

慶應義塾大学経済学部 大沼あゆみ研究会生態系班

神奈川県丹沢山地における  
ニホンジカの保護管理政策

葛西英知

志場由佳子

田辺青

前林広樹

水谷悠哉

## 目次

序章.....	2
第1章 丹沢山地について.....	2
1-1. 概要.....	2
1-2. 丹沢山地の歴史.....	3
1-3. 丹沢山地の気候.....	3
1-4. 丹沢山地の生物多様性.....	4
第2章 植生の働きと丹沢山地における植生減少の問題.....	5
2-1. 植生の持つ生物多様性機能.....	5
2-2. 植生の持つ土壌流出の防止機能.....	6
2-3. 植生の持つ水源涵養機能と災害防止機能.....	6
2-4. 丹沢山地における植生低下の原因.....	6
第3章 シカについて.....	7
3-1. ニホンジカについて.....	7
3-2. 資源としてのニホンジカ.....	7
第4章 丹沢山地におけるシカの増加とその背景.....	10
4-1 シカ増殖の原因.....	10
4-2 シカの急増による植生劣化.....	12
4-3. 植生の劣化による被害.....	13
第5章 神奈川県の実策とその問題点.....	16
5-1. 個体群管理.....	16
5-2. 生息地の整備.....	17
5-3. モニタリング.....	17
5-4. 鹿柵の設置.....	18
5-5. 現在の政策の問題点.....	18
第6章 政策提言.....	19
6-1 モデル分析.....	19
6-2 考察.....	34
第7章 終わりに.....	35

## 序章

丹沢山地は神奈川県北西部に位置し、多様な生態系を擁する広大な山地である。しかしながら、現在丹沢山のニホンジカの個体数が急増し、その食害により高地の林床植生が特に減少、豊かな生態系が破壊されている。そこで、本論文では高地のシカの頭数を減らし、食害被害を緩和するために「鹿肉の狩猟高度別利潤配分を通じた高地狩猟へのインセンティブ付与政策」を提言し、詳細なモデル分析を通してその実効性を確認する。

## 第 1 章 丹沢山地について

### 1-1. 概要

丹沢山地とは神奈川県北西部に位置し、その面積は約 4 万 ha。実に神奈川県内の県土面積の 1/6 ほどを占める、日本でも有数の巨大山地の一つである。この山地に属する山々の頂上は多くが標高 1000m を超え、頂上に至るまでの道のりも急峻である場合が多く、丹沢山地における最高地点である蛭ヶ岳は標高 1672m にも及ぶ。また丹沢山地は都心から近いものの、ニホンカモシカやツキノワグマなどの大型の野生動物や、ブナ・モミなどの原生林など豊かな生態系が存在している。こういった点が丹沢山地の特徴として挙げられ、その大部分が丹沢大山国定公園と神奈川県立丹沢大山自然公園に指定されている。丹沢山地は、この登山甲斐のあるハイキングコース、豊かで美しい自然、さらに都心から約 1 時間程度で訪れることができる利便性から、毎年多くのハイカーが訪れる人気の登山スポットとなっており、登山客は毎年 30 万人、キャンプや温泉などの観光客を合わせると毎年 100 万人以上が丹沢山地を訪れている。また、このような観光的な側面だけでなく丹沢山地は農林業、森林、植生による災害防止機能や水源涵養、豊富な生物多様性の存在等の多くの公益的機能を持つため、神奈川県や周辺住民にとっても重要な山地と位置付けられている。

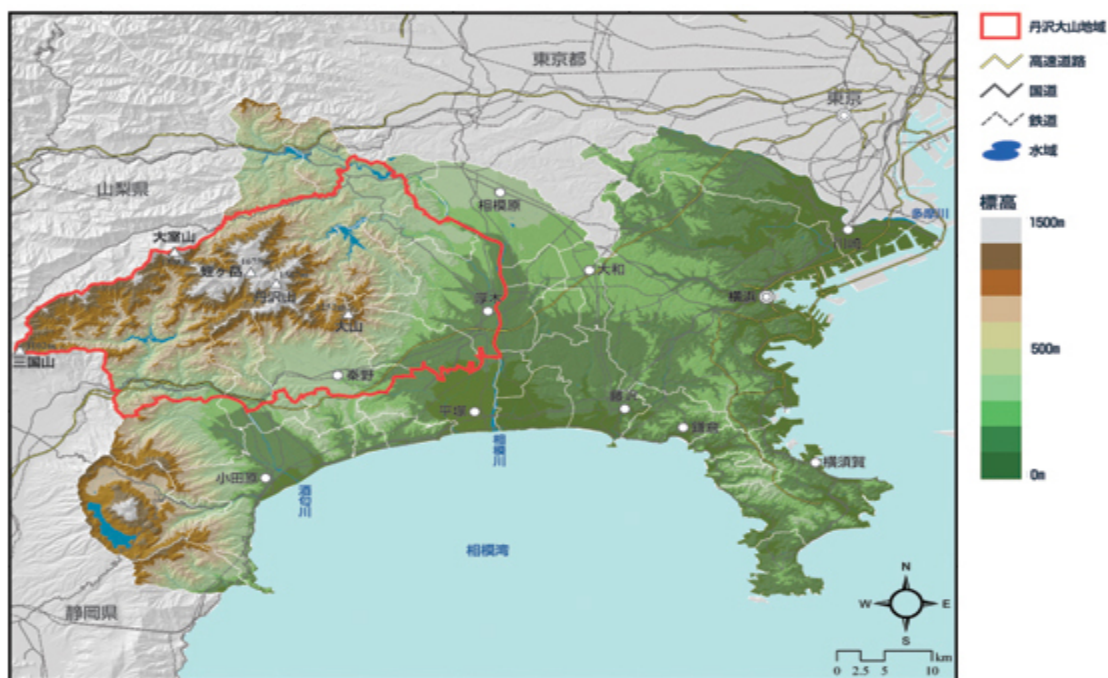


図1 丹沢山地の位置、またその標高

出所：アトラス丹沢 [http://e-tanzawa.jp/atlas/1-1\\_size\\_1chiri.html](http://e-tanzawa.jp/atlas/1-1_size_1chiri.html)

### 1-2. 丹沢山地の歴史

丹沢山地は約 1500 万年前までフィリピン海プレート上にある海底火山であった。その噴出物によって約 1 万 m にも及ぶ地層が形成され、約 550 万年前にフィリピン海プレートが北上し本州と衝突した結果、本州の一部になったと考えられている。さらに約 100 万年前に伊豆と丹沢が衝突したことで激しく隆起し、侵食作用を受け続けたことで、現在のよう急峻な山々が形成された。丹沢山地に険しい山が多くなっているのはそのためである。

古来より丹沢山地は信仰の対象とされており、修行者や修験者の修行の場でもあった。現在でも仏果山や行者ヶ岳、尊仏山などの地名にその名残を見ることができる。江戸時代には丹沢山地の山の一つである大山へ信仰を目的として訪れる、「大山参り」などが盛んに行われており、記録によると一夏に 10 万人の参拝者がいたとされている。こうした記録から丹沢山地は昔から、参拝・観光客が多かったことがわかる。

### 1-3. 丹沢山地の気候

丹沢山地は、黒潮の影響をうけ温暖多雨な太平洋気候である神奈川県に位置している。そのため丹沢山地も雨が多く、平野の部分と比べその降水量は、年間 1600mm 程度である横浜に対し、年間 2000mm 程度と多くなっている。平均気温についても当然平野部よりも

低く、横浜の年平均気温 16.5℃に比べ、6.4℃となっている。そのために積雪は局所的に 2~3m になるところも多い。しかし現在は温暖化の影響で積雪量が 1m にも満たない場所も増えてきている。

#### 1-4. 丹沢山地の生物多様性

丹沢山地には上述した通り豊富な生物多様性が存在している。低標高においてはシイ・カシなどの暖温帯自然林が存在し、高標高に行くにつれてブナやミズナラなどの冷温帯自然林に変化していく。低標高域では高度成長期の薪炭材需要の高まりから植林された、スギ・ヒノキなどの人工林の割合が高くなっていることも特徴として挙げられる。また、丹沢山地にはサガミジョウロウホトトギス、ヤシャイノデ、ムラサキツリガネツツジなどの固有種が分布し、全国的に見ても希少な植物が存在している。動物相に関しても様々であり、ニホンジカやツキノワグマ、ニホンカモシカなどの大型哺乳類や溪流に生息する淡水魚、昆虫類、鳥類など多くの生物が生息していることが丹沢大山自然総合調査などの調査によって確認された。この調査によって、丹沢山地には絶滅種も含め 8457 種の動植物が存在したこともわかった。

表 1 絶滅種を含む丹沢山地の生物多様性

脊椎動物					
哺乳類	鳥類	は虫類	両生類	魚類	
37種	158種	11種	12種	22種	
節足動物					
昆虫類	ムカデ類	ヤスデ類	甲殻類	クモ類	ダニ類
5727種	46種	39種	1種	94種	106種
緩歩動物 (クマムシ類)	軟体動物	種子植物	シダ植物	コケ植物	地衣類
36種	41種	1402種	193種	142種	90種
<b>合計</b>	<b>8457種</b>				

アトラス丹沢 [http://e-tanzawa.jp/atlas/1-1\\_size\\_n\\_1chiri.html](http://e-tanzawa.jp/atlas/1-1_size_n_1chiri.html) より作成

## 第2章 植生の働きと丹沢山地における植生減少の問題

第1章で見てきたように、丹沢山地は東京都心から近いにも関わらず豊かな生態系が残る貴重な山地である。しかし、近年では多くの環境問題を抱えている。

現在、丹沢山地が抱える問題はオーバーユース、大気汚染が原因の酸性雨による森林の立ち枯れなど様々あるが、その中で最も大きな問題なのが植生の減少である。植生とはその土地に被覆している植物群の事を指し、丹沢山地ではこの植生が近年急速に退行している。以下の図は丹沢山地における植生の被度を表したグラフであり、多くの地域が被度の少ない状態になっていることがわかる。

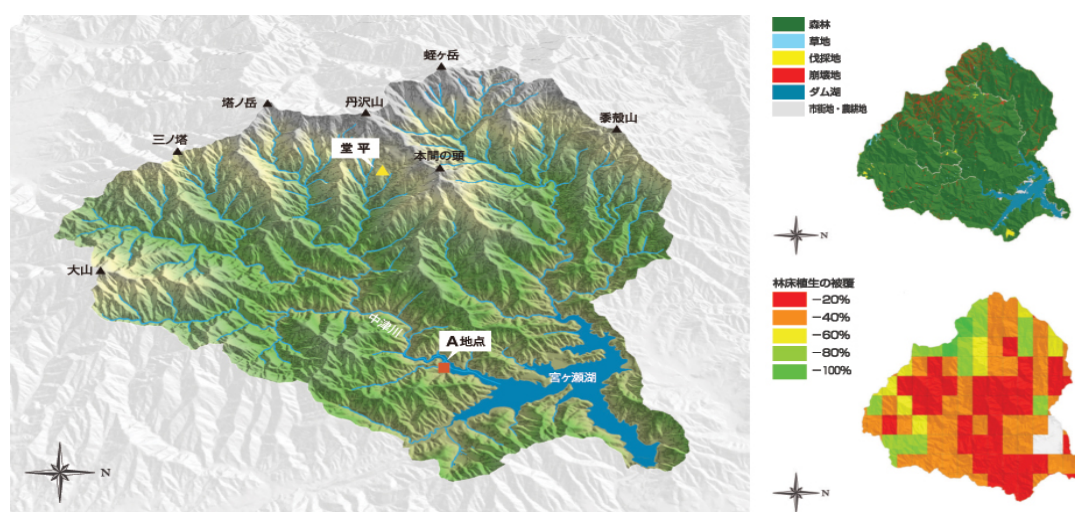


図2 丹沢山地の林床植生被度

出所：アトラス丹沢 [http://e-tanzawa.jp/atlas/2-9\\_kaiseki\\_3.html](http://e-tanzawa.jp/atlas/2-9_kaiseki_3.html)

さて、植生はどのような働きをしているのだろうか。植生の持つ公益的機能としては、一般的に「生物多様性の保持機能」「土壌流出の防止」「水源涵養および災害防止機能」の3つが知られている。次項からは、この3つの機能についてそれぞれ具体的に解説するとともに、植生の減少要因について解説していく。

### 2-1. 植生の持つ生物多様性の保持機能

植生などの植物は生態系ピラミッドの最下層に位置し、その根幹をなす役割を果たしている。生態系ピラミッドのなかにおいて、例えば頂上に君臨するものが絶滅したとすると、その場合ピラミッド内のバランスは大きく崩れることになるが、全ての動物が頂上の者に連鎖して絶滅していくとは限らない。しかし最下層に位置するものが絶滅すると、そのピラミッド内に存在する生物は将来的に全て絶滅していく。最下層が存在しなければ、最下層を餌にしていた下から二番目の層は絶滅し、その下から二番目の層を餌としていた三番

目の層も絶滅していき、絶滅の連鎖は続いていく。最下層に位置する植物、植生は生物多様性の増減に非常に密接な関わり合いを持ち、生物多様性にとって重要な機能を果たしている。

## 2-2. 植生の持つ土壌流出の防止機能

土壌流出とは雨や風、その土地の傾斜などの影響により、表面の土壌が流れてしまうことを指す。植生は、雨水の地中浸透率を上昇させることによって、この土壌流出を防ぐ機能を有している。もし土壌流出が発生してしまうと、土壌に存在していた植物の種の流出や、流れ出た土壌が河川に流入することによる水質汚濁や河川生態系への被害が懸念される。そのため、土壌流出の防止には植生の保護が非常に大切であると言える。

## 2-3. 植生の持つ水源涵養機能と災害防止機能

水源涵養とは、植生や森林によって雨水を地中に浸透させることにより、雨水の不純物を取り除き、ミネラル分を加え、健康的な水を人々に供給させる機能のことや、洪水・渇水の防止機能などのことである。前述した通り、植生が存在しないと雨水の地中浸透率は低下するため、それに付随して水源涵養機能も低下していくことになる。

また植生の劣化による雨水の地中浸透率の低下により、土砂災害を誘発する可能性もある。そのため植生は災害防止機能も有している。

## 2-4. 丹沢山地における植生低下の原因

前述したように、植生には「生物多様性の保持」、「土壌流出の防止」、「水源涵養および災害防止機能」という 3 つの公益機能がある。植生の衰退はこれらの機能の喪失につながるため、我々は何らかの手段を講じてこの問題の改善・解決を図る必要がある。では現在顕在化している丹沢山地の植生劣化の原因は何なのだろうか。それは主に以下の 2 点が挙げられる。

1 点目は高度成長期の計画造林によるものである。1960 年代、高度成長期を迎えた日本の薪炭材需要は高まり、全国で針葉樹林が植えられ、人工林の面積が急速に増大し、丹沢山地でも中腹にスギなどが植えられた。しかし 70~80 年代になり海外からの木材の輸入量が増え、日本産の木材は採算が取れなくなった。その結果人工林の必要性はなくなり、放置され、必要な手入れ・間伐が行われない状況が増えた。スギ・ヒノキは手入れ・間伐を行わないと大きく成長・密集してしまい、地面に届くはずの日光を遮ってしまう。これによって下層植生が成長せず、「緑の砂漠」と呼ばれる問題が全国の森林で起きるようになった。丹沢山地でもこのような現象が起きている。

2点目はニホンジカ（以下シカとする）の食害である。シカは丹沢山地に生息する大型哺乳類のうちの一つである。シカは近年増加し続け、その採食圧の増加から植生への被害、農作物への被害等様々な問題を引き起こしている。詳しくは次章以降で説明していく。

この植生劣化の2つの原因のうち、我々はシカの問題に絞って議論を進めることにする。シカの食害は現在顕在化しており、将来的にも被害の拡大が懸念されることや、シカの移動により食害の範囲が拡大し易いといった特徴があり、早急な対策が必要とされている。そのため人工林よりも植生劣化に与える影響が大きいと判断し、シカの食害による植生劣化について集中的に考察していくことにした。

### 第3章 シカについて

丹沢山地にはニホンジカという種類のシカが生息している。この章ではニホンジカの生態、また資源としてのニホンジカという観点から論を進める。

#### 3-1. ニホンジカについて

ニホンジカ（学名：Cervus nippon）とはアムールからベトナムに及ぶ東アジア沿岸部及び日本列島に分布する、頭同長110～170 cm程度のシカの一種である。日本では北海道から九州、その他の島々に広く生息し、エゾシカ、ホンシュウジカ、キュウシュウジカ、マゲシカ、ヤクシカ、ケラマジカ、ツシマジカの7つの地域亜種に分類されている。ニホンジカはオスとメスで別々の群れで行動するため、オスとメスが同じ群れにいることや単独で生活することは繁殖期を除いて基本的にはない。植物食のため、餌の多い森林や草原、造林地などを主な生息地としている。シカ1頭が1日に食べる餌の量は約3kgにものぼり、その対象も草だけで1000種にわたるなど非常に幅広い。その他にも木の葉、果実、餌に乏しい冬には樹皮まで食べるなど植物の多くの部分を食す。メスは満1歳で性成熟し、9-11月に交尾期を迎え、5-7月に1頭の子を産む。また縄張りを持つオスが複数のメスと交尾するという一夫多妻の生殖形態を取るため増殖率は非常に高く、メスの妊娠率は満1歳で約90%、2歳以上になればほぼ100%にまで達すると言われている。

#### 3-2. 資源としてのニホンジカ

鹿には部位に応じて様々な用途が存在する。例えば、鹿の革には他の動物の革に比べて保湿性と通気性に富み水や油の汚れを同時に拭き取れる、吸湿性に富み加工しやすい、高い強靭性を持つなどといった特徴がある。そのため鹿革は高級革としての需要があり、楽器や貴金属類に磨きをかけるのに使うセーム革や武具の製作などにおいて重宝されている。他の部位としては漢方薬としての鹿角の例が知られている。日本貿易振興機構によると、



中国では多くの種類の鹿の枝角（鹿茸）を滋養強壮剤として珍重しており、腎陽の不足、腎機能障害などに効用があるという。また鹿角はミネラルが豊富なため、日本ではドックフード向けに加工するための研究も進んでいる。

これらの数ある鹿の資源利用方法の中でも、食肉としての利用が最も進んでいる。鹿肉は世界各地で食されており、ニュージーランドを始めとする各国で狩猟や養鹿が行われている。世界最大の鹿肉市場は欧州に存在し、特にフランスにおいて鹿肉はジビエ（野生の鳥・獣の肉から出来る料理）の一種として知られており、高級食材として流通している。欧州各国では10月から12月にかけての狩猟シーズン中の消費量が大きく猟師による狩猟も盛んであるが、鹿肉の輸入量も多い。Shadboltら（2008）によると、ニュージーランド産の鹿肉の80%が欧州に輸出されている。また中国でも伝統的に強壮剤としての鹿肉需要が存在する。

近年では欧州や中国以外の従来からの消費地以外の国でも、鹿肉の消費量が増えている。その理由として、鹿肉の栄養面での特徴があげられる。表2からわかる通り、鹿肉は牛肉・豚肉・鶏肉と比べ高タンパクで低脂肪であり、牛肉・豚肉に比べてカロリーは約3分の1、タンパク質は2倍、鉄分は3倍と豊富な栄養分も含んでいる。これらのことから鹿肉は他の肉類に比べて健康的と考えられている。

	エネルギー量	鉄分量 (mg/100g)	タンパク質	脂質
野生エゾシカ(ロース)	103	5.9	22.5	3
牛肉(和牛肩ロース)	403	0.7	14	36.5
豚肉(肩ロース)	226	0.5	17.8	16
鶏肉(ささみ)	106	0.2	23	0.8

表2 鹿肉と他の食肉との栄養素含有量の比較

エゾシカ肉による『阿寒ブランド』の取組み: 北泉開発株式会社ホームページ

[http://www.hokusen-kk.com/youroku/akan\\_brand.htm](http://www.hokusen-kk.com/youroku/akan_brand.htm) より作成

日本において鹿肉はあまり馴染みのないイメージがあるが、鹿肉は1990年代中頃からフレンチ食材として輸入されるようになっており、図3からわかるように鹿肉料理を出すレストランも近年増えてきている。日本国内の消費地は東京が中心で、大手グルメサイト食べログで検索した結果400店舗が鹿肉を扱っているということがわかった。供給面では、日本国内で食用として処理されたシカの約7割が東京へ出荷されていることがわかった。

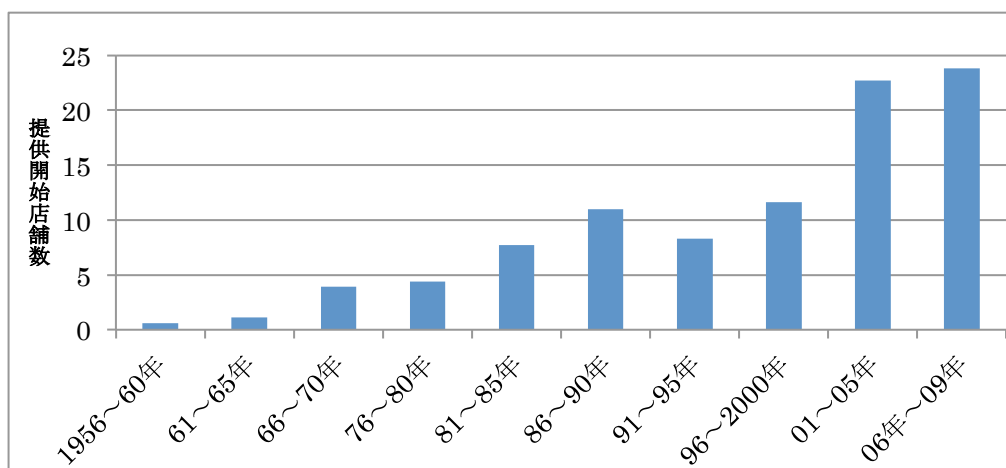


図 3 鹿肉料理の提供開始時期

北海道情報 DO ナビ : <http://www.donavi.com/contents/gattin/090201/unchiku/>

グルメミートワールド : <http://www.gourmet-meat.com/meat/shika.html> より作成

しかし、鹿肉は食用として流通させるには非常に難しい食材である。シカを食用として流通させるには、シカが暴れて血が体に回らないよう急所を狙って1発で仕留めるなどの高い狩猟技術が必要になる。また狩った後の処理・解体には、消臭・肉の硬化防止のために2時間以内に血抜きを行う必要があるなど、特別な技術を要する。また、鹿肉を食肉用に加工するためには屋根のついた施設で行う必要があるなど、法的な手続きを守る必要もある。

このようにシカを食肉として流通させる際には、狩猟から処理・解体に至るまでの制約が数多く存在するためコストは高くなってしまふ。また神奈川県によると、狩猟者は煩雑な作業を嫌うため、狩猟したシカを食肉に加工して流通させたり、業者に引き渡したりせず、そのまま放置するか、自家消費している場合が多いという。そのため日本において鹿肉を安定的に供給することは難しい状況にある。このような問題が存在するため、日本でも鹿肉の需要は増大しているにもかかわらず、国産の鹿肉の流通はあまり進んでいない。日本で利用される鹿肉のほとんどは年間約200t流通させているニュージーランド産のアカシカである。

北海道、滋賀県に見られるように、日本でも害獣扱いされているシカを肉として流通させようとする動きが各地で始まっているものの、上記のような理由から駆除されたシカのうち鹿肉として流通される割合は非常に低い水準に留まっている。例えば、2006年に長野県で捕獲された9,200頭のうち食用となったのは僅か9%の820頭のみだった。

## 第4章 丹沢山地におけるシカの増加とその背景

近年ニホンジカの分布域は拡大傾向にあり日本各地で問題となっている。丹沢山地においては1950年代には50頭程しかいなかったとされているシカは、その後30年間で急増したといわれ、現在では最大で4200頭にまで増加している。そしてそれに伴い、食害による植生劣化問題も年々深刻さを増している。このシカの増殖原因及び植生劣化問題の深刻さ、そしてそれに付随して発生している問題について以下で解説していく。

### 4-1 シカ増殖の原因

近年のシカ増殖の原因の1つとして、高度経済成長期に設けられたシカの狩猟規制によって性比がアンバランスになったことがあげられる。これは、丹沢のシカが戦後間もなく米軍や猟師による無統制の狩猟によって、一時は絶滅の危機に瀕した際に設けられた。これを受けて1947年にメスジカ、1955年にオスジカの狩猟が全面的に禁止され、1970年までこの規制は続いた。この間オスよりも長くメスの狩猟を禁止したことで、丹沢山地のシカの性比がアンバランスになるという事態が発生してしまった。現在では規制は緩和され、オス・メスともに狩猟が可能になっているものの、図4からわかるように、2005年の時点ではオス1頭に対してメスが2.4頭という高い割合になっている。一夫多妻制の繁殖形態を持つシカはメスの数が増えるほど繁殖数も増加してしまうため、丹沢山地においてシカは増殖を続け、現在でも増え続けている。

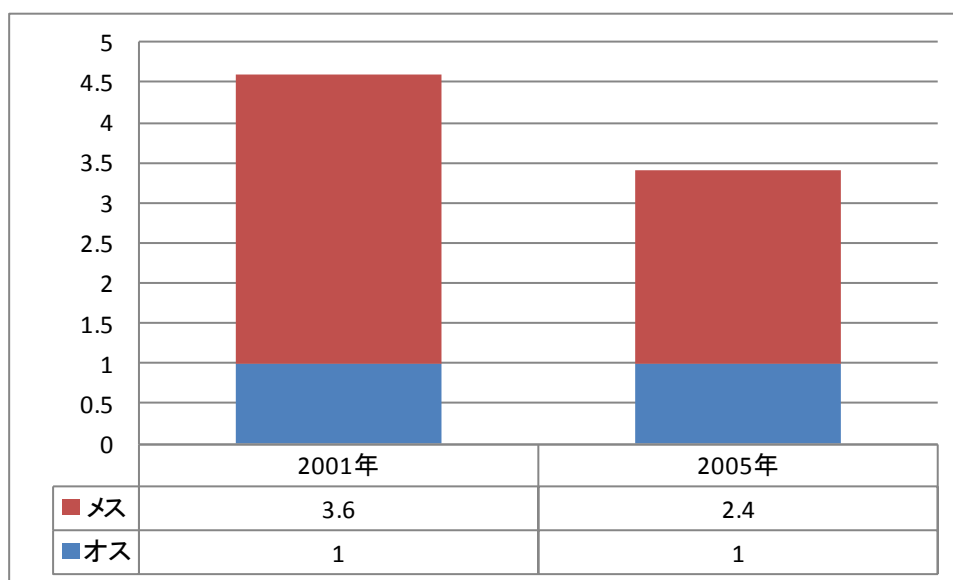


図4 丹沢大山におけるシカの性比

アトラス丹沢 [http://e-tanzawa.jp/atlas/1-1\\_sizen\\_1chiri.html](http://e-tanzawa.jp/atlas/1-1_sizen_1chiri.html) より作成

また、人工造林による食環境の向上もシカの増殖を許す原因となった。昭和30年代後半、高度成長期を迎えた日本では薪炭材の需要が増大したため、国は造林事業を拡大させた。神奈川県でも1950年代後半から1970年代にかけ広範囲において人工造林が実施され、これによりシカの餌が増えた結果、シカの食環境は向上した。この時期は前述したシカが狩猟規制されていた時と重なっていたため、丹沢でのシカ個体数は増加し、その分布域も拡大したのである。図5は年度別によるシカの分布を表しているが、1964年に比べ2005年にはシカの分布域が大幅に拡大しているのがわかる。

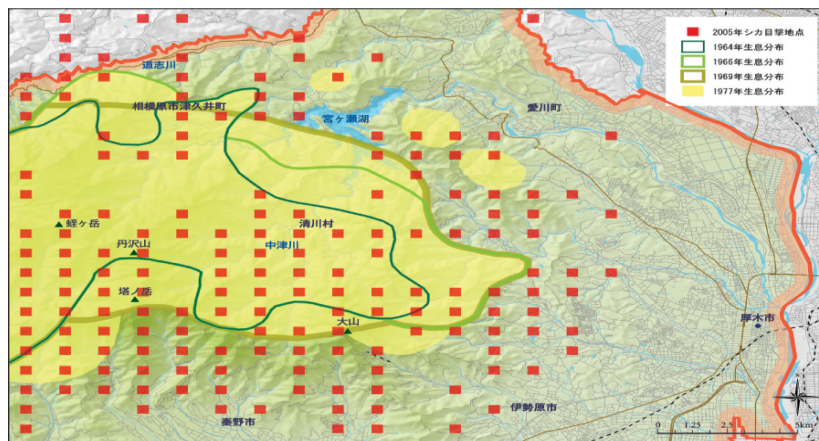


図5 年度別シカの分布域

出所：アトラス丹沢 [http://e-tanzawa.jp/atlas/1-1\\_size\\_n\\_1chiri.html](http://e-tanzawa.jp/atlas/1-1_size_n_1chiri.html)

丹沢山地におけるシカの唯一の'天敵'である狩猟者の減少もシカの増加に拍車をかけている。図6からわかるように、狩猟免許所持者数は減少傾向にある。その理由として、近年における動物愛護の風潮や狩猟に対する意識の変化、狩猟免許取得などにかかる高い初期費用などがあげられる。

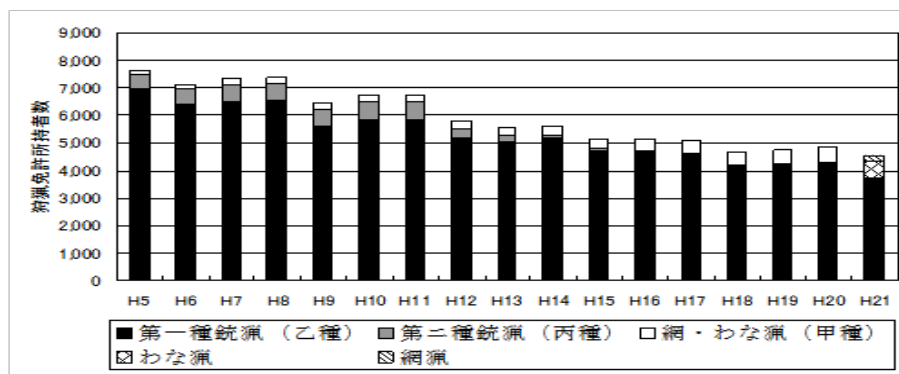


図6 狩猟免許所持者数の推移

出所：神奈川県ニホンジカ保護管理事業実地計画より

また、やや古い長野県のデータではあるものの、図7からわかるように近年では狩猟免許保持者の8割が50代以上の高齢者であり、丹沢山でも現在、狩猟者の大半はこのような高齢者であるという。丹沢山地の特徴である急峻な地形は、高齢である狩猟者にとっては非常に狩りを行いにくい環境であるため、これが狩猟数の伸び悩みに繋がっている。さらに、高齢化から将来的に狩猟者の数が減り、シカの個体数を管理することが不可能になるとの懸念も生じている。

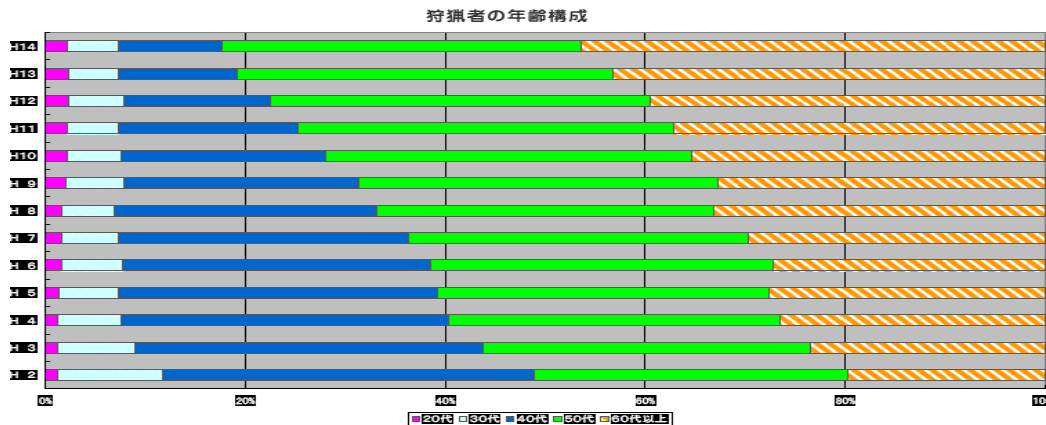


図 7 狩猟者の年齢構成(長野県)

出所：Environmental Information & Communication Network (EIC ネット)

#### 4-2 シカの急増による植生劣化

第2章でも見たように、植生の劣化はシカによる過度な採食が主な原因となっており、その被害は4-1で見たようなシカの急増に比例して増加の傾向を示している。図8は植生劣化状況とシカ生息密度の関係を表しており、頭数増加に伴いシカの生息密度が上昇した地域ほど植生の劣化が進んでいることがわかる。

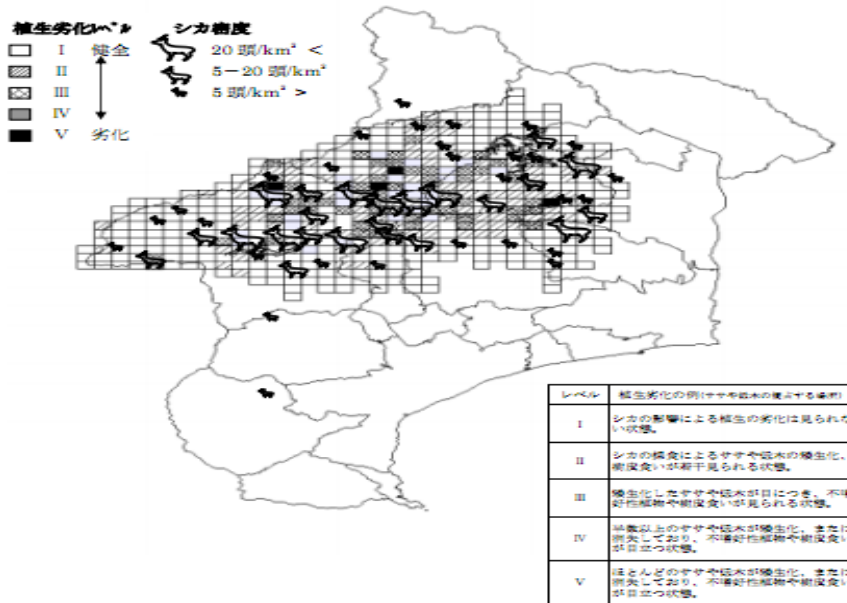


図 2. 植生劣化状況とシカ生息密度の状況  
 ※植生劣化レベル：シカの典型的な採食圧による植生への影響を現地踏査し、3次/1km<sup>2</sup>(約1km<sup>2</sup>/1km<sup>2</sup>)単位で集計した結果を5段階に区分。

図 8. 植生劣化状況とシカ生息密度の状況 (出所：神奈川県ニホンジカ保護管理事業実地計画)

また、図 9 はシカの密度と林床植生の減少の関係を表している。シカの密度が低い場所ではササ群落高（ササの群落の高さ）が高いことが確認されているのに対し、シカの密度が高い場所ではササの群落高が低くなっていることがわかる。(山根・鈴木、2007)

これらのグラフからもわかるように、シカの存在が植生の劣化と関係していることは明白であり、シカの密度が高ければ高いほど植生状態が劣化また減少していることがわかる。

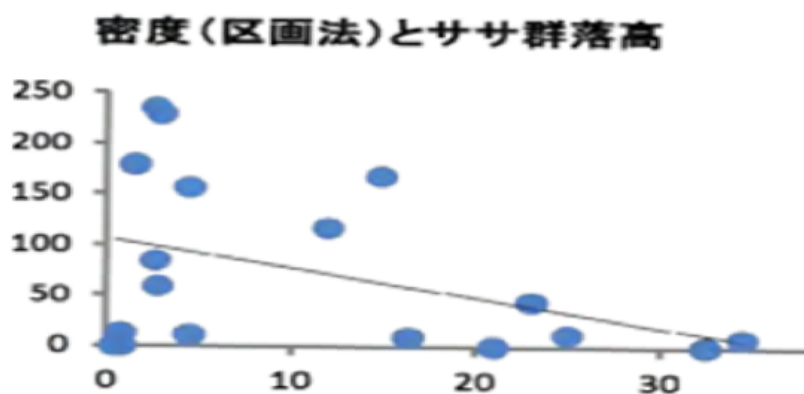


図 9. 近年のササ群落高とシカ密度の関係 (出所：WMO 山根・鈴木、2007)  
 (※縦軸はササ群落の高さ、横軸はシカ密度を示している)

### 4-3. 植生の劣化による被害

4-2で見てきたように丹沢山地では急増したシカの食害による植生の劣化が深刻さを増している。では、植生劣化の何が問題なのだろうか。考えられるのは以下の2点である。

まず一つ目の問題は、生物多様性の減少である。第2章の2-1で述べたように、植生と生物多様性は密接な関係を持ち、植生の存在によって生物多様性が保持される。つまり植生が劣化すると同時に生物多様性も減少してしまう。表1は神奈川県によって行われた丹沢大山のブナ林の種密度/種の多様性と採食圧力との関係を多様度指数のH'、J'を用いて示した図である。H'はシャノン・ウィナーの多様度指数<sup>1</sup>と呼ばれ

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

で表される。またJ'は均衡度指数<sup>2</sup>と言われ、

$$J' = \frac{H'}{\log S}$$

で表される。なお、Sは分類群数の合計を表している。どちらの指数においても値が大きくなる程種の多様性が豊富であることを表しているのだが、高採食圧区と比べ、採食圧除去区の方がH',J'共に値が高いことがわかり、シカの食害の存在が丹沢大山の生物多様性を低下させていることがわかる。

表 3.丹沢調査林分の種密度、種の多様度指数

	ブナ林			シオジ林		
	高採食圧区	採食圧除去区	低採食圧区	高採食圧区	採食圧除去区	低採食圧区
種密度 (n/4m <sup>2</sup> )	20.7	25.4	6.1	24.7	25.5	13.8
H'	1.6774	1.7741	1.3124	1.6641	1.6801	1.5277
J'	0.8919	0.9244	0.8369	0.9019	0.9075	0.89003

(出所:神奈川県 生物多様性調査より作成。)

また、二つ目の問題は植生劣化によって土壌流出が発生することである。シカの採食が進むほど(植生が退行するほど)雨水の地中浸透率が減少し、雨水が表面の土壌を削り取

<sup>1</sup> シャノン・ウィナーの多様度・指数・H' は、植生や昆虫、鳥類などの生物群集内の多様性を示す指数。種数が多いほど、また各種の均等度が高いほど、高い数値を示す。現在でも生物多様性の高低を表す指数として広く使用されている。

<sup>2</sup> 均衡度指数J'・・・は多様度指数H' から種数の効果を除去して、個体数のばらつきの程度を見る尺度である。それぞれの種が均等に出現しているほど大きくなり、特定の種のみ個体数が多いと小さくなる。この均衡度指数が高い程それぞれの種の数均等に近く、多様性がより高いと言える。

り流れる量が増加し、表層に存在する種子を根こそぎ奪い取っていく。(図 10 はシカの採食と林床植生の破壊と付随する雨水の地中浸透問題を表しているが、被度小の部分は被度大に比べて雨水の浸透率が低いことがわかる。)

その結果、植生の自然再生を困難とし、さらには土壌流出による地力の低下によって、その後の植林も難しくしてしまうのである。丹沢でもこのような現象が起きている。

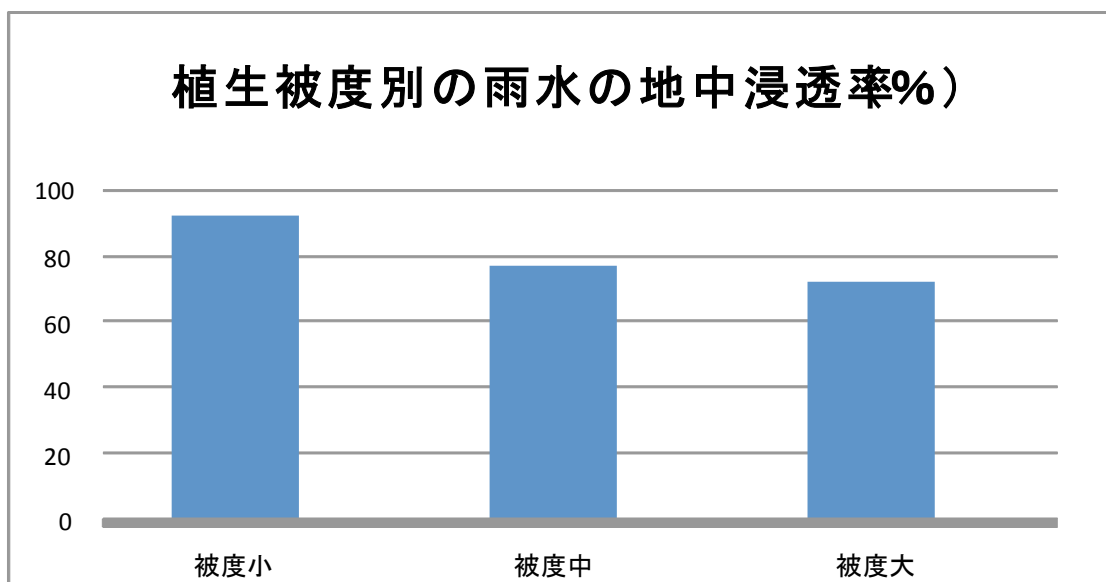


図 10 植生被度の雨水の地中浸透率に与える影響

植生の劣化による土壌流出が土壌の河川流入を引き起こし、溪流の生態系を破壊することも懸念事項としてあげられる。図 11 の中央から右方にかけての紫色の囲み線は丹沢大山における生態系が破壊されている溪流区域を示しており、希少種のカジカ、ヒダサンショウウオなどが土壌流出による被害を受けている。



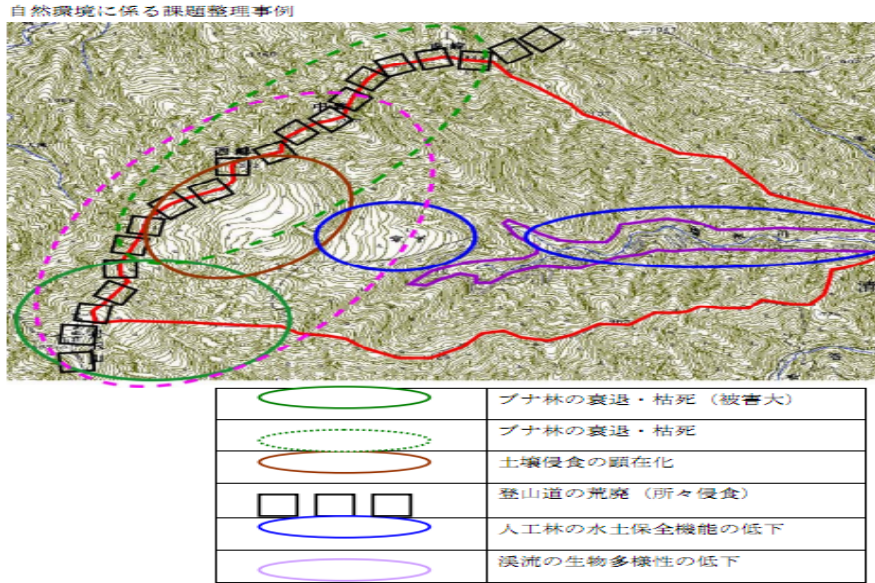


図 11.丹沢大山における溪流の生態系の破壊  
（出所：山根、2010）

## 第 5 章 神奈川県の実策とその問題点

第 4 章では丹沢山地におけるシカの急増と食害、それに付随して生じる生物多様性の減少などの問題について説明してきた。この食害問題について、行政も様々な対策を行ってきており、本章ではその施策と問題点について述べていく。

神奈川県は丹沢山地の生物多様性の保全と再生、またそれと同時に農林業被害軽減のため、シカの個体数の減少を目的としたニホンジカ保護管理計画を 2003 年に策定した。これは、1993 年～1997 年に行われた丹沢大山総合調査の結果に基づいて策定されたものであり、現在神奈川県で行われている政策は、この保護管理計画に沿ったものとなっている。この保護管理計画の具体的な内容は、県全体を(a)自然植生回復地域 (b)生息環境管理地域 (c)被害防除対策地域にエリア分けし、(1) 個体群管理 (2) 生息地の整備 (3) モニタリングの 3 つの施策を行うというものである。また、これとは別に農業被害を防止する鹿柵の設置についても 1970 年代より実施している。以下 4 つの施策それぞれについて詳説し、その問題点を探ることとする。

### 5-1. 個体群管理

個体群管理の方法は主に 2 つある。まず 1 つ目は、狩猟規制の緩和による狩猟頭数の増加を見込んだ頭数管理である。猟区に限っては捕獲頭数の上限を定めるが、それ以外の地域では特にメスジカの狩猟を 2 頭まで可能にするなどの規制緩和が行われている。また狩

猟に関する規制は、モニタリングや捕獲状況等を踏まえて毎年度見直されている。2つ目の方法は、管理捕獲を行うことによる頭数管理である。こちらも農林業被害の状況や管理エリアごとの植生の劣化状況に応じて計画・実施される。管理捕獲の方法としては、罾や猟犬の利用、銃器の使用によるものや、登山者への危険を回避するため給餌によりシカを一時的に誘引してからの捕獲等があげられる。

これらの2つの政策により、現在神奈川県は自然植生が回復していない地域でのシカの生息密度を5頭/km<sup>2</sup>に誘導することを目標としている。

### 5-2. 生息地の整備

生息地の整備とはシカの生息地である森林の環境を整備することをいい、主に「森林整備」と「林床植生の保護」の2つが挙げられる。「森林整備」では、人工林の混交林化や巨大林化等による植生回復や広葉樹の導入を行うことで、県有林や水源林の多様化を目指している。また「林床植生保護」では、植生保護・防鹿柵の設置を行うことで、植生の回復を図っている。(図12は防鹿柵の設置数の推移を示す) またこれ以外にもリター(落ち葉)堆積の維持などによる土壌流出の抑制、越冬地の造成や崩壊地の修復が行われている。

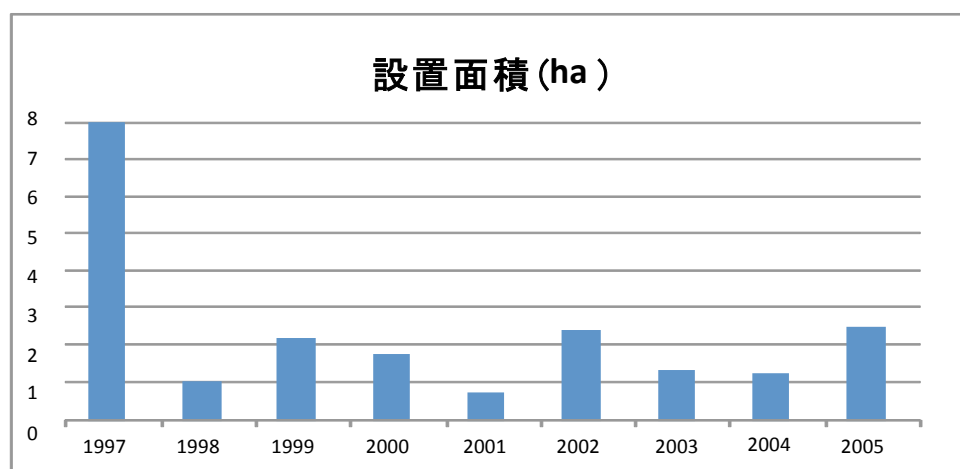


図12 近年の神奈川県による植林保護柵設置面積の推移  
出所：神奈川県ニホンジカ保護管理事業実地計画より作成

### 5-3. モニタリング

モニタリングとは効果的な政策を立案することや、必要に応じ保護管理計画及び事業の修正を行うために、定期的に植生等の環境情報、シカの分布や捕獲状況、生息密度、自然植生の回復状況、妊娠率、年齢構成等の個体群情報、農林業被害状況等のデータを集計することである。データを集計することで施策の結果等を把握し、外部評価を受け問題点を修

正し、新たな政策立案やシカの個体数変動シミュレーション等に役立てている。

#### 5-4. 鹿柵の設置

上記の保護管理計画に示された三つの政策の他、神奈川県では農業保護のため、鹿柵の設置にも動いている。シカの食害による農業被害を憂慮した神奈川県は、1970年より造林地に防鹿柵を設置、更に猟区の設定を行いシカの個体群数保全及びシカの食害被害の防止を試みた。これによって農林業への被害は沈静化した。

#### 5-5. 現在の政策の問題点

前述したように、神奈川県では深刻化する丹沢山地のシカ食害の問題を防ぐために、様々な政策を行っている。しかしこれらの政策にも問題点は存在する。それは主に以下の3点である。

1点目の問題は、丹沢山中腹部の植生は回復してきているものの、山頂付近のシカ密度は増加傾向にあり、植生の減少が顕著になっていることである。丹沢山中腹部の場合、防鹿柵の設置により保護柵内の植生は守られている。しかし、シカは防鹿柵によって移動範囲を限られ中腹部の人工造林への侵入ができなくなり、さらに1961年に設定された鳥獣保護区が厚生林のある高標高域を中心に設置されたため、高標のシカが増加・高密度化することとなった。その結果、柵外の山頂付近に追いやられたシカによる食害で、植生が大きく退行してしまった。さらに山頂付近の場合、急峻な地形や登山者への配慮という制約もあるため狩猟する際に多大な労力がかかりコストが高く、シカの狩猟が進んでいないこともシカ密度増加の背景となっている。

2点目の問題としては、シカの捕獲・狩猟頭数は図13で表されているように増加傾向にあるものの、メスジカの狩猟数が少なく、その増殖数に追いついていないことが挙げられる。

そして3点目の問題は、林床植生を回復させたことによって、シカの栄養状態が改善し、目的と反しシカの頭数増加を招いていることである。これによって多くのシカを狩猟した場合でも、次期には頭数が大きく回復してしまい「たちごっこ」の状態となっている。

我々はこれら3点の問題のなかでも、「高地へのシカの密集問題」を特に大きな問題であると考え、それを解決すべく政策を考案した。それについては次章で詳細に解説する。

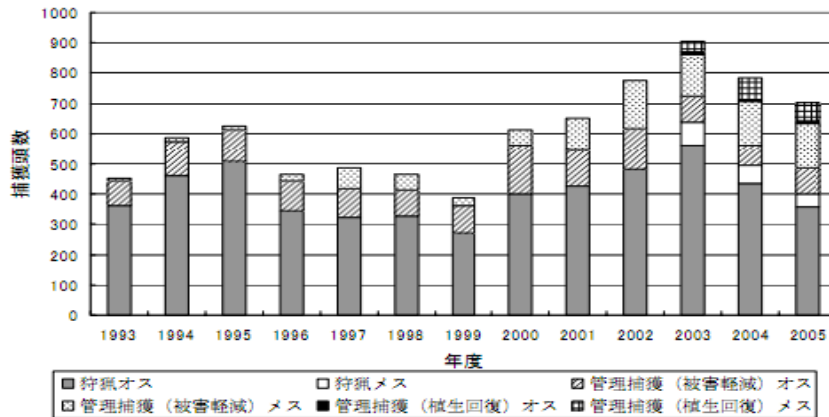


図5. 捕獲頭数の推移

\* 2002年度以前の管理捕獲(被害軽減)は有害鳥獣捕獲として実施したもの。

\* 2003年度以降の有害鳥獣捕獲は保護管理区域外で実施したので図示していない(2003年度以降の有害鳥獣捕獲頭数は参考資料1)

図13 ニホンジカの狩猟の推移 出所：神奈川県ホームページ

## 第6章 政策提言

ここまで述べてきた通り、丹沢山地におけるシカの食害問題は深刻化してきている。その原因はシカが増加し密集したことにより、特に高地のシカは密集度が高く、被害も大きい。そこで、我々は高地のシカの頭数を減らし、林床植生への食害を緩和するために「鹿肉の狩猟高度別利潤配分を通じた高地狩猟へのインセンティブ付与政策」を提言する。現在では高地のシカを狩猟するインセンティブが存在せず、狩猟コストの高さから高地のシカの駆除が進んでいない。そこで我々は経済的価値の高い鹿肉に着目し、低地の鹿肉の販売利益の一部を、高地でシカを狩った狩猟者に再配分することで高地のシカを狩猟した狩猟者の利潤を高め、狩猟のインセンティブを付与することでシカの狩猟数の増加を目指す。以下ではその政策に関するモデル分析を行っていく。

### 6-1 モデル分析

ここからは高地のシカの狩猟を上昇させるべく政策モデル分析を行っていく。政策の目標は、高地のシカの狩猟量を早急に増加させ、社会的厚生を最大化することである。なお、ここでいう社会的厚生とは「狩猟者の鹿肉から得る利潤+山の植生がもたらす価値」であり、この「山の植生がもたらす価値」が現在はシカの食害で減少している。これを改善し、社会的厚生を改善することが本論文の主目的である。

【政策を行うに当たっての仮定】

◆各関数についての仮定

(1)シカの増殖関数

シカの増殖関数は、以下のように設定する。なお、 $K$  はシカの環境容量であり、シカが丹沢山という環境の中で生きられる最大の個体数を表している。

$$X_t = -q_{t-1} + rX_{t-1} \left(1 - \frac{X_{t-1}}{K}\right)$$

t:期

X シカのストック量

r: シカの増殖関数

K: シカの環境容量

(2) 狩猟者の利潤関数

シカの狩猟者の利潤関数は以下のように設定する。この式は、JON.M.CONRAD(2010)の CPUE 生産関数を参考に設定した。CPUE 生産関数とは Catch-Per-Unit-Effort(CPUE)生産関数の略で、ある期(ここでは t 期)の CPUE 生産関数は  $q_t = hX_t E_t$  で表される。 $q > 0$  のもとで  $\frac{q_t}{E_t}$  (努力 1 単位あたりの収穫量)が漁獲可能ストック水準  $hX_t$  に比例するという仮定から生まれた関数である。なお、本稿での努力量  $E$  は「狩猟者が狩猟を行った総時間や装備の数など様々な労力を総合したもの」と定義する。

なお、下付きの  $h, l$  は high land(高地)、low land(低地)に対応する。以下同じ。

$$\begin{aligned} \pi &= pq_h - \left(\frac{c_h E_h^2}{2}\right) + pq_l - \left(\frac{c_l E_l^2}{2}\right) \\ &= phX_h E_h - \left(\frac{c_h E_h^2}{2}\right) + plX_l E_l - \left(\frac{c_l E_l^2}{2}\right) \end{aligned}$$

t:期

E: 狩猟者の努力量

$c_h$ : 高地の 1 努力あたりにかかるシカ狩猟コスト

$c_l$ : 低地の 1 努力あたりにかかるシカ狩猟コスト

$X_h$ : 高地のシカ残存ストック

$X_l$ : 低地のシカ残存ストック

h: 狩猟技術

p: 鹿肉の価格

q: シカ狩猟量

ただし、

$$\begin{aligned} hX_h E_h &= q_h \\ hX_l E_l &= q_l \end{aligned}$$

### (3)社会的厚生関数

最後に、社会的厚生関数 $S\pi$ は以下のように設定する、

$$\begin{aligned} S\pi_{t+1} &= p_{t+1}q_{t+1,h} + p_{t+1}q_{t+1,l} + V_h + V_l + (1-s)(D_{t-1,h} + D_{t-1,l}) \\ &\quad - \left( \frac{c_h E_{t+1,h}^2 + c_l E_{t+1,l}^2}{2} \right) - d_l(X_{t+1,l} - q_{t+1,l}) - d_h(X_{t+1,h} - q_{t+1,h}) \end{aligned}$$

この式は、「狩猟者の利潤関数」 + 「植生の価値・損傷関数」で構成されている。

「狩猟者の利潤関数」は高地と低地の鹿肉の販売収入の和である $pq_h + pq_l$ から狩猟コストである $\frac{c_h E_{t+1,h}^2 + c_l E_{t+1,l}^2}{2}$ を引いたもので表され、「植生の価値」は高地・低地のシカの採食被害が全く無い場合の植生価値をそれぞれ $V_h, V_l$ と置くと、高地と低地を合わせて $V_h + V_l$ と表される。

また、「植生の損傷関数」は当期の高地、低地のシカの食害による植生の退行被害 $d_h(X_{t+1,h} - q_{t+1,h}) + d_l(X_{t+1,l} - q_{t+1,l})$ に、前期までに受けた植生被害の残存量の総和である $(1-s)(D_{t-1,h} + D_{t-1,l})$ を加えることで求まる。 $D_{t-1,h}, D_{t-1,l}$ はそれぞれ $t-1$ 期までの全ての植生の損傷の蓄積を表し、 $s$ は植生の1期あたりの回復率を表す。

#### ◆政策における仮定

我々の政策は低地で狩猟された鹿肉からの利益を、高地に分け与えることで高地のシカ狩猟量の増加を目指す。

まず、利益を再配分した場合には高地のシカ一頭あたりの価格が上昇する効果が表れるため、その上昇幅を $\theta_h$ 、逆に低地のシカ一頭当たりの価格下落幅を $\theta_l$ とすると以下の条件式が得られる。

$$(p + \theta_h)q_h + (p - \theta_l)q_l = pq \cdots (1)$$

また、 $\theta_h, \theta_l$ は以下のように設定する。 $\theta_h$ は $X_l$ に比しての $X_h$ の数が多ければ多いほど多くの利益が高地に配分させる形となるよう設定されている。 $\alpha$ はパラメータである。

$$\theta_{t,h} = \alpha q_{t,h} \frac{X_{t,h}}{X_{t,l}}$$

また、低地からの利益奪取分と、高地への利益配分額は同じにならないため、 $q_{t,l}\theta_{t,l} = q_{t,h}\theta_{t,h}$  が成立する。これにより、 $\theta_{t,h}$ が上記のように決まれば、自動的に $\theta_{t,l}$ は

$$\theta_{t,l} = \frac{q_{t,h}}{q_{t,l}}\theta_{t,h}$$

と決まる。

#### 【分析の方針/目標】

(1)狩猟者のみが利潤最大化を目指す場合（現状）における均衡狩猟量・シカのストック量・努力量である $q_h^*, q_l^*, X_h^*, X_l^*, E_h^*, E_l^*$ をそれぞれ導出し、それらの値を社会的厚生関数 $S\pi$ に代入し、50期までの各期の社会的厚生の総和 $\sum_{t=1}^{50} S\pi_t^*$ を計算する。

(2)シカによる植生へのダメージを考慮した場合の均衡狩猟量・シカのストック量・努力量である $q_h^{**}, q_l^{**}, X_h^{**}, X_l^{**}, E_h^{**}, E_l^{**}$ をそれぞれ導出し、それらの値を社会的厚生関数 $S\pi$ に代入し、50期までの各期の社会的厚生の総和 $\sum_{t=1}^{50} S\pi_t^{**}$ を計算する。

(3)政策後の均衡狩猟量・シカのストック量・努力量である $q_s^{***}, q_h^{***}, X_h^{***}, X_l^{***}, E_h^{***}, E_l^{***}$ をそれぞれ導出し、それらの値を社会的厚生関数 $S\pi$ に代入し、50期までの各期の社会的厚生の総和 $\sum_{t=1}^{50} S\pi_t^{***}$ を計算する。

これらのことを示したうえで、以下の不等式を

$$\sum_{t=1}^{50} S\pi_t^* < \sum_{t=1}^{50} S\pi_t^{***} \approx \sum_{t=1}^{50} S\pi_t^{**}$$

を示すことを目標とする。(2)は社会的厚生が最大化された状態であり、この社会的厚生の総和 $\sum_{t=1}^{50} S\pi_t^{**}$ に政策で現状の社会的厚生を改善し、近似させることを目指す。

#### (1)狩猟者のみが利潤最大化を目指す場合(現状)の狩猟量及び社会的厚生の導出

まず、狩猟者のみが利潤最大化を目指す場合の狩猟量及び社会的厚生の導出を行う。

需要関数と供給関数をそれぞれ導出し、それらから均衡狩猟量・シカのストック量・努力量である  $q_h^*, q_l^*, X_h^*, X_l^*, E_h^*, E_l^*$  をさらに導出、それらと設定したパラメータを社会厚生関数に代入して社会厚生を求めていく。

◆需要関数

まず、需要関数を定義する。

消費者利潤関数を  $\pi_D$  とし、以下のように表す。

$$\pi_D = -aq^2 + bq + C - pq \quad (\text{ただし、} a, b, C \text{ はパラメータ})$$

ただし本論文では以下の条件を満たす  $a, b$  の範囲のみを考える。

$$\frac{d\pi}{dq} = -2aq + b - p \geq 0 \quad (\Leftrightarrow p \leq b - 2aq)$$

$$\frac{d^2\pi}{d^2q} = -2a < 0 \quad (\Leftrightarrow a > 0)$$

この2つの条件から、消費者利潤関数は「 $q$  についての増加関数」かつ「消費量増加に伴い、限界利潤は逓減する」という二つの性質を持つ関数であると定義できる。

この消費者利潤関数を  $q$  で偏微分し、消費者利潤を最大化すると

$$\frac{d\pi_D}{dq} = -2aq + b - p = 0$$

よって、需要関数  $p_D$  は以下のように表される。

$$p_D = -2aq + b \dots \textcircled{1}$$

◆供給関数

次に狩猟者の利潤関数を定義し、その最大化条件から供給関数を導出する。

狩猟者の利潤関数は高地、低地で分け、それぞれ  $\pi_h, \pi_l$  とし、以下のように定義する。また、全狩猟者の総利潤関数は  $\pi = \pi_h + \pi_l$  とする。

$$\pi_h = pq_h - \left( \frac{c_h E_h^2}{2} \right)$$

$$\pi_l = pq_l - \left( \frac{c_l E_l^2}{2} \right)$$

$h$  は狩猟技術、 $X$  はシカのストック量、 $E$  は狩猟努力量であり、20 項で前述したように高地、低地それぞれのこれらの値を掛け合わせると各地での狩猟量となり、 $q_h, q_l$  は以下のように



定義される。

$$q_h = hX_h E_h, q_l = hX_l E_l$$

またこれらより、 $t$  期の総利潤関数 $\pi_t$ は以下のように設定し直せる。

$$\begin{aligned} \pi_t &= p_t q_{t,h} - \left( \frac{c_h E_{t,h}^2}{2} \right) + p_t q_{t,l} - \left( \frac{c_l E_{t,l}^2}{2} \right) p_t q_{t,h} \\ &= p_t h X_{t,h} E_{t,h} + p_t h X_{t,l} E_{t,l} - \left( \frac{c_h E_{t,h}^2 + c_l E_{t,l}^2}{2} \right) \end{aligned}$$

ここで、供給者側の利潤最大化条件は

$$\frac{d\pi}{dE_{t,h}} = 0$$

$$\frac{d\pi}{dE_{t,l}} = 0$$

であり、これらを解くと以下のように供給関数 $p_s$ が求められる。

$$p_s = \frac{q}{h^2 \left( \frac{X_{t,h}^2}{c_h} + \frac{X_{t,l}^2}{c_l} \right)} \dots \textcircled{2}$$

①、②より

$$q_t^* = \frac{b}{\frac{1}{h^2 \left( \frac{X_{t,h}^2}{c_h} + \frac{X_{t,l}^2}{c_l} \right)} + 2a}$$

という均衡狩猟量  $q^*$  が導出された。

また、ここでの  $q_h, q_l$  は以下ようになる。(これらの式は(2)でも同様のため(2)では割愛する。)

$$q_{t,h}^* = \frac{hX_{t,h} p_t}{c_h}$$

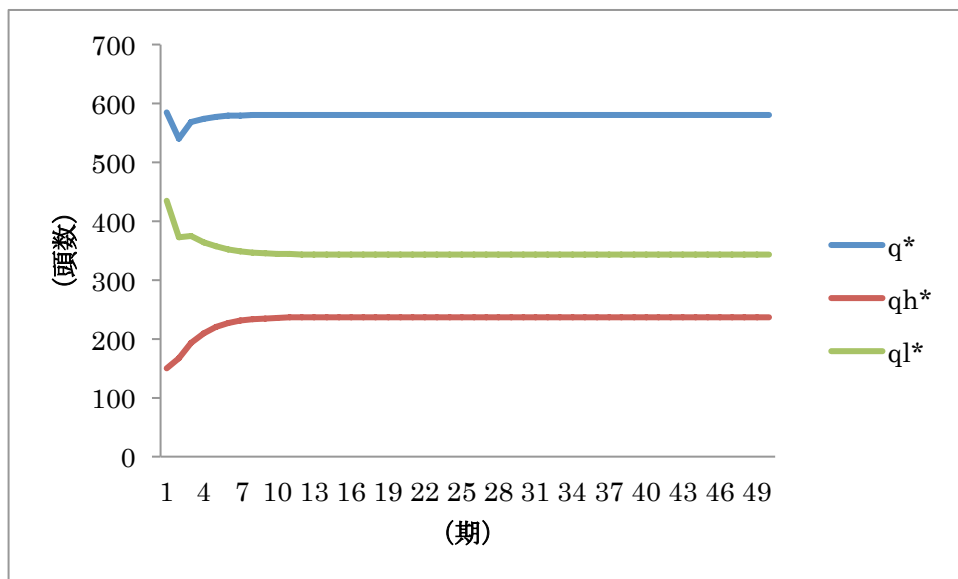
$$q_{t,l}^* = \frac{hX_{t,l} p_t}{c_l}$$

この場合に、パラメータを以下のように設定し、狩猟者が利潤最大化行動を行った場合の  $q_h^*$ ,  $q_l^*$  および  $X_h^*$ ,  $X_l^*$  の数値は以下ようになる。

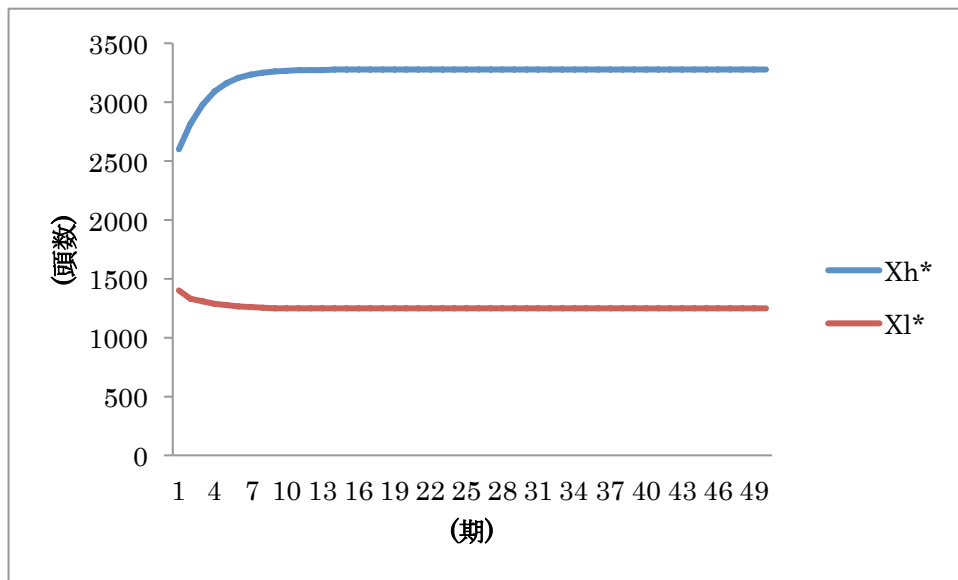
(なお、このパラメータは以下の分析でも全て同様の数値を用いるため、以降では割愛する。)

- $a = 10$
- $b = 45000$
- $K = 4000$
- $h = 0.17$
- $c_h = 30000000$
- $c_l = 3000000$

【狩猟者のみが利潤最大化を目指す場合の狩猟数の推移】



【狩猟者のみが利潤最大化を目指す場合のシカのストック数の推移】



このように、狩猟者が利潤最大化を目指すだけの現状の場合では狩猟コストの高さから $q_h$ の値が伸び悩み、それによって高地のシカのストック数である $X_h$ が高止まりしてしまう。また、この時の社会的厚生は

$$\sum_{t=1}^{50} \pi_t^* = 34,727,005,904$$

となる。

(2)社会的に最適な狩猟量及び社会的厚生への導出

次に、社会的に最適な狩猟量及び社会的厚生への導出を以下で行ってゆく。

なお、「社会的に最適な状態」とは「社会的厚生が最大化されている状態」である。

ここでも需要関数と供給関数をそれぞれ導出し、それらから均衡狩猟量・シカのストック量・努力量である $q_h^{**}, q_l^{**}, X_h^{**}, X_l^{**}, E_h^{**}, E_l^{**}$ をさらに導出、それらと設定したパラメータを社会厚生関数に代入して社会厚生を求めていく。

◆需要関数

同上

◆供給関数

次に社会厚生関数を定義し、その最大化条件から供給関数を導出する。

高地と低地の社会厚生関数をそれぞれ $\pi_h, \pi_l$ とする。また丹沢大山全体での社会的厚生は $\pi = \pi_h + \pi_l$ と表される。

$$\pi_{t,h} = p_t q_{t,h} + V_h + (1-s)(D_{t-1,h}) - \left(\frac{c_h E_{t,h}^2}{2}\right) - d_h(X_{t,h} - q_{t,h})$$

$$\pi_{t,l} = p_t q_{t,l} + V_l + (1-s)(D_{t-1,l}) - \left(\frac{c_l E_{t,l}^2}{2}\right) - d_l(X_{t,l} - q_{t,l})$$

$$\begin{aligned} \pi_{t+1} = & p_{t+1} q_{t+1,h} + p_{t+1} q_{t+1,l} + V_h + V_l + (1-s)(D_{t,h} + D_{t,l}) \\ & - \left(\frac{c_h E_{t+1,h}^2 + c_l E_{t+1,l}^2}{2}\right) - d_l(X_{t+1,l} - q_{t+1,l}) - d_h(X_{t+1,h} - q_{t+1,h}) \end{aligned}$$

ここで、供給者側の利潤最大化条件は

$$\frac{d\pi}{dE_{t,h}} = 0$$

$$\frac{d\pi}{dE_{t,l}} = 0$$

であり、これらを解くと

$$p_s = \frac{q - h^2 \left( \frac{d_h X_{t,h}^2}{c_h} + \frac{d_l X_{t,l}^2}{c_l} \right)}{h^2 \left( \frac{X_{t,h}^2}{c_h} + \frac{X_{t,l}^2}{c_l} \right)} \dots \textcircled{2}$$

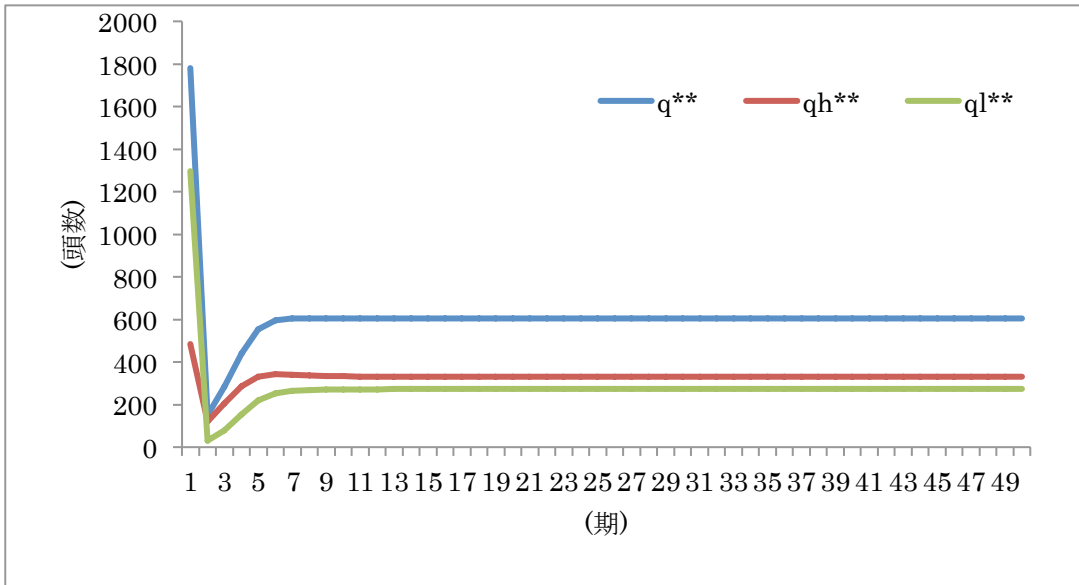
①、②'より

$$q_t^{**} = \frac{b + \left( \frac{\frac{d_h X_{t,h}^2}{c_h} + \frac{d_l X_{t,l}^2}{c_l}}{\frac{X_{t,h}^2}{c_h} + \frac{X_{t,l}^2}{c_l}} \right)}{2a + \frac{1}{h^2 \left( \frac{X_{t,h}^2}{c_h} + \frac{X_{t,l}^2}{c_l} \right)}}$$

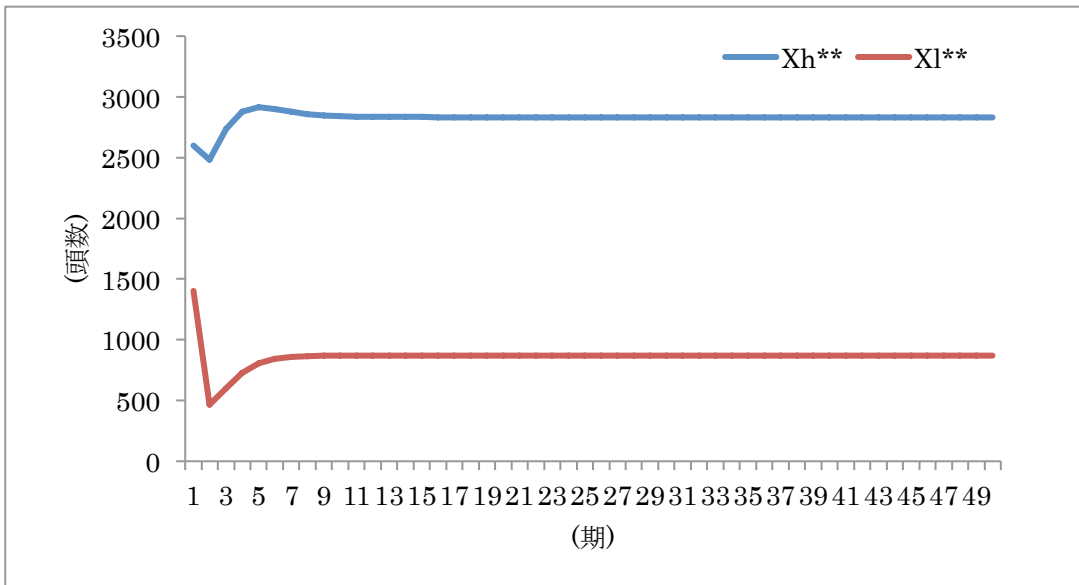
という均衡狩猟量  $q^{**}$  が導出された。

この場合、狩猟者が利潤最大化行動を行った場合の  $q_{h^{**}}, q_{l^{**}}$  および  $X_{h^{**}}, X_{l^{**}}$  の数値は以下のようになる。

**【社会的に最適な狩猟数の推移】**



【社会的に最適なシカのストック数の推移】



この場合(1)の狩猟者が自身の利潤最大化のみを目指して行動する現状に比べ、高地・低地

両方の狩猟量がより多くなっている。そして、定常均衡においては常に  $q_{h^{**}} > q_{l^{**}}$  となっており、常に  $q_{h^*} < q_{l^*}$  となっている現状を改善する必要があることを示唆している。

また、この時の社会的厚生は

$$\sum_{t=1}^{50} S\pi_t^{**} = 35,030,895,297$$

となる。

### (3)政策後の狩猟量及び社会的厚生への導出

最後に利潤再配分政策後の狩猟量及び社会的厚生への導出を行う。

需要関数と供給関数をそれぞれ導出し、それらから均衡狩猟量・シカのストック量・努力量である  $q_h^{***}, q_l^{***}, X_h^{***}, X_l^{***}, E_h^{***}, E_l^{***}$  をさらに導出、それらと設定したパラメータを社会厚生関数に代入して社会厚生を求めていく。

#### ◆需要関数

同上

#### ◆供給関数

次に狩猟者の利潤関数を定義し、その最大化条件から供給関数を導出する。

同様に狩猟者の利潤関数は高地、低地で分け、それぞれ  $\pi_h, \pi_l$  とする。また、全狩猟者の利潤関数は  $\pi = \pi_h + \pi_l$  とする。ここで、狩猟者は高地と低地それぞれ 1 期目では現状と同じように利潤最大化行動をとる。しかしながら、2 期目以降は直前期に行われた利益の再配分を観察し、それを考慮したうえで利潤最大化行動をとるとする。

それを考慮した高地・低地のそれぞれの利潤関数が以下の 2 式である。

$$\pi_{t,h} = (p_t + \theta_{t-1,h})q_{t,h} - \frac{c_h E_{t,h}^2}{2}$$

$$\pi_{t,l} = (p_t - \theta_{t-1,l})q_{t,l} - \frac{c_l E_{t,l}^2}{2}$$

また前述した様に

$$\theta_{t,h} = \alpha q_{t,h} \frac{X_{t,h}}{X_{t,l}}$$

$$\theta_{t,l} = \frac{q_{t,h}}{q_{t,l}} \theta_{t,h}$$

である。

またこれらより、t 期の総利潤  $\pi_t$  は以下のように設定する。

$$\pi_t = (p_t + \theta_{t-1,h})q_{t,h} - \frac{c_h E_{t,h}^2}{2} + (p_t - \theta_{t-1,l})q_{t,l} - \frac{c_l E_{t,l}^2}{2}$$

$$= (p_t + \theta_{t-1,h})hX_{t,h}E_{t,h} + (p_t - \theta_{t-1,l})hX_{t,l}E_{t,l} - \left( \frac{c_h E_{t,h}^2 + c_l E_{t,l}^2}{2} \right)$$

ここで、供給者側の利潤最大化条件は

$$\frac{d\pi}{dE_{t,h}} = 0$$

$$\frac{d\pi}{dE_{t,l}} = 0$$

であり、これらを解くと

$$p_s = \frac{q - h^2 \left( \frac{X_{t,h}^2 \theta_{t,h}}{c_h} - \frac{X_{t,l}^2 \theta_{t,l}}{c_l} \right)}{h^2 \left( \frac{X_{t,h}^2}{c_h} + \frac{X_{t,l}^2}{c_l} \right)} \dots \textcircled{2}$$

①、②より

$$q_t^{***} = \frac{b + \left( \frac{\frac{X_{t,h}^2 \theta_{t,h}}{c_h} - \frac{X_{t,l}^2 \theta_{t,l}}{c_l}}{\frac{X_{t,h}^2}{c_h} + \frac{X_{t,l}^2}{c_l}} \right)}{\frac{1}{h^2 \left( \frac{X_{t,h}^2}{c_h} + \frac{X_{t,l}^2}{c_l} \right)} + 2a}$$

という均衡狩猟量  $q_t^{***}$  が導出された。

また、ここでの  $q_h^{***}, q_l^{***}$  は以下のようにあらわされる。

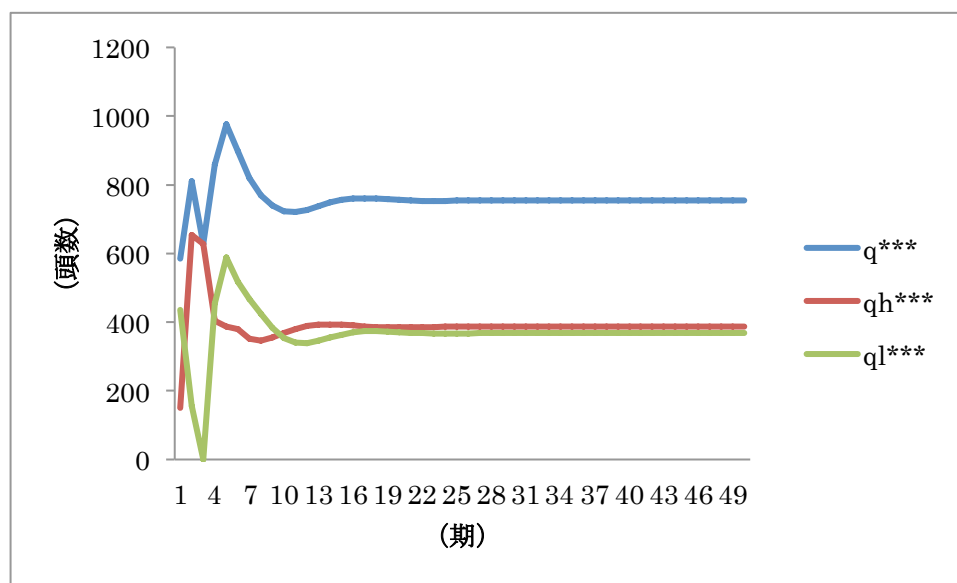
$$q_{t,h}^{***} = \frac{hX_{t,h}(p_t + \theta_{t-1,h})}{c_h}$$

$$q_{t,l}^{***} = \frac{hX_{t,l}(p_t - \theta_{t-1,l})}{c_l}$$

そして、この中で、 $q_t^{***}, q_{t,h}^{***}, q_{t,l}^{***} > 0$  の範囲で社会的厚生を最大化する  $\alpha$  をエクセルのソルバーを用いて分析した結果、【 $\alpha = 204$ 】の時に社会的厚生が最大になることがわかった。この $\alpha=204$ の状態での狩猟者の狩猟数やシカのストック数の推移を表したのが以下の図である。この図は、狩猟者が初期には今まで通りコストの低い低地でのシカを多く狩猟するが、その時に利益の再配分が行われ、高地の狩猟インセンティブが大きく増加することで次期には高地のシカが大量に狩猟され、低地のシカがほとんど狩猟されない状態となる。

しかしながらこの場合、利益の配分源である低地のシカ狩猟がほとんどなされないため、高地でシカを狩猟した狩猟者に利益が出ない。そのため、さらにその次の期にはまた低地のシカの狩猟を少し増やし...といったように徐々に狩猟者の中で調整がなされていき、最終的には最適な高地と低地のシカの狩猟比を狩猟者自身が探し出し、均衡状態になることを示している。そして、定常均衡においては常に $q_{t,h}^{***} > q_{t,l}^{***}$ となり、(1)の際で考察した。現状の狩猟量が常に $q_{t,h}^* < q_{t,l}^*$ の状態になってしまっているという問題の改善も確認できた。

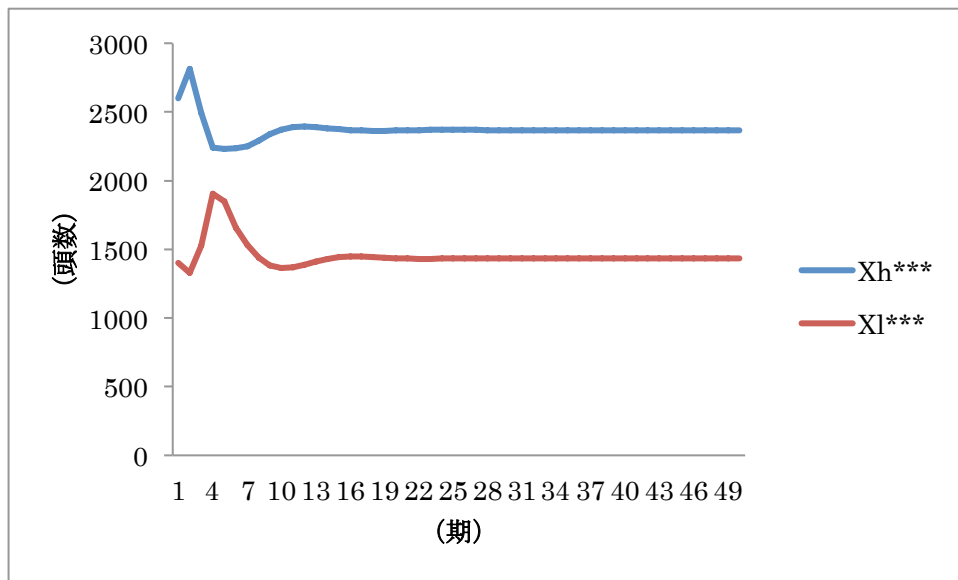
【政策後の狩猟数の推移】



また、以下の図は高地と低地のシカのストック数の政策後の推移を示している。政策導入前に比べ、低地のシカ狩猟のインセンティブが低下するために低地のシカのストックは微増するが、高地のシカの数 $3000$ 頭超の状態から $2500$ 頭弱へと大きく減少し、シカの総数も減少している。



【政策後のシカのストック数の推移】



また、この時の社会的厚生は

$$\sum_{t=1}^{50} \pi_t^{***} = 34,973,697,428$$

であり、(1)現状の社会的厚生 34,727,005,904 よりも改善していることがわかり、(2)社会的厚生が最大化された場合の 35,030,895,297 にほぼ近似する。そのため、我々の目標である「社会的厚生最大化」はほぼ達成されたと言える。

【補論： $\alpha$  を変化させた場合のケース別分析】

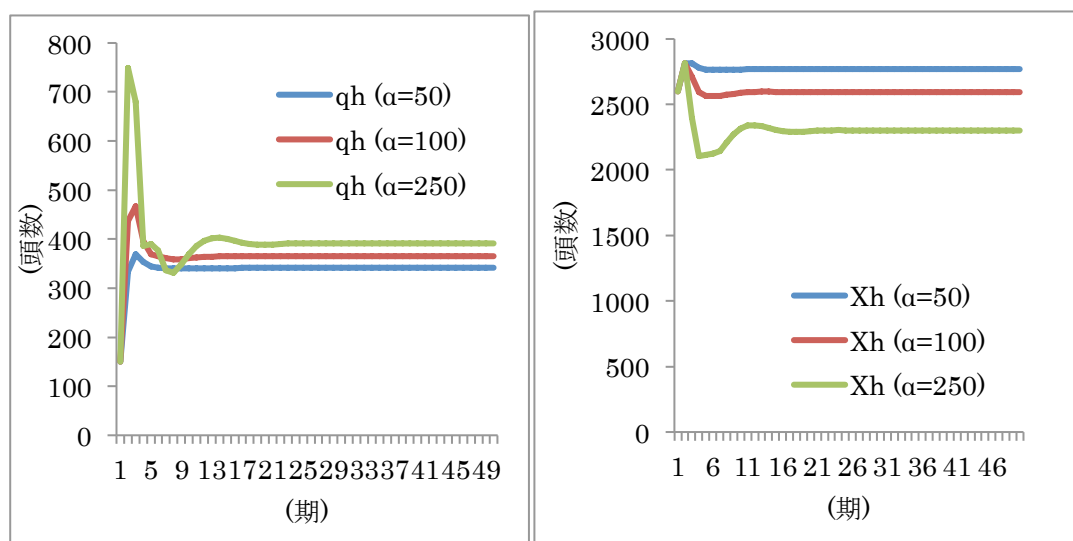
今回は  $\alpha=204$  で最適化を行ったが、ここからはこの  $\alpha$  を変化させ、その動態を考察したい。以下では  $\alpha=50,100,250$  の3つのケースでシミュレーションを行った結果それぞれ起こった、高地と低地の狩猟量  $q_h, q_l$  とシカのストック量  $X_h, X_l$  の変化を考察する。

①高地における変化

まず、 $\alpha$  を変動させた場合の高地における狩猟量  $q_h$  とシカのストック量  $X_h$  の変化を考察する。高地に置ける狩猟量  $q_h$  は、 $\alpha$  の値が大きいほど初期に狩猟する量が大きくなり、その後の定常均衡における値も大きくなっていく。また、シカのストック量  $X_h$  は  $q_h$  の変化に付随して初期では大きく減少し、その後の定常均衡における値も小さくなっていく。一方、 $\alpha$  の値が小さい程、初期に狩猟する量は減少し、定常均衡における値も小さくなって

いく。これらの結果は、 $\alpha$  の値が大きければ大きいほど高地への利益配分が大きくなるため、高地のシカを多めに狩猟するよう狩猟者が行動することを示している。シカのストック量  $X_h$  も、初期でもそれほど減少せず、 $\alpha$  が高い場合に比べてその後の定常均衡における値も大きくなる。

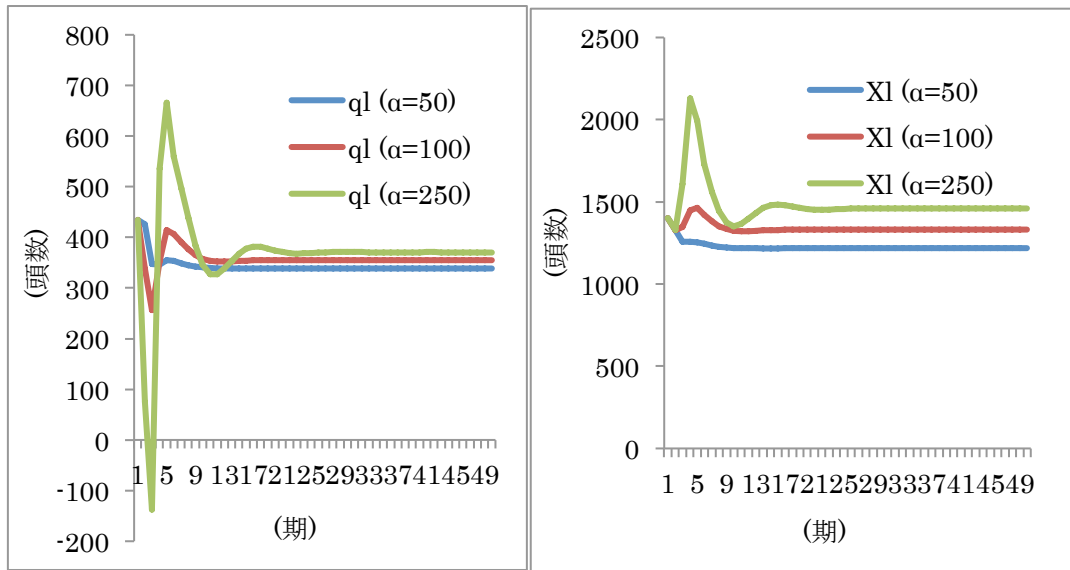
【 $\alpha$  を変化させた場合の高地における狩猟数及びシカのストック数の推移】



### ②低地における変化

次に  $\alpha$  を変動させた場合の低地における狩猟量  $q_l$ 、及びシカのストック量  $X_l$  の変化を考察する。低地における狩猟量  $q_l$  は、 $\alpha$  が低いほど初期付近の狩猟量は大きくなり、その後の定常均衡における値は減少する。また、シカのストック量  $X_l$  は  $q_l$  の変化に付随して初期では大きく増加し、その後の定常均衡における値も大きくなっていく。一方、 $\alpha$  の値が大きくなるほど高地に利益を奪われるため初期付近の狩猟量が減少し、それによって一時的に低地のシカの頭数が大きく上昇するために定常均衡におけるストック量  $X_l$  は高止まりしてしまう。また、 $\alpha$  を 204 以上にすると、 $q_l$  の初期のある段階での狩猟数がマイナスの値を記録してしまうため、やや非現実的な結果となってしまった。

【 $\alpha$  を変化させた場合の低地における狩猟数及びシカのストック数の推移】



◎社会的厚生の変化

$\alpha=50$ 、 $\alpha=100$ 、 $\alpha=250$  及び社会的厚生が最大化される  $\alpha=204$  の時の社会的厚生はそれぞれ以下のようにになっている。

- $\alpha=50$  の時の社会的厚生は総和  $\sum_{t=1}^{50} \pi_t^{***} = 34,999,504,798$
- $\alpha=100$  の時の社会的厚生は総和  $\sum_{t=1}^{50} \pi_t^{***} = 34,883,673,689$
- $\alpha=204$  の時の社会的厚生は総和  $\sum_{t=1}^{50} \pi_t^{***} = 34,973,412,460$
- $\alpha=250$  の時の社会的厚生は総和  $\sum_{t=1}^{50} \pi_t^{***} = 34,999,504,798$

このように、 $\alpha$  を上昇させるほど社会的厚生は上昇していく。この理由としては、高地への狩猟インセンティブが  $\alpha$  を上昇させるほど増加し、結果高地でのシカの狩猟量も大きく増加し現在大きな問題になっているシカによる植生被害が軽減されるからである。しかしながら、先ほども示したように  $\alpha=204$  を超えると  $q_1$  がマイナスの値を記録してしまうため、他の政策を何も講じない場合にはやはり  $\alpha=204$  の場合が最適な状態であると言えるだろう。

## 6-2. 考察

以上の分析により、【(1)現状の社会的厚生<(3)政策後の社会的厚生≧(2)社会的に最適な社会的厚生】が導かれ、政策により社会的厚生が改善・最適な社会的厚生に近似することが立証された。また、政策において、利潤配分を調整する変数である  $\alpha$  を変化させた場合についても考察すると  $\alpha=204$  の範囲までは  $\alpha$  を大きくするほど、高地ではシカを狩猟することが収入源として魅力的になり狩猟者はより多くの高地のシカを狩猟するようになり、その結果植生被害も減少し社会的厚生も現状より改善した。一方、 $\alpha$  を 204 よりも大きくしてしまうと、社会厚生はさらに改善していくものの、低地のシカの狩猟数が初期のある段階でマイナスの値を記録してしまうため、やや非現実的な結果となってしまった。そのため、他の政策と並立させない限りは、適切な  $\alpha$  (ここでは  $\alpha=204$ ) を定め、低高地のシカの狩猟量を適切に管理していくことが大切になるだろう。

## 第7章 終わりに

今回、我々の論文は神奈川県丹沢大山の高地に置けるシカの頭数増加問題に着目し、「鹿肉の狩猟高度別利潤配分を通した高地狩猟へのインセンティブ付与政策」を提言しその問題解決をめざした。モデル分析の結果としては、適切な政策変数を定めて利益配分を行えば、社会的厚生は確かに改善・ほぼ最大化することを示すことができた。

残された課題であるが、丹沢山の鹿肉の商業利用は現在あまり進んでおらず、丹沢山周辺にシカの解体や保存等のための施設を整備するなど、より市場への流通を容易にする政策が追加で望まれる。また、鹿肉の需要は近年増加しているといえど、まだまだ牛肉や豚肉、鶏肉の需要量には遠く及ばない。そのため、鹿肉の需要をより喚起するための認知政策等を進めていくことも加えて必要になってくるだろう。また、今回のモデルは利潤の再配分を高度別のみで行ったが、丹沢山特有の問題である「メスジカの頭数割合の高さ」も反映し、【高地・メスジカ】【高地・オスジカ】【低地・メスジカ】【低地・メスジカ】で4通りの利益配分を行うモデルに発展させることで、より詳細な分析も可能になるだろう。

しかし、今回の論文は狩猟目標を長年達成できていない現状に一石を投じ、シカの頭数管理問題の解決に寄与出来る可能性が大いにあるものであるとともに、現状の丹沢山の問題と類似の問題を抱える他の地域への応用も可能であり、この政策に関する詳細なモデル分析を行っておくことは有益なことであろう。

## 【参考文献】

- (1)神奈川県「平成 23 年度 神奈川県ニホンジカ保護管理事業実地計画」  
アトラス丹沢<[http://e-tanzawa.jp/atlas/1-1\\_size\\_n\\_1chiri.html](http://e-tanzawa.jp/atlas/1-1_size_n_1chiri.html)>
- (2)大阪市立自然史博物館 「多様度と類似度、分類学的新指標」  
<<http://www.mus-nh.city.osaka.jp/iso/argo/nl15/nl15-10-22.pdf>>
- (3)ジェトロホームページ「香港における鹿肉および鹿角製品に関する調査報告書」  
<[http://www.jetro.go.jp/jfile/report/05001369/05001369\\_001\\_BUP\\_0.pdf](http://www.jetro.go.jp/jfile/report/05001369/05001369_001_BUP_0.pdf)>
- (4)静岡県森林・林業研究センター振興協議会「わかりやすい森林・林業 7 研究シリーズ」  
<<http://yama-machi.beblog.jp/sakumab/files/kenkyu07.pdf>>
- (5)全国山村振興連盟「イノシシ・シカ・サルの生態」  
<<http://www.sanson.or.jp/tyouzyu/seitai/sika.html>>
- (6)丹沢大山自然再生委員会  
<<http://www.tanzawasaisei.jp/index.html>>
- (7)丹沢大山国定公園の HP 「丹沢大山国定公園、県立丹沢大山自然公園」  
<<http://www.kanagawa-park.or.jp/miyagase/tanzawa.htm>>  
<<http://www.kanagawa-park.or.jp/miyagase/tanzawa.htm>>
- (8)文部科学省 「北海道における実践的な自然環境教育と評価」  
<<http://www.hokkaido-biosphere.jp/wp-content/uploads/2010/01/240d3efc10f3fc3a26f3be4b0a5e789c.pdf>>
- (9)宮城県農産園芸環境課「ニホンジカの生態」  
<<http://www.pref.miyagi.jp/noenkan/taisakuhp/tyoujyuugai/sika.pdf>>
- (10) Environmental Information & Communication Network (EIC ネット)  
<<http://www.eic.or.jp/library/bio/index.html>>

(11) Nicola M. Shadbolt, Alan McDermott, Cornelius Williams, Tracy Payne, David Walters, Yimin Xu (2008) “VENISON The key elements of success and failure in the NZ venison industry”  
AREN

(12) 大泰司紀之、平田剛士 「エゾシカは森の幸」 (2011) 北海道出版

(13) 松井賢一 「ジビエ料理の普及は、獣害対策につながるのか？」 全鹿連 『日本鹿研究』  
第51号 (2010年3月)

(14) 田崎義浩・丹治藤治 「日本の養鹿—全日本養鹿協会の活動から 11 鹿の生産技術の確立に向けて—調査と研究(7) 日本鹿資源利用と鹿皮加工・商品開発」 『畜産の研究』 第 61 卷  
11 号 (2007 年)