

第 1 章

兵庫県本州部の落葉広葉樹林におけるニホンジカの影響 による下層植生衰退度の変動と捕獲の効果 (2010 年～2014 年)

藤木大介¹

¹兵庫県森林動物研究センター

要 点

- ・兵庫県本州部を対象にニホンジカによる落葉広葉樹林の下層植生衰退状況の 2010 年から 2014 年にかけての変化を下層植生衰退度に基づいた広域多地点調査に基づいて推定した。
- ・その結果、県本州部全体としては、過去 8 年に渡って一貫して、下層植生の衰退の進行が止まらない状況が継続していることが明らかとなった。
- ・一方で、下層植生衰退の進行速度は、2010 年以降の 4 年間はそれ以前の 4 年間に比べて緩やかになっていることも示された。
- ・この期間における捕獲目標達成率は市町間で 8.7～262.6%と大きな変異があった。
- ・捕獲目標を達成した市町では、下層植生の衰退に歯止めがかかる傾向がある一方、達成できなかった市町では衰退の進行が止まらない傾向があった。
- ・下層植生の衰退防止のための今後の課題としては、捕獲が足りない市町における捕獲の推進と扇ノ山や六甲山へのシカの影響拡大防止が挙げられる。
- ・章末に附表として、県内各市区町における落葉広葉樹林の SDR 別分布面積とその変化の推計をまとめた。

key words: SDR、広域モニタリング、地理情報システム、空間補間処理

1-1. はじめに

兵庫県では 2000 年代になって、過密度化したニホンジカ *Cervus nippon*（以下、シカ）の影響により落葉広葉樹林の下層植生の衰退が報告されるようになった（藤木ほか 2006; 尾崎 2006）。このような広葉樹林の下層植生の衰退は、全国的には 1990 年代以前から報告されていたが、1990 年代以前の段階では一部の限定された地域（梶 1993; Takatsuki and Gorai 1994）における特殊な現象であり、全国的な森林管理上の問題として認識されてこなかった。しかし、その後の全国的なシカの分布拡大と密度増加に伴い、2000 年代以降、日本各地の森林生態系においてシカの影響による広葉樹林下層植生の衰退が深刻化するとともに、森林管理上の最も重要な問題の一つとして位置付けられるようになった（湯本・松田 2006）。

このような状況を受け、兵庫県では 2006 年に低木層の被度を被害指標（下層植生衰退度）に用いる広域モニタリング調査手法（藤木 2012a）を開発し、県本州部を対象に網羅的な広域多地点調査を実施した結果、県本州部の内陸中央部を中心にシカの影響によって下層植生がほとんど消失した落葉広葉樹林が広域的に存在していることを確認した（Fujiki *et al.* 2010）。さらに、2010 年に再調査を実施した結果、2006 年から 2010 年の 4 年間で落葉広葉樹林面積の約 4 割で下層植生の衰退が進行していることも明らかにされた（藤木ほか 2012b）。下層植生が半減以上した林分では土壌侵食の発生が確認され、その面積は下層植生の衰退の拡大に伴い急激に増加していることも確認されている（内田ほか 2012）。広域的な土壌侵食の発生は、水源涵養機能や水質浄化機能といった森林の持つ公益的機能の劣化を示唆しており、シカの影響が落葉広葉樹林の公益的機能の保全の観点からも見過ごせない森林管理上の問題になっていることを意味している。

兵庫県では 2007 年に策定した第 3 期シカ保護管理計画（兵庫県 2007）において、初めて落葉広葉樹林の下層植生衰退防止のためのシカの管理目標値を定めた。この管理目標値は、シカの密度指標と下層植生衰退の関係分析から、土壌侵食が発生しないレベルのシカ密度を管理目標値としている。具体的には、狩猟者が出猟一人日当たりのシカの平均目撃頭数（これを目撃効率という）が 1.0 未満の地域では、土壌侵食が発生するレベルの下層植生の衰退が生じていないことから、目撃効率 1.0 を管理目標値として定めた（岸本ほか 2012; 藤木ほか 2014）。さらに 2010 年の第 3 期シカ保護管理計画（第 2 次変更）（兵庫県 2010）において、階層ベイズモデルを用いたシカの個体数推定手法を採用したところ、県本州部におけるシカの推定生息頭数は中央値で約 14 万 4 千頭と従来推定結果より大幅に引き上げられる結果となった。また、構築した階層ベイズモデルに基づいて捕獲シナリオ別のシカの生息頭数の将来予測を実施した結果、管理目標値である目撃効率 1.0 を達成するためには、シカの年間捕獲目標頭数を従来 2 万頭から 3 万頭以上に上げないと達成困難であることが示された（藤木ほか 2014）。この将来予測結果に基づいて、2010 年度からシカの年間捕獲目標頭数を 3 万頭以上に大幅に引き上げ、捕獲強化を図っている。また、その後も毎年度、個体数推定モデルの見直しと更新を行いながら（坂田ほか 2012; 松本ほか 2014）、管理目標値を達成するための年間捕獲目標頭数を年度ごとに見直している。

本章では、県本州部における落葉広葉樹林の下層植生の衰退状況について 2010 年と 2014 年に実施されたモニタリング調査に基づき、2014 年時点の状況と、2010 年以降の 4 年間における状況の推移について報告する。また、2010 年以降の捕獲強化が下層植生の衰退防止にどのような効果があったかについて、この期間における市町別のシカの捕獲目標達成率と下層植生衰退度の変化の関係を分析することで考察する。

1-2. 調査地域

調査地域は、兵庫県の本州部とその周辺部である。淡路地域については、常緑広葉樹林が卓越する地域であり、下層植生衰退度を用いた被害評価手法の不適地であるため、調査地域から外した。

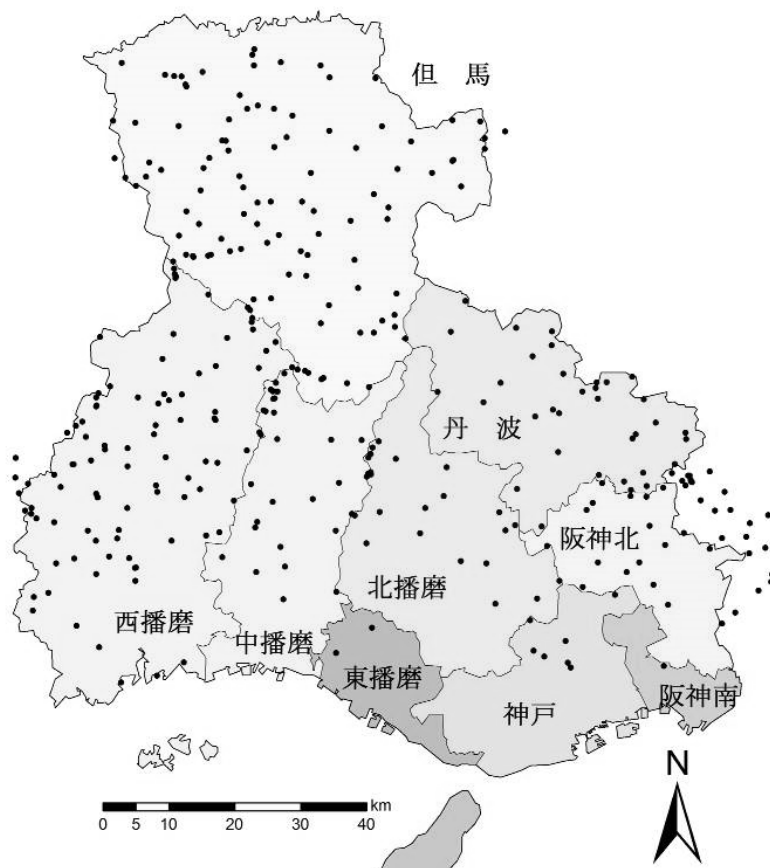


図 1-1 調査地点位置図

黒丸は調査地点を、行政界は地域（県民局）区分を示す

1-3. 調査方法

調査地域内の落葉広葉樹林を対象に、シカによる下層植生衰退度（Shrub-layer decline rank; SDR）を算出するための下層植生調査を広域多地点で行った。林分の選定に当たっては、下層の光条件や人為的攪乱の影響の程度をできるだけ揃えるため、以下の基準で林分の選定を行った。1) 林冠の高さが 10m 以上であること、2) 林冠が閉鎖していること、3) 伐採痕など人為的な攪乱痕跡がないこと、4) 林縁部からの光が入らない程度、林縁から離れていること。アセビ等の不嗜好性樹木が低木層に優占している林分も避けることにした。以上のような基準の下、345 地点が調査対象林分として選定された（図 1-1）。

調査は、2010 年と 2014 年の 2 回実施した。いずれの年も植物の着葉期間である 5 月下旬から 11 月上旬を調査期間とした。調査林分では、調査前に、20m 四方の調査区を設定し、ハンディ型 GPS（Garmin 社 GPSmap60CS）を用いて調査区の中央で位置を測位した。調査は予め準備したチェックシートを用いて行った（藤木 2012a 付表 1-1、附表 1-2 参照）。調査区内で SDR を判定するための以下の 3 点のデータを収集した。

- 1) 過去数年以内のシカの食痕の有無
- 2) 低木層における木本類の被度（ $\geq 50\%$, 49~25%, 24~10%, 9~1%, <1%）
- 3) 低木層におけるササ類の被度（ $\geq 50\%$, 49~25%, 24~10%, 9~1%, <1%）

1-4. 解析方法

下層植生衰退状況の把握

低木層の植被率と過去数年以内のシカの食痕の有無によって各調査林分のシカによる SDR を以下の 6 段階に区分した。

無被害：シカの食痕が全く確認されなかった林分。

衰退度 0：シカの採食を受けている林分のうち、低木層の植被率が 75.5 %以上の林分、

衰退度 1：植被率 75.5%未満 38 %以上の採食あり林分。

衰退度 2：植被率 38 %未満 18 %以上の採食あり林分。

衰退度 3：植被率 18 %未満 6 %以上の採食あり林分。

衰退度 4：植被率 6 %未満の採食あり林分。

低木層の植被率は、低木層における木本類とササの被度の合計値を用いた。合計値の算出にあたっては、それぞれの被度カテゴリー（≥50 %, 49-25%, 24-10%, 9-1%, <1%）の中央値を用いた。

兵庫県本州部の落葉広葉樹林のうち、非調査地点の SDR の値の推定（以下、空間推定）にあたっては、地理情報システム（GIS）上で IDW 法（Fortin and Dale 2005）による空間内挿処理を行った。内挿にあたっては、各調査林分の SDR に 0~5 の整数値を割り当てたうえで、調査地域を 100m 四方の格子メッシュに区切り、それぞれのメッシュから半径 10km 以内の調査地点を対象に、距離の 2 乗の逆数で重みづけをした平均値を算出した。算出された値は小数点以下を四捨五入して整数値に戻すことで SDR に変換した。

以上の手法により、2010 年と 2014 年のそれぞれの調査時点における SDR 別の落葉広葉樹林の推定分布図（以下、SDR の推定分布図）を作成した。さらに、GIS 上でこの 2 つのラスタ地図の SDR のランクの差分を演算することで、この 4 年間の SDR のランク変化を示すラスタ地図を作成した。

2014 年時の SDR の推定分布図の精度検証には、Leave-one-out 交差検定法（Wackernagel 1995）を用いた。手順としては、まずデータ・セットから、任意の調査地点を一地点抜き出したうえで残りの調査地点を用いて空間内挿を行い、抜き出した地点の SDR を推定し、実測値とのランク差を確認した。次にこの作業を、調査地点のうち最外郭の 4 地点を除いた残り全地点で繰り返すことで精度を評価した。2010 年時の SDR の推定分布図の精度検証は藤木（2012b）で報告済みのため実施しなかった。

以上の解析は、GIS ソフトウェア（ESRI 社 ArcGIS 10.2 Spatial Analysis Extension）を用いて行なった。解析や図の作成にあたっては、環境省の自然環境情報 GIS の現存植生図（縮尺 1:50,000）を利用した。

捕獲効果の分析

兵庫県では 2010 年に策定した第 3 期シカ保護管理計画（第 2 次変更）以降、年度別の事業計画も策定しており、その中で市町毎に年間捕獲目標頭数を設定している。ある市町 (i) のシカの年間捕獲目標頭数 ($T_City (i)$) は、県本州部全体の年間捕獲目標頭数 (T_Total)

から配分されるが、その配分に当たっては市町間のシカの日撃効率と森林面積の違いに応じた以下のような重みづけ配分が取られている（兵庫県 2016）。

t 年における $T_{city}(i)$

$$= t \text{年における } T_{total} \times ((t-2 \text{年の市町 } i \text{ 日撃効率}(b)) \times (\text{市町 } i \text{ 森林面積}(c)) / \Sigma(b \times c))$$

以上のようにして算出された 2010 年度から 2013 年度の 4 年間の各市町の年間捕獲目標頭数の合計値に対するこの期間の実際のシカの捕獲数の割合（%）を兵庫県の鳥獣統計資料に基づいて算出することで、この期間における各市町の捕獲目標達成率とした。

捕獲効果の分析に当たっては、上記で算出した市町別の捕獲目標達成率とこの期間の SDR の平均ランク変化の関係を表す散布図を作成した。各市町の SDR の平均ランク変化の算出に当たっては、2010 年から 2014 年の期間の SDR のランク変化のラスタ地図から、市町毎に SDR のランク変化の落葉広葉樹林面積ベースでの平均値を GIS 上で求めた。なお、シカがほとんど生息していない市町では捕獲目標達成率と SDR の平均ランク変化の間に関係が認められない可能性が高いため、散布図の作成に当たっては、この期間の捕獲総数が 50 頭未満の市町は除外した。

1-5. 結果

下層植生衰退状況

Leave-one-out 交差検定法による精度検証の結果から、2014 年データにおける SDR の空間推定結果は大半の調査地点（88.2%）で実際の SDR と前後一ランク以内の誤差範囲に推定値が収まっていた（図 1-2）。カテゴリカル・データでは、隣り合ったクラスの閾値前後にある 2 点間には、実際にはほとんど差がないことを考えると、一ランクの誤差は十分許容範囲の誤差といえる。また、誤差平均（-0.04）は 0 にほぼ等しく、推定結果は、全体として過大にも過小にも偏っていなかった。

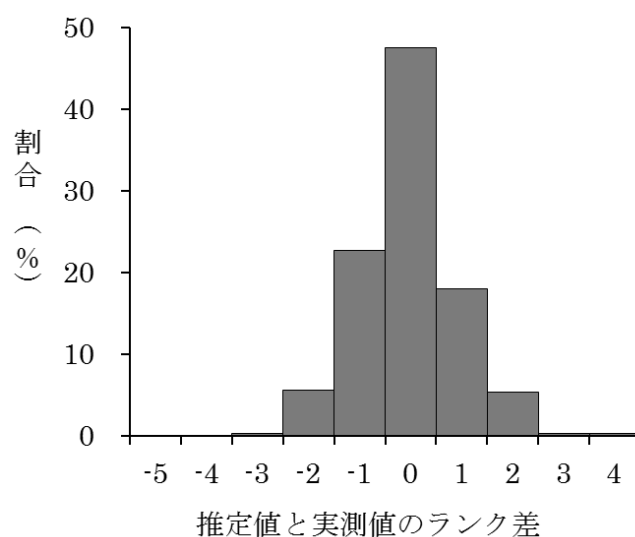


図 1-2 推定値と実測値の誤差の頻度分布

SDR の推定分布図 (図 1-3) から、2014 年時点における県本州部の落葉広葉樹林のシカによる衰退状況をみると、無被害の落葉広葉樹林が分布する地域は、県民局単位で区分すると東播磨・神戸・阪神南・北播磨東部地域にほぼ限定される。シカの影響が軽微な衰退度 0 のエリアが、阪神北・丹波南部・北播磨南西部・中播磨東部など上記地域の北側を取り囲むエリアと新温泉町に広がっている。これらのエリアから内陸地域へ向かうにつれ、より下層植生が衰退した落葉広葉樹林域へと変化していく地理的傾向があることが判る。下層植生の衰退の中心地域は、但馬中部から西播磨北部にかけてのエリアであり、このエリアでは衰退度 3 以上の下層植生がほとんど消失した落葉広葉樹林がまとまって存在することが推定された。

2010 年～2014 年の期間の SDR のランク変化の空間推定結果 (図 1-4) から、この 4 年間に下層植生の衰退が進行した落葉広葉樹林域は、県本州部全体で 807.0 km² (全落葉広葉樹林域の 23.0 %) にものぼった (表 1-1)。衰退度 1 以上の落葉広葉樹林面積は、2010 年の 1,570.5km² (全樹林域の 44.8 %) から、2014 年には約 1.2 倍 (1,902.8 km²、同 54.3 %) へと増加した (表 1-2)。また、衰退度 2 以上の樹林面積も、2010 年の 588.6km² (同 16.8 %) から、2014 年には約 1.3 倍 (744.9 km²、同 21.2 %) へと増加した。

この 4 年間で最も下層植生の衰退が進行した地域は、但馬地域 (落葉広葉樹林域の 40.2%で衰退が進行) であり、阪神北地域 (同 35.4 %)、中播磨地域 (同 25.0 %)、西播磨地域 (同 17.3%) がそれに続いた (表 1-1)。この 4 地域でこの 4 年間に下層植生が衰退した落葉広葉樹林面積は、県本州部全体における同面積の 90.1 %を占めていた。また、これらの地域の中でも、特に植生の衰退が著しかったのは、但馬地域内の豊岡市円山川以西から香美町にかけての山塊である (図 1-4)。これらの地域では SDR が 2 ランク以上悪化した樹林が少なからず存在していたうえ、SDR が 3 ランク悪化した樹林も確認された。

一方、この 4 年間で下層植生が回復した落葉広葉樹林面積は、全落葉広葉樹林域の 6.3 %に過ぎなかったうえ (表 1-1)、明瞭な回復傾向が認められた地域は存在しなかった (図 1-4)。

表 1-1 兵庫県本州部の落葉広葉樹林における 2010 年～2014 年間の SDR のランク変化の
県民局別推定面積 (km²)

県民局	ランク変化					
	-		0		+	
	面積	%	面積	%	面積	%
神戸	2.0	1.0	181.5	92.5	12.7	6.5
阪神南	0.0	0.1	49.7	99.9	0.0	0.0
阪神北	101.4	35.4	184.9	64.6	0.1	0.0
東播磨	0.0	0.0	16.7	39.4	25.7	60.6
北播磨	4.9	1.2	354.9	89.3	37.6	9.5
中播磨	78.5	25.0	216.5	69.0	18.9	6.0
西播磨	118.5	17.3	517.7	75.7	48.0	7.0
丹波	72.6	15.5	355.8	75.8	41.0	8.7
但馬	429.0	40.2	600.0	56.3	37.7	3.5
合計 (km ²)	807.0	23.0	2477.7	70.7	221.8	6.3

注) -がランクの悪化を+がランクの改善を示す。

表 1-2 兵庫県本州部における落葉広葉樹林の SDR 別の推定分布面積

年		無被害	衰退度0	衰退度1	衰退度2	衰退度3	衰退度4	合計
2010	km ²	805.4	1130.6	981.9	497.8	87.2	3.6	3506.5
	%	23.0	32.2	28.0	14.2	2.5	0.1	100.0
2014	km ²	701.6	902.1	1157.9	594.2	144.3	6.4	3506.5
	%	20.0	25.7	33.0	16.9	4.1	0.2	100.0
増減	km ²	-103.8	-228.5	176.0	96.4	57.0	2.8	0.0
	%	-3.0	-6.5	5.0	2.8	1.6	0.1	0.0

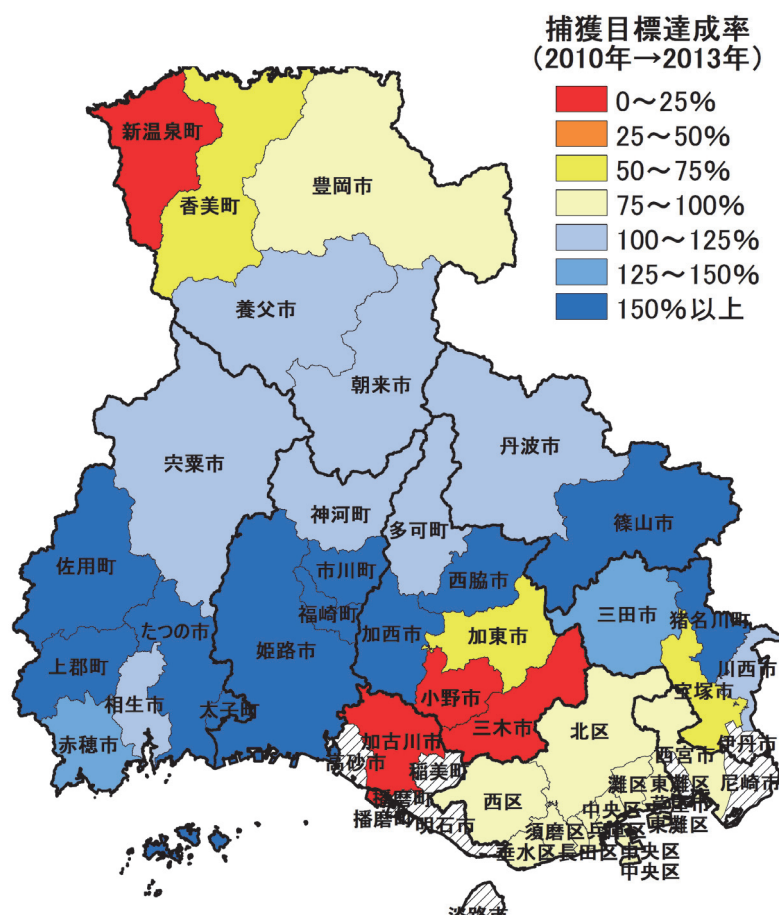


図 1-5 2010年～2013年の期間を通じた市町別の捕獲目標達成率

捕獲の実績と効果

2010年度から2013年度の期間を通しての市町毎の捕獲目標達成率を算出したところ、捕獲目標達成率は、市町間で8.7%～262.6%と極めて大きな変異があった。捕獲目標達成率の変異には地理的な傾向が認められ、調査地域の北西部（香美町と新温泉町）と南東部（神戸・阪神北南・東播磨・北播磨東南部）において達成率が100%未満の市町が多数を占めており、その他の市町では概ね100%以上を達成していた（図 1-5）。各市町の捕獲目標達成率と2010年から2014年の期間のSDRの平均ランク変化の関係（図 1-6）をみると、捕獲目標達成率

が 100 %に満たない市町では SDR の平均ランク変化は 5 市町 4 市町で負（悪化）の値を示した（ $\text{mean} \pm \text{S.D.} = -0.43 \pm 0.36$ ）。一方、捕獲目標達成率が 100 %以上の市町では SDR の平均ランク変化が 0 前後にプロットされる市町が多数みられた（ $\text{mean} \pm \text{S.D.} = -0.10 \pm 0.21$ ）。

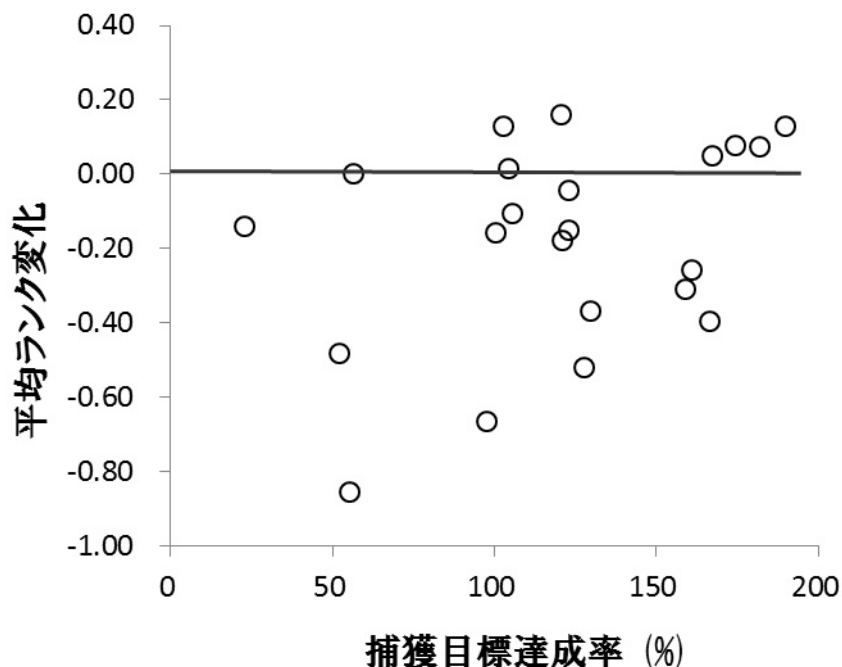


図 1-6 市町における捕獲目標達成率と SDR の平均ランク変化の関係

1-6. 考察

Leave-one-out 交差検定法による精度検証の結果から、2014 年データに基づいて作成した SDR の推定分布図は、シカによる下層植生の衰退状況の地理的変異を把握するうえで十分な精度をもっていることが示された（図 1-2）。また、その精度は過去 2 回（2006 年と 2010 年）の推定結果とほとんど変わらない結果であったことから（藤木 2012b）、過去に作成した推定分布図との比較を通して、SDR の分布の経年変化を議論することは十分可能だと考えられる。2010 年から 2014 年にかけての調査地域全体の傾向としては、SDR のランクが回復した地域がほとんど見られない一方、SDR のランクが悪化した地域が多数存在した（図 1-4）。このような傾向は 2006 年から 2010 年にかけての期間と同様であり（藤木 2012b）、過去 8 年に渡って一貫して、県本州部全体としては下層植生の衰退の進行が止まらない状況が継続していることが伺える。一方で、4 年間で SDR のランクが悪化した落葉広葉樹林面積を見てみると、2006 年から 2010 年の期間が 1433.5km²だったのに対し（藤木 2012b）、2010 年から 2014 年の期間では 807.0 km²と大きく減少していた。つまり、下層植生の衰退の進行速度は、2010 年以降の 4 年間はそれ以前の 4 年間に比べ緩やかになっているといえる。

兵庫県では階層ベイズモデルを用いたシカの個体数推定手法を導入した 2010 年以降、シカの年間捕獲目標をそれ以前の 1.5 倍以上に引き上げ捕獲強化を図ってきた。下層植生の衰退

の進行速度が 2010 年以降緩やかになった一因としては、この捕獲強化の取り組みの効果があるものと考えられる。捕獲目標達成率と SDR の平均ランク変化の関係をみると、捕獲目標達成率が 100 %未満の市町では SDR のランクが悪化する傾向があったのに対し、捕獲目標達成率 100 %以上の市町ではランク変化が 0 前後に収束する傾向が認められた (図 1-6)。さらに 2010 年から 2013 年の期間を通した市町毎の捕獲目標達成率をみると、約 7 割の市町でこの期間の捕獲目標達成率が 100%を超えていた (図 1-5)。以上のことは、県本州部において捕獲目標達成率 100%以上を達成した市町を中心に、2010 年以降、下層植生の衰退の進行に歯止めがかかるようになったことを示唆している。このような傾向が明瞭に認められたのは北播磨、中播磨、西播磨の 3 地域であった。これらの地域では大半の市町で捕獲目標達成率が 100 %以上であったうえ (図 1-5)、藤木 (2012b) と表 1-1 を参照すると 2010 年を境にした前後 4 年間で下層植生の衰退が進行した落葉広葉樹林面積が激減していた (北播磨 : 99.6→4.9km², 中播磨 : 139.1→78.5km², 西播磨 : 533.7→118.5km²)。

2010 年以降の 4 年間で最も下層植生の衰退が著しかったのは、但馬地域内の豊岡市円山川以西から香美町にかけての山塊であった (図 1-4)。この地域では近年、急激にシカ密度が増加しているにも関わらず (兵庫県 2016)、捕獲が十分実施されてないため (図 1-5)、下層植生の衰退の進行が止まらない状況となっている。特に豊岡市と香美町の市町界に位置する但馬妙見山—蘇武岳—三川山の山系では過去 8 年の間に、シカの影響がほぼ見られない段階から下層植生が完全に消失する段階までに至る植生の衰退がほぼ全域に渡って生じている (本モノグラフ表紙参照)。この山系は高標高域にブナ林に代表される日本海側冷温帯の天然植生が残存しているうえ、天然生の溪畔林植生には中部以北に分布の中心域をもつ希少な草本類が多数分布しており、兵庫県の中でも特に貴重な天然植生域となっている。この山系の中で代表的な希少植物群落である銚子ヶ谷のカキツバタ群落 (兵庫県版レッドデータブック : 植物群落 A ランク)、但馬妙見山のニシノヤマタイミンガサ群落 (同 : 維管束植物 A ランク)、三川山のカタクリ群落 (同 : 維管束植物 C ランク) についてはいずれも既にシカによる激しい食害による群落の著しい衰退が確認されている (兵庫県 2010; 香美町 2013; 藤木 未発表)。このままシカの食害を受け続ければ、近い将来、これらの希少植物群落は消失する恐れがある。

落葉広葉樹林における下層植生の衰退防止を図っていくうえで今後の課題としては、捕獲目標達成率が低い市町において捕獲を推進していく必要が挙げられよう。特に重要性の高い地域としては、シカの食害の影響がまだ軽微な冷温帯天然植生域が大面積存在する扇ノ山が含まれる新温泉町が挙げられる。新温泉町は近年、シカの生息密度が県内で最も増加してきている地域の一つであるうえ、扇ノ山ではここ数年、植生にシカの食痕が頻繁に見られるようになってきていることを考えると、捕獲対策の推進は急を要するといえる。また、2010 年以降、SDR が無被害から衰退度 0 へと転じた森林域が多い阪神北地域も注意を要する。阪神北地域では、北部の篠山方面から南部の六甲山系に向かって、シカの分布拡大が進んでおり、それに伴い SDR で無被害から衰退度 0 の変化が生じているものと推察される。最新の調査 (2016 年時点) では神戸市北区の道場町付近まで森林内にシカの食痕が広く確認できる状況になっている (藤木 未発表)。六甲山系へのシカの侵入を防止するためには、この地域におけるシ

カの動向を重点的にモニタリングし、状況に応じて必要な対策を講ずる必要があるだろう。

謝辞

本研究の一部は、平成 22 年度兵庫県立大学特別教育研究助成金と平成 22 年～23 年度林野庁「野生鳥獣による森林生態系への被害対策技術開発事業」の助成を受けて実施しました。また、野外調査に際しては、後藤順子氏、江藤公俊氏のご協力を賜りました。ここにお礼申し上げます。

引用文献

- Fortin M-J, Dale M (2005) *Spatial Analysis. A Guide for Ecologists*. Cambridge University Press, Cambridge, 365pp.
- 藤木大介 (2012a) ニホンジカによる森林生態系被害の広域評価マニュアル. 「兵庫県におけるニホンジカによる森林生態系被害の把握と保全技術」, 兵庫ワイルドライフモノグラフ 4 号, pp.2-16. 兵庫県森林動物研究センター.
- 藤木大介 (2012b) 兵庫県本州部の落葉広葉樹林におけるニホンジカによる下層植生の衰退状況—2006 年から 2010 年にかけての変化. 「兵庫県におけるニホンジカによる森林生態系被害の把握と保全技術」, 兵庫ワイルドライフモノグラフ 4 号, pp.17-31. 兵庫県森林動物研究センター.
- Fujiki D, Kishimoto Y, Sakata H (2010) Assessing decline in physical structure of deciduous hardwood forest stands under sika deer grazing using shrub-layer vegetation cover. *Journal of Forest Research* 15: 140-144.
- 藤木大介・岸本康誉・内田圭・坂田宏志 (2014) 兵庫県における森林生態系保全を目的としたニホンジカ対策: 広域モニタリング・データに基づいた状況把握と管理目標値の設定 (ニホンジカシリーズ). *水利科学* 57: 26-50.
- 藤木大介・鈴木牧・後藤成子・横山真弓・坂田宏志 (2006) ニホンジカ (*Cervus nippon*) の採食下にある旧薪炭林の樹木群集の構造について. *保全生態学研究* 11: 21-34.
- 兵庫県 (2007) 第 3 期シカ保護管理計画, 兵庫県.
- 兵庫県 (2010) 第 3 期シカ保護管理計画 (第 2 次変更), 兵庫県.
- 兵庫県 (2010) 兵庫の貴重な自然 兵庫県版レッドデータブック (植物・植物群落), 財団法人ひょうご環境創造協会, 神戸.
- 兵庫県 (2016) シカ管理計画 平成 28 年度事業実施計画. 兵庫県.
- 梶光一 (1993) シカが植生をかえる. 洞爺湖中島の例. 「生態学からみた北海道」, 東正剛・阿部永・辻井達一 (編), pp.242-249. 北海道大学図書刊行会, 札幌.
- 香美町 (2013) 銚子ヶ谷湿原カキツバタ群落現状調査報告書, 香美町, 香美.
- 岸本康誉・藤木大介・坂田宏志 (2012) 森林生態系保全を目的とした広域モニタリングによるニホンジカの密度管理手法の提案. 「兵庫県におけるニホンジカによる森林生態系

- 被害の把握と保全技術」, 兵庫ワイルドライフモノグラフ 4 号, pp.92-104 兵庫県森林動物研究センター.
- 松本崇・岸本康誉・太田海香・坂田宏志 (2014) ニホンジカの個体群動態の推定と将来予測 (兵庫県本州部 2012 年). 兵庫ワイルドライフレポート 2: 12-36.
- 坂田宏志・岸本康誉・関香菜子 (2012) ニホンジカの個体群動態の推定と将来予測 (兵庫県本州部 2011 年). 兵庫ワイルドライフレポート 1: 1-16.
- 尾崎真也 (2006) 兵庫県大河内町砥峰の天然林におけるニホンジカが及ぼす植生被害の実態. 森林応用研究 15: 41-46.
- Takatsuki S, Gorai T (1994) Effects of Sika deer on the regeneration of a *Fagus crenata* forest on Kinkazan Island, northern Japan. *Ecological Research* 9: 115-120
- 内田圭・岸本康誉・藤木大介 (2012) 兵庫県本州部におけるニホンジカによる落葉広葉樹林の土壌侵食被害の現状. 「兵庫県におけるニホンジカによる森林生態系被害の把握と保全技術」, 兵庫ワイルドライフモノグラフ 4 号, pp.69-90. 兵庫県森林動物研究センター.
- 湯本貴和・松田裕之 (2006) 世界遺産をシカが喰う シカと森の生態学. 文一総合出版, 東京.
- Wackernagel H (1995) *Multivariate Geostatistics*. Springer-Verlag, Berlin

附表 1-1 2014 年時点における下層植生が衰退した落葉広葉樹林の市区町別推定面積 (km²)

県民局	市区町	無被害	衰退度0	衰退度1	衰退度2	衰退度3	衰退度4	合計
神戸	東灘区	9.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.6
	灘区	18.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.8
	中央区	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7
	兵庫区	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4
	長田区	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
	須磨区	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
	垂水区	no data	no data	no data	no data	no data	no data	no data
	西区	15.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.8
	北区	138.5	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	140.4
	小計	194.2	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	196.2
阪神南	尼崎市	no data	no data	no data	no data	no data	no data	no data
	西宮市	41.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	41.9
	芦屋市	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8
	小計	49.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	49.7
阪神北	伊丹市	no data	no data	no data	no data	no data	no data	no data
	川西市	1.7	20.5	1.3	0.0	0.0	0.0	23.5
	宝塚市	28.7	31.5	0.0	0.0	0.0	0.0	60.2
	猪名川町	7.5	52.4	7.4	0.0	0.0	0.0	67.3
	三田市	26.3	103.2	5.8	0.0	0.0	0.0	135.4
	小計	64.3	207.6	14.5	0.0	0.0	0.0	286.4
東播磨	明石市	no data	no data	no data	no data	no data	no data	no data
	稲美町	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
	加古川市	37.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37.1
	高砂市	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2
	小計	42.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	42.4
北播磨	三木市	70.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	70.0
	小野市	26.6	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	28.9
	加東市	73.2	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	79.6
	加西市	18.0	43.2	1.7	0.0	0.0	0.0	62.9
	西脇市	28.8	46.9	6.8	0.0	0.0	0.0	82.5
	多可町	0.0	8.6	54.5	10.6	0.0	0.0	73.6
	小計	216.7	107.2	63.0	10.6	0.0	0.0	397.4
	中播磨	姫路市	52.1	58.8	79.9	10.6	0.0	0.0
	福崎町	0.0	19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.0
	市川町	0.0	30.9	10.9	0.4	0.0	0.0	42.2
	神河町	0.0	10.3	13.6	14.9	10.6	1.9	51.3
	小計	52.1	119.0	104.4	26.0	10.6	1.9	313.9
西播磨	太子町	1.4	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0
	相生市	10.5	13.5	43.8	0.0	0.0	0.0	67.8
	たつの市	19.2	4.8	68.2	12.9	0.0	0.0	105.2
	宍粟市	0.0	6.6	52.9	41.8	50.6	2.8	154.6
	赤穂市	6.0	12.2	49.8	7.5	0.0	0.0	75.5
	上郡町	0.0	0.5	64.4	44.9	1.8	0.0	111.6
	佐用町	0.0	38.2	115.9	8.4	0.1	0.0	162.5
	小計	37.1	81.3	395.0	115.6	52.4	2.8	684.3
丹波	篠山市	39.3	127.8	53.8	9.3	0.0	0.0	230.1
	丹波市	1.9	64.9	149.9	22.6	0.0	0.0	239.3
	小計	41.2	192.7	203.6	31.9	0.0	0.0	469.4
但馬	朝来市	0.0	2.9	48.2	89.6	12.5	0.0	153.2
	養父市	0.0	0.9	28.0	114.2	32.8	1.1	177.0
	豊岡市	0.0	11.0	184.4	160.3	23.9	0.5	380.0
	香美町	0.0	47.2	101.9	46.0	12.1	0.2	207.4
	新温泉町	4.0	130.2	14.8	0.0	0.0	0.0	149.1
	小計	4.0	192.2	377.3	410.1	81.3	1.8	1066.7
合計(km ²)		701.6	902.1	1157.9	594.2	144.3	6.4	3506.5
割合(%)		20.0	25.7	33.0	16.9	4.1	0.2	100.0

附表 1-2 各市区町における下層植生が衰退した落葉広葉樹林の
2010年～2014年にかけての増減 (km²)

県民局	市区町	無被害	衰退度0	衰退度1	衰退度2	衰退度3	衰退度4
神戸	東灘区	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	灘区	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	中央区	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	兵庫区	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	長田区	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	須磨区	0.4	-0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
	垂水区	no data	no data	no data	no data	no data	no data
	西区	4.3	-4.3	0.0	0.0	0.0	0.0
	北区	6.0	-6.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	小計	10.8	-10.8	0.0	0.0	0.0	0.0
阪神南	尼崎市	no data	no data	no data	no data	no data	no data
	西宮市	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	芦屋市	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	小計	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
阪神北	伊丹市	no data	no data	no data	no data	no data	no data
	川西市	-9.6	9.4	0.2	0.0	0.0	0.0
	宝塚市	-28.9	28.9	0.0	0.0	0.0	0.0
	猪名川町	-13.0	8.8	4.2	0.0	0.0	0.0
	三田市	-44.0	38.2	5.8	0.0	0.0	0.0
	小計	-95.5	85.3	10.2	0.0	0.0	0.0
東播磨	明石市	no data	no data	no data	no data	no data	no data
	稲美町	0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	加古川市	25.6	-25.6	0.0	0.0	0.0	0.0
	高砂市	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	小計	25.7	-25.7	0.0	0.0	0.0	0.0
北播磨	三木市	2.0	-2.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	小野市	9.1	-9.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	加東市	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	加西市	7.3	-3.2	-4.1	0.0	0.0	0.0
	西脇市	13.0	-12.4	-0.6	0.0	0.0	0.0
	多可町	-0.2	1.1	-4.7	3.9	0.0	0.0
	小計	31.1	-25.6	-9.4	3.9	0.0	0.0
中播磨	姫路市	-31.3	1.4	33.2	-0.8	-2.5	0.0
	福崎町	-4.4	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0
	市川町	-0.6	6.6	-6.0	0.0	0.0	0.0
	神河町	0.0	0.6	-3.6	1.4	0.0	1.5
	小計	-36.3	13.0	23.7	0.6	-2.5	1.5
西播磨	太子町	-2.8	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0
	相生市	-1.8	-1.4	18.9	-15.8	0.0	0.0
	たつの市	0.9	-0.9	6.9	-6.7	-0.2	0.0
	宍粟市	0.0	-1.5	-0.5	-18.5	20.2	0.3
	赤穂市	-1.1	-29.6	23.1	7.5	0.0	0.0
	上郡町	0.0	-7.3	-19.8	27.2	0.0	0.0
	佐用町	0.0	9.6	-8.0	-1.1	-0.5	0.0
	小計	-4.7	-28.3	20.7	-7.4	19.5	0.3
丹波	篠山市	-4.0	17.6	-12.2	-1.3	-0.2	0.0
	丹波市	-2.2	-21.2	6.2	17.3	-0.1	0.0
	小計	-6.2	-3.6	-6.0	16.0	-0.2	0.0
但馬	朝来市	0.0	0.3	20.6	-22.2	1.2	0.0
	養父市	0.0	-1.2	-13.2	4.0	10.1	0.3
	豊岡市	-15.4	-122.7	57.2	63.7	16.8	0.5
	香美町	-4.1	-106.1	60.1	37.7	12.1	0.2
	新温泉町	-9.0	-3.2	12.1	0.0	0.0	0.0
	小計	-28.4	-233.0	136.8	83.3	40.3	1.0
合計(km ²)		-103.8	-228.5	176.0	96.4	57.0	2.8

附表 1-3 落葉広葉樹林における 2010 年～2014 年にかけての SDR のランク変化 (km²)

県民局	市区町	-3	-2	-1	0	1	2
神戸	東灘区	0.0	0.0	0.0	9.6	0.0	0.0
	灘区	0.0	0.0	0.0	18.8	0.0	0.0
	中央区	0.0	0.0	0.0	6.7	0.0	0.0
	兵庫区	0.0	0.0	0.0	4.4	0.0	0.0
	長田区	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
	須磨区	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
	垂水区	no data	no data	no data	no data	no data	no data
	西区	0.0	0.0	0.0	11.5	4.3	0.0
	北区	0.0	0.0	2.0	130.5	8.0	0.0
小計	0.0	0.0	2.0	181.5	12.7	0.0	
阪神南	尼崎市	no data	no data	no data	no data	no data	no data
	西宮市	0.0	0.0	0.0	41.9	0.0	0.0
	芦屋市	0.0	0.0	0.0	7.8	0.0	0.0
	小計	0.0	0.0	0.0	49.7	0.0	0.0
阪神北	伊丹市	no data	no data	no data	no data	no data	no data
	川西市	0.0	0.0	9.8	13.8	0.0	0.0
	宝塚市	0.0	0.0	28.9	31.3	0.0	0.0
	猪名川町	0.0	0.0	17.3	49.9	0.1	0.0
	三田市	0.0	4.4	41.0	90.0	0.0	0.0
	小計	0.0	4.4	97.0	184.9	0.1	0.0
東播磨	明石市	no data	no data	no data	no data	no data	no data
	稲美町	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
	加古川市	0.0	0.0	0.0	11.5	25.6	0.0
	高砂市	0.0	0.0	0.0	5.2	0.0	0.0
	小計	0.0	0.0	0.0	16.7	25.7	0.0
北播磨	三木市	0.0	0.0	0.0	68.0	2.0	0.0
	小野市	0.0	0.0	0.0	19.7	9.1	0.0
	加東市	0.0	0.0	0.0	79.6	0.0	0.0
	加西市	0.0	0.0	0.6	50.3	12.0	0.0
	西脇市	0.0	0.0	0.0	69.0	13.5	0.0
	多可町	0.0	0.0	4.3	68.3	1.0	0.0
	小計	0.0	0.0	4.9	354.9	37.6	0.0
中播磨	姫路市	0.0	0.0	67.1	122.5	11.8	0.0
	福崎町	0.0	0.0	4.4	14.6	0.0	0.0
	市川町	0.0	0.0	0.6	35.6	6.1	0.0
	神河町	0.0	0.0	6.4	43.7	1.1	0.0
	小計	0.0	0.0	78.5	216.5	18.9	0.0
西播磨	太子町	0.0	0.0	2.8	4.2	0.0	0.0
	相生市	0.0	0.0	5.0	46.8	16.0	0.0
	たつの市	0.0	0.0	1.0	95.1	9.0	0.0
	宍粟市	0.0	0.0	30.4	118.7	5.2	0.3
	赤穂市	0.0	0.0	39.3	36.3	0.0	0.0
	上郡町	0.0	0.0	37.5	71.0	3.1	0.0
	佐用町	0.0	0.0	2.6	145.7	14.3	0.0
	小計	0.0	0.0	118.5	517.7	47.7	0.3
丹波	篠山市	0.0	0.0	28.1	162.6	39.3	0.0
	丹波市	0.0	0.0	44.5	193.1	1.7	0.0
	小計	0.0	0.0	72.6	355.8	41.0	0.0
但馬	朝来市	0.0	0.0	1.9	129.7	21.4	0.2
	養父市	0.0	1.2	35.4	129.0	11.4	0.0
	豊岡市	1.4	33.1	187.0	153.8	4.3	0.4
	香美町	0.1	25.3	126.2	55.8	0.0	0.0
	新温泉町	0.0	3.7	13.7	131.7	0.0	0.0
	小計	1.5	63.3	364.2	600.0	37.1	0.6
合計(km ²)	1.5	67.7	737.9	2477.7	220.8	1.0	
割合(%)	0.0	1.9	21.0	70.7	6.3	0.0	

Box

下層植生“再生”のためのシカの個体数管理について

森林の下層植生は、シカの採食圧の影響を受けて増減するものと考えられるため、シカの密度と下層植生の関係を明らかにしたうえで、下層植生の保全が可能となる生息密度にシカを誘導していく必要がある。一方で、下層植生の変化は、単にシカの採食圧のみによって決まるものではない。下層植生自身が過去の状態に依存して現在の状態へと変化してきたことを考えると、現在の下層植生の状態も、将来の下層植生の状態の重要な決定要素となる。

兵庫県では、シカの密度指標である目撃効率と下層植生衰退度の時系列変化のデータを県本州部全域で収集していることから、シカの密度と下層植生の過去の履歴の両方を考慮した下層植生変化の予測モデルを構築することが可能になってきている。最新の予測モデルを用いて、2014年を起点に捕獲シナリオ別に下層植生の将来予測を実施した結果、以下の2つの予測結果を得た。

【シナリオ①】2022年にシカの
平均目撃効率1.0を達成した場合

【シナリオ②】2026年にシカの
平均目撃効率0.5を達成した場合

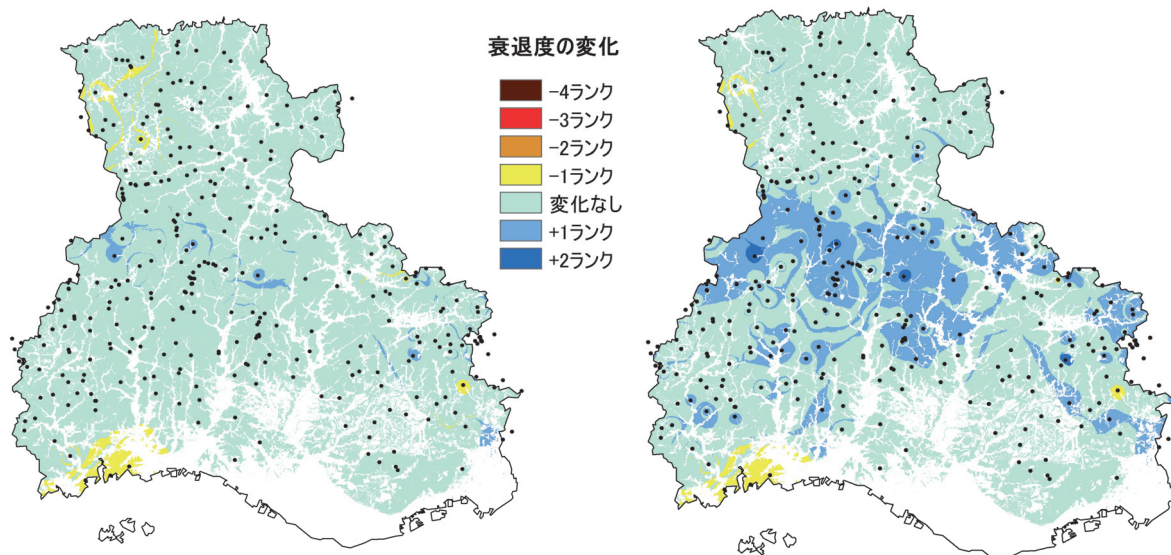


図 1-7 捕獲シナリオに基づいた下層植生衰退度のランク変化の将来予測

ランク変化は2014年時点からの変化を表し、+は回復を、-は衰退を表す。

将来予測結果に基づくと、【シナリオ①】を達成した場合、県本州部全域において下層植生の状態を2014年並みの状態で維持（つまり、衰退の防止が達成）できることとなる。一方、【シナリオ②】を達成した場合、下層植生衰退度で一ランク回復する森林域が県本州部の内陸中央部においてまとまった面積で創出されることとなる。

2017年度から始まる第2期シカ管理計画では、この将来予測結果に基づいて、シカの個体数管理の目標を定めることにしている。