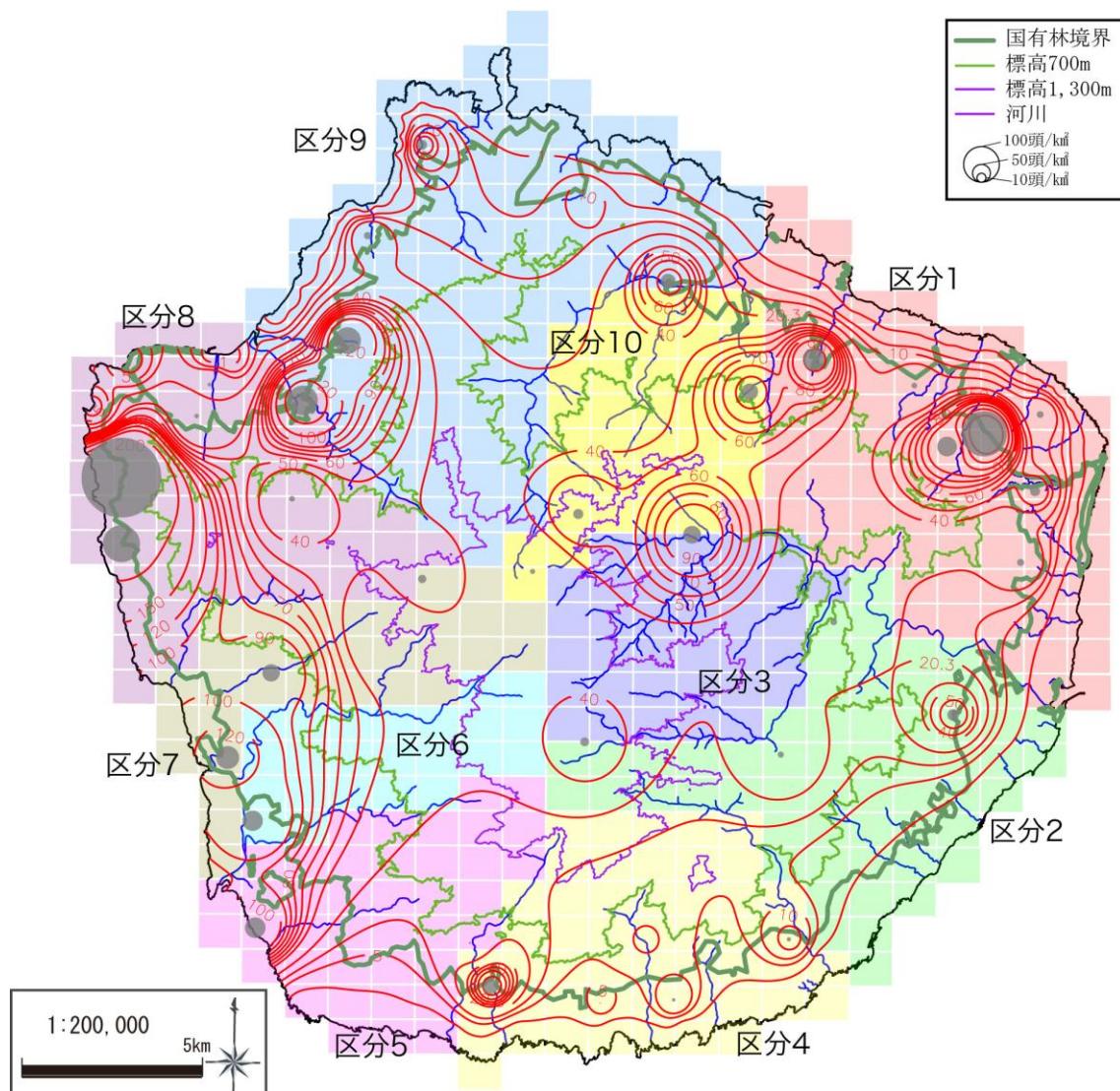


平成 25 年度ヤクシカ生息状況



平成 25 年度ブロック、メッシュ別分布コンター(ブロック区分は環境省による)

推定個体数(頭)

区分	推定頭数	生息可能面積(km ²)	20/km ² のときの個体数
平均法	31,650 (90%信頼限界) (23,217～40,083)	473.4	9,470 頭/km ²
積上法	17,307 (95%信頼区間上限値) (～27,523)		

鹿児島県ヤクシカ個体数推定手法について

一般財団法人 鹿児島県環境技術協会

1. IDW による個体数推定の方法と特徴

鹿児島県が個体数推定に用いている IDW コンターモデルによる積み上げ法では、等密度線で表される分布パターンを推定し、その過程で得られるグリッド毎の密度の合算から個体数を求めることができる（IDW=Inverse Distance Weighted：逆距離加重法については Box1 参照）。これは調査地点数が比較的少なくても得られた分布パターンに則した配分により、個体数を求められるという特性を持つ。また、全島の平均値を個々の領域に適用しないので、地域の偏りを考慮した推定値が得られる。なお、補間技術については、IDW の他に様々な手法があるが（Box 2 参照）、鹿児島県ではシカ密度パターン描画手法としての普及と解析プログラム作成時の利用性の高さから、平成 25 年度データの分析より用いている。

2. 平均法との特性の違い

IDW コンターを元に個体数を推定した場合、平均法（ここでは林分別に平均密度を求めて、林分面積に乘じる手法）のように局在化する高密度地点に、総個体数が影響を受けにくい。また、密度調査モニタリング地点は、多くが個体数の見込める場所で測定され、シカの極少密度地域には設置されにくい状況もあるが、分布状態の構造を明らかにするとともに、調査地点の偏りについてもある程度考慮して計算することができる。一方で、地点数において十分なサンプルサイズが得られれば、両手法での個体数の差はほとんどなくなるものと考えられる。

3. 個体数推定の課題

データを元にした個体数推定の特性と、現在の糞粒法・糞塊法手順で実個体数が十分正確に測定されているかはまた別の問題である。捕獲頭数や密度調査地点の年次変動等から、個体群の増加・減少の傾向を正確に見極める解析を進めていく必要がある。

対象点 $f(x, y)$ の値を、周辺 N 点 x_i, y_i の値 (z_i) ($i = 0, 1, \dots, N$) を使って、以下の式で補間距離の逆数を重みとした加重平均で値を求める。近傍点の配点位置は考慮しないので、外挿も可能である。

$$f(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^N (d_i)^{-u} z_i}{\sum_{i=1}^N (d_i)^{-u}}, \quad d_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}$$

x_i ：シカ密度測定箇所の緯度

y_i ：シカ密度測定箇所の経度

z_i ：シカ密度測定箇所における算出密度

u ：補間される箇所からシカ密度測定箇所までの距離の重み付け

N ：補間算出に利用されるシカ密度測定箇所数

Box 1 IDW によるシカの密度ポテンシャルパターンの補間（近藤ら、2003）

4. 具体的な個体数推定手法の手順

1) コンターによる密度分布パターンの作成

屋久島におけるヤクシカ密度計測地点は、密度計測地点が限られているため、全域的な分布パターンを求めるために補間技術を用いている。

2) グリッド毎の個体数積み上げによる個体数推定

IDW による個体密度のパターンでは、実測値点のデータを用いて格子状に密度推定値を求め、その各グリッド（格子）の推定密度を元にコンター（等密度線）が得られる。ここでグリッド毎に求められた推定密度をグリッド内個体数に変換し（例えば 50m グリッドで IDW を行っているなら地点推定密度/㎤に 0.0025 を乗ずる）、これを合算することで、全体個体数を求めることができる。

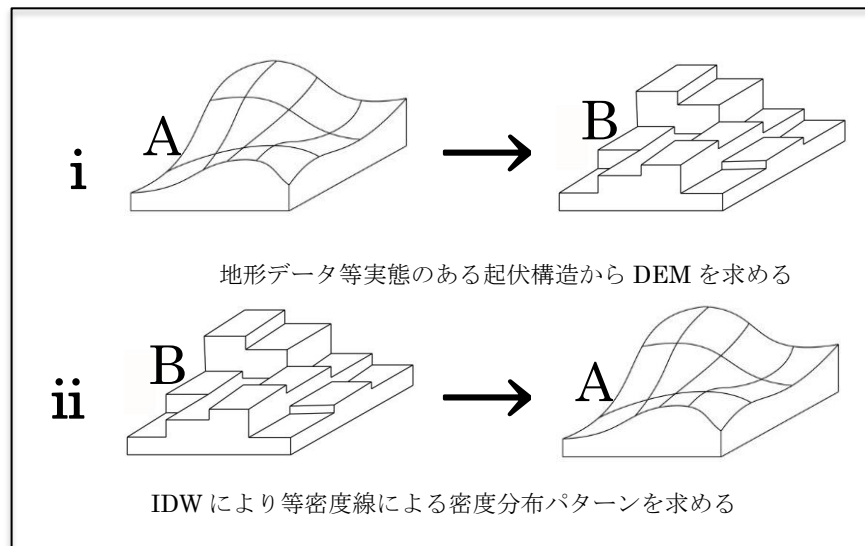


図 1 等密度コンターと IDW により求められる格子状の Digital Elevation Model の関係

※ i) 実態のある山塊の形状（図の A）からラスターデータである DEM (Digital Elevation Model、図の B) を求め、山塊の体積を積み上げて計算して近似する手順。ii) 補間技術では A は実態としては存在せず、計算で得られた B から A を求める逆の手順となり、計算過程で B から山塊の体積に等しい個体数推定が可能である。

密度分布（密度ポテンシャル）のパターンの予測のために、サンプリングできていないポイントのヤクシカ密度を推定する補間手法には、IDW (Inverse Distance Weighted : 逆距離加重法)、平滑化スプラインスプライン、クリギング、三角形分割補間 (TIN) などがある。

なお、2008 年当初用いていたガウジング関数による手法も、補間の方法としては IDW と類似のものである。IDW では、補間地点における密度の推定は、補間位置からの距離に応じた数値の加重において、補間地点から最近接の場所の実測値のみを元に計算する。鹿児島県が平成 23 年度で用いていたガウジングでは、実測値の選択と重み付けがやや異なる。

現在では、GIS ソフトとその解析機能が普及した結果、多くの分布パターン予測で一般的になった IDW に県の分布パターンモデルも手法を統一してある。なお、シカの密度ポテンシャル予測で採用している例として、近藤ら(2003)などがある。

Box 2 補間技術について

3) 様々な補間技術を含めた他の個体数推定法との比較

① 補間技術からの積み上げ

IDW 以外の補間法についても、鉱物資源評価等によく用いられるクリギング（単純、普通、一般クリギング等がある）等、採用を検討したが、GIS の普及でコンター描画において一般化した状況から、鹿児島県も比較のため、平成 24 年度から、IDW を採用している。複数の調査結果での比較結果や、牧草地周辺や西部など実際に高密度化している地域を明確にできたことから糞粒法・糞塊法と合わせた IDW は、一定の再現性があると考えられる。

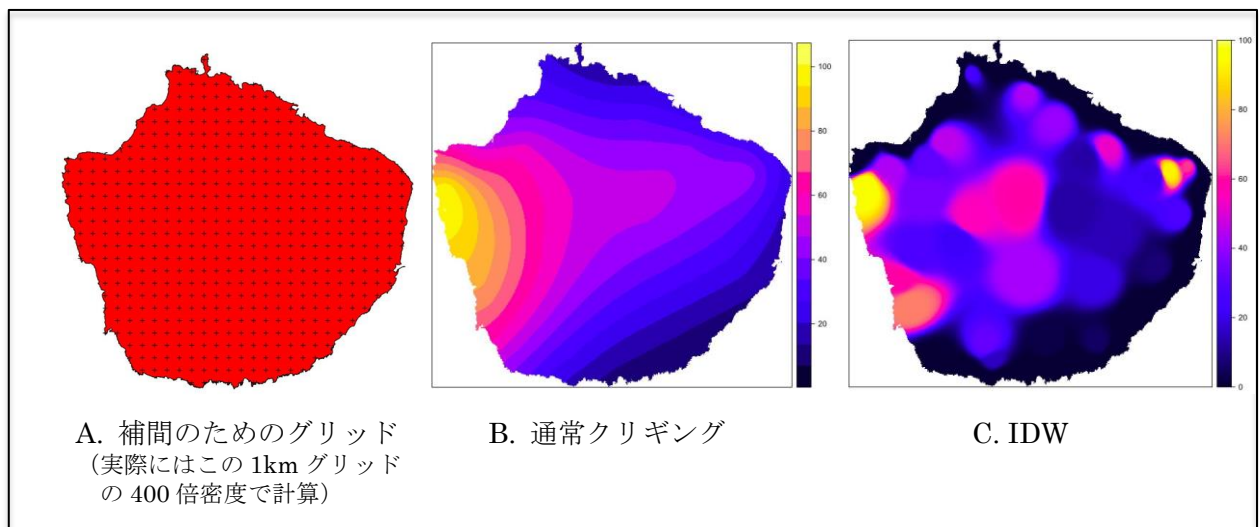


図 2 密度分布パターン推定のためのグリッドによる補間手法

グリッドの大きさが小さいほど DEM は正確になるが、近藤ら(2003)では 50m を採用しており、鹿児島県での予測においては屋久島でも精度的に十分であると判断し、50m グリッド (約 230,000 区分) に設定し、計算を行っている。

② 植生区分等生息環境資評価による平均法

シカの密度については捕獲圧などを含めた地域的な差が、地形及び環境構造の特性などの影響を受けていると考えられる。分布状態のパターン化において植生区分毎の平均値からの個体数算定は、現状での地域間での個体密度差が大きな状況では、かなりの数の調査地点数を必要とする。一方で、調査地点が増えれば、手法による推定個体数の差は小さくなる。現状でも、IDW による地点推定値が、実測値に比べ特に低いわけではないことが示されているため (表 1)、平均法による個体数推定において、西部調査地点などの極大値により過剰に出ている可能性が示唆される (図 3)。一方で、地点での糞粒法・糞塊法による個体数推定値と実際の密度との誤差は別に存在しており、単純に、どちらかが実個体数を過剰・過少評価しているということにはならない。

表 1 モデルによる推定頭数と実際の地点数値(モデルには採用していない地点)との誤差

ブロック	資料元-地点番号	地点名	H25 密度	モデル予測	誤差	モデル予測値評価
北東部	環境省ア航-1	宮之浦林道	24.6	48.6	0.976	過剰
中央部	環境省ア航-2	尾之間歩道上部	7.4	34.8	3.703	過剰
中央部	環境省ア航-3	小杉谷 (600m)	60.9	70.3	0.154	過剰, 20%以内
中央部	環境省ア航-4	小杉谷 (700m)	67.3	96.8	0.438	過剰
中央部	環境省ア航-5	淀川小屋	4.8	48.4	9.090	過剰
中央部	環境省ア航-6	小花之江河～花之江河	20.6	48.2	1.340	過剰
北東部	環境省ア航-7	小瀬田林道	56.5	104.3	0.847	過剰
中央部	環境省ア航-8	花山歩道 (900m)	34.0	92.2	1.711	過剰
中央部	環境省ア航-9	万代杉手前	15.6	21.5	0.380	過剰, 40%以内
南東部	環境省ア航-10	安房前岳	6.3	64.6	9.257	過剰
南東部	環境省ア航-11	安房林道	21.5	63.3	1.944	過剰
南部	林野庁日林協-1	尾之間下	3.8	10.6	1.788	過剰
北東部	林野庁日林協-2	愛子東	65.0	109.8	0.688	過剰
西部	林野庁日林協-3	瀬切	250.0	121.5	-0.514	過少
中央部	林野庁日林協-4	淀川登山口	56.4	32.9	-0.417	過少
中央部	林野庁日林協-5	ヤクスギランド63支線	90.8	33.4	-0.632	過少
西部	林野庁日林協-6	ヒズクシ	279.4	176.3	-0.369	過少, 40%以内
中央部	林野庁日林協-7	湯泊	26.3	11.3	-0.570	過少
北東部	林野庁日林協-8	愛子西	165.2	141.3	-0.144	過少, 20%以内

※林野庁・日林協の値は Funryu ver.1 との 1.5～2 倍程度高い値が出るプログラムによる推定値である。

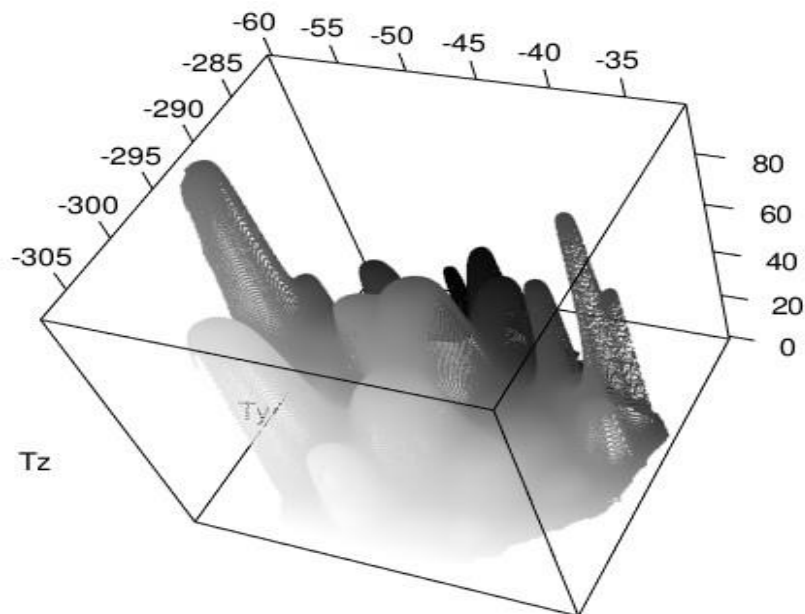


図 3 3D 表現による屋久島の密度分布パターン

平均法を採用した場合、通常、高密度地点である局所の影響が強く増加する可能性がある。また、密度が極小な場所は最初から調査地点から排除される傾向がある。一方で、調査地点数が十分多ければ、手法による差はほとんど無くなると考えられる。

③ 各種分布予測モデルによる推定

グリッド区分毎の予測値は、環境構造や狩猟圧などが、より細分化したメッシュ単位で数値化が可能ならば、補正も容易であると考えられる。平均値や地点密度情報のみの推定による問題を考慮して、各グリッド毎の推定密度を植生や林分の断片化などの環境構造や高度や斜面方位などの地形形状などを数値化してモデル化して予測する一般化線

形混合モデル GLMM、階層ベイズ法（Fujimaki *et.al.*, 2013 が既に予測で採用）、Maximum Entropy model 等、各種モデルによる分布状態の予測法がある。今後、分布密度に影響を与える各種環境構造の抽出と検証の他に、捕獲圧に関するパラメータについて、より精度の高いデータ単位で得る必要が有るため、狩猟管理において自治体、各機関猟友会等の調整、協力が必要となる。

4) 個体数推定の課題

現在行われている糞粒法、糞塊法からの個体数推定においては、区画法などによるクロスチェックも行われておらず、厳密な個体数推定は課題となっている。捕獲数、個体数、増加率の厳密な計算との整合性については限界がある。一方で、糞粒法は他の手法とのクロスチェックの結果では、かなり正確であることが示されている（堀野、私信）。特に、鹿児島県採用の糞粒法における密度 20 頭/ha が、本県で森林被害が顕在化しないボーダーラインと見なせるなど、数値の妥当性が必ずしも低いわけでもない。ただしプログラムにより補正されとはいえ、大型の糞食昆虫の挙動に影響される糞の分解率など、屋久島において未解明な部分が多い。

全国の特定期間におけるシカの個体数変動については、計算マクロである「SimBambi」（堀野、1997）に代表されるレスリー行列モデルによる予測とベイズ予測が、全国でも半々となっており（濱崎ら、2013）、ヤクシカについては前者でのシミュレーション結果が得られてきているが、捕獲個体の幼獣比率が高くなると計算結果が乖離する余地が大きくなる。Fujimaki *et.al.* (2013) は、階層ベイズ法による解析で、2012 年レベルの捕獲頭数では、未捕獲地域の増加により、全島での個体数は減少しないことを示唆している。

また、補間技術や個体数推定のための解析手順において、西部地域以外の海岸線極少密度を仮定したコンターモデルを用いているが、実際には集落のない海岸線周辺の林分は、県道下であつてもシカの利用が見られ、例えば、北部の矢筈岳周辺等、実態と合わない結果が示されている。密度推定地点の補填と、モニタリングの継続は今後更に重要な段階となるものと考えられる。

引用文献

- Fujimaki, A., Shioya, K. and H. Matsuda 2013 A Proposal for the Area Management of sika deer in Consideration of the Uncertainty of Population and Catches. 日本生態学会第 59 回全国大会（2012 年 3 月，大津）講演要旨.
- 濱崎伸一郎・山内貴義・荒木良太 2013 ニホンジカの特定期間保護管理計画の現状と課題. 哺乳類科学 53(1), 185-188.
- 堀野 眞一 1997: 個体群管理におけるシミュレーションの利用. ニホンジカ保護管理の現状と課題－ニホンジカ保護管理ワークショップ 1996 の記録 (財)自然環境研究センター pp.84-86
- 近藤洋史・池田浩一・小泉 透・今田盛生・吉田茂二郎 2003 補間法を応用したニホンジカ生息密度ポテンシャルの分布様式の検討. 九州森林研究, 56: 109-112, 2003

河川界別のヤクシカの推定生息数

河川界（図 1 参照）、民有林及び国有林別のヤクシカ生息数及び生息密度について、平成 25 年度に実施されたヤクシカの生息密度推定結果（出典：生息密度区分コンター図「平成 25 年度環境省ヤクシカ適正管理方策検討業務」）を基に推定した。

生息数の推定は、河川界別密度コンターのポリゴンとヤクシカ利用植生域のポリゴン、民有林と国有林のポリゴンとを GIS 上で重ね細分化し、それぞれのヤクシカ利用植生域面積（図 2、表 1 参照）と該当する部分の生息密度（密度区分コンターの間値〔例えば 30～40 頭/km²区分の場合 35 頭/km²と仮定〕）の乗算で推定生息数を求めた。推定生息数については、表 2、図 4 に示す。また、河川界別の生息密度は、河川界毎の推定生息数とヤクシカ利用植生域面積の除算で推定した。推定生息密度は、表 3、図 5 に示す。



図 1 河川界区分と民有林及び国有林、平成 25 年度密度コンター及び 1km メッシュ（例）

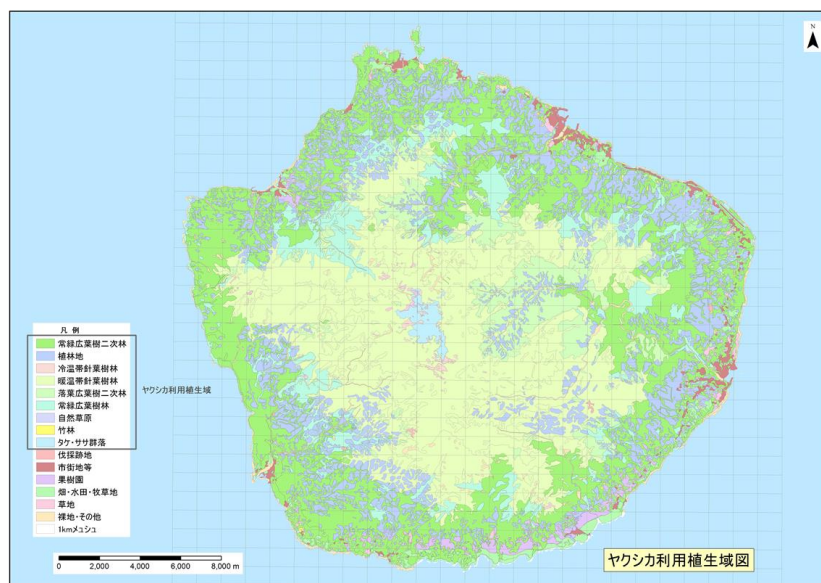


図 2 ヤクシカ利用植生域

（図 1～2 出典）平成 25 年度屋久島国立公園におけるヤクシカ対策基礎情報整理業務報告書（H26.3：環境省九州地方環境事務所）

表 1 河川界別のヤクシカ利用植生域の面積等

(単位: km²)

項目		河川界 1	河川界 2	河川界 3	河川界 4	河川界 5	河川界 6	河川界 7	河川界 8	河川界 9	河川界 10	合計
河川界面積 (km ²)	民有地等	28.871	14.120	0.000	16.989	15.007	1.446	4.750	13.200	24.729	1.158	120.270
	国 有 林	47.059	45.200	39.470	32.081	24.883	21.604	29.000	39.910	65.091	38.252	382.550
	計	75.930	59.320	39.470	49.070	39.890	23.050	33.750	53.110	89.820	39.410	502.820
ヤクシカ 利用植生域 面積 (km ²)	民有地等	20.863	8.696	0.000	9.200	12.565	1.259	4.256	11.653	20.078	1.070	89.640
	国 有 林	46.780	44.940	39.060	31.486	24.552	21.219	28.472	39.513	63.791	37.671	377.484
	計	67.643	53.636	39.060	40.686	37.117	22.478	32.728	51.166	83.869	38.741	467.124

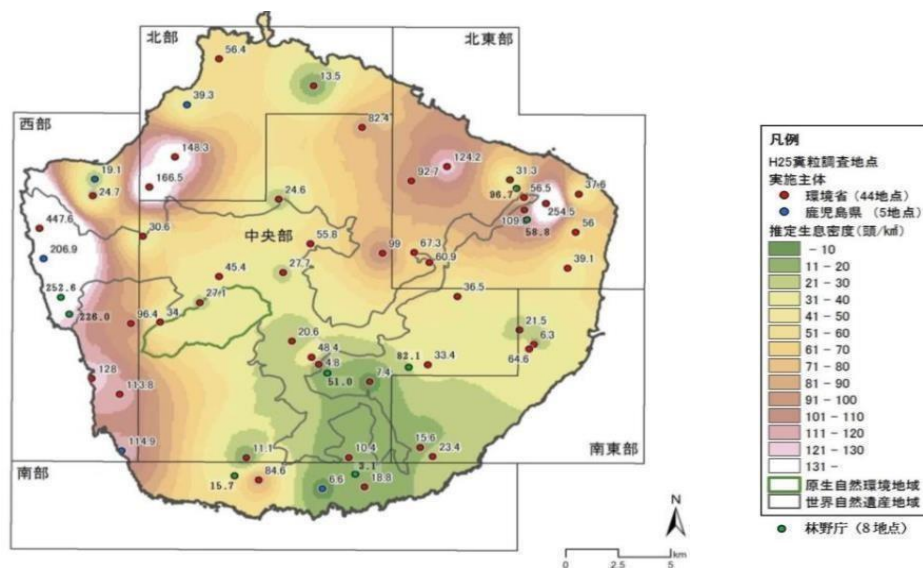


図 3 平成 25 年度のヤクシカ生息密度コンター図

表 2 河川界別のヤクシカの推定生息数 (平成 25 年度〔単位: 頭〕)

推定生息頭数 (頭)	河川界 1	河川界 2	河川界 3	河川界 4	河川界 5	河川界 6	河川界 7	河川界 8	河川界 9	河川界 10	合計
民有地等	1,722	325	—	294	1,084	157	546	1,354	1,625	98	7,207
国 有 林	3,951	1,586	1,874	767	1,282	1,332	1,921	4,364	4,691	2,675	24,443
合 計	5,673	1,911	1,874	1,061	2,366	1,489	2,467	5,719	6,316	2,773	31,650

表 3 河川界別のヤクシカの推定生息密度 (平成 25 年度〔単位: 頭/km²〕)

推定生息密度 (頭/km ²)	河川界 1	河川界 2	河川界 3	河川界 4	河川界 5	河川界 6	河川界 7	河川界 8	河川界 9	河川界 10	合計
民有地等	82.5	37.4	—	32.0	86.3	124.4	128.4	116.2	81.0	92.0	80.4
国 有 林	84.5	35.3	48.0	24.4	52.2	62.8	67.5	110.5	73.5	71.0	64.8
合 計	83.9	35.6	48.0	26.1	63.7	66.2	75.4	111.8	75.3	71.6	67.8

河川界別のヤクシカの推定生息数は、河川界No.1、8 及び 9 で多い。河川界No.1 は愛子岳東側の町営牧場、河川界No.8 は西部地域と永田川左岸部、河川界No.9 は永田川右岸部をそれぞれ含むために、生息数の多い地域となっていることが考えられる。また、河川界No.6、7 及び 8 では、民有地等における生息密度が高い傾向にある。

(図 3、表 2～3 出典) 平成 25 年度屋久島国立公園におけるヤクシカ対策基礎情報整理業務報告書 (H26.3: 環境省九州地方環境事務所)

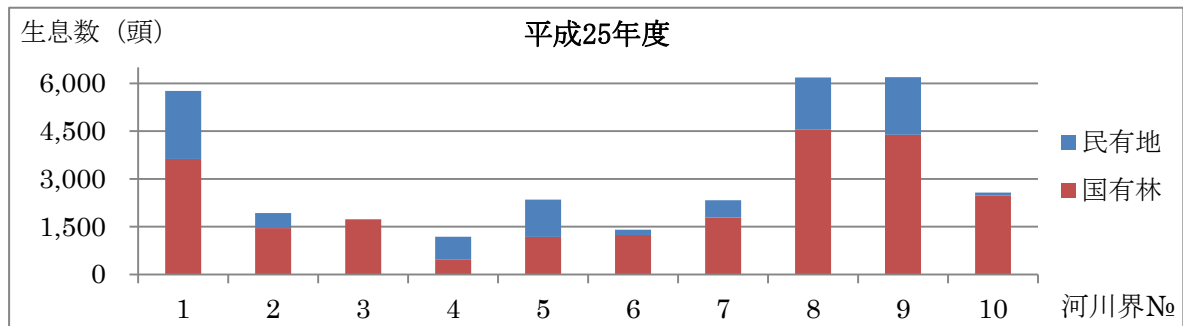


図 4 平成 25 年度の河川界、民有林及び国有林別の推定生息数

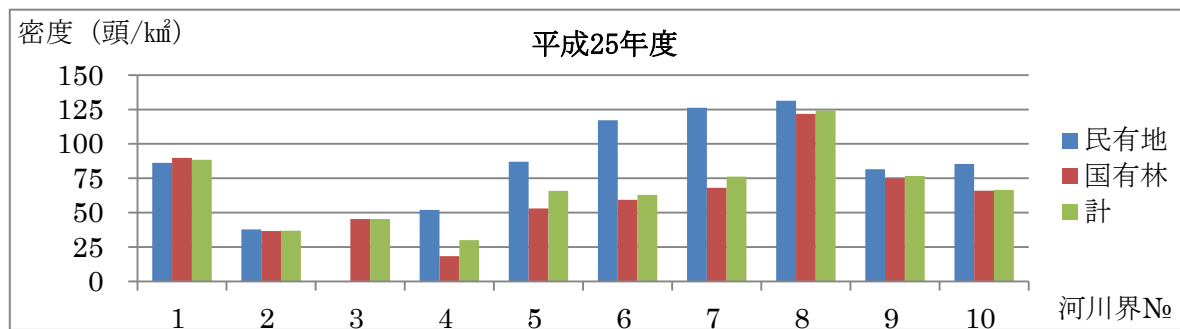


図 5 平成 25 年度の河川界、民有林及び国有林別の推定密度