST} & 0.05 \leq V\% \text{ FRST} \leq 87 \text{ の場合} \\ 1.0 & V\% \text{ FRST} > 87 \text{ の場合} \end{cases}$$

4 HSI 算出のための統合式

$$\text{HSI} = (\text{SIFD} \times \text{SICN} \times \text{SICV})^{1/3}$$

4 謝辞

本モデルの作成にあたり、茨城県自然博物館首席学芸員の山崎晃司博士（（財）日本生態系協会専門研究委員）と日本大学生物資源科学部専任講師の佐藤喜和博士（（財）日本生態系協会専門研究委員）には、ご多忙にも関わらず、モデルの草稿に対する的確なご助言をいただいた。以上の方々のご協力とご指導に、深く感謝の意を表したい。

5 引用文献

- 阿部永・石井信夫・金子之史・前田喜四雄・三浦慎吾・米田政明（2005）日本の哺乳類 改訂版．東海大学出版会．195 pp.
- 馬場多久男（2009）花実でわかる樹木，pp.407. 信濃毎日新聞社，長野．
- 群馬県（2000）群馬県ツキノワグマ保護管理計画．25 pp.
- 花井正光（1980）ツキノワグマの分布について．第2回自然環境保全基礎調査 動物分布調査報告書（哺乳類）全国版．（財）日本野生生物研究センター．69-86.
- 原科幸爾・恒川篤史・武内和彦・高槻成紀（1999）本州における森林の連続性と陸生哺乳類の分布，ランドスケープ研究 62（5），pp.569-572
- Hashimoto, Y. (2002) Seasonal food habits of the Asiatic black bear (*Ursus thibetanus*) in the Chichibu Mountains, Japan. *Mammal Study*, 27: 65-72
- 橋本幸彦・高槻成紀（1997）ツキノワグマの食性：総説．哺乳類科学 37（1）
- 羽澄俊裕（1996）ツキノワグマ．川道武男編：日本動物大百科哺乳類，1，pp.144-147. 平凡社，東京．
- 羽澄俊裕（2000）クマ－生態的側面から－．川道武男、近藤宣昭、森田哲夫（編）冬眠する哺乳類，pp.187-212. 東京大学出版会，東京
- 羽澄俊裕・小山克・長縄今日子・釣賀一二三（1997）ツキノワグマ．神奈川県（編）丹沢大山自然環境総合調査報告書．453-469.
- Huygens, OC, M. Goto, S. Izumiyama, H. Hayashi, and T. Yoshida. (2001) Denning ecology of two

Ursus thibetanus

ツキノワグマ

の HSI モデル ver.1.0

- populations of Asiatic black bears in Nagano prefecture, Japan. *Mammalia* 65:417-428.
- 環境省 (2007a) クマ類出没対応マニュアルクマが山から下りてくるー要約版. 10pp.
- 環境省 (2007b) 哺乳類レッドリスト
- 小池伸介・羽澄俊裕・古林賢恒 (2003) ニホンツキノワグマ (*Ursus thibetanus japonicus*) の種子散布者の可能性. *野生生物保護* 8 (1) :19-30.
- 米田一彦 (1999) ツキノワグマのいる森へ. 143pp. アドスリー、東京
- 宮脇昭 (1986) 日本植生誌 7 関東. 641pp. 至文堂、東京.
- 長野県 (1994) 特定鳥獣保護管理計画 (ツキノワグマ) . 40 pp.
- Rodgers, L. L. (1987) Effect of food supply and kinship on social behavior, movement, and population growth of black bears in northeastern Minnesota. *Wildlife Monograph* 97:1-72.
- 高田靖司 (1979) 長野県中央高地におけるニホンツキノワグマの食性. *哺乳動物学雑誌* 8:40-53.
- 山崎晃司 (1996) 多摩川集水域におけるツキノワグマの生態に関する研究. 67pp. とうきゅう環境浄化財団, 東京.
- Yamazaki, K. (2009) *Ursus thibetanus* G.Cuvier, 1823. in *The Wild Mammals of Japan*. (eds. Ohdachi, D., Ishibashi, Y., Iwasa, M.A. and Saitoh, T.) Shoukadoh Book Sellers, Kyoto. pp.544.
- 山崎晃司・葛西真輔・小池伸介・古林賢恒 (2003) Advanced Telemetry System 社及び Lotek 社製 GPS 首輪のツキノワグマへの装着事例について. *哺乳類科学* 43 (1) :79-80.
- 野生動物保護管理事務所 (2002) 平成 13 年度自然再生技術調査業務報告書. 186 pp.



利用規約および利用申請書

利用規約

1. 本モデルの著作権は (財) 日本生態系協会に帰属し、著作権法によって保護されています。当協会の許可なく本モデルをウェブサイトや印刷媒体に転載することはできません。
2. 非営利の学術研究または教育を目的として利用する場合は、出典を明記した上でご利用ください。営利目的などその他の目的で利用する場合は、事前に当協会の許可が必要となりますので、申請書に必要事項を記載の上、当協会まで郵送してください。
3. 利用者が本モデルの利用や利用不能により被った直接的または間接的損害に対し、(財) 日本生態系協会は一切の責任を負いません。

送付先

(財) 日本生態系協会 ハビタット評価グループ
住所 〒171-0021
東京都豊島区西池袋 2-30-20 音羽ビル
FAX 03-5951-2974

問い合わせ先

TEL 03-5951-0244

ハビタット評価モデル等利用申請書

平成 年 月 日

(財)日本生態系協会会長殿

申請者 団体名
代表者 ⑩
担当者
住 所
T E L
E-mail

利用規約および利用条件に同意の上、下記のとおり利用を申請します。

記

利用を希望するモデル	
利用目的 および 事業名・発注者名	
利用期間	

利用条件

1. 上記の目的以外に利用しないこと。
2. 利用結果を公表した場合は、速やかに当協会へそのコピーを提出するか、公表資料の入手方法を報告すること。

(財)日本生態系協会

(財)日本生態系協会は、国内や海外の情報を広く集め、自然と共存した持続する国づくり、まちづくりを進めるシンクタンクです。自然科学、社会科学の両側面から調査研究を行い、持続可能な発展を目指す国土計画や地域再生プロジェクトを提案しています。また、各種法制度に、自然との共存という視点を加えるための提言を行うとともに、環境教育活動、国際シンポジウムやセミナーの開催、ビオトープ管理士および子ども環境管理士の資格認証、書籍の企画、編集など、さまざまな普及啓発活動や技術指導も行っています。こうした活動は、会員をはじめとする多くのボランティアによって支えられています。

主な著書としては、『日本を救う「最後の選択」』（情報センター出版局）、『ビオトープネットワーク』（ぎょうせい）、『ビオトープネットワークII』（ぎょうせい）、『環境を守る最新知識』（信山社サイテック）、『環境の時代を迎える世界の農業』（(財)日本生態系協会）、『学校ビオトープ』（講談社）、『環境アセスメントはヘップ（HEP）でいきる』（ぎょうせい）、『美しいくにをつくる新知識』（ぎょうせい）などがあります。

連絡先

〒 171-0021 東京都豊島区西池袋 2-30-20 音羽ビル
TEL 03-5951-0244 FAX 03-5951-2974
URL <http://www.ecosys.or.jp/eco-japan/>

コメントの送付について

本モデルに関するご意見等がございましたら、所属、氏名、連絡先をご記入の上、下記送付先までコメントをお寄せください。貴重な情報として、モデル改訂時の参考とさせていただきますので、どうぞよろしくお願い申し上げます。

【コメント送付先】

(財)日本生態系協会 ハビタット評価グループ
住所 〒 171-0021 東京都豊島区西池袋 2-30-20 音羽ビル
FAX 03-5951-2974
E-mail habitat@ecosys.or.jp

※電子メールはテキスト形式にてご送付ください（ファイルの添付、html形式のメールはご遠慮ください）。

※個別のご質問についてはお答え致しかねますので、予めご了承ください。

モデル作成

(財)日本生態系協会ハビタット評価グループ

ツキノワグマのHSIモデル ver.1.0

2010年4月発行

編集 財団法人日本生態系協会
発行 財団法人日本生態系協会
〒171-0021
東京都豊島区西池袋 2-30-20 音羽ビル

* 禁無断転載・複製

© (財) 日本生態系協会 2010

 (財)日本生態系協会