

ニホンアナグマの

Meles anakuma

HSIモデル ver.1.0

ハビタット
評価モデル
シリーズ6



 (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 6

ニホンアナグマの
HSIモデル ver.1.0

 (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、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。

(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 歴史と分布	1
2 行動特性	1
3 食性と行動圏	2
4 繁殖とカバー	2
5 社会構造	3

2. ハビタット適性指数モデルの構築

1 方法	3
2 結果	3
a モデル構造	3
b カバー・繁殖適性（巣穴適地、隠れ場適地）(SIC)	4
c 採食地適性(SIF)	6
d ハビタット面積(V6)とハビタット面積適性(SIA)との関係	6
e HSIへの統合式	7

3. ハビタット適性指数モデル

1 モデルの適用範囲	8
a 地理的範囲	8
b 季節	8
c 最小ハビタット面積	8
2 モデルの構造およびハビタット変数の定義	8
3 適性指数グラフ	9
4 生存必須条件およびHSI値の算出	10

4. モデルに対するコメント 11**5. 謝辞** 11**6. 引用文献** 12**7. 利用規約および利用申請書** 13

Meles anakuma

ニホンアナグマ

のHSIモデル

ver1.0

1 ハビタット利用に関する既存文献情報

1 歴史と分布

ニホンアナグマは、最近まで、ユーラシア大陸と日本列島に広く分布するユーラシアアナグマ *Meles* 属の中の、極東ロシア、朝鮮半島、日本における地理的亜種 (*M.m.amurensis-anakuma*) として位置づけられていた。そしてこの他に、ヨーロッパとロシア西部に分布する *M.m.meles* とロシア中央部に分布する *M.m.arenarius-leptorhynchus* という2亜種が存在するとされ、1属1種3亜種の動物種であると考えられていた。

しかし近年、ロシアやアジアにおけるアナグマの研究 (Kurose et al 2001, Abramov 2002, 2003, Baryshnikov et al 2003, Sato et al 2003, Abramov and Puzachenko 2004, Marmi et al 2006) が進んだ結果、2005年より、これら三つの地理的亜種はヨーロッパに分布するヨーロッパアナグマ *M.meles* と、ロシアから韓国にかけて分布するアジアアナグマ *M.leucurus*、そして日本に分布するニホンアナグマ *M.anakuma* となり、それぞれ独立種として扱われることになった (Wilson and Reeder 2005)。なお、ニホンアナグマは、ヨーロッパやロシアのアナグマと比べると体格が小さく、蜂蜜のような薄い茶色の体色が特徴的である。

ニホンアナグマは、津軽海峡が成立した最終氷期後に朝鮮半島経由で渡って来たと考えられており、北海道には生息しないが、本州、四国、九州に分布する (環境省 2004)。

環境庁による第2回自然環境保全基礎調査 (1979) では、本種は本州に広く分布するものの、タヌキや

キツネと比べるとその分布は狭く、森林部に限られるとされる。また、全国のニホンアナグマの地域個体群の遺伝的組成を調べたところ、本種の遺伝的多様性は大陸と比べて低いことがわかった (Kurose et al 2001)。現在、本種の分布域が縮小傾向であることを考えると、今後の本種個体群の動向には注意を要すべきものと考えられる。

2 行動特性

アナグマ属は、イタチ科の動物の中でも、土中生活に適應して進化した動物である (Neal and Cheeseman 1996)。アナグマの土を掘るという行動特性は、内部に部屋がいくつもある大規模な巣穴を掘ってその中で子育てや越冬をする、ミミズなどの土中生物を主要な餌として利用するという二つの利点をもたらした。森林内に作られた巣穴は静かで、越冬や子育てを安心して行える。また、アナグマの餌であるミミズは、腐植土や落ち葉の積もった林縁の崩積地に豊富に生息する。

しかし、アナグマがこのように大規模な穴を掘ったり、地中のミミズをすばやく掘りあげて採食するためには、強力な前肢の発達が必要である。強力な前足の完成は、筋肉と骨格構造の強力な発達によってもたらされるが、一方で、体長のわりに体重が重くなり、樹上生活や俊足での長距離移動を犠牲にせざるをえなかった。さらに、晩秋になると、越冬に備えた脂肪蓄積によって体重が約1.5倍以上になる (kaneko et al 1996)。したがって、巣穴から餌場までの移動や、またオスが交尾のためにメスのいる巣穴を渡り歩くためには、人間やイヌなどの捕食者に見つからないように、体を隠しながらゆっくりと移動できる林内は、理想的な環境と考えられる。

【本モデルの引用例】

金子弥生・(財)日本生態系協会ハビタット評価グループ (2008) ニホンアナグマの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6。(財)日本生態系協会,東京。

3 食性と行動圏

ヨーロッパでは、ミミズの利用しやすい地域では、アナグマはミミズを中心に採食するとされている (Roper 1994)。これはニホンアナグマも同様で、亜高山帯の長野県入笠山や西日本の典型的な里山である山口県山口市では春から秋にかけて、東日本の典型的な里山である東京都日の出町でも春と夏に、ミミズをたくさん食べていることがわかった(表 1)。一般に、動物の行動圏面積はその地域の餌条件が良いと小さくなるので、亜高山帯の入笠山よりも、山口や日の出のような里山の方が、本種にとって餌の豊富な地域であるものと考えられる。

アナグマにとって餌の果たす役割は、季節によって異なる。春はアナグマが出産して母乳で子育てをする時期であるが、この時期にはミミズの成長は未熟で、現存量としては少なく (kaneko et al 2006)、アナグマの必要量を満たすことができない。したがって冬ごもりをするアナグマの場合、そのための栄養を、前年の秋までに蓄えなければならない。一方、夏はアナグマの子供が自然の餌を食べて成長する時期で、この時期に大きく成長した高タンパクのミミズは大変良い餌となる。

日の出町のニホンアナグマは、秋に、ミミズよりもカキの実をたくさん食べる (Kaneko et al 2006)。これは、秋のミミズの個体数の低下にともない、より摂食が容易なカキの実を選択したためと考えられる。かつては谷地に小規模の農耕地を持つ伝統的なスギ、ヒノキ林業山村であった日の出町は、現在、住宅開発を主とする都市スプロールの最前線に位置するが、広い庭先にカキを植えた農家をまだよく見かける。また、農耕作業が行われなくなり荒地化した場所は、林地とともにまだミミズや昆虫など小動物の生息環境となっている。しかし、落葉広葉樹林

の食物資源の利用可能量は針葉樹人工林よりも多い (Kaneko et al 2006) という事実からすると、針葉樹人工林が大部分を占める現在の日の出町の森林の摂食条件は、落葉広葉樹林が優占していた明治時代と比べて悪化していることが考えられる。もちろん、これ以上の都市化と森林開発は、本種の生息条件を決定的に悪化させることになるだろう。

表 1. ニホンアナグマの食性と行動圏面積

調査地	主な環境	森林率 (%)	標高 (m)	主な食物(フン分析による)				春から秋の行動圏面積(m ²)		出典		
				春	夏	秋	冬	オス	メス			
長野県入笠山	カラマツ植林、常緑針葉樹林、落葉広葉樹林、アカマツ林	90~	1500 - 2000	ミミズ、昆虫	ミミズ、昆虫、果実、残飯	ミミズ、昆虫、果実	-	1	407	2	200~269	山本 1991, 1995
山口県山口市	アカマツ林、住宅地、シイカン林、スギヒノキ植林	72	37 - 496	ミミズ、昆虫、果実	ミミズ、昆虫、果実	ミミズ、昆虫、果実	-	2	189~294	4	26~83	田中 2002, Tanaka 2002
東京都日の出町	スギヒノキ植林、農地、住宅地がモザイク状	69	200 - 500	ミミズ、残飯	昆虫、ミミズ、果実、残飯	果実(カキ)、残飯	-	7	22~72	4	5~19	金子 2001, 2002

4 繁殖とカバー

アナグマの利用する穴は、大別して、深い穴と浅い穴に分けられる。深い穴は深さが 1m 以上あり、複雑な内部構造で独自の巣材が使われていることが推定される。雨天の続いた後の晴れた日に、穴の入り口に湿った巣材を出し、乾燥させているのが観察された。深い穴は、日の出町の事例では、土穴、石穴、根元穴、キツネ穴に分類される (金子 2002)。

土穴…深い穴の出入り口を保護、補強する木や岩がなく、出入り口が地面に直接掘られているもの。

石穴…大きな岩の下部に掘られているもの。

根元穴…木(生木や枯れ木)をカバーとしてその根元に入り口が掘られているもの。

キツネ穴…キツネが子育て期に利用する穴をキツネの子育て期以外にアナグマが利用しているもの。

Meles anakuma

ニホンアナグマ

のHSIモデル ver1.0

Kruuk (1989) はアナグマが掘り易い土質として、特に砂土やシルトをあげている。また、大岩や大木の根元、キツネ穴、民家の床下がアナグマ穴として利用されていたのは、穴を掘るコストを節約するためであったと考えられる。日の出町の研究では、アナグマ穴が630m以下の間隔で存在し、アナグマがアナグマ穴から300m以内で活動するのは、アナグマ穴を繁殖・休息だけでなく、捕食者からの逃避に利用しているためと考えられる。俊足の捕食者や人間から逃れるために、行動圏内に散在する浅いアナグマ穴が一時的に役立つことが考えられる。すなわち、移動の途中で捕食者に遭遇すると、興奮性で攻撃的な気質によって捕食者と対峙しつつ逃走の機を窺い、散在するくぼ地や密生灌木の浅い穴や深い穴に身を隠し、一時的に休息して体温上昇を防ぐ。そして、最終的に深い穴にたどり着く。それゆえにアナグマは、強力な穴掘り能力を用いて捕食者から逃れるための隠れ場を行動圏内に多数掘るように適応したことが考えられる。

5 社会構造

アナグマのオスの行動圏形成に際しても食物確保はメスと同様に重要であるが、同時に求愛の対象となるメスの確保がもう一つの重要な条件となる。東京都日の出町では安定した雌雄の結びつき＝つがいの存在は認められなかった（伊藤 1992）ので、雌雄は通常は別々に生活し、求愛時にだけ雌雄は一時的に社会的結合を形成し、オスは複数メスを求愛の対象にしようとするのが考えられる。したがって、オスの行動圏はメスの行動圏と同様に、林縁や耕作地・住宅地を含みつつ、複数のメスの行動圏と重なるように形成され、メスの行動圏面積の平均3倍の大きさを示した（表1）のはこうした理由によるも

のと考えられる。オスも浅い穴とは別に1～3箇所の深い穴を持ち、これらは行動圏のコアエリアに位置することから、行動圏全域を平均的あるいはランダムに移動しているのではなく、メス同様に深い穴を中心にして活動していることがわかる。オスの行動圏に重複が認められたことは、オスの行動圏がナワバリでないことを示している。しかし、オス同志が反発関係にあるかどうかは不明である。



2 ハビタット適性指数モデルの構築

1 方法

モデルの構造とSIカーブの検討は、1章で論じたニホンアナグマの一般的生態をベースに、東京都日の出町のニホンアナグマ個体群のデータ（金子 2002, Kaneko et al 2006）を用いて行った。

適性値をHSIへ統合する式の選択は、東京都日の出町の調査地（金子 2002）を25区画（12～40ha/区画）に分割し、各区画ごとに複数の統合式候補を用いてHSI値を算出した上で、金子（2002）のデータより算出したアナグマ生息密度指数（発信機により追跡されたアナグマの行動圏数を区画面積で割ったもの）との関係を分位点回帰により分析し、回帰係数とAICをそれぞれ比較することにより最も適切な統合方法を選択した。

2 結果

(a) モデル構造

ニホンアナグマのHSIモデルを作成するにあたり検討が必要な解析項目を以下の表2にまとめたが、今回の検討にあたっては、使用したデータがラジオテレメトリー法により得られた位置と活動の情報であ

ることと、環境データベースの整備状況を考慮して、主に上層植生や土地利用タイプ、地形との関係を中心に扱った。また、土壌タイプ及び林道については、アナグマの活動に影響する環境タイプが調査地域内に見られなかったため、今回の検討からは除外した。カキの木については、農地・果樹園内に存在するものとして評価した。

表2. ニホンアナグマのHSIモデル作成のための検討項目

変数	行動圏の構成要素 (生存必須条件)		移動障壁と 最小ハビタット面積		散在度	
	カバー・繁殖 (巣穴適地・ 隠れ場)	採食適地	水場	地形障壁に よるもの		人為障壁に よるもの
土壌	土壌タイプ	○1	○1			★
	林(上層植生)	★	★			
植生・ 土地利用	林(下層植生)	○3	○3			
	土地利用		★		★	
特定樹種	林縁		★			
	カキ		○1,3			
地形	斜面の向き(日照)	★				
	地形(尾根・谷)	★		○2		
道路	道路(主要道)				★	
	道路(農道)				○2	
	林道				○2	
	交通量				○3	
水系	一般河川		○2	○2		
	河岸工事形態				○3	

- ★ 検討を行った項目
- 1 他項目に含まれると判断し直接的な検討からはずした項目
- 2 制限要因ではないと判断し直接的な検討からはずした項目
- 3 データ取得が困難であるため、直接的な検討からはずした項目

以下にモデル構造を模式化して示した(図1)。

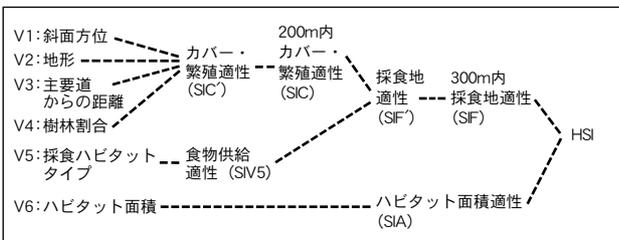


図1. ニホンアナグマHSIモデルの構造

(b) カバー・繁殖適性

(巣穴適地、隠れ場適地) (SIC)

①斜面方位(V1)と斜面方位適性(SIV1)との関係

巣穴の発見された斜面の向きは東がもっとも多く、次が北と南、西向きはなかった(金子2002)。西向き斜面には巣穴はなかったがアナグマの休息は見られた。

したがって、北、東、南向き斜面(斜面方位0~180度)のSIを1.0、西向き斜面(斜面方位270度)のSIを0.1、その間の適性は直線的に変化するものとしてSIカーブを作成した(図2)。

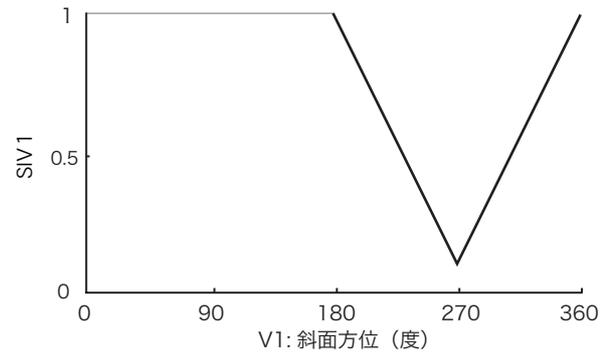


図2. 斜面方位(V1)と適性度(SIV1)の関係

②地形(V2)と地形適性(SIV2)との関係

巣穴の発見された地形は支尾根が18例ともっとも多く、主尾根で1例、谷では見られなかった(金子2002)。

適性指数は、モデル適用時の簡便さを考慮して、主尾根と支尾根を分けずに、尾根のSIを1.0、谷のSIを0とした(図3)。なお谷は、25,000分の1地形図の水域に50mバッファを発生させて作成した区域とし、尾根は、谷区域以外の部分とした。

Meles anakuma

ニホンアナグマ
のHSIモデル ver1.0

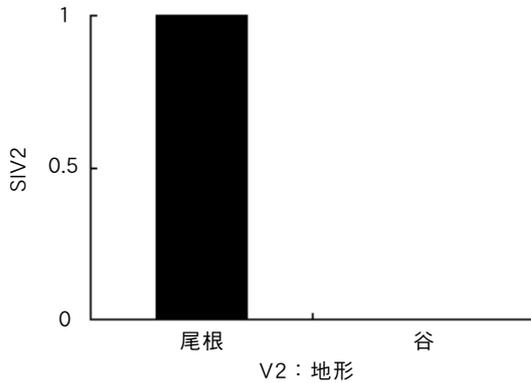


図3. 地形(V2)と適性度(SIV2)の関係

③主要道からの距離 (V3) と道路距離適性 (SIV3) との関係

主要道から250m内の区域においてアナグマの巣穴密度を算出したところ、主要道から50m内には巣穴は存在せず、50m以遠についても、道路から遠い方が巣穴密度が高い傾向が見られた(図4)。なお、主要道は、25,000分の1地形図における幅員5.5m以上の道路とした。

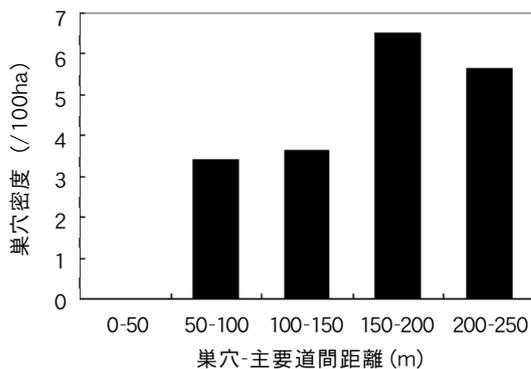


図4. 巣穴-主要道間の距離区分ごとのアナグマ巣穴密度

上記を参考に、以下のようなSIカーブを仮定した(図5)。

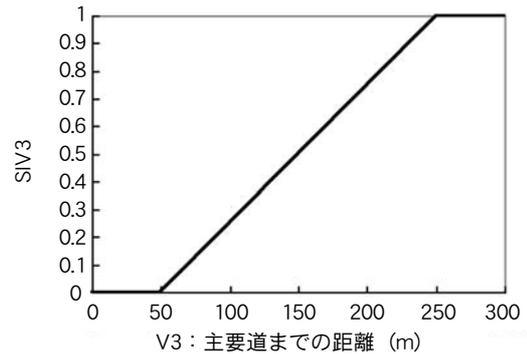


図5. 主要道までの距離(V3)と適性度(SIV3)の関係

④樹林割合(V4) と樹林割合適性 (SIV4) との関係

アダプティブカーネル法により推定した行動圏内(90%ADK)とコアエリア内(30%ADK)では森林の面積割合に差が見られ、行動圏内では森林率が60%以上、コアエリア内では85%以上となる傾向を示した。

したがって、本種の平均的な行動圏(27ha程度)を考慮し、半径300mにおける森林の面積割合が、60%のときSI=0、80%のときSI=1.0としてSIカーブを作成した(図6)。

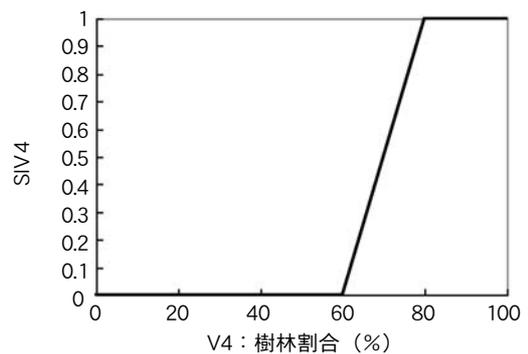


図6. 樹林割合(V4)と適性度(SIV4)の関係

⑤SICへの統合式

SIV1~SIV4の各適性値を「ある地点におけるカバー適性」(SIC')へ統合するための式の選択について

は、p. 7 の(e)HSIへの統合式において検討した。最終的なSIC値は、採食地との散在度に基づいて、「ある地点から半径200m内のSIC'の平均値」として求めることとした。

(c) 採食地適性 (SIF)

①採食ハビタットタイプ (V5) と食物供給適性 (SIV5) との関係

Kaneko et al (2006) は、本種の主要な食物であるミミズ類、キイチゴ類、カキの量と環境条件との関係を調べ、以下のような知見を得た。

ミミズ類の個体数密度

- ・広葉樹林の方が針葉樹林よりもやや高い。
- ・針葉樹林と広葉樹林のいずれにおいても、林縁から林内へ30m以内、および林縁から林外へ30m以内の範囲で高く、林縁から林内へ30m以上入り込んだ環境の2倍程度である。

キイチゴ類の本数密度

- ・林縁から林内へ30m以上入り込んだエリアでは、広葉樹林の方が針葉樹林の2倍程度多くなる。
- ・広葉樹林の場合は、林縁と林内にあまり差がない。
- ・針葉樹林の林縁から林内側10~20m以内では、広葉樹林と同程度の本数密度である。

カキの本数密度

- ・林縁から林外側へ概ね50m以内の範囲に多く、林内には分布しない。

以上より、環境タイプごとの食物供給適性(SIV5)として、①本種の基本的な生息環境となる広葉樹林に1点、②食物資源の少ない針葉樹林に0.5点、③食物資源の多い林縁部、すなわち、広葉樹林・針葉樹林の林縁から林内側25mの範囲内と林外側50m内に含まれる農地・果樹園・草地に2点を与えるものとした。

②採食適地－巣穴適地間の散在度 (SIFへの統合式)

特に採食地として適している林縁からアナグマの巣穴までの距離は、最低で30m、最高350mであったが大部分の巣穴は200m以内に存在していた(図7)。

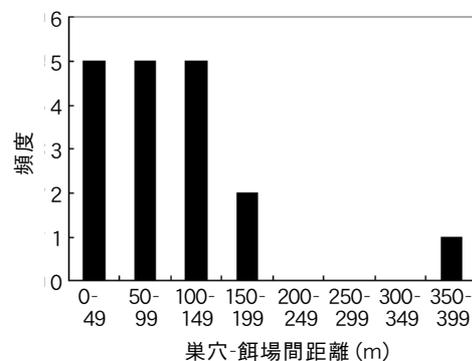


図7. 巣穴-餌場間の距離区分ごとのアナグマ巣穴数

以上より、周辺200m以内のカバー条件が良好である(巣穴適地、隠れ場所適地が多い)ほど、採食地としての適性も高くなると考えられる。そこで、「ある地点における採食地適性」(SIF')を、「ある地点から半径200m以内のカバー適性の平均値」(SIC)に、その地点における食物供給指数(SIV5)を乗ずることにより求めることとした。

最終的なSIF値は、アナグマの行動圏面積を考慮して、「ある地点から半径300m内のSIF'の平均値(ただし、SIF > 1.0となる値はSIF = 1.0)」として求めることとした。

(d) ハビタット面積(V6)と

ハビタット面積適性(SIA) との関係

アナグマは、生息地内に移動の障壁があるかどうかについての評価が必要となる。今回の検討では、工場や住宅密集地、道路がアナグマの移動障壁であ

Meles anakuma

ニホンアナグマ
のHSIモデル ver1.0

ることが予想された。

生息地の分断状況については、日の出町の非餌づけ個体の平均行動圏面積が27haであることから、連続したハビタット面積が30ha未満である区域については、アナグマにとっての適性がないものとした。

具体的には、工場や住宅密集地、道路を移動障壁とし、これらの適性値を0とした上で、移動障壁によって区切られる範囲が30ha未満となる区域のSIA値を0とした。

(e) HSIへの統合式

① 方法

適性値をHSIへ統合するためには、SIV1、SIV2、SIV3、SIV4をSIC（カバー適性）へ統合するための式と、SIF（採食地適性）とSIA（ハビタット面積適性）をHSIへ統合するための式を選定する必要がある。これら2つの式の選択については、以下のように行った。

まず、東京都日の出町の調査地（金子 2002）を25区画（12～40ha/区画）に分割した上で、各区画ごとに、4種の統合方法（表3）によりHSI値を算出した。すなわち、SIV1～SIV4を単純に掛け合わせてSIC'へ統合し、SIFとSIAの統合式も単純な掛け算とする「統合方法1」、SIV1～SIV4を幾何平均によってSIC'へ統合し、SIFとSIAの統合式は単純な掛け算とする「統合方法2」、SIV1～SIV4を単純に掛け合わせてSIC'へ統合し、SIFとSIAの統合式は幾何平均とする「統合方法3」、SIV1～SIV4を幾何平均によってSIC'へ統合し、SIFとSIAの統合式も幾何平均とする「統合方法4」の4候補である。

表3. アナグマHSIモデルの統合式候補

	SIC'	HSI
統合方法1	$SIV1 * SIV2 * SIV3 * SIV4$	$SIF * SIA$
統合方法2	$(SIV1 * SIV2 * SIV3 * SIV4)^{(1/4)}$	$SIF * SIA$
統合方法3	$SIV1 * SIV2 * SIV3 * SIV4$	$(SIF * SIA)^{(1/2)}$
統合方法4	$(SIV1 * SIV2 * SIV3 * SIV4)^{(1/4)}$	$(SIF * SIA)^{(1/2)}$

各統合式により算出したHSI値と、金子(2002)のデータより算出したアナグマ生息密度指数（発信機により追跡されたアナグマの行動圏数を区画面積で割ったもの）との関係を、分位点回帰により分析し、回帰係数とAICをそれぞれ比較することにより最も適切な統合方法を選択した。

② 結果

それぞれのHSI値に対するアナグマ生息密度指数の分位点回帰線（ $\tau = 0.90$ ）は、図8に示した。統合方法1～3は回帰線の切片が5～10となるなど、モデルにより求めたHSI値が過小評価となる傾向があった。

また、AICcを比較した結果からも、統合方法4が最小となり同統合方法が最も適切なモデルであることが分かった。

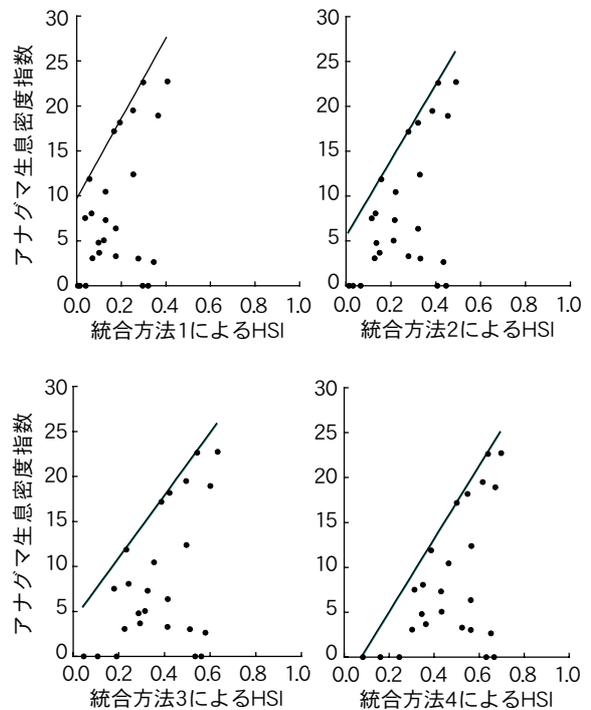


図8. 各統合方法により求めたHSI値に対するアナグマ生息密度指数の分位点回帰線（ $\tau = 0.90$ ）

3

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、主に東京都日の出町（金子2002, Kaneko et al 2006）における研究データに基づいて作成されたため、特に関東以外の地域における適用可能性については不確実性が残る。このため、関東周辺地域以外で適用する場合、理想的には検証を行った方がよい。しかし、本種の基本的な生態やハビタット利用は本州の台地丘陵部から山地部にかけての地域においても大きくは変わらないものと思われる（4章「モデルに対するコメント」参照）。

従って本モデルは、原則として本州の照葉樹林帯域（潜在的にシイカシ林が成立するような地域）であれば適用可能とする。

(b) 季節

本モデルは、年間のデータを用いているため、特に季節は限定しないものとする。

(c) 最小ハビタット面積

生息地の分断状況については、日の出町の非餌づけ個体の平均行動圏面積が27haであることから、移動障壁によって移動が阻害されない連続したハビタットの面積が30ha未満である区域については、HSI=0とみなすこととした。移動障壁の定義等については「モデルの構造およびハビタット変数の定義」の4）およびV6の項を参照のこと。

2 モデルの構造およびハビタット変数の定義

ニホンアナグマのHSIは食物条件とカバー・繁殖条件、ハビタット面積によって規定されるものとする。

本モデルにおいては、カバー・繁殖条件を地形条件や樹林割合、道路との位置関係から評価し、食物条件を自然林や林縁の分布状況とカバー適性により評価する。

また、本モデルでは、カバータイプ（環境タイプ）を「人工林」、「自然林」、「農地・草地」、「市街地等」、「その他」のいずれかに分類し、それぞれを以下のように定義する。

- 1) 人工林：スギ、ヒノキ、サワラ、カラマツなどの高木から成る針葉樹人工林および竹林。ただし、アカマツ林は含まず。
- 2) 自然林：人工林以外の高木林。落葉広葉樹林や常緑広葉樹林、アカマツ林など。
- 3) 農地・草地：畑地、水田、休耕畑、休耕田、桑畑、果樹園、伐跡群落、自然・半自然草地など。ただし、ゴルフ場などの人工草地は含まない。
- 4) 市街地等：市街地、工場地帯、広いコンクリート地、幅員5.5m以上の道路など、アナグマの移動障害となりうる環境。
- 5) その他：上記の4タイプ以外の全環境。緑の多い住宅地、人工草地など。

ハビタット変数、生存必須条件、およびアナグマのHSIの関係については、図9に示した。

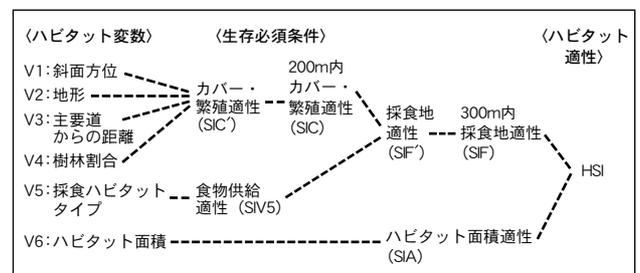


図9. ニホンアナグマHSIモデルにおける、ハビタット変数、生存必須条件、HSIの関係

Meles anakuma

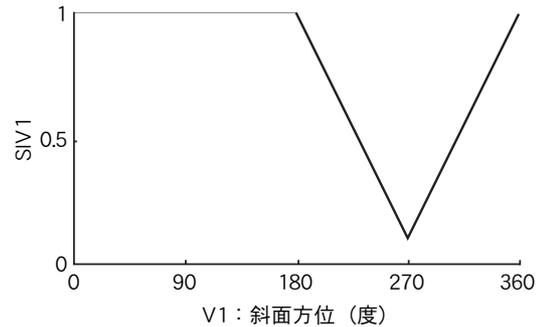
ニホンアナグマ

のHSIモデル ver1.0

ハビタット変数の定義は以下の通りである。なお、本モデルの適用に際しては、グリッド解析機能を有するGISを使用して、1辺10~50m程度のセル（グリッド）単位で適性値を求めることが望ましい。

V1: 斜面方位

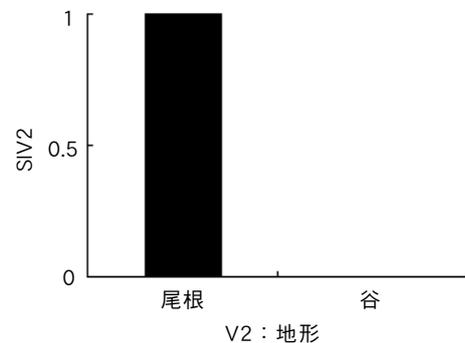
ある地点（グリッド）における斜面の方位を、北を基準（0度）とした時計回りの角度で示したものの。範囲は0~360度である。



V2: 地形

25,000分の1地形図で河川の水部として示された部分から50m内バッファを発生させた区域を「谷」とし、谷以外の区域を「尾根」としたカテゴリー変数。

$$SIV2 = \begin{cases} 0 & V2 = \text{谷の場合} \\ 1.0 & V2 = \text{尾根の場合} \end{cases}$$



V3: 主要道からの距離

25,000分の1地形図における幅員5.5m以上の道路からの距離（m）

V4: 樹林割合

ある地点（グリッド）から半径300mにおける樹林（人工林および自然林）の面積割合（%）

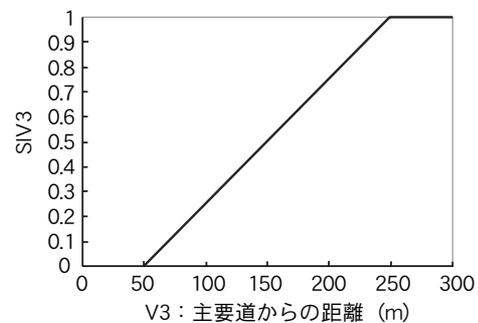
V5: 採食ハビタットタイプ

評価区域を、「自然林」、「人工林」、「林縁部（樹林の林縁から林内側25mの範囲内と林外側50m内に含まれる農地・草地）」、「樹林や林縁以外」に区分したカテゴリー変数。

V6: ハビタット面積

「市街地等」を移動障壁とし、これによって区切られる範囲の面積（市街地等は面積に含まず）。

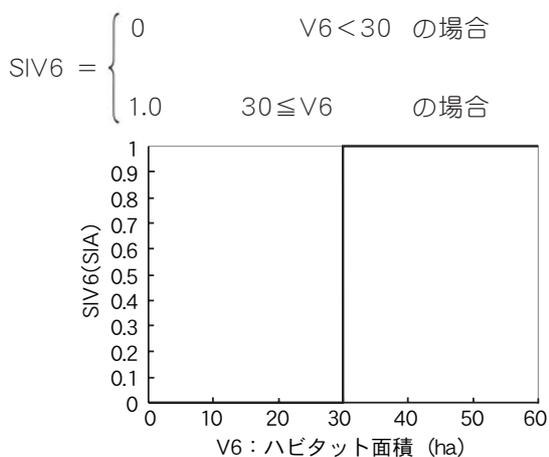
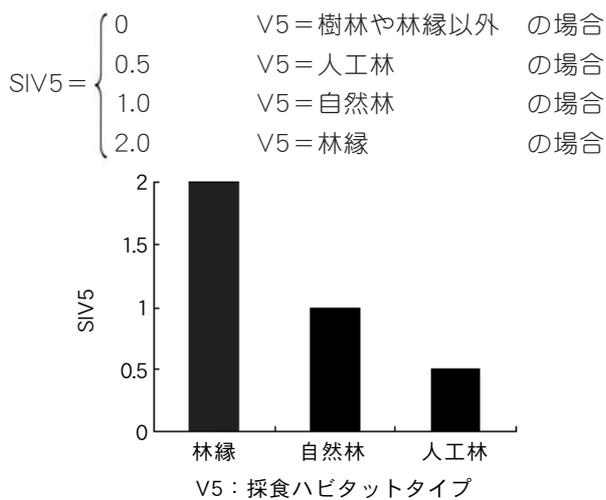
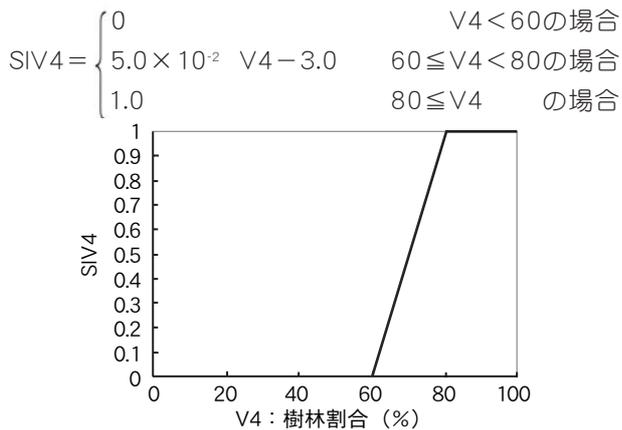
$$SIV3 = \begin{cases} 0 & V3 < 50 \text{の場合} \\ 5.0 \times 10^{-3} V3 - 2.5 \times 10^{-1} & 50 \leq V3 < 250 \text{の場合} \\ 1.0 & 250 \leq V3 \text{の場合} \end{cases}$$



3 適性指数グラフ

各適性指数グラフは以下の通りである。

$$SIV1 = \begin{cases} 1.0 & 0 \leq V1 < 180 \text{の場合} \\ -1.0 \times 10^{-2} V1 + 2.8 & 180 \leq V1 < 270 \text{の場合} \\ 1.0 \times 10^{-2} V1 - 2.6 & 270 \leq V1 < 360 \text{の場合} \end{cases}$$



4 生存必須条件およびHSI値の算出

(a) カバー・繁殖適性 (SIC)

SIV1～SIV4の各適性値を「ある地点におけるカバー適性 (SIC')」へ統合するための式は、以下の通りである。

$$SIC' = (SIV1 \cdot SIV2 \cdot SIV3 \cdot SIV4)^{1/4}$$

最終的なSIC値は、採食地との散在度に基づいて、「ある地点から半径200m内のSIC'の平均値」として求める。

(b) 採食地適性 (SIF)

「ある地点における採食地適性 (SIF')」は以下の通り算出する。

$$SIF' = SIC \cdot SIV5$$

最終的なSIF値は、アナグマの行動圏面積を考慮して、「ある地点から半径300m内のSIF'の平均値」として求める。ただし、SIF > 1.0となる場合はSIF = 1.0とする。

(c) ハビタット面積適性 (SIA)

「ある地点におけるハビタット面積適性 (SIA)」はSIV6と等しい。

$$SIA = SIV6$$

(d) ハビタット適性 (HSI)

HSI値は、SIFとSIAを統合して求める。統合式は以下の通りである。

$$HSI = (SIF \cdot SIA)^{1/2}$$

Meles anakuma

ニホンアナグマ

のHSIモデル ver1.0



4 モデルに対するコメント

山口県立山口博物館 田中浩氏

2008年4月18日

・本モデルでは、これまで地理的亜種 *M. m. amurensis-anakuma* として位置づけられていたニホンアナグマを、最近の研究成果を反映させて独立種 *M. anakuma* として扱っている。しかし、本種を独立種とすべきかについてはまだ議論の残る部分もあるため、今後の研究動向に注意する必要があるだろう。

・山口県のアナグマは東京都日の出地域に比べると林縁への依存度が低く、常緑広葉樹林内で十分生活できるという違いはあるが、基本的に本モデルに記述されたアナグマの生態やハビタット利用は山口におけるものと変わらないように思う。つまり、本モデルは関東地方だけでなく、西日本を含め広く国内で適用できるのではないが。

・ただし、カバーとしての樹林の扱いには注意が必要かもしれない。山陽地方の場合、花崗岩質で土壌が浸食されやすいといった条件などにより、はげ山状となりやすいが、このような環境であっても窪地や岩場といった隠れ場があればアナグマが生息することは可能である。例えば、草地やブッシュ景観から成る秋吉台にもアナグマは生息しているが、彼らはドリーネ（石灰岩の地面が溶食によって陥没してできた窪地）などを利用して生活している。

従って、そのような地域に本モデルを適用する場合は、V4の「樹林割合」を「樹林や草地の割合」と読み替える必要があるだろう。

・長野県入笠山のような高標高地域では、アナグマは低標高地域の10倍くらいの行動圏面積を持つ（1章3節参照）。つまり、生態やハビタット利用方法は低地と同様だが、食物の生産力が低いのであろう。従って、もし高標高地域で本モデルを適用するのであれば、食物の生産力を考慮した補正を行う必要があるだろう。

・アナグマはヒューム管や排水溝などの人工物を利用することもあるが、そこまでモデルで考慮する必要はないだろう。

・アナグマの捕食者はほとんどいないが（かつてはオオカミ？）、テンがアナグマの巣穴に入り込むことがあるので幼獣がテンに捕食される可能性はあるかもしれない。猛禽類に捕食されることはほとんどないだろう。



5 謝辞

本モデルの作成にあたり、アメリカ合衆国内務省地質調査所のエイドリアン・ファーマー博士には、モデルの検討初期段階において、モデルを構築する上で留意すべき点などについてご助言をいただいた。山口県立山口博物館の田中浩博士には、モデルの草稿をご確認いただき、アナグマに関する広く深い知見に基づいた有益なご助言を賜った。以上の方々に対して、あらためて厚く御礼申し上げます。

6

引用文献

- Abramov, A.V.(2002) Variation of the baculum structure of the Palaeartic badger (Carnivora, Mustelidae, *Meles*). Russian Journal of Theriology, 1(1) : 57-60.
- Abramov, A.V.(2003) The head colour pattern of the Eurasian badgers (Mustelidae, *Meles*). Small Carnivore Conservation, 29 : 5-7.
- Abramov, A.V. and A.Y. Puzachenko (2005) Sexual dimorphism of craniological characters in Eurasian badgers, *Meles* spp. (Carnivora, Mustelidae). Zoologischer Anzeiger, 244: 11-29.
- Baryshnikov, G.F., A.Y. Puzachenko and A.V. Abramov (2002) New analysis of variability of cheek teeth in Eurasian badgers (Carnivora, Mustelidae, *Meles*). Russian Journal of Theriology, 1(2): 133-149.
- 伊藤弥生(1992) 東京都日の出町におけるアナグマの社会構造と環境選択. 東京農工大学修士論文. 78pp.
- Kaneko, Y., N. Maruyama, N. Kanzaki (1996) Growth and seasonal changes in body weight and size of Japanese badger in Hinodecho, suburb of Tokyo. J. Wildl. Res. 1(1) : 42-46.
- 金子弥生(2001) 東京都日の出町におけるニホンアナグマ(*Meles meles anakuma*)の生活環. 哺乳類科学 41(1) : 54-64.
- 金子弥生(2002) 日の出町のアナグマの行動圏の内部構造. 日本生態学会誌 52 : 243-252.(特集 哺乳類の行動圏研究の現状と将来及びテレメトリー法データ行動圏解析法).
- Kaneko, Y., Maruyama, N., and Macdonald, D.W.(2006) Food habits and habitat selection of suburban badgers (*Meles meles*) in Japan. J. Zool. Lond., 270: 78-89.
- 環境庁(1979) 第2回自然環境保全基礎調査動物分布調査報告書. 91pp.
- 環境省(2004) 第6回自然環境保全基礎調査種の多様性調査哺乳類分布調査報告書. 213pp.
- Kurose, N., Y. Kaneko, Alexei V. Abramov, Boripat Siriaroonrat and Ryuichi Masuda(2001) Low genetic diversity in Japanese populations of the Eurasian badger *Meles meles* (Mustelidae, Carnivora) revealed by mitochondrial cytochrome b gene sequences. Zoological Science 18: 1145-1151.
- Kruuk(1989) The Social Badger. Oxford University Press. 155pp.
- Marmi, J., F. López-Giráldez, D.W. Macdonald, F. Calafell, E. Zholnerovskaya and X. Doming-Roura(2006) Mitochondrial DNA reveals a strong phylogeographic structure in the badger across Eurasia. Molecular ecology, 15: 1007-1020.

Meles anakuma

ニホンアナグマ
のHSIモデル ver1.0

Neal and Cheeseman(1996) Badgers. Poyster Natural History, 271pp.

Roper, T.J.(1994) The European badger *Meles meles*: food specialist or generalist? J.Zool.Lond.234: 437-452.

Sato, J.J., T.Hosoda, M.Wolsan, K.Tsuchiya, Y.Yamamoto and H.Suzuki(2003) Phylogenetic relationship and divergence times among Mustelids (Mammalia: Carnivora) based on nucleotide sequences of the nuclear interphotoreceptor retinoid binding protein and mitochondrial cytochrome b genes. Zoological Science, 20: 243-264.

Tanaka, H., A.Yamanaka and K.Endo(2002) Spatial distribution and sett use by the Japanese badger, *Meles meles anakuma*. Mammal Study 27: 15-22.

田中浩(2002) ニホンアナグマの生態と社会システム. 山口大学博士論文. 117pp.

Wilson, D.E. and D.M.Reeder(2005) Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference (3rd ed.). Johns Hopkins University Press. 2000pp.

山本祐治(1991) 長野県入笠山におけるニホンアナグマの食性. 自然環境科学研究 4: 73-83.

山本祐治(1995) 長野県入笠山におけるニホンアナグマ(*Meles meles anakuma*)の行動圏と環境選択. 自然環境科学研究 8: 51-65.



7 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

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
TEL
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こ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、『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)、『環境の時代を迎える世界の農業』((財)日本生態系協会)、『学校・園庭ビオトープ』(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下さい。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ひ申し上げます。

【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下さい(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、予めご了承下さい。

モデル作成

金子弥生・(財)日本生態系協会ハビタット評価グループ

ニホンアナグマのHSIモデル ver.1.0

2008年7月発行（2008年12月誤植訂正）

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 2008

 (財)日本生態系協会