



神奈川県  
森林研究所

KANAGAWA

ISSN 1342 - 3762

神奈川県森林研究所

# 研究報告

---

第 26 号

Bulletin of the  
Kanagawa Prefecture Forest Research Institute

No. 26

1999. 3

## 目 次

### 論 文

東丹沢山地におけるニホンジカ個体群の栄養生態学的研究

山根正伸 ----- 1

神森林研研報26 (1999) 1-50

# 東丹沢山地におけるニホンジカ個体群の栄養生態学的研究<sup>\*1</sup>

山根正伸

## A Study on Nutritional Ecology of Sika Deer in the Eastern Tanzawa Mountains, Japan

Masanobu YAMANE

山根正伸：東丹沢山地におけるニホンジカ個体群の栄養生態学的研究 神森林研研報26:1～50, 1999 本研究は、丹沢山地東部に位置し、鳥獣保護区に指定されている丹沢山一帯を調査地とし、森林の伐採、スズタケ退行、シカ食害防止フェンスによる森林生態系の変化がニホンジカ (*Cervus nippon*) の生態に与えた影響を栄養生態学的な見地から解明した。ブナ帯における冬のシカ個体数、冬の餌植物現存量の高度分布およびシカの胃内容物を分析した結果、丹沢山山頂における冬のシカ高密度集中は、ササ群落を主体とする餌植物の偏在が原因と考えられた。また、1960年以降の積雪、冬の気温、ササ群落分布およびシカ生息状況の経年変化を分析し、ブナ帯での暖冬化の進行とその影響による冬期のササの利用可能空間の拡大、これに伴うシカ越冬地の拡大の可能性を示した。調査地におけるシカの採食植物の栄養学的な評価から、スズタケ群落退後の調査地の食物条件は、シイ・カシ帯が最も悪化していることを示した。さらに、調査地における食物条件の地域差の影響を、冬のシカの体重変化から調べ、スズタケ退行後のシイ・カシ帯では、シカの栄養状態は春先に顕著に低下し、発育遅延や出産率低下が起こっている可能性が高いことを指摘した。シイ・カシ帯のシカと良好な食物条件にあるシカを比較して性成熟が約1年遅延し、出産開始齢が3歳となり、初産後の出産も間断的であることを明らかにし、食物条件の悪化が自然増加率の低下に結びついていることを確認した。以上の結果から、シイ・カシ帯でのスズタケを中心とした林床植生の消失、シカ個体群の低質化と生息密度の低下、およびブナ帯植生へのシカの影響の増大は、シカ個体群動態に関する見通しがいとこれに起因する個体群管理の遅延に原因することが明らかとなった。

キーワード ニホンジカ、栄養生態、シカ高密度集中、個体群低質化、保護管理

## 目 次

序-1 はじめに	2
序-2 調査地域	3
第1章 東丹沢山地のブナ帯における冬期のニホンジカの生息地利用	5
第2章 東丹沢山地のブナ帯に生息するニホンジカに及ぼす積雪の影響	10
第3章 東丹沢山地におけるニホンジカの採食植物の質的評価	15
第4章 異なる食物条件における冬期のニホンジカの体重変化	22
第5章 東丹沢山地のシイ・カシ帯における食物条件の悪化がニホンジカ個体群の出生率に及ぼす影響	29

\*1 本論文は、平成10年度「東京農工大学連合大学院学位論文」である。

総合考察	34
シイ・カシ帯でのシカ個体群の低質化	34
ブナ帯高標高地でのシカの高密度集中	35
丹沢山地におけるシカ管理	36
謝 辞	38
引用文献	39
付 表	44
摘 要	48

## 序-1 はじめに

丹沢山地は、標高1,673mの蛭ヶ岳を最高峰とする約4万haの山塊である(丹沢大山自然環境総合調査団, 1997)。当山地の大半は丹沢大山国定公園に指定されており、首都圏から最も近い山地として年間1,100万人の利用者が訪れる(宮林, 1997)我が国有数の自然公園である。本山地は、モミ(*Abies firma*)やブナ(*Fagus crenata*)の原生林を擁し、また、我が国の野生動物種の大部分が生息するといった豊かな自然環境が残されており、その保全が期待されている(丹沢大山自然環境総合調査団, 1997)。

ニホンジカ(*Cervus nippon*)は、丹沢山地の自然環境を代表する野生動物として位置づけられ、その保護管理にかかわる問題は、当山地の立地的な特性とも関連しながら時代とともに変遷してきた(丸山ほか, 1970a; 古林, 1996b)。

丹沢山地のシカは戦後まもなく、米軍の狩猟に供されたり、無統制な狩猟によって絶滅の危機に瀕した(日本環境協会, 1981)。このような状況の中で、丹沢山地のシカは1947年以降のメスジカの非狩猟獣化に続いて、1955年からオスジカの捕獲が神奈川県一円で禁止され、それが15年間継続し1970年まで続いた(古林, 1996b)。当時はおりしも、林力増強計画の名の下で活発に林業活動や林道開発、ダム建設などのシカ個体群に強い影響を及ぼす一連の活動が行われた時期と重なり、丹沢個体群は衰退に向かうと見なされていた(丸山ほか, 1970a)。実際、1962年から1963年のシカの分布域は、蛭ヶ岳とその北側の袖平山(1,431m)および丹沢山(1,567m)周辺などに限られていた(中村, 1969)。しかし、その後シカの分布域は急速に回復して1970年頃には周辺部の集落に

接する丹沢山地の外縁部におよんでいる(中村, 1969)。この分布域の急激な回復とほぼ同時期に、シイ・カシ帯に造成されたスギ・ヒノキ幼齢林でシカの食害が発生し、1970年代初頭になると食害は激化し場所によっては造林が断念されるまで至った(古林, 1996b)。

このようなシカの食害に対してとられた対策は、(1)有害駆除、獵区の設置による個体数調整、(2)保護区設定、および(3)防鹿柵による植林木の保護、の三つであった(飯村, 1980; 古林, 1996b)。

これらの対応は、シカ個体群の存続と農林業との共存を図るための実験的な方策と評価され、全国的にみても前例のないものであった。この背景には、後に明らかにされたようなシカの分布回復と個体数急増のメカニズム(古林, 1996b)が、まだ充分に解明されていなかったこと、シカ個体群が衰退したことの記憶が新しかったことなども影響していたと思われる。また、当時、全国的に自然保護思想が高まっており、本山地が都市に近かったためシカの保護が強調されたことも指摘しておく必要がある。これらの方策によって、人工造林のコストが増加したもの、本山地におけるシカ個体群の保全と農林業との軋轢は沈静化し、シカ問題は一定の解決をみたと考えられていた(日本環境協会, 1981)。

しかし、1990年代に入るとシカ問題は、1970年代当時とは異なった様相を呈して再び噴出した。すなわち、1970年代にシカによる被害が激化した丹沢山地東部において、本種の冬期の主要な餌植物であるスズタケ群落が急激に退行し(古林, 1996b)、このことがシカ個体群と生息地に様々に影響を与えていることが問題化した。

スズタケ群落の退行は、丹沢山地東部に位置する

丹沢山を中心とした地域にとくに顕著で、1970年代から1980年代にかけてシイ・カシ帯からブナ帯にかけて拡大し、1990年代はじめからブナ帯で急速に退行した結果、標高1,300m付近以下ではほとんど消失した(羽山ほか, 1994; 古林, 1996b; 古林・山根, 1997)。このようなスズタケ群落の退行と同時に、ササ群落がまだまとまって残る主稜線一帯でシカが多く生息するようになり、天然林の更新の阻害や、冬期に天然林の樹皮を摂食してウラジロモミ(*Abies homolepis*)などを枯死させるといった植生劣化を引き起こす現象が目立つようになった(羽山ほか, 1994)。また、スズタケ群落が退行したシイ・カシ帯では、食物の枯渇による影響と考えられるシカの栄養状態の悪化、歯の磨滅の進行、妊娠率の低下など個体群の質的低下が指摘された(羽山ほか, 1994)。

このように、いったんは解決したかのように思われた本山地のシカ問題は、スズタケ群落の退行という新たな問題の発生によって新しい局面を迎える。シイ・カシ帯でのシカ個体群の低質化、ブナ帯でのシカによる生態系への影響の拡大など、シカを含めた自然生態系全体の重要な問題へと発展し、本山地のシカとそれを取り巻く自然環境を一体的に保全するための新しいシカの管理計画を策定し、早急に実行することが重要な政策課題となった(羽山ほか, 1994; 古林, 1996b; 古林ほか, 1997)。

しかし、スズタケ群落の退行やこれまでのシカおよび森林管理のシカ個体群への影響に関する調査研究はまだ十分行われておらず、本種とそれを取り巻く自然環境を一体的に保全する管理計画の立案に必要な情報は限られている。とくに、ブナ帯でのシカの増加がどのような要因によるものか、シイ・カシ帯での食物の枯渇によるシカ個体群への影響を明らかにすることは、今後の個体群の保全を考える上で不可欠な知見と考えられる。

そこで本論は、これらのこととを明らかにするために、次の2点に焦点を絞った研究を行うこととした。

①ブナ帯におけるシカの増加要因の解明:シカの分布の制限要因として考えられる食物および積雪の変動を明らかにして、ブナ帯における個体数の高度分布との関係について検討する。

②スズタケ群落退行のシカ個体群への影響の解明:シカの餌植物の栄養価、冬期の栄養摂取低下がシカの栄養状態および成長や出産に与える影響を明らかにして、食物枯渇が個体群の低質化を引き起こし個体数増加を抑制する過程について検討する。

## 序一 2 調査地域

**位置と地形:** 調査地域は、神奈川県北西部の丹沢山地東部に位置し、面積は約3,500haである(以下東丹沢山地とよぶ)(図1)。調査地域のほぼ中央部に南北方向に塔ヶ岳(1,491m)から丹沢山(1,567m)、西峰(1,352m)と連なる主稜線が、東西方向には丹沢山から不動ヶ峰(1,614m)を経て蛭ヶ岳(1,673m)に至る主稜線が連なっている。調査地の標高は、およそ400mから1,673mの範囲にある。調査地の東部分の標高450m付近に札掛があり、そこから新大日(1,340m)を経て塔ヶ岳に至る長尾根が連なっている。丹沢山から塔ヶ岳に連なる尾根の西側には玄倉川の支流の筈杉沢が、蛭ヶ岳の南側には熊木沢が南北に伸びている。

**気候:** 調査地域は太平洋気候帯に属し、年平均気温は、標高1,100m地点で9°C、標高1,450m地点で7°C、年間の降水量は約2,300mmである(越地, 1995)。降雪は、通常1月から3月にみられ、積雪と融雪を繰り返す。50cmを越える積雪深は標高1,300m以上の北・北東の斜面で記録されている(牛沢, 1996)。積雪深は、概して主稜線部に大きく、標高が低くなると小さくなる。50cmを超える積雪で調査地の広い範囲が1か月以上覆われた豪雪は、過去20年間に1984年と1998年の2回認められた。

**植生および土地利用:** 調査地の標高800m以下の地域はシイ・カシ帯に位置し、スギ(*Cryptomeria japonica*)、ヒノキ(*Chamaecyparis obtusa*)の植林地が広く分布する。標高800m以上の地域はブナ帯に属し、落葉広葉樹の天然林が広く分布する。植物社会学的には、この地帯の植生はさらに2区分される。すなわち、標高800mから1,300mはヤマボウシ・ブナ群集、1,300m以上はオオモミジガサープナ群集となる(宮脇ほか, 1964; 中村ほか, 1997)。

調査地域一帯の大半は、国有林と神奈川県県有林となっており、調査地の南東部分に私有林がわずかに含まれている。国有林は、蛭ヶ岳から丹沢山を経て塔ヶ岳に連なる主稜線部の南西部分に位置し、その北側と東部分は県有林である。

調査地域はすべて丹沢大山国定公園に含まれており、主稜線部と札掛の一部が、国定公園特別保護地区および国定公園第1種特別区域に指定されている。また、蛭ヶ岳から丹沢山に連なる稜線の北側地域を除いて、調査地域は鳥獣保護区に指定されている。

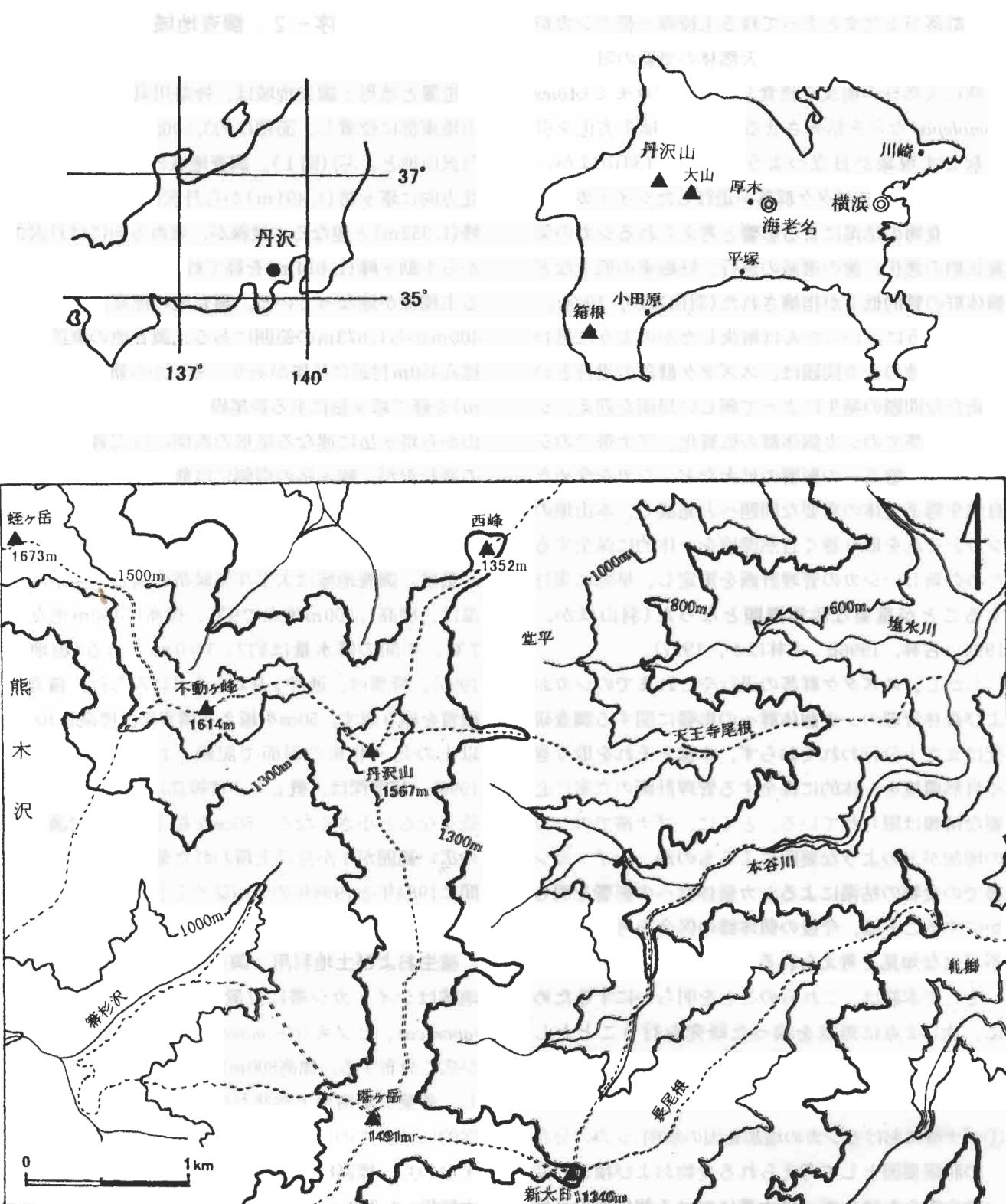


図1 調査地域

## 第1章 東丹沢山地のブナ帯における冬期のニホンジカの生息地利用

### はじめに

丹沢山地では、現在スズタケ (*Sasamorpha purpurascens*) の退行が著しく、とくに調査地域では数千ヘクタールの消失地域が出現している(古林, 1996b; 古林ほか, 1997)。スズタケが冬期の主要な餌植物であることから(古林・丸山, 1977; 古林, 1996b)、このスズタケの退行が冬期のシカの食物量の低下、シカの栄養状態の悪化、シカ個体群の低質化などを引き起こしている可能性が指摘されている(羽山ほか, 1994)。また、丹沢山の主稜線部では、1993年時点で、冬期にシカが多く観察され(Borkowski, 1996)、樹木剥皮が発生し、年々その本数が増加しており、枯死木も目立つようになった(古林, 1996b)。しかし、スズタケ退行による食物変動のシカの生息地利用への影響は十分に検討されておらず、緊急課題とされる植生の回復、生息地とシカの管理(古林ほか, 1997)に必要な情報はほとんど得られていない。このため、スズタケの退行が著しい東丹沢山地のブナ帯を対象に、スズタケ退行後の本種の食物変動と生息地利用の変化を明らかにすることが求められている。

そこで、本章では、東丹沢山地のブナ帯で、本種の(1)ササの利用状況、(2)主要な食物現存量分布、(3)シカの高度分布を、明らかにして、冬期のシカの生息地利用を検討する。

### 材料と方法

#### 冬期の食性

丹沢山山頂付近で1994年の冬に死亡した4個体から胃内容物を採取した。この死亡個体の内訳は、1月14日回収のメス亜成獣、1月31日回収のメス成獣、2月11日回収のオス成獣および3月26日回収のオス幼獣である。採取した胃内容物は、総重量を測定後、四分法で約250 g を採集し、同量の10%ホルマリン水溶液中に保存し分析に供した。

分析では、ホルマリン水溶液に保存した胃内容物

を20~50 g 取り出し、2 mm メッシュのふるい上で軽く水洗した。水洗残滓を5 mmの格子をきったシャーレ上に展開し、Leader - Williams *et al.* (1981)にしたがい、ササ由来の植物片とその他の植物片に区分し出現頻度を定量した。そして、全植物片の出現頻度に占めるササ由来の植物片の出現割合を求めた。

#### 地上部現存量と利用可能餌量

シカの個体数調査(後述)を行った丹沢山、不動ヶ峰、塔ヶ岳を含む区域内の131地点で、1995年8月に植物の地上部を刈り取った(図2)。この一帯の標高1,000m以下の地域、標高1,000~1,300mの地域、標高1,300m以上の地域は、それぞれササなど林床の植生状態の差にもとづいて地域区分し、それぞれの地域区分を代表する景観植生から3点以上の刈り取り地点を抽出した。この結果、刈り取り地点は、標高1,000m以下が11点、標高1,000m~1,300m未満が59点、標高1,300m以上が61点、合計131点となった。

刈り取りは、それぞれの調査地点で代表的な場所を選び50cm×50cmの方形区を設置し、地上高2 mまでの低木(葉、当年生枝、1年生枝以上)、ササ(葉と稈)、双子葉草本、単子葉草本(ササを除く)の4植物群に分けて行った。現地で生重を測定後、室内に持ち帰って通風乾燥(60°C、48時間)して乾重を測定し、地上部現存量とした。このうち低木の当年生枝とササの葉の現存量を冬期間(12月~4月)にシカが利用できる餌の現存量(available biomass for sika deer; ABSと略す)とした。

#### 餌植物の分布調査

調査地の餌植物の分布状況を把握するために、1995年の6月から11月にかけて主要な尾根、沢、登山道を踏査した。標高地域区分別の踏査距離は、標高1,300m以上で8 km、標高1,000mから1,300mでは15 km、標高1,000m以下で12 kmとなった。これを標高地域別の区域面積当たりに換算すると、それぞれ1 km<sup>2</sup>あたり1.6 km、1.2 km、1.5 kmとなり標高区分ごとに同程度の踏査密度となった。

餌植物を低木、双子葉草本、単子葉草本(ササを除く)、ササ(スズタケとミヤマクマザサ *Sasa hayatae*)に区分し(食物区分)、シカが採食できる高さとして

地上2mまでの空間(古林, 1983)を対象に、これらの植物群の植被率を測定した。調査は、植生状態が著しく変化しない6月から10月にかけて行った。

植被率は、踏査ルートの左右に5m幅のベルトトランセクトを設けて測定した。ベルトトランセクトには、傾斜角10度以上の傾斜地では標高50m、傾斜角10度未満の平坦地あるいは準平坦地では水平距離100mを一区切りとする「踏査ユニット」を設けた。ただし、踏査ユニットの中で踏査ルートの左右の植生が変化した場合にも、その区間を踏査ユニットとして区切った。植被率は、踏査ユニット単位で食物区分ごとに50%以上、25~50%、1~25%、0%の4段階で評価し、各段階に、それぞれ、9、4、1、0の評点を与えた。調査のとりまとめにあたっては、丹沢山地のシカの採食植物の季節性(古林・丸山, 1977; 三谷, 1995)から冬期(12月から翌年4月まで)の主要な餌植物をササと低木として、これらの植被率の評点からこの時期の食物現存状況を評価した。

### 区画法による個体数調査

東丹沢山地のブナ帯に生息するシカの個体数を明らかにするため、堂平、篠杉沢の最上流部、不動ヶ峰、丹沢山および塔ヶ岳を結んだ約672haを調査地とした(図2)。

調査は、調査地を二分し、区画法(Maruyama & Furubayashi, 1983; Maruyama, 1992)を用いて行った。調査地の多くは亜高木層を欠く落葉広葉樹の高木林と開放地が大半を占め見通しが良いことから平均区画面積を15.6haとし、延べ43区画を設定した。また、6か所に定点をおき、発見個体の重複の除去に努めた。調査時間は、図中のA地域は11:30-13:30、B地域は10:30-12:30の2時間である。45~50cmを越える積雪はシカの行動を物理的に制限すること(三浦, 1974; 丸山, 1981; 高楓, 1992)、45cm以上の積雪深が何日も続くと、シカは積雪が浅く餌が豊富にある場所へ生活空間を移動させること(丸山, 1981)が知られているので、個体数調査は積

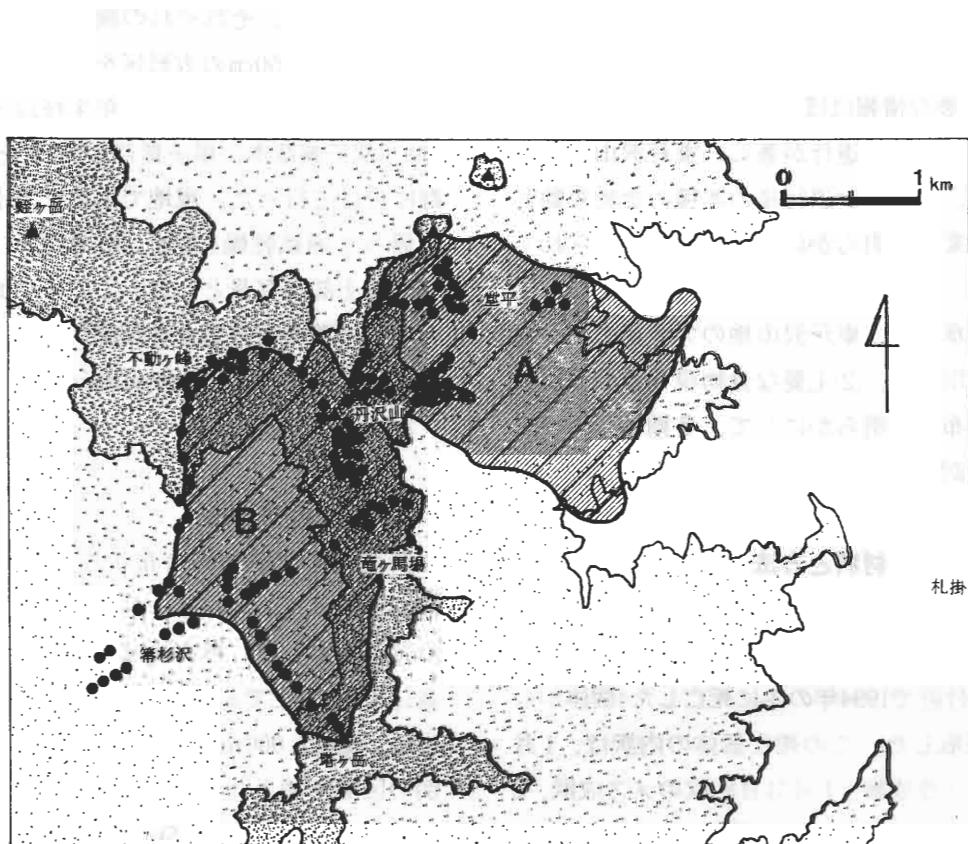


図2 調査地域

濃いドットは標高1,300m以上の地域。薄いドットは標高800m以上1,300m以下の地域を示す。斜線区域は、生息個体数調査の区域を示す。Aは1996年2月19日の調査地域、Bは1996年2月20日の調査地域を示す。●印は植生刈り取り地点を示す。

雪が少なく、シカの高度分布に影響がなかった1995年の2月19日と2月20日の2日間にわたって行った。

### 統計処理方法

餌植物の分布の比較には、評価得点の出現率を対象に $\chi^2$ 検定を用いた。食物現存量の比較は、分散が等しくないと仮定した2標本によるt検定あるいは分散分析(ANOVA)を用いた。有意水準は危険率5%を基準とした。

## 結 果

### ササの利用状況

胃内容物に含まれるササの植物片の割合は、1月14日回収のサンプルが59%、同じく1月31日が72%、2月11日が81%、3月26日が94%で、平均では77%となった。各サンプルにおけるササ以外の含有物は、木本の枝と葉(落葉)が大半を占めていた(表1)。

### ABSの高度分布および食物区分の占有割合

冬期のABSは標高1,300m以上に突出して多く、標高700mから1,300mではきわめて少なかった(t-test,  $p < 0.001$ ) (表2)。ABSの内訳は、標高1,300m以上ではミヤマクマザサを主体とするササの現存量が低木に比べて著しく大きく、ABSの大部分はササの葉で占められていた(表3)。一方、標高1,300m以下では、スズタケを主としたササの現存量が低木よりやや大きかったが、有意な差は認められなかった。

### 餌植物の分布状況

踏査ユニットごとにササと低木の植被率評点合計を用いて、標高階別に平均評点を算出すると、平均評点は標高1,300m以上で高くなつた(表4)。また、標高1,300m以上ではササの平均評点が高く、餌植物の分布にササの占める割合が大きかつた。ササの平均評点は標高が下がると大きく低下し、低木の平均評点がやや上昇した。標高1,300m以上とそれ以下の評点を比較すると、有意な差が認められ( $\chi^2$ -test,  $p < 0.05$ )、冬期の餌植物は東丹沢山地の主稜線部付近に集中分布していることがわかつた。

標高1,300m以上でササの植被率の大きい場所が認められるのは、丹沢山から塔ヶ岳にかけての主稜線部を中心にミヤマクマザサを中心とするササ群落が高い植被率を示しているからである(図3)。

### ニホンジカの高度分布

区画法による1995年2月19日と2月20日の合計発見個体は、オス27頭、メス154頭で、性不明個体9頭、合計190頭であった(表5)。ニホンジカの生息密度は、標高が上がるほど高くなる傾向が認められた。標高を3段階に分けて生息密度を算出すると標高1,300m以上の生息密度は53.1頭/km<sup>2</sup>となり、標高1,000mから1,300mの2.7倍、標高700mから1,000mの5.9倍となった(表5)。

## 考 察

スズタケ退行後の東丹沢山地において積雪のない2月に個体数調査を行ったところ、山頂付近にシカ

表1 丹沢山山頂付近で1994年冬に採取された4頭のシカの胃内容

採集日	ササ 葉	木本 枝	木本 葉	草本 茎葉	計
1/14/94	295(59%)	150(30%)	55(11%)	—(—)	500
1/31/94	360(72%)	100(20%)	40( 8%)	—(—)	500
2/11/94	405(81%)	75(15%)	20( 4%)	—(—)	500
3/26/94	470(94%)	30( 6%)	0( 0%)	—(—)	500
平均	383(77%)	89(18%)	29( 6%)	—(—)	

数字は採取した胃内容物からポイントコデラート法で求めたササの葉、木本の枝と葉、草本の茎葉の出現頻度。

が多く周辺部に少なく生息し、山頂付近では50頭/km<sup>2</sup>を超える高い密度が見られ、シカが山頂付近に高密度で分布していることがわかった。ササが退行す

表2 東丹沢山地における冬期のシカの  
標高別食物利用可能量(ABS g/m<sup>2</sup>)

標高帯	n	ABS	SD
700~1,000m	11	9.4	16.0
1,000~1,300m	59	10.5	20.4
1,300~1,600m	39	125.9	113.0

\*\*\* t-test, p<0.001

る以前に東丹沢山地のブナ帯に位置する箒杉沢を含む一帯で1980年代後半に行われた2回の生息数調査(神奈川県環境部自然保護課, 1990)では、10.9頭/km<sup>2</sup>、10.1頭/km<sup>2</sup>という生息密度であったが、局所的にシカが高密度で集中する分布は認められなかつた。1969年1月の踏査(中村, 1969)でも、今回の地域内で7頭が観察されたのみである。これを本調査の発見個体数と比較すると、調査方法の違いを考慮しても大きな差があり、当時、東丹沢山地では現在よりもシカが低い密度で生息していたことをうかがわせる。したがって、本調査による山頂付近におけるシカの高密度集中はこれまでになかった現象と考えられる。

表3 東丹沢山地における冬期のシカの餌植物  
現存量と食物利用可能量(ABS g/m<sup>2</sup>)

区分	項目	標高1,300m以下	標高1,300m以上	標高間の 比較*1
		n=70	n=61	
現存量	低木*2	2.1±6.2	1.6±5.4	ns
	ササ*3	9.2±32.4	237.7±206.4	**
ABS*4		3.7±11.2	102.0±102.5	**

\*1 ; t-testによる。ns ; 有意差なし、\*\* ; p<0.01

\*2 ; 葉を除いた合計重量

\*3 ; 葉と稈の合計量

\*4 ; ササの葉と低木の当年生枝の合計重量

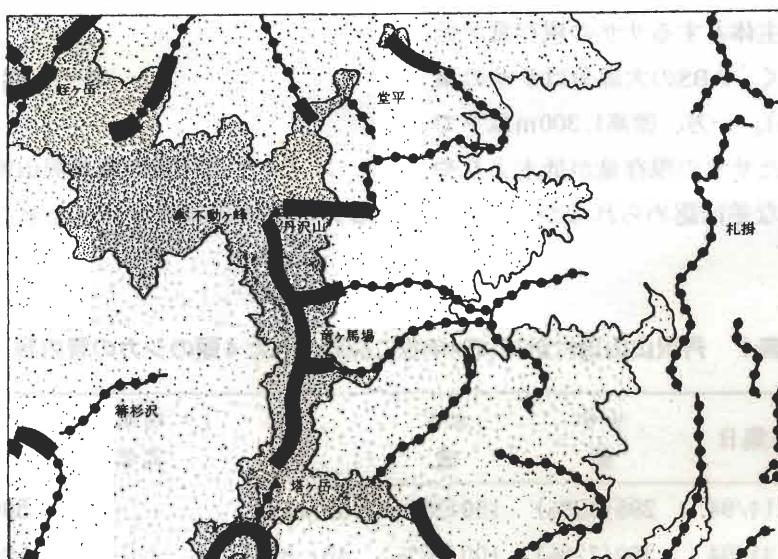


図3 東丹沢山地での踏査結果に  
もとづくササの分布

1995年6月から11月にかけて行った踏査による結果。濃いドットは標高1,300m以上の地域、薄いドットは標高800m以上1,300m以下の地域を示す。●—●はササの植被率が0から25%の踏査ルート、太線はササの植被率25%以上の踏査ルートを示す。

表4 東丹沢山地における標高別  
ササと低木の植被率評点

標高階	n	植被率の平均評点		
		ササ	低木	合計
700～1,000m	78	0.5	3.1	3.6
1,000～1,300m	48	2.3	2.8	5.1
1,300～1,600m	48	10.8	2.0	12.8

数字は1995年6月から11月にかけて行った踏査結果に基づいて求めた平均評点を示す。nは踏査ユニットの数。

表5 東丹沢山地で1995年2月19日、20日に行った個体数調査にもとづくシカの標高別生息密度

標高階	生息密度(頭/km <sup>2</sup> )			
	オス	メス	性不明	合計
700～1,000m	0.0	7.7	1.3	9.0
1,000～1,300m	2.4	15.3	2.0	19.7
1,300～1,600m	9.1	44.0	0.0	53.1

えることができる。

本調査でのシカの高度分布と餌植物の分布の一一致は、ササを中心とする餌植物の現存量の分布がシカの生息地選択に強く影響していることを示している。

東丹沢山地のブナ帯では、森林伐採など餌植物の現存分布に強く影響する人為的要因は過去30年間に存在しなかった(古林, 1996b)。1960年代に丹沢山地で行われた調査によると、スズタケは丹沢山地の低木層の中心的な植物として(浅野・小滝, 1964)、標高1,300m以下のブナ林やモミ林の下層に優占分布し(生嶋, 1964; 手塚・奥田, 1964)、乾燥重量で392g/m<sup>2</sup>から652g/m<sup>2</sup>の葉部現存量が記録されている(奥田・手塚, 1964)。また、1973年から1975年にかけて札掛の標高900m付近で行われた調査では、葉部現存量は約180g/m<sup>2</sup>から約350g/m<sup>2</sup>が記録されている(古林・山根, 1997)。東丹沢山地に生育するもう一種のササのミヤマクマザサは、1960年代には東丹沢山地の主稜線部一帯に高さ1m内外で繁茂しており(浅野・小滝, 1964)、1960年代には236g/m<sup>2</sup>の葉部現存量が記録されている(奥田・手塚, 1964)。スズタケとミヤマクマザサは、丹沢山地では冬期にシカによって多く利用されている(スズタケ、古林・丸山, 1977; 三谷, 1995; ミヤマクマザサ、Borkowski,

1996; 牛沢, 1996)。したがって、以前の東丹沢山地は、シカの冬期の餌植物であるササ群落の現存量が高い状態で広範囲に分布し、シカもこれらの餌植物の分布に対応してブナ帯に広く分布していた(神奈川県環境部自然保護課, 1990)と考えることができる。

これに対して、現在は標高1,300m以下ではササはほとんど消失し餌植物はわずかとなった。一方、標高1,300m以上ではミヤマクマザサを主体としたササ群落が偏在し、その現存量も標高1,300m以下と比べて顕著に大きくなり、シカの越冬期の餌植物は主稜線部付近に偏在している。このような餌植物の分布の変化は、積雪のない越冬期のシカの密度分布に影響し、スズタケの退行以前はブナ帯に広く分布していたシカが、餌資源の集中する高標高域へと集中するようになったと考えられる。

ブナ帯でのシカの高密度集中分布は、奈良県大台ヶ原(星野ほか, 1987)、栃木県日光(丸山・高野, 1985)、岩手県五葉山(高槻, 1992)などで報告されており、いずれもシカの採食圧に耐性(高槻, 1992)を持つミヤコザサ(*Sasa nipponica*)の偏在が関係していると考えられている。東丹沢山地でみられるササのうち、ミヤコザサに近いシカへの耐性を持つ種として、ミヤマクマザサがある(牛沢, 1996)。スズタケは、地上部の節に多くの芽を持ち地下部にはごく少数の芽しか持たないため、2～3回の刈り払いでも全体が急速に衰退すること(薄井, 1961)から、シカの採食圧には耐性が低いと考えられる。また、ササの退行以前には積雪の影響による低標高域へのシカの移動が観察されており(三浦, 1974; 古林, 1996b)、主稜線部では厳冬期に積雪によってササが覆われていたためシカの採食圧が軽減されていた可能性もある。このことは、主稜線部付近にスズタケが現在も残っていることからも推察できる。この点については、栃木県日光山地で報告されているような温暖化の影響による積雪量の変化(Li et al., 1996)も考えられ、東丹沢山地での積雪深分布の変化との関連は検討課題の一つである。

## 第2章

### 東丹沢山地のブナ帯に生息するニホンジカに及ぼす積雪の影響

#### はじめに

シカの移動が一定の積雪以上になると妨げられること、積雪が段階的に餌植物を埋雪することなどの理由から、積雪は冬期におけるシカの分布決定要因として強く作用する(池田・飯村, 1969; 三浦, 1974; 丸山, 1981; Li *et al.*, 1996)。また、積雪は、餌植物への採食圧を軽減し、その現存量の低下や消失を抑制する働きがあり、シカ生息域の植生状態に一定の影響を及ぼすことが考えられる。シカの冬期の主要な餌植物にはササ類がよく知られており、ササの利用の可否が冬期を乗り切る上で重大な意味があると指摘されている(丸山, 1981; 高槻, 1992; 古林, 1996b)。ササ類にはシカによる採食と踏みつけなどへの抵抗性に差があり、表日本の少雪地帯に優占するスズタケ(薄井, 1961)はその生活型の違いからミヤコザサよりも耐性が低く、高密度化したシカによって広い範囲にわたって消失することが知られている(星野ほか, 1987; 古林, 1996b; 古林・山根, 1997)。このため、スズタケの分布、シカの密度分布、それらに影響を及ぼす積雪などは相互関連した関係にあると考えることができる。

ところで、神奈川県丹沢山地の東部地域に位置する丹沢山では、スズタケ群落の退行によって主稜線付近にササを中心とする食物が局在しており、また低標高域での食物現存量の減少によって、冬の積雪が少ない時期にシカが50頭/km<sup>2</sup>を超える密度で局所的に集中する原因となっている(本論第1章)。しかし、シカの採食圧に弱いスズタケが混生する丹沢山山頂付近のササ群落が消失を免れたことと積雪の関係については検討されてこなかった。東丹沢山地のブナ帯では、1990年代に入り山頂付近の積雪やシカの越冬状況に関する個別的な報告があり(Borkowski *et al.*, 1996; Borkowski, 1996; 牛沢, 1996)、気象データについても標高が異なる地点で観測が行われており(越地, 1995)、最近における冬期の積雪とシカ個体群との関係は徐々に明らかにされつつある。

そこで、第2章では、東丹沢山地のブナ帯におけ

る(1)冬期の積雪の変化、(2)気温の変動、(3)ササの分布とシカの生息状況について調査し、積雪、ササの分布、シカとの相互関係について検討した。

#### 材料と方法

##### 積雪、ササの分布およびシカの生息状況

調査地の積雪深は、1994年から1998年にかけて12月～4月までの時期に調査地を踏査して判定した。踏査した地域は、札掛、堂平から丹沢山山頂にかけての登山道周辺、丹沢山山頂付近で、斜面方位や林相などが異なる地点で積雪深を測定した(図4)。降雪日数については海老名地域気象観測所(標高18m)の記録から整理した。また、過去の積雪状況について、調査地内の山小屋経営者および1960年以前よりしばしば調査地を訪れている登山者の中から6名を選んで、1998年1月から2月に聞き取った(表6)。この調査では、ササ群落の分布状況とシカの生息状況についてもあわせて聞いた。

##### 気温変動

東丹沢山地一帯における気温変動を把握するため、横浜気象台(標高39m)と海老名地域気象観測所の気象観測データを用いた(図4)。横浜気象台の観測値は1900年以降の年平均気温と12月から4月までの月平均気温、海老名地域気象観測所は1960年以降の12月から4月までの月平均気温と月最低気温である。気温の経年変動を把握するため、各月の月平均気温と月最低気温について、5点移動平均値を求め、回帰直線を求めた。なお、移動平均値の計算には1898年から1997年までの観測値を用いた。

また、調査地では1993年以降3か所で定点気象観測が行われている(越地, 1995)。これらの記録から12月から4月までの月平均気温を用いた。観測地点は、丹沢山山頂から約500m南に位置する竜ヶ馬場(標高1,450m)、丹沢山の東に位置する堂平(標高1,100m)、堂平のさらに東に位置するワサビ沢(標高650m)の3地点である(図4)。

## 結 果

### 積雪の年変動

1994年から1998年の丹沢山山頂付近の積雪は、1998年を除くと、2月から3月にかけて認められる。積雪深は一時的に30cm以上に達するが、50cmを超えることはなく、通常は30cm以下で推移していた(表7)。これに対して聞き取りによれば、1960年頃は2月から3月の積雪深は平均で50cmに達していた

こと、戦前に比べて戦後は大幅に減少しており、1960年代以降も徐々に減少していることが示された(表6)。

海老名地域気象観測所では、1986年～1995年の積雪日数3.00はそれ以前の4.58日、5.00日と比べて減少していた(表8)。とくに、3月の降雪日数の減少が著しく1月がこれに次いでいた。1986年～1995年の平均降雪日数は1961年～1975年の65.5%であった。

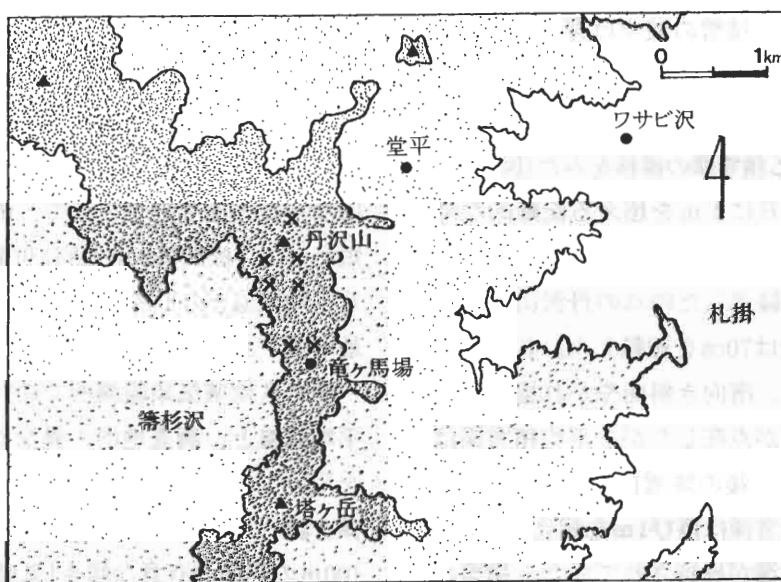


図4 気象観測地点および積雪調査地

◎は測候所。●は神奈川県森林研究所による気温観測地点を示す。×は積雪深の測定場所を示す。濃いドットは標高1,300m以上の地域、薄いドットは標高800m以上1,300m以下の地域を示す。

表6 東丹沢山地における積雪状況の変化の聞き取りの結果

回答者	場所	積雪に関する情報
① D I 氏 (78)	丹沢山 1,500m	1960年頃は、12月下旬から1月中旬頃に降雪が始まった。積雪は2月に最も深く、40～50cmの積雪深だった。当時は雪が乾燥していた。この15年くらいは積雪が減少した。
② MN 氏 (50)	札掛 500m	20～30年前は雪が多かったが、この10年は雪が少ない。当時2月には30cm位の積雪があった。20年前から暖冬傾向で大雪の頻度が減った。1998年は記録的な大雪である。1960年当時は、標高1,000～1,200m付近で2月には約60cmの積雪があった。
③ KO 氏 (76)	丹沢山 1,500m	1960年頃は2月が一番積雪が深く70～80cm位あった。戦前は雪が多く11月12月に積雪があり、輪かんをよく使った。戦後は輪かんの使用はまれになった。
④ SS 氏 (58)	丹沢山 1,500m	1960年頃は2月から3月が最も雪が深く平均で50cm、深い場所は70～80cmの積雪があった。4月には積雪はほとんどなかった。標高1,000m付近で積雪が40cmを超えていた。竜ヶ馬場付近でスキーをした。
⑤ IK 氏 (52)	丹沢山 1,500m	1965年頃は2月から3月に雪は平均して50cmを超えていた。積雪は3月上旬が最も深かつた。4月に入つてから融雪が進んだ。1970年代、1980年代と年代を経るほど気温が上がり積雪が減少している。最近の豪雪は気温上昇のため春雪型になった。
⑥ TW 氏 (65)	丹沢山 1,500m	丹沢山を含む主稜線部では1980年後半より退行開始。1960年頃は、春から秋に山頂付近でシカをたまに見かけたが、2月にはほとんどみることはなかった。2月にシカを見かけるようになったのは1980年代に入ってからである。

1998年1月から2月に行つた。回答者欄( )内の数字は年齢を示す。

### 積雪の季節内変動

3月上旬に50cmを超えるまとまった積雪がみられた1995年の丹沢山山頂付近での積雪量の推移をみると、積雪は急速に減少しており、平均積雪深が50cmを超えていた期間は約10日間であった(図5)。積雪の減少は南西向き斜面が最も速く、1か月でほとんどなくなった。次いで、南東斜面と西向き斜面で速く、約1か月経過した時点の平均積雪深は10cm以下となった。とくに、南西斜面の減少が速く、約20日経過すると平均積雪深が約10cmまで減少した。これに対して、北東斜面での積雪の減少は遅く、3月下旬なっても25cmも残存し、4月上旬にも5cmを超える積雪が残っていた。

次に、1998年における積雪深の推移をみた(図6)。1998年は1月9日と15日に1mを超える記録的な降雪があり、降雪直後の平均積雪深は1mを超えていた。その後、約2週間経過した時点の丹沢山山頂付近における平均積雪深は70cmを記録した。約1か月経過した2月上旬では、南向き斜面やがれ場などに積雪深10cm以下の場所が点在したが、平均積雪深は70cmを超えていた。その後の降雪によって、3月上旬の山頂付近の平均積雪深は再び1mを超え、3月中旬にも40~90cmの積雪深が維持されていた。積雪が減少し始めたのは3月末以降で、積雪がなくなつた

のは4月中旬であった。このような、積雪パターンは過去20年間にみられないもので、聞き取りによる戦前あるいは1960年代の積雪が多かった年の状況と類似していたと考えられる。

### 東丹沢山地一帯における冬期の気温

調査地域内の標高の異なる3地点と調査地域に近い海老名における月平均気温の変化は、1月、2月に低下し1月に最低になる海老名、ワサビ沢と、2月に最低となる堂平、竜ヶ馬場に区分される(表9)。各地点とも気温は4月になると急速に上昇する。標高1,450mの主稜線部に位置する竜ヶ馬場における月平均気温は、12月から3月まで0℃以下であった。標高1,100m付近に位置する堂平で平均気温が氷点下になったのは1月と2月で、竜ヶ馬場よりも1か月短かった。標高650m付近に位置するワサビ沢では、月平均気温が0℃を下回る月はなく、月平均気温が最も低下する1月にも0℃を上回った。

海老名地域気象観測所での1990年から1995年の月平均気温と、調査地内の異なる標高での月平均気温を用いて12月から4月の月平均気温と標高の直線関係を調べたところ、 $-0.49^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ から $-0.72^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ の範囲の有意な傾き(気温低減率)が得られ、その平均は $-0.63^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ となった(表9)。

表7 丹沢山山頂付近での1994年から1998年までの平均積雪深

時期	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年*1
1月下旬	0	0	0	0	60~70
2月上旬	0~5	0~10	0~5	10~30	60~70
2月下旬	14~30	0~10	0~10	—	90~120
3月上旬	7~19	30~50	10~30	10~30	90~120
3月下旬	4~14	5~20	0~20	0~20	30~100
4月上旬	0	0~5	0	0	30~80

\*1; 1月9日と15日に1mを超える降雪があり、その後3月下旬まで繰り返し降雪があった。

表8 海老名地域気象観測所での1961年から1995年までの月平均降雪日数と年平均降雪日数

期間	月					年平均 降雪日数
	12	1	2	3	4	
1961~1975	0.08	0.67	2.08	1.58	0.17	4.58
1976~1985	0.10	1.70	2.20	1.00	0.00	5.00
1986~1995	0.10	0.60	1.80	0.50	0.00	3.00

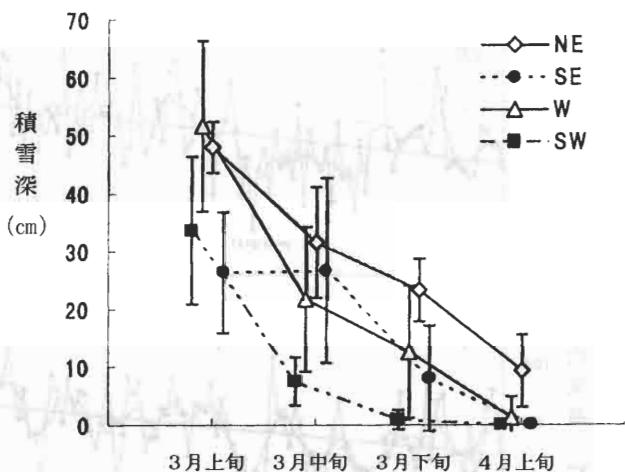


図5 丹沢山山頂付近における1995年冬の積雪変動

1995年3月上旬の50cmを超える降雪後の3月上旬から4月上旬までの斜面方位別の観測結果。縦棒はSDを示す。

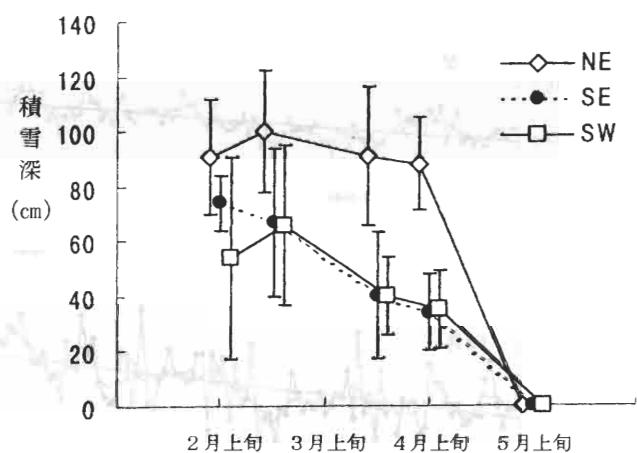


図6 丹沢山山頂付近における1998年冬の積雪変動

2月上旬から5月上旬までの斜面方位別の観測結果。縦棒はSDを示す。

表9 調査地および海老名地域気象観測所における1993年から1995年までの12月から4月の月平均気温と月平均気温の低減率(°C/100m)

測定地点	標高(m)	月平均気温					観測年数
		12	1	2	3	4	
ワサビ沢	650	4.2	0.5	1.3	2.0	10.2	1
堂平	1,100	1.9	-1.1	-1.7	1.0	7.0	3
竜ヶ馬場	1,450	-0.1	-2.3	-4.6	-1.7	3.9	2
海老名	18	7.3	4.7	5.7	8.5	14.0	5
気温低減率		-0.52	-0.49	-0.72	-0.69	-0.71	平均-0.63
P値		***	**	***	*	**	
R <sup>2</sup>		0.999	0.967	0.999	0.941	0.999	

\* ; p<0.05, \*\* ; p<0.01, \*\*\* ; p<0.001

横浜気象台での年平均気温および12月から4月の各月の月平均気温の1900年から1995年までの推移は、いずれも年々上昇する傾向が認められた(図7)。気温の上昇は1940年以降に顕著であった。年平均気温の移動平均値を直線回帰したところ、その傾きは0.0148(p<0.001)と求められた。同様にして12月から4月のそれぞれの月平均気温の傾きを求めるとき、12月が0.0273、1月が0.0219、2月が0.0197、3月が0.0173、4月が0.0140といずれも有意な傾きが求められ、4月を除いて月平均気温の上昇は年平均気温の上昇よりも大きかった。また、図7より1985年頃以降の月平均気温およびその移動平均値は、回帰直線より上側に位置するものが多く、過去10年は気温上昇が大きいことが示された。

次に、横浜気象台での観測値と同様に、海老名地

域気象観測所における1960年以降の冬期の月平均気温の推移について移動平均値を直線回帰した傾きを求めた(表10)。月平均気温は、いずれの月も10年間で0.14°Cから0.27°C上昇する傾向が認められ、月平均気温の上昇は1月から3月にかけて大きかった。月最低気温はいずれも有意な上昇が認められ、10年間で0.29°Cから0.85°C上昇していることが示された。また、最低気温の上昇は、月平均気温の上昇と同様に1月から3月にかけて顕著であった。

#### ササ群落の分布とシカの生息状況

聞き取りによる東丹沢山地での過去のササの分布状況は、標高500m付近の札掛では1970年代から、標高1,100m付近の堂平付近では10~15年前からそれ急速に消失した、という回答が寄せられた。ま

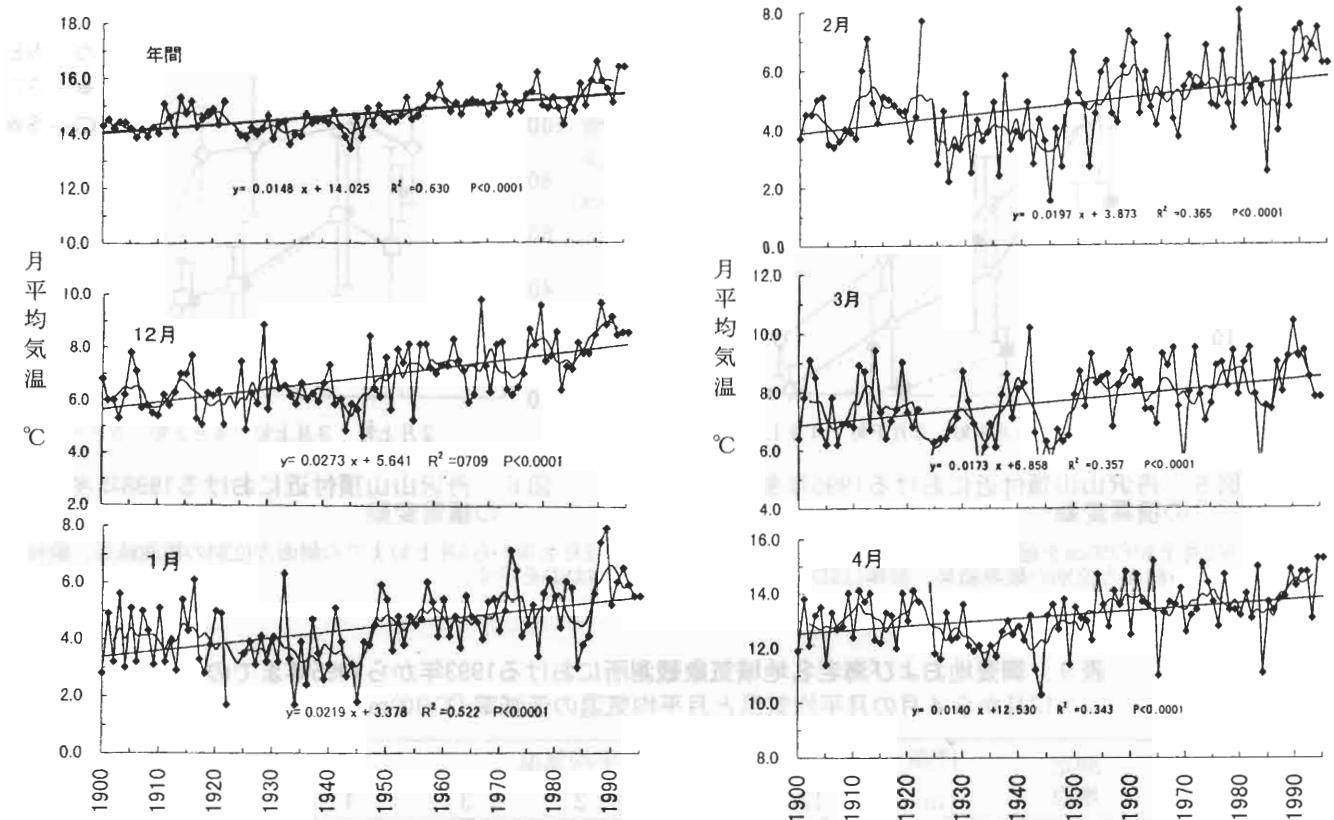


図7 神奈川県横浜気象台における1900年から1995年までの年平均気温と冬期(12月から4月)の月平均気温の経年変動

◆は実測値、曲線は5点移動平均値、直線は5点移動平均値の回帰直線を示す。1923年は欠測。

表10 海老名地域気象観測所での1960年から1995年までの12月～4月の月平均気温および月最低気温の経年変動

月	月平均気温			月最低気温		
	傾き	R <sup>2</sup>	P値	傾き	R <sup>2</sup>	P値
12	0.0137	0.077	ns	0.067	0.364	***
1	0.0217	0.114	ns	0.083	0.612	***
2	0.0182	0.067	ns	0.068	0.558	***
3	0.0272	0.245	***	0.085	0.785	***
4	0.0147	0.161	**	0.029	0.434	***

傾きは、回帰直線の傾き。

ns ; 有意差なし、\*\* ; p < 0.01、\*\*\* ; p < 0.001

た、1960年代には標高1,000～1,300mの尾根部分では、積雪の深い2月から3月の時期にはササはほとんどが雪に埋没していたという回答が、回答者全員から得られた。

1960年頃の丹沢山山頂付近のシカの生息状況は、聞き取りした全員が、積雪の深かった2月にはシカを「ほとんどみかけなかった」あるいは「全くみかけなかった」と回答した。この当時、複数のシカを集団を

見かけたのは標高1,000m付近であったとする回答を2名から得た。また、山頂付近で冬期にシカを多く見かけるようになったのは、過去10年以内であると全員が回答した。

## 考 察

東丹沢山地のブナ帯での積雪状況は、1960年代が

1990年代に比べて全般に積雪量が多く、50cmを超える積雪の持続期間が長い、など顕著に異なっており、この一帯のシカによるササの利用に影響を及ぼしてきたと考えられる。東丹沢山地のブナ帯に分布するササ群落はスズタケとミヤマクマザサで構成されるが(浅野・小滝, 1964)、桿高の低いミヤマクマザサは20cm程度の積雪深になるとほとんどが積雪に覆われ、桿高が高いスズタケも40cmの積雪深を超えると降雪の重量で歪曲して多くが覆われる(三浦, 1974)。東丹沢山地のブナ帯ではササ以外に冬期にまとまって利用できる林床植物はなく、シカは40から45cmの積雪深が何日も続くと積雪が浅くササが利用できる場所へと移動することを余儀なくされる(三浦, 1974; 丸山, 1981; 古林, 1996b)。このような積雪量の増加を契機としたブナ帯でのシカの移動は、ササ群落へのシカの採食圧を軽減させブナ帯でのササ群落の退行を防いでいた可能性が高い。

ブナ帯での積雪量の減少は、1960年代以降徐々に40~50cmを超える積雪地帯を狭めると同時に、深雪期間を短縮させてきたと考えられる。このことはブナ帯においてシカがササを利用して越冬できる標高範囲が上昇したことを意味する。1993年から1994年冬期における丹沢山山頂付近での観察では、積雪の少ない雪上にササが出ている斜面を複数のメスジカ集団が重複的に利用しながら越冬する様子が報告されている(Borkowski *et al.*, 1996)。このようなササ群落へのシカの集中は過去においても越冬地の前線でみられたと推察できる。東丹沢山地のブナ帯ではササ群落の退行が低標高域から高標高域へと拡大したことが観察されており(羽山ほか, 1994; 古林, 1996b)、このような推測を裏付けている。しかし、1998年冬期のような多雪も過去30年間には幾度があり(山根・越地, 1989; 古林, 1996b)、このような一時的な気象変動の影響も受け、前進と後退を繰り返しながらブナ帯におけるシカの越冬地の前線は高標高域へと拡大してきたと考えられる。

近年における積雪量の減少と積雪期間の短縮は、丹沢山地における気温上昇の影響による可能性が高い。横浜気象台および海老名地域気象観測所における冬期の気温は明らかに上昇している。海老名での過去30年間における冬期の月平均気温と月最低気温の上昇は、それぞれ平均で $0.6^{\circ}\text{C}/30\text{年}$ ( $0.4^{\circ}\text{C}/30\text{年}$

$\sim 0.8^{\circ}\text{C}/30\text{年}$ )と $2.0^{\circ}\text{C}/30\text{年}$ ( $0.87^{\circ}\text{C}/30\text{年} \sim 2.55^{\circ}\text{C}/30\text{年}$ )上昇していることが示された。調査地域の月平均気温は気温低減率 $0.6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ が適用できたので、東丹沢山地では同じ月平均気温の地帯が標高で100m、月最低気温では300m以上も上昇したことになる。このように、東丹沢山地のブナ帯では過去30年間に暖冬が進行し、近年は湿雪が降りやすく、降雪後の気温も以前より高くなっていると考えることができる。この影響で融雪の速度が以前よりも早まるることは、ササを利用できる空間をこれまで以上に広く出現させ、ブナ帯に生息するシカの越冬地を拡大させたと考えられる。

ササの利用の拡大は、体脂肪の消費速度を抑制し、幼獣の生存率の上昇、春先の低温や豪雪による大量死亡の発生などを低下させる上で効果があつた可能性がある。また、暖冬は体温維持などのシカのエネルギー支出抑制効果も考えられ、積雪の減少と気温上昇が相乗してブナ帯に生息するシカの個体数増加に寄与してきた可能性が大きい。日光では暖冬による積雪減少がシカの分布域の拡大を促進したことが報告されている(Li *et al.*, 1996)。

東丹沢山地における暖冬少雪傾向は、1980年代以降に顕著となり平均気温に加えて最低気温の上昇が明瞭であることから地球温暖化傾向(IPCC, 1992)によるものと思われ、今後もこの傾向は強まると予想される(IPCC, 1992)。このため、今後もブナ帯へシカの越冬地が拡大して定住化が促進されることが予想でき、本論第1章で示したような食物の偏在も影響して、丹沢山の山頂付近に冬期にシカが高密度集中する現象が続く可能性が高い。

### 第3章 東丹沢山地におけるニホンジカの 採食植物の質的評価

#### はじめに

食物とシカ個体群の関係を論じるにはシカの食性、利用可能な食物の量、食物の栄養や消化率、シカの食物要求などいくつかの特定の項目に関する知見を集積しなくてはならない。ニホンジカにおける

これらの栄養生態学的な研究は、これまで食性に関するものが中心で、季節的な変異(丸山ほか, 1975; 古林・丸山, 1977)に加えて空間的な変異(Takatsuki, 1990; 高槻, 1992; Asada & Ochiai, 1996)や時間的な変異(Kaji *et al.*, 1988; Asada & Ochiai, 1996)などが明らかにされてきた。また、利用可能な食物量についてもいくつかの研究蓄積があり(古林, 1996a)、食物要求に関する研究もわずかだが行われている(白石ほか, 1996)。しかし、食物の栄養や消化率に関する研究は、養鹿を目的としたものが多く(Katoh *et al.*, 1991など)、野外の食物に関する知見の集積は少ない(Maruyama & Watanabe, 1993)。これは、シカが採食する植物種が多様であること、シカ類の採食植物の栄養成分含有量や消化率は種、部位、季節、立地条件により変化すること(Bailey, 1967; Hjeljord *et al.*, 1982; Mautz, 1978)、消化率は摂取量や消化阻害物質の含有量により変動する(Van Soest & Jones, 1968; Robbins, 1993)などの理由から、個別的な評価が労力や費用などの点で困難なためと考えられる。しかし、ニホンジカと食物の関係を論議する上で、食物の栄養に関する知見は不可欠であり、食物の栄養成分どうしの相関関係や栄養成分と消化率の関係についての情報を集積して、これに基づいたシカの採食植物の質やその季節変動に関する評価が必要である。

ところで、東丹沢山地の主稜線部における冬期のシカの高密度集中の原因は、山麓部でのスズタケ群落の大規模な消失による主稜部でのササ群落の偏在にあると考えられる(本論第1章)。一方、東丹沢山地のシイ・カシ帯では、1960年以降の林業活動によって草本を中心とする食物の顕著な増加がシカの生息密度を急増させ、この増加したシカがスズタケ群落を退行させて食物の大幅な減少を起こし、シカの生息密度がこれに伴って漸減したこと(古林・山根, 1997)、最近ではスズタケの消失と幼齢植林地での防鹿柵の設置増加の影響による食物減少によって個体群の質が低下したことを示す兆候が指摘されている(羽山ほか, 1994)。このように、東丹沢山地では過去に顕著な食物の量的変動があり、シカ個体群はその影響を受けてきたと考えられるが、食物変動の質的評価は十分な検討が行われていない。

そこで本章では、東丹沢山地からシカの採食植物

を季節的に収集して栄養成分含有量と消化率を測定し、スズタケ退行後の東丹沢山地におけるシカの食物の栄養学的变化を検討する。

## 材料と方法

### 餌植物の収集

分析試料は、東丹沢山地のシイ・カシ帯に位置する札掛地区と、ブナ帯に位置する丹沢山の山頂付近で、1994年2月から1995年8月まで季節別に採取した(表11)。なお、東丹沢山地から消失した植物については、神奈川県西部の南足柄市で採取した。これらの内訳は、常緑樹が4種、落葉樹が22種、ササ類はスズタケとミヤマクマザサの2種(以下ササとよぶ)、および草本であった。草本は、一部は種レベルで採取したが、シカが採食している種類が多いので(古林・丸山, 1977)、双子葉草本と、ササを除いた単子葉草本にまとめて収集した。木本は、葉、当年生枝、1年生以上の枝に区分した。木本の落葉は12月にモミ天然林と河畔林において新しいものを集め、樹種を分けないで分析に供した。ササは葉と桿を区分した。草本は茎葉をまとめて扱った。これらのサンプルは、室内に持ち帰り60°Cで48時間通風乾燥し、ミルで粉碎して栄養成分分析および消化率の測定に供した。

### 栄養成分の分析

含有率を測定した項目は、全窒素含有量、熱量、酸性デタージェント繊維(ADF)、中性デタージェント繊維(NDF)、酸性デタージェントリグニン(ADL)およびシリカであった。全窒素はケルダール法により、粗蛋白質はこれに6.25を乗じて求めた。熱量は、熱量測定装置(吉田製作所1013-S)を用いて測定した。ADF、ADL、NDFの定量は、デタージェント繊維法(Van Soest, 1967)によった。シリカの定量は灼熱残留を求める定法によった。

### 乾物消化率の測定

餌植物の乾物消化率(digestable dry matter; DDM)は、測定を行うサンプル数が多いこと、採食量や食物との組み合わせによる消化率の変動(McDonald *et al.*, 1981)などの理由から*in vivo*法の適用は困難で

表11 栄養成分および消化率を測定したニホンジカの採食植物

植物区分	植物種名	部位	季節			
			春	夏	秋	冬
常緑低木	アオキ ( <i>Aucuba japonica</i> )	葉 当年生枝 1年生枝	○ ○ ○			
	シラカシ ( <i>Quercus myrsinaefolia</i> )	葉 当年生枝 1年生枝	○ ○ ○			○
	ヤブツバキ ( <i>Camellia japonica</i> )	葉 当年生枝 1年生枝	○ ○ ○			○
落葉低木	ヒイラギ ( <i>Osmanthus heterophyllus</i> )	葉	○			
	アカシデ ( <i>Carpinus laxiflora</i> )	葉 1年生枝	○ ○			
	アブラチャン ( <i>Parabenzoin praecox</i> )	当年生枝	○			
モミジイチゴ ( <i>Rubus palmatus</i> )	葉 当年生枝 1年生枝	○ ○ ○		○		○
	クマイイチゴ ( <i>Rubus crataegifolius</i> )	葉 当年生枝 1年生枝	○ ○ ○			
	ニガイイチゴ ( <i>Rubus microphyllus</i> )	葉 当年生枝 1年生枝	○ ○ ○			
イタヤカエデ ( <i>Acer mono</i> )	葉 当年生枝	○ ○		○		
	イロハモミジ ( <i>Acer palmatum</i> )	葉	○			
	ウツギ ( <i>Deutzia crenata</i> )	葉 当年生枝 1年生枝	○ ○ ○	○	○	○
マルバウツギ ( <i>Deutzia sieboldiana</i> )	葉 当年生枝 1年生枝	○ ○ ○	○	○	○	○
	エゴノキ ( <i>Styrax japonica</i> )	葉 1年生枝	○ ○			
	ガマズミ ( <i>Viburnum dilatatum</i> )	葉 当年生枝 1年生枝	○ ○ ○		○	
キブシ ( <i>Stachyurus praecox</i> )	葉 当年生枝 1年生枝	○ ○ ○		○		
	クサギ ( <i>Clerodendrum trichotomum</i> )	葉 当年生枝 1年生枝	○ ○ ○	○	○	
	ケヤキ ( <i>Zelkova serrata</i> )	葉 1年生枝	○ ○			
コアカソ ( <i>Boehmeria spicata</i> )	葉 当年生枝 1年生枝	○ ○ ○	○	○	○	○
	コゴメウツギ ( <i>Stephanandra incisa</i> )	葉 当年生枝 1年生枝	○ ○ ○			
	ノイバラ ( <i>Rosa multiflora</i> )	葉 当年生枝 1年生枝	○ ○ ○			
ムラサキシキブ ( <i>Callicarpa japonica</i> )	葉 当年生枝	○ ○		○		
	ヤブムラサキ ( <i>Callicarpa mollis</i> )	葉 当年生枝	○ ○	○		○

植物区分	植物種名	部位	季節			
			春	夏	秋	冬
落葉低木	ヤシャブシ( <i>Alnus firma</i> )	葉 当年生枝	○ ○			
	ヤマグワ( <i>Morus bombycis</i> )	葉 当年生枝	○ ○			
	ヤマボウシ( <i>Benthamidia japonica</i> )	葉 当年生枝	○ ○			
	その他	葉 当年生枝	○ ○	○		
单子葉草本	ススキ( <i>Miscanthus sinensis</i> )	茎葉	○	○	○	○
	アシボゾ( <i>Microstegium vimineum</i> )	茎葉	○	○		
	スゲ属の一種( <i>Carex sp.</i> )	茎葉	○			
	チヂミザサ( <i>Oplismenus undulatifolius</i> )	茎葉	○	○	○	
	その他	茎葉	○	○	○	
双子葉草本		茎葉	○	○	○	
ササ	スズタケ( <i>Sasamorpha borealis</i> )	芽 葉 桿	○ ○ ○	○		○
	ミヤマクマザサ( <i>Sasa hayatae</i> )	芽 葉 桿	○ ○	○	○	○

神奈川県東丹沢山地で1994年2月～1995年8月に採集。○は分析したことを示す。

あつたので、*in vitro*法により求めた。消化液は、ニホンジカの消化液の入手が困難なため、ニホンジカに近い消化能力を持つとされるヒツジのルーメン内容液(Katoh et al., 1991; 小田島ほか, 1991)を用いた。

採食植物のDDMは、栄養成分と同様に餌植物を区分して部位ごとに測定した。具体的には、まず、ヒツジのルーメン内容液をフィステルにより採取して、Tilley & Terry(1963)の方法に従ってDDMを測定した。なお、一部のサンプルの消化率は、分析に必要なサンプルの量が不足していたため測定から除外した。

DDMの推定式は、今回求めたDDMを従属変数とし、粗蛋白質、NDF、ADF、NDL、シリカのそれぞれの含有率と熱量を独立変数としてステップワイズ法によって作成した。

#### 東丹沢山地のシカの採食植物の評価

東丹沢山地のシカの食性は季節的に異なるのに加えて(古林・丸山, 1977; 三谷, 1995; 牧野, 1966; 永田, 1996)、ササの残存状況(山根, 1994b)や他の植生の状態によっても異なる(滝井, 1997)。こ

れらの調査結果を整理すると、東丹沢山地のシカの食物は草本と木本を中心としており、春から秋にかけては草本の茎葉と木本の葉を、冬はササの葉、落葉を主な食物としていることがわかる(表12)。本研究ではこれらの食物の栄養価の季節的変動を把握するため、夏と冬におけるササの葉、木本の枝葉、草本の茎葉、それぞれの粗蛋白質含有率、DDM、可消化エネルギー(DE)を次の手順で検討した。まず、分析したサンプルを対応する食物分類に区分して、栄養成分含有率の平均値を求めた。次に、これらの値と推定式を用いてDDMを求め、このDDMに平均熱量を乗じてDEを算出した。次に、体重55kgのシカがスズタケあるいはミヤマクマザサだけを摂取した場合、夏と冬それぞれの時期に体重維持に必要なDE量(白石ほか, 1996)、最低粗蛋白質摂取量(87 g)(Robbins, 1993)を満たすのに必要な乾物摂取量を算出した。同様に落葉広葉樹の葉と当年生枝、常緑広葉樹の葉と当年生枝、单子葉草本の茎葉、双子葉草本の茎葉についてもそれぞれの夏と冬の平均DEと平均粗蛋白質含有量を用いて、乾物摂取必要量を計算した。

表12 スズタケ群落退行後の東丹沢山地におけるニホンジカのおもな採食植物

地 域	春から秋	冬	文 献
ブナ帯上部	草本の茎葉	スズタケ葉、 ミヤマクマザサ葉	三谷(1995) ; 本論第1章
	木本の葉	落葉、樹皮	
シイ・カシ帯	草本の茎葉	落葉	牧野(1996) ; 永田(1996)
	木本の葉	枯れた草本	

### 統計処理方法

餌植物の栄養成分含有量および消化率の比較は分散分析(ANOVA)を用い、p値が0.05以下を有意とした。また、相関係数にはピアソンの積率相関係数の有意性検定を用いた。

### 結 果

#### 栄養成分間の関係

分析した餌植物をまとめて栄養成分間の関係を検討した結果(表13)、粗蛋白質含有率はNDS含有率( $=1-NDF$ 含有率)と有意な正の相関( $r=0.38$ 、 $p<0.001$ 、 $n=114$ )が、他の栄養成分とは有意な負の相関が認められた( $r=-0.32 \sim -0.42$ 、 $p<0.001$ 、 $n=114$ )。纖維成分含有率は互いに相関係数が0.5を超える有意な正の相関が認められた( $r=0.52 \sim 0.78$ 、 $p<0.001$ 、 $n=92$ )。熱量は、粗蛋白質含有率とNDS含有率との間に有意な負の相関が( $r=-0.36 \sim -0.42$ 、 $p<0.001$ 、 $n=92$ )あり、纖維成分含有率のあいだには有意な正の相関が認められた( $r=0.36 \sim 0.48$ 、 $p<0.001$ 、 $n=92$ )。

#### 個別成分含有率とDDMの関係

分析したサンプルをまとめて熱量とDDMの関係をみると、両者には弱い有意な負の相関が認められた( $r=-0.31$ 、 $p<0.05$ 、 $n=84$ )。粗蛋白質含有率とDDMのあいだには有意な正の相関が認められ( $r=0.49$ 、 $p<0.001$ 、 $n=84$ )、粗蛋白質含有率が高い植物あるいは部位は、DDMも高まることがわかった。また、NDF含有率、ADF含有率、ADL含有率とDDMの間には、いずれも有意な負の相関が認められた(表14)。

次にシリカ含有率とDDMの関係をみると、分析し

表13 ニホンジカの採食植物の栄養成分間の相関係数

	CP $n=114$	NDS $n=92$	NDF $n=92$	ADF $n=92$	ADL $n=92$	熱量 $n=114$
NDS	0.38					
NDF	-0.32	1.00				
ADF	-0.40	-0.78	0.78			
ADL	-0.41	-0.52	0.52	0.75		
熱量	-0.42	-0.36	0.36	0.36	0.48	

神奈川県東丹沢山地で1994年2月～1995年8月までに採集したサンプルによる。nはサンプル数を示す。その他の数値は相関係数を示す。相関係数はすべて $p \leq 0.001$ 。

表14 ニホンジカの採食植物の乾物消化率(DDM)と栄養成分含有率との関係

栄養成分	n	相関係数(r)	p値
熱量	84	-0.31	***
粗蛋白含有率	84	0.49	***
NDF含有率	84	-0.76	***
ADF含有率	84	-0.77	***
ADL含有率	84	-0.46	***
シリカ含有率	全サンプル	-0.11	ns
	木本葉と草本茎葉	-0.46	*
	含有率2%以上	-0.45	*

ns: 有意差なし、\*;  $p < 0.05$ 、\*\*;  $p < 0.01$ 、

\*\*\*;  $p \leq 0.001$

神奈川県東丹沢山地で1994年2月～1995年8月までに採集したサンプルによる。nはサンプル数を示す。

たサンプルをまとめた場合ではきわめて弱い負の相関が認められた( $r=-0.11$ 、 $p=0.40$ 、 $n=65$ )。しかし、サンプルを木本の葉と草本の茎葉に限った場合( $r=-0.46$ 、 $p < 0.05$ 、 $n=25$ )、シリカ含有率が2%以上のものに限った場合( $r=-0.45$ 、 $p < 0.05$ 、 $n=33$ )には、いずれも有意な負の相関が両者のあいだに認められた。

### 乾物消化率の推定

DDMを従属変数Y、独立変数に粗蛋白質、NDF、ADF、シリカの各含有率(%)を用いると、DDMを高い精度で推定できる(3.1)、(3.2)式が求められた。各式はいずれも重相関係数( $r^2$ )が0.8を越え、良いあてはまりをみせた。(3.3)式に示すように、粗蛋白質(CP)とNDFの含有率だけでもDDMを高い精度で推定することができた。

$$Y = 81.18 + 1.30CP - 0.47NDF - 0.43ADF$$

$$-1.57Silica \quad \dots \dots \quad (3.1)$$

$$r^2 = 0.845 \quad p < 0.001$$

$$Y = 77.15 + 1.48CP - 0.73NDF - 1.40Silica$$

$$\dots \dots \quad (3.2)$$

$$r^2 = 0.835 \quad p < 0.001$$

$$Y = 87.73 + 0.85CP - 0.85NDF$$

$$\dots \dots \quad (3.3)$$

$$r^2 = 0.824 \quad p < 0.001$$

### 東丹沢山地におけるシカの食物の栄養価

ササの葉は乾物消化率が春・夏、冬ともに他の食物と比べて30%前後と低く、DEも1.1~1.2kcal/gと低い値を示したが、粗蛋白質含有量は春・夏、冬ともに110mg/gを超えていた(表15)。木本では落葉樹、常緑樹とともに、春・夏に葉と当年生枝が各項目とも他の食物と比べて有意に高い値を示した(ANOVA,  $p < 0.01$ )。冬になると落葉広葉樹の当年生枝は各成分とも有意に値が低下したが(ANOVA,  $p$

$< 0.01$ )、常緑樹の低下は小さかった。落葉樹の比較的新しい落葉の各成分は、いずれも当年生枝を上回った。草本の茎葉は、春・夏は落葉樹と変わらない値を示した。枯れたススキは各項目とも分析した食物で最低の値を示した。

春・夏にDEと粗蛋白質の両方の要求量を満たすのに必要な乾物摂取量はササの葉が3.3kgと求められ、他の食物(1.4~2.3kg)よりも量的に多く必要であることが示された。冬は、常緑広葉樹の葉がDEと粗蛋白質の両方を満たすのに他の食物(2.4~19.7kg)と比べて少量の1.6kgですむことが示された。冬季にササの葉だけを摂取した場合は、DE要求量を満たすには3.6kgが必要だが、粗蛋白質要求量を満たすには2.1kgですむことが分かった。

### 考 察

今回の分析では、食物の熱量と粗蛋白質含有率は必ずしも対応していないことがわかり、食物の質は粗蛋白質含有率と熱量からだけでは評価できず、消化率を加えることの必要性が示された。食物の消化は粗蛋白質の存在によって促進され、纖維成分、シリカによって阻害される(McDonald *et al.*, 1981; Robbins, 1993)。本研究でも、粗蛋白質含有率が乾物消化率を高め、纖維成分のNDF、ADF、ADL、シリカが低下要因として作用することを確認できた。シカ類における異なる栄養成分を含む食物に対する

表15 東丹沢山地のニホンジカの食物の春・夏と冬の栄養成分の値

区分	部位	春~夏					冬				
		DDM (%)	CP (mg/g)	DE (kcal/g)	A (kg)	B (kg)	DDM (%)	CP (mg/g)	DE (kcal/g)	A (kg)	B (kg)
ササ類	葉	29	112	1.2	3.3	2.5	32	132	1.1	3.6	2.1
落葉樹	葉 *1	58	117	2.3	1.7	1.3	46	79	1.9	2.1	2.4
	当年生枝	50	122	2.1	1.9	1.4	38	71	1.7	2.3	3.2
常緑樹	葉	48	77	2.1	1.9	2.4	55	111	2.5	1.6	1.4
	当年生枝	67	120	2.8	1.4	1.1	51	72	2.2	1.8	2.4
単子葉草本	茎葉	45	121	1.7	2.3	1.6	(13)	(34)	(0.5)	(8.0)	(19.7)
双子葉草本	茎葉	55	129	2.2	1.8	1.2					

数値は、乾物消化率(DDM)、粗蛋白質含有量(CP)、可消化エネルギー(DE)、体重55kgのシカが体重維持に必要な1日のDE量(白石ほか, 1996)を満たすのに必要な乾物食物量(A)、および体重55kgのシカが1日の最低粗蛋白質摂取量(Robbins, 1993)を満たすのに必要な乾物食物量(B)。( )は枯れたススキ \*1; 落葉樹の冬の葉は新しい落葉を示す。

消化能力の違いは、採食類型からアカシカ (*C. elaphus*) に比較的近く (Hoffmann, 1985)、第1胃と第2胃の重量組成がアカシカやエルク (*C. canadensis*) に類似することも指摘されている (高槻, 1992)。それゆえ、アカシカ (Robbins *et al.*, 1987; Henley *et al.*, 1992) と同様な食物の乾物消化率を食物の栄養成分含有率から推定する式を作成できることが考えられた。本研究で作成した推定式は、粗蛋白質による消化率の上昇、纖維成分やシリカなどの消化阻害物質による消化率の低下が考慮されている点で、アカシカで作られたものと同類と考えることができる。したがって、本種の食物は、粗蛋白質含有量、纖維成分およびシリカの含有率を分析することで乾物消化率が推定でき、熱量に加えてこれらの数値を総合することによって栄養価を推定できると考えられる。

東丹沢山地のシカの食性と本研究で得られた食物の栄養価に関する知見を対応させると、東丹沢山地のシカは食物現存量と栄養価を基準にして季節的に食物を選択していることが示唆される。東丹沢山地のシカは5月から8月にかけて低木の新梢と葉、双子葉草本、ススキの新梢などを主に採食しているが (古林・丸山, 1977; 三谷, 1995; 牧野, 1996)、ササの有無 (山根ほか, 1994b)、伐採からの経過年数 (古林, 1996a)、シカの累積的な採食圧の違い (滝井, 1997) など生息地の植生により差異が認められる。このような春・夏のシカの主な食物がいずれも消化率、DE、粗蛋白質含有率が比較的高く、栄養価に大きな差異がないので、この時期の多様な食性は消化率の低いササの葉を除くと生息地で量的に多い食物を適宜採食することで必要な栄養をシカが摂取できることによるためと考えられる。

東丹沢山地のシカの食性は11月から12月にかけて大きくササへと変化する (古林・丸山, 1977; 三谷, 1995)。また、落葉の利用が高まるのもこの時期以降である (三谷, 1995; 牧野, 1996)。ササの葉は消化率、DE がともに低く、熱量摂取の点では劣ると考えられるが、丹沢山地では主要な食物として位置づけられている (古林・丸山, 1977; 三谷, 1995; 本論第1章)。これは、粗蛋白質含有率が高く、利用可能量も大きいこと (古林・山根, 1997) が理由と思われる。しかし、ササの葉はシリカの含有率が高いいた

め歯の磨滅を早め生態的寿命の短縮につながるので (羽山ほか, 1994)、常緑樹の葉、当年生枝と比較すると食物としての価値は低いと考えができる。落葉は、まとまって利用でき、栄養価も低木の枝と比較しても劣らない (Ditchkoff & Servello, 1998; 小原, 1998)。これらの理由で、落葉はスズタケ群落が消失した東丹沢山地のシイ・カシ帯ではスズタケに代わる主要な食物として位置づけられている (牧野, 1996; 永田, 1996)。ササ群落が残存するブナ帯でも、落葉はササの葉に次いでよく利用されている (三谷, 1995)。落葉は、ササの葉に比べて消化率が約1.5倍、DE が約2倍高い値を示し、ササよりも少ない量でDE要求量を満たすことができる。また、シリカをほとんど含まず歯の摩耗が起こりにくい。採食する樹種が少ない東丹沢山地のブナ帯では落葉の利用可能量は多くないが (小原, 1998)、シカの密度が高くなるほど退行する林床の植物と異なり、シカの密度に影響されない上層から供給されるため、利用可能量が持続するという特徴がある。しかし、落葉の粗蛋白質含有率はササの葉の約半分で、1日の最低粗蛋白質摂取量 (Robbins, 1993) を満たすにはササの葉よりも約14%多量に摂取する必要がある。時間の経過による粗蛋白質含有率や消化率の低下も考えられる。シカは冬期に熱量の不足を体脂肪の消費によって補えるが、粗蛋白質の不足は生理状態の悪化に結びつく (Robbins, 1993)。とくに、冬期にも成長が進む幼獣や栄養要求の高い妊娠個体などでは粗蛋白質の不足は成長の維持に悪影響を与えると推察できる (Verme, 1965; 1969)。したがって、粗蛋白質含有量の多いササの葉は、落葉よりも冬の食物として相対的に優れていると考えができる。このため、ササを豊富に利用できる場所は幼獣や妊娠個体を含むメス集団の生存にとって重要と考えられる。丹沢山山頂において冬期にシカが高密度で集中するのは (本論第1章)、粗蛋白質摂取に有利なササとDE摂取に有利な落葉の両方が比較的豊富に利用できるためと考えられる。

以上のシカの採食植物の栄養価に関する知見に基づき、ササ群落が退行した東丹沢山地における冬期の食物条件を評価すると、ササ群落が残存するブナ帯の標高1,300m以上の地域、スズタケが退行したブナ帯の標高1,300m以下の地域、シイ・カシ帯の順に栄

養学的価値が低下していると考えられる。ブナ帯の上部では林床や開放地はササ群落が分布しており、シカは粗蛋白質摂取に有利なササの葉と熱量摂取に有利な落葉の両方を組み合わせて十分に利用できる。一方、ブナ帯の標高1,300m以下の地域では、スズタケ群落が消失しシカにとっての利用空間である地上2mまでの食物現存量は乏しいが、優占する落葉広葉樹からの落葉を比較的多く利用できるため(小原, 1998)、熱量摂取の条件は悪くないと考えられる。シイ・カシ帯は、スズタケ群落が1980年代前半に消失したことに加えて(古林・山根, 1997)、シカの累積的な採食圧により地上2mまでの食物は全般に乏しい状態にある(永田, 1996; 本論第1章)。また、人工林率が高く落葉広葉樹林は限定されているので、シカが採食する落葉の供給量はブナ帯に比べて少ないと考えられる。スギ・ヒノキ人工林においても食物現存量の高い幼齢植林地は防鹿柵のため利用できず、食物供給量が大きな場所は壮齢人工林にみられるわずかな面積のギャップ植生などに限られている(永田, 1996)。このようなことから、シイ・カシ帯は冬の食物現存量そのものが少なく、栄養学的にも悪い条件にあると考えることができる。このため、この一帯では食物不足によりシカの栄養状態が悪化している可能性が高い。

## 第4章 異なる食物条件における 冬期のニホンジカの体重変化

### はじめに

ササ群落が退行した東丹沢山地の冬のシカの食物条件は、ササ群落が残るブナ帯の標高1,300m以上の地域が比較的良好で、シイ・カシ帯で悪化している可能性が高い(本論第3章)。このような冬の食物条件は近年の積雪量の減少とも関連して、東丹沢山地のブナ帯のシカが主稜線部に高密度で集中する大きな原因となっている(本論第1章)。一方、シイ・カシ帯における食物条件の悪化は、直接、シカの栄養状態の悪化に結びついている可能性が高い(本論第3章)。

一般にシカ類は、多くの植物が枯死・落葉し、生

存のために大きなエネルギー消費を強いられる冬期に体脂肪への依存が増大し、活動量の低下などによってエネルギー需要を抑制する(Mautz, 1978)。このようなエネルギー収支は体重に反映され、野生ジカの体重は冬のあいだ減少し続ける(例えばアカシカ *Cervus elaphus*, Mitchell et al., 1976; Gates & Hudson, 1981; ノロジカ *Capreolus capreolus*, Fruzinski et al., 1982; ヘラジカ *Alces alces*, Renecker & Hudson, 1985)。体重の過度の減少は栄養状態の大幅な悪化に結びつき、豪雪その他のエネルギー需要の増大への耐性を低下させ、死亡率を上昇させてるので、冬の食物とシカの体重変化の関係を明らかにする研究が行われてきた(例えばGates & Hudson, 1981; Milne et al., 1987)。ニホンジカにおける同様の研究はこれまで有害駆除や狩猟などによる捕獲個体の体重測定(高槻, 1992; 鈴木, 1994)や、飼育下での連続的な体重変化測定(小田島ほか, 1992)が行われ、冬にシカの体重が年間を通じて最低となることや、体重変化に性差や発育段階による違いがあることも示されている。しかし、体重を連続的に測定して、食物条件と体重減少の関係を明らかにするような研究は行われていない。

そこで、本章では、東丹沢山地における食物条件の地域差がシカの栄養状態に及ぼす影響を明らかにすることを目的として、冬に、(1)常緑広葉樹など栄養価の高い食物(本論第3章)を十分に利用できる生息地、(2)東丹沢山地のブナ帯の標高1,300m以上の地域同様にササと落葉を十分に利用できる生息地、(3)東丹沢山地のシイ・カシ帯と同様に落葉しか利用できない生息地に対応させた3種類の食物条件を実験的に与えて、それぞれの食物条件における個体レベルの体重変化を連続的に測定し、体重の変化量の違いからシカの栄養状態がどのように異なるかを検討した。

### 材料と方法

#### 実験1

現在の東丹沢山地のシイ・カシ帯では、シカは落葉などを中心として栄養価の劣る食物を主に摂取していると考えられる(牧野, 1996; 永田, 1996; 本論第3章)。このような条件のもとで野生ジカが摂取し

ている栄養は、粗蛋白質含有率がシカ類の体を維持するのに必要な量(5~9%, French *et al.*, 1956; Robbins, 1993)の下限付近で、可消化エネルギー量(DE)は本種が冬期に体重を維持するのに必要な代謝体重当たり摂取量(約200kcal、白石ほか, 1996)を約20%下回る。

本論では、東丹沢山地のシイ・カシ帯の南東部に位置する札掛を選んで、このような食物条件と同等になるよう栄養摂取量を調整した給餌を1995年から3年連続して1月から4月までほぼ毎日行い、野生ジカを誘引して体重を測定した(山根ほか, 1994a)。

観測個体は延べ24頭(オス成獣8頭、メス成獣7頭、2歳オス1頭、1歳オス1頭、1歳メス2頭、0歳オス1頭、0歳性不明4頭)である。

給餌した食物は、シカの嗜好性が高く、給与量の調整によって栄養摂取量を変えることが可能なアオキ(*Aucuba japonica*)を用い、給与量は、シカが一日に摂取する平均的な乾物食物量の約40%以下とした。この結果、シカが一日に摂取した平均の代謝体重当たりの乾物食物量は $67 \pm 4$ (SD) g(n=25)、そのDEおよび粗蛋白質含有率はそれぞれ $138 \pm 11$ (SD) kcal(n=25)、 $5.3 \pm 0.4$ (SD)% (n=25)となり、自然条件下とほぼ同等の栄養摂取水準となった(表16)。この条件のうちシカの乾物摂取量は後述する実験2、3と有意に異なるが、DE量と粗蛋白質含有率は実験2、3より有意に劣っていた(ANOVA, p<0.05)。

ここで、シカが給餌場の外も含めて摂取した食物全体に占めるアオキの葉の乾物重量割合(%Y)は、次の手順で推定した。まず、シカの給餌場の利用が安定していた2月と3月に給餌植物の給与量と翌日の残量の差を毎日測定し、給餌植物の平均採食量を求めた。次に、給餌場で新しい糞を隨時回収し、含まれるアオキ表皮細胞片の割合(%X)を調べた(大沢ほか, 1994)。そして、アオキの葉を乾物重量割合で40%以下を与えた条件を想定して、窒素含有率が低く消化率の悪い食物とアオキの葉を組み合わせた消化実験から求めた推定式( $Y = 2.78X + 11.13$  式4.1、図8)を適用して、アオキの葉の乾物重量割合を推定した。さらに、シカが採食した食物全体のDEと粗蛋白質含有量は、各食物の栄養成分含有率を定法により分析し、*in vitro*法で乾物消化率を求めて算出した。

た。

本実験における体重測定は、給餌場に半自動の体重測定装置(山根ほか, 1994a)を埋設し、給餌期間中のほぼ毎日、停電その他の理由による障害のあった日を除き、15時から翌朝の9時まで給餌場を出入りする個体を識別して測定した。

本実験は、1995年1月4日~4月26日(1995年と記述)、1995年12月27日~1996年4月29日(1996年と記述)、1996年12月20日~1997年4月20日(1997年と記述)の3冬に行った。この実験期間中の気温は、札掛から直線距離で北に約3km離れた標高1,000m付近に位置する堂平の観測値(越地, 1995)から気温低減率(本論第2章)を用いて1.6~5.0°Cと推定された。また、観測期間中は、50cmを超える積雪が1週間以上残ることはなかった。

## 実験2

現在の東丹沢山地のブナ帯上部のシカは、冬の積雪の少ない時期に、ササの葉と落葉を組み合わせて十分に摂取していると考えられる(三谷, 1995; 本論第3章)。このような条件のもとで野生ジカが摂取している栄養は、粗蛋白質含有率がシカ類の体維持に

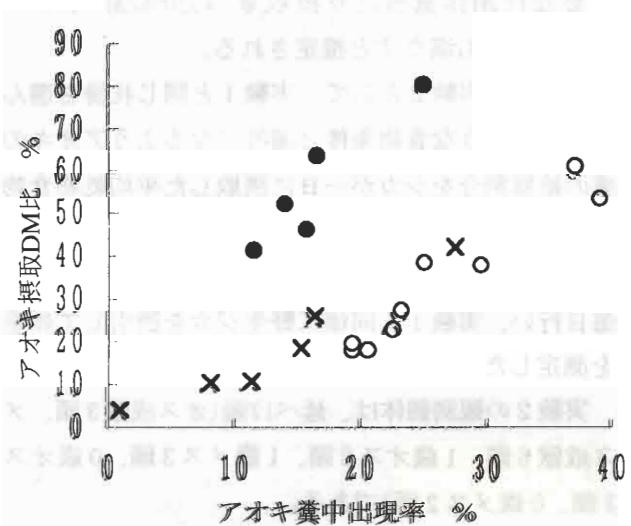


図8 粪中のアオキ表皮細胞片の出現率(%X)とアオキ摂取MD比(%Y)の関係

日本獣医畜産大学富士アニマルファームと東北大学農学部付属農場でアオキの葉の混合。割合を変えた飼料を与えた消化実験にもとづく。○: アオキとルーサンの混合飼料(窒素含有率が $2.8 \pm 0.4$ (SD)%、乾物消化率が $56.1 \pm 20.4$ (SD)%、窒素消化率が $57.9 \pm 18.5$ (SD)%), ●: アオキとスダーダンの混合飼料( $1.7 \pm 0.3$ (SD)%、 $38.9 \pm 7.2$ (SD)%、 $23.3 \pm 10.1$ (SD)%), ×: スズタケとヘイキューブの混合飼料( $2.6 \pm 0.1$ (SD)%、 $55.5 \pm 4.2$ (SD)%、 $75.7 \pm 0.6$ (SD)%)。

表16 冬期のニホンジカの体重変化測定実験の食物条件、測定個体数、観測年、観測場所および気象条件

区分		実験1	実験2	実験3	検定
食物条件*1		低	中	高	
DM(g/BW <sup>0.75</sup> /day)		67 ± 4	84 ± 13	68 ± 1	ns
DE(Kcal/BW <sup>0.75</sup> /day)		138 ± 11	199 ± 11	275 ± 28	***
CP(%/BW <sup>0.75</sup> /day)		5.3 ± 0.4	7.2 ± 0.6	11.0 ± 0.3	***
糞中のアオキの割合(%)		10 ± 2	46 ± 9	—	***
測定個体数		24	17	12	
(成獣)		(15)	(10)	(5)	
(若齢個体)		(9)	(7)	(7)	
観測年	1995～1997年	1993～1994年	1994年		
観測場所	清川村札掛	清川村札掛	横浜市野毛山		
積雪	5cm以下	5cm以下	なし		
平均気温*2 (°C)	1月 2月 3月	2.6 1.6 5.0	2.4 2.7 3.8	5.6 6.2 7.8	

DMは1月から3月にシカが一日に摂取した代謝体重当たり乾物食物量

MDEとCPは同じく可消化エネルギー量と粗蛋白質摂取量。検定は実験1・2・3の間の分散分析(ANOVA)の結果を示す。数値は、平均と標準偏差で示す。ns:有意差なし、\*\*\*: p<0.001。

\*1: 1月から3月の平均摂取量。測定法は本文に記載。

\*2: 1月から3月の平均気温。実験3は横浜気象台の観測値。実験1・2は、東丹沢山地堂平(標高1,100m)の1994～1996年の観測値(越地, 1995)にもとづき気温低減率(0.06°C/100m)によって推定した値とした。

必要な量(5～9%, French *et al.*, 1956; Robbins, 1993)を満たし、DEは本種が冬期の体重維持に必要な代謝体重当たり摂取量(約200kcal; 白石ほか, 1996)も満たすと推定される。

そこで、実験2として、実験1と同じ札掛を選んで、このような食物条件と同等になるようアオキの葉の給餌割合をシカが一日に摂取した平均乾物食物量の約70%まで高めて栄養摂取量を調整した給餌を、1993年から2年連続して1月から4月までほぼ毎日行い、実験1と同様に野生ジカを誘引して体重を測定した。

実験2の観測個体は、延べ17頭(オス成獣3頭、メス成獣6頭、1歳オス2頭、1歳メス3頭、0歳オス1頭、0歳メス2頭)である。

実験期間中にシカが一日に摂取した平均の代謝体重当たりの乾物食物量は、84±13(SD) g(n=25)である。また、そのDE量および粗蛋白質含有量は、それぞれ199±11(SD) kcal(n=25)、7.2±0.6(SD) g(n=25)となり、東丹沢山地のブナ上部のシカとほぼ同等の栄養摂取水準となった(表16)。

ここで、実験2におけるアオキの葉の乾物重量割

合(%Y)の算出は、アオキの葉を重量割合で70%以上与える条件を想定して、窒素含有率が高く消化率が高い食物とアオキの葉を組み合わせた消化実験から求めた推定式(Y=1.83X-15.92、式4.2、図8)を適用することを除いて、実験1と同様の手順によった。

本実験における体重測定方法は、実験1と同様である。体重測定は、観測期間中、停電その他の理由で障害があった日を除きほぼ毎日行った。

本実験は、1992年12月27日～1993年5月3日(1993年と記述)、1993年12月12日～1994年4月30日(1994年と記述)に行った。本実験を実施した1993年と1994年の1月から3月の札掛での気温観測値は、実験1同様に堂平の観測値(越地・中嶋, 1997)から気温低減率(本論第2章)を用いて2.4～3.8°Cと推定できた。また、観測期間中に50cmを超える積雪が1週間に以上にわたって残ることはなかった。

### 実験3

1960年代から1970年代はじめの東丹沢山地のシイ・カシ帯のシカは、冬にササや常緑樹の葉を充分

に摂取できたと考えられる(本論第3章)。このような条件で野生ジカが摂取する栄養は、シカ類が体を維持するのに必要な粗蛋白質含有率(5~9%, French et al., 1956; Robbins, 1993)を上回り、本種が冬期に体重を維持するのに必要な代謝体重当たりDE摂取量(約200kcal、白石ほか, 1996)より20%以上高かつたと推定される。

そこで、実験3は、神奈川県横浜市立野毛山動物園(標高約30m)の飼育個体に対して、このような食物条件と同等になるように粗蛋白質含有率が高く消化率も良い草食獣用ペレット、圧ペん大麦などの飼料、ルーサンとチモシーの乾草などの食物を飽食量与え、1994年1月1日から1994年4月30日までの体重を調べた。

測定個体は、すべて丹沢山地で捕獲されたものに由来する。その内訳は0歳4頭、1歳3頭、成獣5頭、合計12頭である(付表1)。

本実験における1月から3月にかけてシカが摂取した1日の代謝体重当たりの乾物食物量は $68 \pm 1$ (SD) g (n=10)、その可消化エネルギー量、粗蛋白質含有率はそれぞれ、 $275 \pm 28$ (SD) kcal(n=10)、 $11.0 \pm 0.3$ (SD)% (n=10)となり(表16)、1960年代から1970年代はじめの東丹沢山地のシイ・カシ帯のシカが摂取していたと考えられる栄養水準とほぼ同等になった(表16)。

本実験における食物の摂取量は、実験期間中の各月の最後の3日間に測定し、各月のシカの平均体重を用いて代謝体重当たりの平均乾物摂取量として求めたものである。また、食物に含まれるDEと粗蛋白質含有率は、食物の栄養成分含有率とヒツジのルーメン内容液によって求めた消化率(Tilley & Terry, 1963)から算出した。

実験3の体重測定は、シカ放飼場内に体重測定装置(A/D社製 LC-4212)を設置し、シカが自由意志で乗った際に、個体を識別して1個体につき月1回以上、最高で15回測定した。

本実験を実施した1994年の1月から3月の平均気温は、5.6~7.8°Cで(横浜気象台観測値)、前述した実験1、2を行った札掛の給餌場と比較して3~4°C高かつた。

なお、本実験は飼育下で測定したため、エネルギー消費量が小さい、気温が高く体温維持のエネル

ギー負担が小さいなどの理由で、野生下の測定と若干異なる結果が得られたことは否めない。しかし、測定個体の体重の加齢成長や2歳で初産を迎え、その後ほぼ毎年出産する繁殖能力(本論第5章)は、常緑広葉樹のアオキが豊富に残存する生息地(房総個体群)(浅田, 1996)や個体数の急増や分布の拡大が急速にみられる個体群(北海道)(鈴木, 1994)と類似しており、測定結果は東丹沢山地において非常に良好な食物条件が出現した時期の野生シカの体重変化を反映しているとみなした。

### 体重の分析方法

それぞれの測定個体で観測日の最初に記録した体重を当日の体重値(daily initial body weight; DIWと略す)とし、その推移を把握するため旬ごとにDIWの平均値とSDを求めた。そして、冬のあいだの体重の変化量の指標値として、次式で定義される1月上旬から3月下旬のあいだの体重変化量(TWC)、その変化率(%TWC)および体重増減速度(CR)を求めた。

$$TWC(\text{kg}) = DIW_1 - DIW_3 \quad (4.3)$$

$$\%TWC(\%) = TWC / DIW_1 \times 100 \quad (4.4)$$

$$CR(\text{g/day}) = TWC \times 1000 / 80\text{day} \quad (4.5)$$

ここで、

DIW<sub>1</sub>; 1月上旬の平均DIW(kg)

DIW<sub>3</sub>; 3月下旬の平均DIW(kg)

### シカの年齢区分

飼育個体の年齢は、飼育記録に記された出生年月日から決定した。野生個体は、0歳時点で個体を識別したり、ラジオテレメトリーの発信器装着などの目的で捕獲した時点で年齢を確定した。個体の年齢は、0歳、1歳、2歳、3歳、および4歳以上に分けた。また、0歳を幼獣、1歳および2歳を亜成獣、3歳以上を成獣としてまとめた。必要に応じて0歳、1歳、2歳を若齢個体としてまとめた。

### 統計処理方法

食物条件、糞中のアオキ出現率および体重測定値の比較は、分散分析(ANOVA)を用い、p値が0.05以下を有意とした。

## 結 果

発育段階、性を区分して1月から4月の体重変化をみると、良好な食物条件の実験3では顕著な体重減少が認められず、若齢個体で体重が増加する傾向がみられた。これに対して、実験1、2では体重が減少する個体が多く、とくに食物条件の悪い実験1ではほとんどの個体で体重の減少が実験開始時より続いた(付表1~3)。

そこで、0歳、亜成獣(飼育個体は1歳、野生個体は1歳と2歳)、メス成獣、オス成獣にまとめて1月上旬の平均体重を100として、相対体重の推移を比較すると、いずれの区分でも体重減少は実験1>実験2>実験3の順に大きいこと、体重差は徐々に拡大

していることがわかった(図9、10、11、12)。実験間の相対体重に有意差が生じるのは、2月中旬以降であり、3月はすべての区分で実験間の相対体重に有意差が認められた。

0歳の相対体重は、実験1と実験3の間で3月上旬以降4月まで有意差が認められた(図9)。すなわち、食物条件の良い実験3は、3月に入ると体重の増加が顕著になるのに対して、食物条件の悪い実験1では実験開始時より減少し続け、4月中旬における両実験間の相対体重は平均で22%の有意な差が認められた( $p < 0.05$ )。実験2の相対体重も、実験1と同様に、漸減傾向を示し、実験1と3の中間となつた。

亜成獣の相対体重(図10)は、2月上旬から3月中

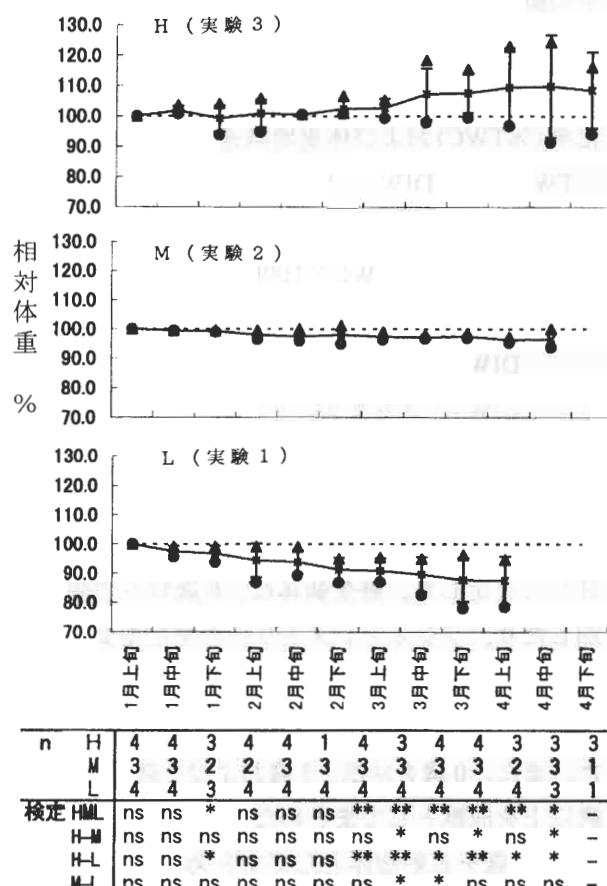


図9 異なる食物条件による実験におけるニホンジカ0歳子の冬期の体重変化

1月上旬時点の体重値を100としたときの相対体重(%)の平均値(実線)、SD(縦棒)および最大値(▲)、最小値の推移(●)。H、M、Lは実験3・2・1に対応する。nはサンプル数。検定でHML、H-M、H-L、M-Lは、それぞれ3実験間、実験3と実験2、実験1と実験3、実験1と実験2の相対体重の有意差検定(ANOVA)の結果を示す。

ns；有意差なし、\*； $p < 0.05$ 、\*\*； $p < 0.01$ 、\*\*\*； $p < 0.001$

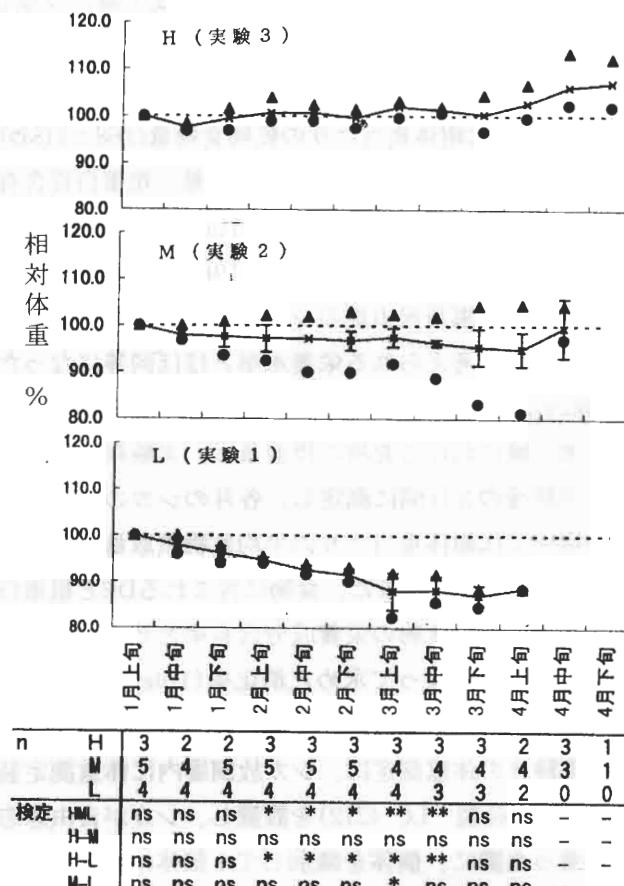


図10 異なる食物条件による実験におけるニホンジカ亜成獣の冬期の体重変化

1月上旬時点の体重値を100としたときの相対体重(%)の平均値(実線)、SD(縦棒)および最大値(▲)、最小値の推移(●)。H、M、Lは実験3・2・1に対応する。nはサンプル数。検定でHML、H-M、H-L、M-Lは、それぞれ3実験間、実験3と実験2、実験1と実験3、実験1と実験2の相対体重の有意差検定(ANOVA)の結果を示す。

ns；有意差なし、\*； $p < 0.05$ 、\*\*； $p < 0.01$ 、\*\*\*； $p < 0.001$

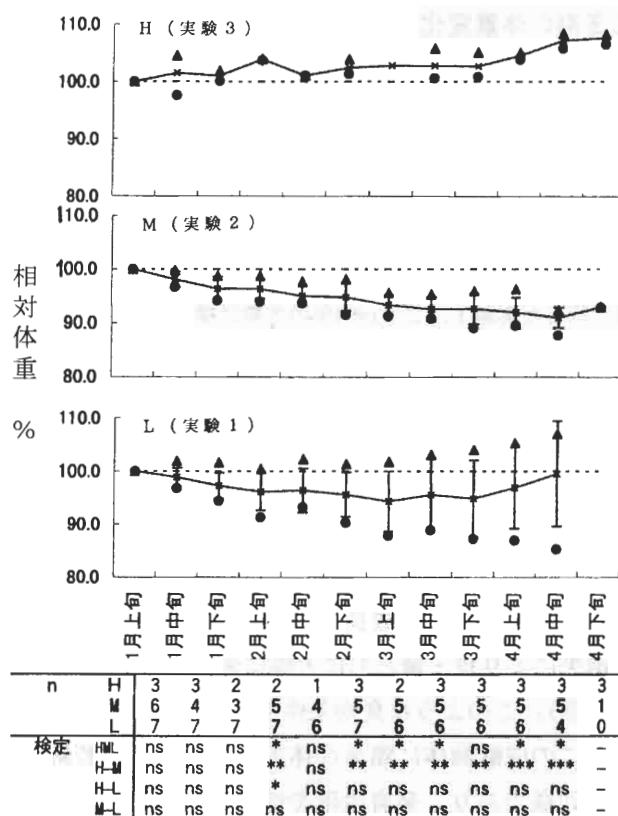


図11 異なる食物条件による実験におけるニホンジカ成獣メスの冬期の体重変化

1月上旬時点の体重値を100としたときの相対体重(%)の平均値(実線)、SD(縦棒)および最大値(▲)、最小値の推移(●)。H、M、Lは実験3・2・1に対応する。nはサンプル数。検定でHML、H-M、H-L、M-Lは、それぞれ3実験間、実験3と実験2、実験1と実験3、実験1と実験2の相対体重の有意差検定(ANOVA)の結果を示す。

ns；有意差なし、\*； $p < 0.05$ 、\*\*； $p < 0.01$ 、\*\*\*； $p < 0.001$

旬まで実験1と実験3に有意差があり、実験3では体重変化が小さいのに対して、実験1は実験開始時より体重が減少し続け3月中旬には平均で13%の有意な体重差が生じた( $p < 0.01$ )。

成獣メスの相対体重(図11)は、2月下旬から4月中旬まで実験2と実験3に有意差が認められた。すなわち、実験3では体重がわずかに増加傾向で推移するのに対して、実験2は連続して減少し、3月下旬には平均で10%の有意な体重差が生じた( $p < 0.01$ )。しかし、実験1の測定値は変動が大きかったので、実験1と実験3、実験1と実験2には2月上旬を除いて有意差は認められなかった。

成獣オスの相対体重(図12)は、2月中旬から4月中旬まで実験1と実験3に有意差があり、実験3で顕著に体重が減少した。この結果、3月下旬には実験1と実験3の相対体重は8%の有意な開きとなった

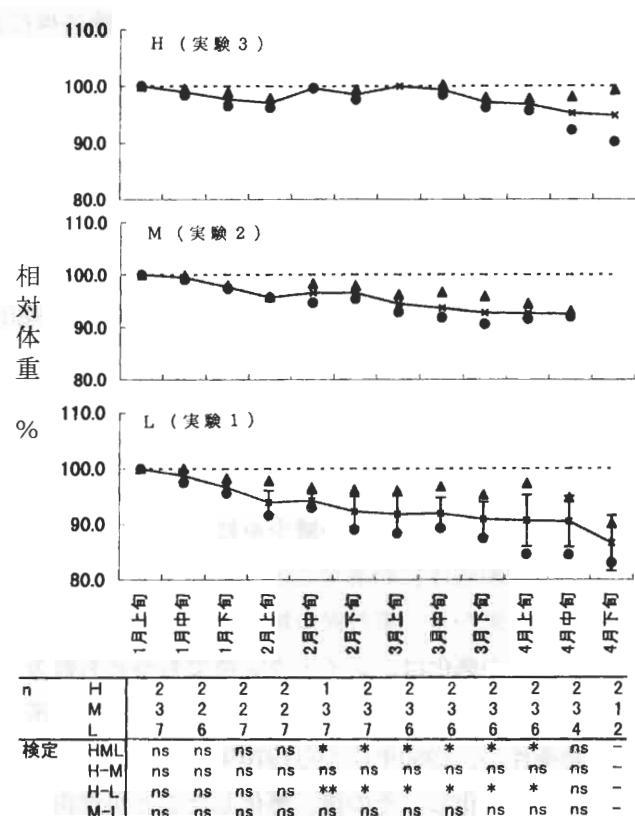


図12 異なる食物条件による実験におけるニホンジカ成獣オスの冬期の体重変化

1月上旬時点の体重値を100としたときの相対体重(%)の平均値(実線)、SD(縦棒)および最大値(▲)、最小値の推移(●)。H、M、Lは実験3・2・1に対応する。nはサンプル数。検定でHML、H-M、H-L、M-Lは、それぞれ3実験間、実験3と実験2、実験1と実験3、実験1と実験2の相対体重の有意差検定(ANOVA)の結果を示す。

ns；有意差なし、\*； $p < 0.05$ 、\*\*； $p < 0.01$ 、\*\*\*； $p < 0.001$

( $p < 0.05$ )。

次に、各実験における1月から3月にかけての一日の体重変化量(CR)を成獣と若齢個体にまとめて比較した(表17)。この結果、CRは実験1と実験3のあいだの成獣の平均値に有意な開きが認められたが( $p < 0.001$ )、実験1と実験2には有意差はなかった。若齢個体のCRは、実験1と実験3のあいだに平均で約200 g / 日の有意な開きがあり( $p < 0.001$ )、実験1と実験2にも平均で約90 g / 日の有意な差が認められた( $p < 0.05$ )。

## 考 察

東丹沢山地における過去および現在の冬の生息地を模した異なる三段階の食物条件に対する冬の間のシカの体重の変化から、食物条件の低下は冬の後半

表17 異なる食物条件における冬期の体重変化のちがい

処理		実験3	実験2	実験1	検定1	検定2
食物条件		高	中	低		
CR	全 体	35.4±70.3	-70.1±61.7	-107.2±71.5	***	ns
	成 獣	5.8±43.4	-91.3±32.8	-89.3±71.4	**	ns
	若 齢	56.6±80.9	-45.9±79.6	-142.8±62.6	***	*

1993年から1997年の冬期に神奈川県東丹沢山地札掛で行った実験1、2と1994年の冬期に横浜市野毛山動物園で行った実験3における1月上旬から3月下旬にかけての平均体重変化速度(CR、g/日)とSD。検定1はANOVAによる実験1、2、3における有意差検定結果を示す。検定2はANOVAによる実験1と実験2の有意差検定結果を示す。

ns；有意差なし，\*；p<0.05，\*\*；p<0.01，\*\*\*；p<0.001

期におけるシカの体重の減少を拡大すること、その影響は若齢個体に顕著なことがわかった。

この結果から、東丹沢山地に生息するシカの冬の栄養状態の悪化は、シイ・カシ帯でもっとも顕著であったと考えることができる。これは、この一帯の食物条件が、1960年代から1970年はじめにかけて一時的に良好化し、その後、悪化したことが理由である(古林, 1996b)。1960年代から1970年代初頭にかけての東丹沢山地のシイ・カシ帯は、積雪がほとんどなく、スズタケがスギ・ヒノキ壮齢林や広葉樹林などの林床に高い現存量で繁茂していた(宮脇ほか, 1964)。加えて、活発な植林活動によって食物利用可能量の大きな幼齢造林地や伐採跡地群落(古林, 1996a)が広く分布していた(古林, 1996b)。当時のシイ・カシ帯に生息したシカの食性は不明な点が多いが、捕獲個体の胃内容物および野外観察から、冬にはササとカシ類などの常緑木本、灌木の枝に食物が集中し、スギ、ヒノキ、イヌガヤ(*Cephalotaxus harringtonia*)などの常緑の針葉樹も重要な食物であったと指摘されており(丸山ほか, 1970b)、栄養価の高い食物を多く利用していたと考えができる。このような食物条件を模した実験3では、成獣オスを除いて冬のあいだに顕著な体重の減少が認められず、体脂肪をほとんど消費せずにシカが越冬できたことが示唆された。また、実験3では若齢個体に体重が有意に増加する個体がみられ、他のシカ類と同様に(Mitchell et al., 1976; Gate & Hudson, 1981; Milne et al., 1987)、摂取した栄養を体格成長に向ける様子が捉えられた。このようなことから、シイ・カシ帯のシカは1960年代から1970年代はじめには、冬期間も栄養状態が比較的良好に保たれ

ていたと考えられる。

これに対して、現在のシイ・カシ帯の食物条件は、幼齢植林木の成長、シカ柵の設置、スズタケの消失により質・量ともに大幅に悪化している(本論第3章)。このような食物条件を模した実験1では、すべての成獣個体に顕著な体重減少があり、若齢個体も同様であり、発育段階や性にかかわらず3月から4月には体重の減少が進み、栄養状態が悪化していることが示唆された。

シイ・カシ帯のシカの春先の栄養状態の悪化が個体群に及ぼす影響については、まず、幼獣の冬期死亡率の上昇が考えられる。これは、春から秋に摂取した栄養の多くを体格成長に振り向けるため、成獣と比べて初冬の脂肪蓄積量が少ない幼獣は、春先に過度の体脂肪消費が起こると豪雪や異常低温などへの耐性が低下したり、エネルギー欠乏によって死亡する危険性が高まると考えられるためである(Mautz, 1978; Gate & Hudson, 1981)。本研究で行った異なる食物条件を設定した実験で認められた相対体重の開きは、幼獣で3月以降に有意となつた。また、食物条件の悪化によって春先に体重減少が拡大すると、その体重減少分の回復に要する時間分だけ翌年の成長が遅れることになる(Milne et al., 1987)。この成長の遅れは初冬時の体重差も影響して、その累積効果によって性成熟を遅延させることも考えられる。シカ類の性成熟は、年齢よりも体重が影響し(Sadleir, 1987)、ニホンジカにおける春期発動時の体サイズは成獣の体サイズの約70%とされる(浅田, 1996)。今回の実験では、良好な食物条件と悪化した食物条件では幼獣では4月中旬時点で22%、亜成獣では同じ時期に13%の相対体重の開きが

みられ、この差が累積して春期発動サイズへの到達を遅らせる可能性がある。また、丹沢山地では4月以降に胎児の成長速度が加速して(羽山ほか, 1994)、付加的な栄養要求が高まるため、妊娠メスの栄養状態が悪化すると、流産や妊娠個体自身の死亡の危険性が高まることが考えられる。本研究の実験では、中庸な食物条件と悪化した食物条件では有意な体重減少が認められたが、良好な食物条件の場合に栄養状態の悪化がほとんど起こらないことが示唆された。これらから、食物条件が悪化した東丹沢山地のシイ・カシ帯でシカの栄養状態が悪化しており、幼獣や妊娠個体の冬期死亡率の上昇、初産齢の上昇、流産の発生による出産頻度の減少が起こり、個体群の自然増加率が低下し、シカ個体数の増加が抑制されている可能性が強い。

一方、東丹沢山地のブナ帯では標高1,300m以下の地域でスズタケが消失し(本論第1章)、食物条件が1990年代はじめ以降に急速に悪化しているが(本論第3章)、そこに生息するシカの冬の栄養状態はシイ・カシ帯ほど進んでいないと考えられる。これは、ブナ帯での積雪の減少により(本論第2章)、シカがササ群落の残存する主稜線部に移動して、ササの葉と落葉を適度に組み合わせて利用していると考えられることがその理由である(本論第1章)。このような食物条件を模した実験2では、初冬に栄養状態が良好な成獣で体重減少が認められたが、0歳や亜成獣では3月までの体重減少がほとんどみられず、東丹沢山地の主稜線部に生息する若齢個体は初冬時点の体脂肪蓄積量を維持して春先を迎えることが考えられる。東丹沢山地主稜部では、50cmを超えるまとまった積雪は2月後半から3月に認められ(本論第2章)、シカは食物条件の悪いブナ帯の下方へと移動したり(Borkowski, 1996)、主稜線部にとどまって広葉樹の樹皮を探食して過ごすため(Borkowski *et al.*, 1996)、春先のブナ帯のシカの栄養摂取量は低下することが考えられる。また、この時期、ササの現存量はシカの採食によって大きく低下する(Borkowski, 1996)。しかし、それまでの体脂肪の消費が少ないと考えられるブナ帯の若齢個体の場合、体脂肪を消費して栄養摂取の低下を補うことができ、エネルギー不足による死亡の発生が抑制される。近年の積雪期間の短縮も(本論第2章)このよう

なエネルギー収支に有利に作用していると考えられる。このため、ブナ帯の幼獣の冬期死亡率はシイ・カシ帯と比べて低く、シカの個体数は依然として増加傾向にあると考えられる。

## 第5章 東丹沢山地のシイ・カシ帯における食物条件の悪化がニホンジカ個体群の出生率に及ぼす影響

### はじめに

東丹沢山地のシイ・カシ帯は、1970年代に急増したシカが1980年代に向かって漸減するものの環境収容力に余裕のない状態が維持されてきた(古林・山根, 1997)。これは、スズタケ群落がほとんど消失したこと(古林, 1996b; 本論第1章)、幼齢植林地のすべてが防鹿柵により囲われたこと(古林, 1996b)などの理由で、冬のあいだは落葉など栄養学的価値の低い食物しか摂取できない状態にあり(本論第3章)、シカの栄養状態の悪化が示唆された(本論第4章)。シカの栄養状態の悪化は、幼獣死亡率の上昇、成長遅延による性成熟の遅れ、妊娠個体の出産率の低下を引き起こし、東丹沢山地のシイ・カシ帯のシカ個体数を抑制している可能性も考えられる(本論第4章)。

しかし、東丹沢山地のシイ・カシ帯に生息するシカの成長、初産齢、出生率は研究されておらず、また食物条件の悪化がシカの繁殖パラメータをどのように変化させ、生息密度にどう影響したかについて具体的な検討は行われていない。

そこで、本章では、東丹沢山地の南東部のシイ・カシ帯に位置する札掛に生息するニホンジカについて、栄養条件と生息密度が出生率および体重に及ぼす影響を検討した。

### 材料と方法

#### 平均出生日、出生時体重、体重の加齢的変化

栄養状態の悪化がシカの成長に与えている影響を明らかにするため、二つの食物条件を設定した。すなわち、食物条件Ⅰは、十分な量の栄養価の高い食物

が得られる場合であり、冬季でも常緑広葉樹の葉を利用できたスズタケ群落退行以前の東丹沢山地の食物条件を再現するものである。食物条件2は、栄養価が低く、十分な量の食物が得られない場合であり、落葉が餌の大部分を占めるスズタケ退行以後の東丹沢山地の食物条件を再現するものである。食物条件1の出生日、出生時体重、体重成長は、飽食量の高栄養飼料を毎日給与されている神奈川県横浜市立野毛山動物園と山梨県上九一色村の日本獣医畜産大学付属富士アニマルファームの飼育個体(飼育個体)の飼育記録から求めた。これらの個体は、すべて東丹沢山地で救護されたものに由来する。食物条件2の値は、東丹沢山地の札掛で行った補助的給餌(Yamane *et al.*, 1996; 本論第4章)の観測値(給餌個体)と、1991年から1998年まで東丹沢山地で発見された死亡または救護された個体(回収個体)から求めた。

**平均出生日**：食物条件1の平均出生日は、飼育記録により出生日が明らかな16個体(オス6頭、メス10頭)の平均値とした。食物条件2の平均出生日は、回収個体を用いて羽山ほか(1994)が求めた値である6月18日を適用した。

**出生時体重**：食物条件1の出生時体重は、出生直後に体重が測定された16個体(オス6頭、メス10頭)を材料とした。食物条件2の出生時体重は、回収個体のうち、外見上から生後1週間以内と判断された個体15頭(オス7頭、メス8頭)の体重値を用いた。

**体重の加齢成長**：体重の加齢成長を比較するにあたって食物条件1では、飼育個体の平均出生日から7か月経過した1月8日を0.7歳とし、それから1年、

2年、3年、4年以上経過した時点をそれぞれ1.7歳、2.7歳、3.7歳、4.7歳とした。食物条件2では、回収個体の平均出生日から7か月経過した1月18日を0.7歳とし、それから1年、2年、3年、4年以上経過した時点をそれぞれ1.7歳、2.7歳、3.7歳、4.7歳とした。なお、分析に用いた各齢のサンプルを表18に示す。飼育個体では12月下旬から1月下旬までを、給餌個体、回収個体では1月中旬から2月上旬の値を、それぞれサンプルに用いた。これは、飼育個体では、1月から2月にかけての体重変化率が平均で5%以内(本論第4章)であること、給餌個体・回収個体についても1月から2月の体重変化率は、10%以内であると推察される(本論第4章)ことから、この時期の体重変化が少ないと考えられるのがその理由である。なお、給餌個体の年齢は、耳標や発信器装着のために捕獲した時点で確認したり、給餌場での0歳から追跡観察により確定した。回収個体の年齢は、歯のセメント質の層板数による齢査定(大泰司, 1975)と歯の萌出状態(大泰司, 1980)から推定した。

#### 出産時の年齢および出産歴

食物条件1の場合は、飼育個体のすべてのメス14頭について出産時点の年齢、出産歴を調べた。食物条件2の場合は、1991年から1996年まで観察した給餌個体の成獣メス7頭について、毎冬0歳子の同伴の有無を調べ、出産時点の年齢、出産歴とした。

#### シカの生息密度

札掛における1997年冬のシカの生息密度を明らか

表18 体重の加齢成長の分析に用いたサンプルの内訳

食物条件	区分	体重測定時期	齢									
			0.7		1.7		2.7		3.7		4.7	
			オス	メス								
1	飼育個体	12月下旬	2	2	2	2	—	—	—	—	—	1
		1月上旬	4	2	5	5	4	3	—	—	4	5
		1月下旬	1	—	1	—	—	—	2	—	—	—
2	給餌個体	1月中旬	2	3	3	5	—	1	1	—	8	11
		1月中旬	—	—	1	1	—	—	—	2	1	3
	回収個体	1月下旬・2月上旬	3	3	—	1	—	—	1	—	—	2

にするため、区画法(Maruyama & Furubayashi, 1983; Maruyama, 1992)を用いてシカの個体数を調査した。調査地域は、札掛を流れる布川の支流のタライゴヤ沢の両岸、面積約451ha(図13)を対象とした。調査地の多くは亜高木層を欠く林内の見通しがよいスギ・ヒノキ人工林とモミ天然林が大半を占めることから、区画の平均面積を21.5haとし、タライゴヤ沢の支流の沢を挟んで21区画を設定した。調査は、1997年1月12日の11:00~13:00に、2時間にわたって行った。調査当日の天候は晴れで、場所によって約5cmの積雪が認められた。

シカの生息密度は、生息密度調査の結果から重複を除去したシカ発見個体数( $ND_1$ )をもとに、シカの見落としと調査地域の3か所で行われている補助的な給餌(大沢ほか, 1994; 本論第4章)の影響を補正して算出した。見落とし補正是、調査地域内に生息する首輪や耳標が装着されている8頭のシカの発見

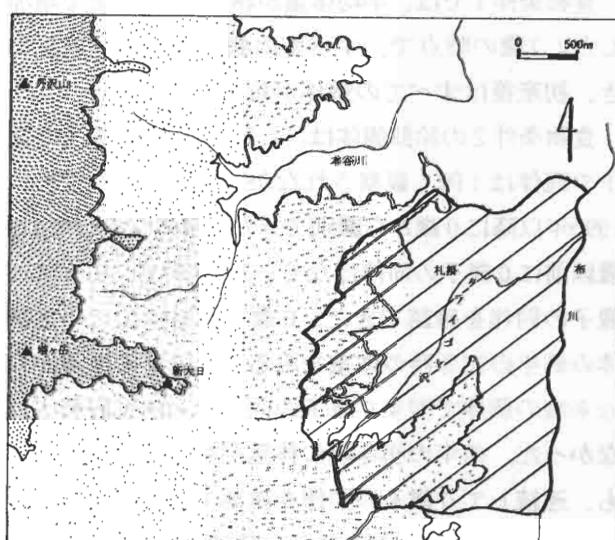


図13 東丹沢山地札掛で1997年1月12日に  
行ったシカ生息個体数調査の区域

斜線部分が調査地域。濃いドットは標高1,300m以上の地域、薄いドットは標高800m以上1,300m以下の地域を示す。

率(%FR)を用いて(5.1)式からシカの生息数( $ND_0$ )を求めた。個体数調査時点では、38頭のシカが給餌実験(本論第4章)とは異なる給餌に強く依存していたので(丹沢ホーム田口明氏、私信)、(5.2)式に示すようにこれらの個体数を除いて、自然条件下での生息密度(D頭/km<sup>2</sup>)を算出した。

$$ND_0 = ND_1 \times 100 / \%FR \quad (5.1)$$

$$D = (ND_0 - 38) / 4.51 \quad (5.2)$$

### 統計処理方法

体重値の比較は、分散分析(ANOVA)を用い、p値が0.05以下を有意とした。

## 結 果

### 丹沢産シカの平均出生日、出生時体重

食物条件1のオスおよびメスの出生時における平均体重は4.3±0.2(SE)kg(n=6)と4.3±0.1(SE)kg(n=10)、食物条件2では同じく4.1±0.1(SE)kg(n=7)と3.2±0.3(SE)kg(n=8)であった。雌雄間、食物条件間のいずれにも有意な差は認められなかった(表19)。しかし、食物条件1の平均出生日は6月4日で、食物条件2の平均出生日の6月18日(羽山ほか, 1994)と比較して2週間早かった。

### 丹沢産シカの体重の加齢成長過程

食物条件1における1月上旬時点の体重の加齢成長をみると、オス、メスとともに1歳まで急激に増加している(図14、15)。オスは、0.7歳で29.4±4.9(SD)kg(n=7)に、1.7歳では50.1±4.5(SD)kg(n=8)に達している。メスでは、0.7歳で26.3±2.3(SD)kg(n=4)に、1.7歳では45.3±5.5(SD)kg(n=7)に達している。1.7歳までの体重は雌雄に有意な差は認められない。オスは2.7歳から3.7歳にかけて体重の増加は鈍

表19 食物条件1と食物条件2のシカの成長に関する指標値

	食物条件2		食物条件1		検定
	オス	メス	オス	メス	
平均出生日		6月18日*			6月4日
出生時体重(kg)	4.1±0.1(7)	3.2±0.3(8)	4.3±0.2(6)	4.3±0.1(10)	ns

平均出生日、出生時体重(kg)。検定は食物条件1と食物条件2の雌雄をこみにした体重の差の検定結果(ANOVA)。( )内の数字はサンプル数。

\*1; 羽山ほか(1994)による。ns; 有意差なし

化し、2.7歳では $57.0 \pm 5.2$ (SD)kg(n=4)、3.7歳では $61.5$ kg(n=2)に達している。そして、4.7歳以降に再び有意に体重が増加して( $p < 0.01$ )、 $78.7 \pm 2.7$ (SD)kg(n=4)に達した。メスでは、2.7歳以降有意な体重の増加は認められず、2.7歳では $46.6 \pm 3.7$ (SD)kg(n=3)、4.7歳以上は $50.7 \pm 3.5$ (SD)kg(n=6)

に達している。4.7歳以上のオスの平均体重はメスの1.5倍となった。

食物条件2における1月中旬時点の体重の加齢成長は、オス、メスともに0歳から3.7歳まで体重が連続して増加している(図14、15)。給餌個体のオス平均体重の推移は、0.7歳で $18.7$ kg(n=2)、1.7歳で $34.7$ kg(n=3)、4.7歳以上で、 $60.8 \pm 9.8$ (SD)kg(n=8)となり、各年齢とも飼育個体の体重を有意に下回っていた。回収個体も給餌個体とほぼ同様の推移を示している。給餌個体のメス平均体重の推移は、0.7歳で $19.07$ kg(n=3)、1.7歳で $29.5 \pm 6.3$ (SD)kg(n=5)、4.7歳以上で、 $49.88 \pm 4.0$ (SD)kg(n=11)となつた。回収個体も給餌個体とほぼ同様の推移を示していた。給餌個体および回収個体は、0.7歳から2.7歳まで飼育個体の体重を有意に下回っていたが、4.7歳以上では有意な差はなかった。

### 出産

食物条件1では、平均体重が $48.0 \pm 2.7$ kgまで増加した2.7歳の時点で、すべての個体に初産が確認でき、初産後はすべての個体が毎年出産した。

食物条件2の給餌個体は、2.7歳以下のメスで0歳子の同伴は1例も観察されなかつた(表20)。また、1990年以降に0歳から識別できた3個体はすべて2.7歳以前に0歳子の同伴はなく、3.7歳時点に初めて0歳子の同伴を確認できた。0歳子を同伴していた個体の前年の初冬時の体重をみると、前年の体重が40kg未満の個体で翌年0歳子の同伴は一例も観察されなかつた。前年の初冬時の体重が40kg以上の個体でも、連続して0歳子の同伴を確認できたのは2例だけで、その他は1年おきにしか確認できなかつた(表20)。

### シカ個体数調査の結果

個体数調査で発見したシカの頭数は76頭で、標識のついたシカ8頭が100%含まれていた。したがつて、見落とし補正の5.1式よりシカの生息頭数は76頭となつた。生息密度は、5.2式より $9.0$ 頭/km<sup>2</sup>と求められた。

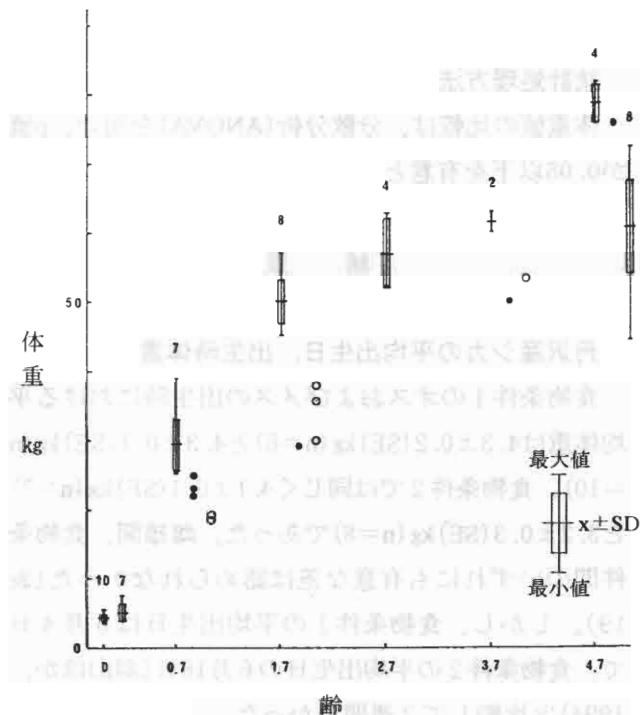


図14 オスの飼育個体、給餌個体、回収個体の加齢成長

各齢の左は飼育個体、中(●)は回収個体、右(○)は給餌個体の観測値を示す。数字はサンプル数を示す。

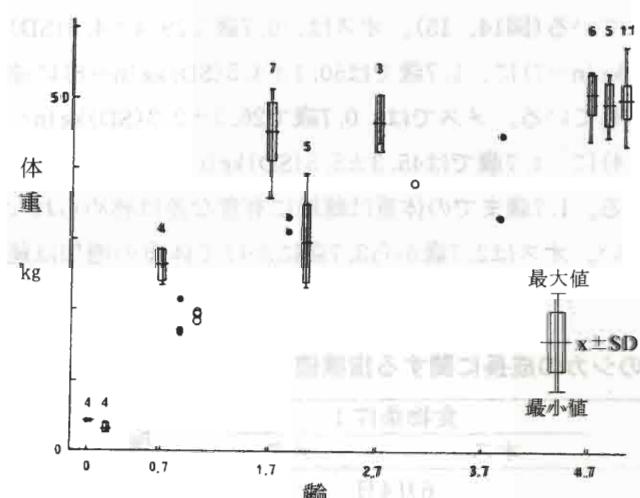


図15 メスの飼育個体、給餌個体、回収個体の加齢成長

各齢の左は飼育個体、中(●)は回収個体、右(○)は給餌個体の観測値を示す。数字はサンプル数を示す。

表20 神奈川県東丹沢山地札掛の野生ジカの出産の有無および1月上旬の体重

個体番号	出生年	観察年					
		91	92	93	94	95	96
D 1	90年以前	(不明)	♂ (52.6)	♀ (51.4)	×	(○)	(×)
D 2	89	(×)	♀ (45.0)	♀ (38.4)	×	(○)	(×)
DX	90年以前	—	—	—	○ (55.6)	×	○ (59.0)
D 6	90年以前	—	—	—	×	—	— (50.6)
D 4	92	—	×	×	×	♀ (31.0)	×
J 3	93	—	—	×	×	(×) (31.0)	(○)
J 4	93	—	—	×	×	×	(○) (42.0)
成獣メスの数		2	2	4	4	6	
子連れメスの数		2	2	1	3	3	
同上 %		100	100	25	75	50	

1992年から1996年の冬期に給餌実験で観察にもとづく。一は、給餌場の利用がみられなかった個体。♂はオス、♀はメス、○は性別不明を出産したこと示す。×は子連れが確認できなかったことを示す。上段の( )は給餌場以外で確認したことを示す。下段の( )内の数字は1月上旬の体重(kg)を示す。

### 考 察

食物条件1の体重の加齢成長や繁殖能力は丹沢山地の野生ジカがとりうる最高水準に近いものと考えられる。東丹沢山地のシイ・カシ帯では1960年代後半から1970年代はじめには、スズタケが広く林床に繁茂し活発な植林活動も加わり食物条件が良好であったこと(本論第3章)から考えて、当時は、発育段階の体重増加の速度が早く、1歳で性成熟し2歳で初産を迎え、その後も出産を繰り返す飼育個体に近い個体群がこの一帯にも生息していたことが考えられる。

食物条件2にみられる体重の加齢成長や繁殖能力は、成獣の体重の到達期間が約1年遅延していること、出産開始齢が3歳であること、初産後の出産が間断的なことなど、食物条件1と比較して大きく異なる。体重の加齢成長に関しては、出生時点の体重および成獣メスの体重に飼育個体と給餌・回収個体との間には有意差は認められず、給餌・回収個体には体サイズの小型化はまだ起こっていないことが示唆される。オスについては性的二型により成長が持続していると考えられる。この点については、さらに4.7歳以上のサンプル数を追加して、食物条件による影響を検討する必要がある。しかし、少なくとも4.7

齢時点では飼育個体と回収個体の間に有意な差がある。多くの動物で、密度依存的に食物資源の枯渇が生じると、成長の遅延が起り、続いて体サイズが小型化することが知られている。シカ類でも島嶼環境においてこの変化を時系列的に捉えた報告は多く、ニホンジカでは北海道洞爺湖中島で小型化の過程の観察がある(Kaji *et al.*, 1988)。東丹沢山地のシイ・カシ帯の場合、食物条件の悪化が進んでおり(本論第3章)、このままでは食物条件の改善は期待できないと考えられることから(本論第4章)、現在の成長遅延は将来的に個体の小型化へつながる可能性がある。

シカ類の春期発動は体重に最も強く規定され(Sadleir, 1987)、ニホンジカでも同様である(鈴木, 1994; 浅田, 1996)。発育段階の体重成長の遅延は、性成熟を遅らせ初産齢の上昇に結びつく。本研究でも、丹沢山地の給餌・回収個体が飼育個体に比べて、発育段階の体重の加齢成長に約1年の遅れがあり、同時に初産齢も1年遅れていることを確認した。また、給餌・回収個体で出産頻度が低下していることも示唆された。このため、丹沢山地で食物条件が悪化した生息地のシカ個体群は、自然増加率が低下し、シカの個体数増加が抑制されている可能性が大きい。

本研究における札掛でのシカ個体数調査の結果は、このような推察を裏付けている。札掛における冬の時点のシカの生息密度は、1970年代後半以降は漸減しており(古林・山根, 1997)、1987~1989年の平均生息密度( $n=3$ )は、約13頭/ $\text{km}^2$ であった(麻布獸医大学動物研究会, 未発表資料)。今回(1997年)の調査では、9頭/ $\text{km}^2$ と推定され、同年12月の調査では11頭/ $\text{km}^2$ が示されており(永田ほか, 未発表)シカの生息密度は減少した後に約10頭/ $\text{km}^2$ の密度で推移していることがわかる。また、ブナ帯下部700~1,000mにおける1995年2月の密度は9頭/ $\text{km}^2$ で(本論第1章)、スズタケ群落が退行した東丹沢山地の山麓部の現在のシカの密度は10頭/ $\text{km}^2$ と考えることができ、主稜線部に比べて低いことが示唆される。

東丹沢山地のシイ・カシ帯では、スズタケが1980年代後半にはほぼ消失し、その後は食物供給の低下によりシカの栄養状態が悪化している(本論第4章)。にもかかわらず、1987年以降にシカの生息密度が減少しないのは、自然増加率の低下に加えて、狩猟圧が低いこと、豪雪による大量死がほとんど起こらないためと考えられる。また、食物条件のよい生息地へシカが移出していることも考えられる(古林・山根, 1997)、東丹沢山地における暖冬傾向は続く可能性が高く(本論第2章)生息密度の大幅な減少は起これにくいため、今後もシカの生息地への影響は常に強く維持され、植生の回復とそれに伴う食物条件の改善は当面見込めないと考えられる。

### 総合考察

森林伐採によるシカの食物利用可能量の急激な増加と鳥獣保護施策が原因して、1960年代後半から1970年代にかけて本調査地域のシイ・カシ帯の上部でシカの爆発的増加がおこり、広範囲にわたって高密度地域が出現したことが示されている(丸山, 1981; 古林, 1996b)。

その後、林業被害を軽減する目的から、1970年代後半から1980年代に集中して幼齢植林地に食害防止柵が設置された。こうした、森林伐採に始まる一連の人為的な環境の変化は、ニホンジカの生息環境に大きな影響を及ぼすこととなった。その結果、北海道洞爺湖中島の場合と同様に、ササの退行・樹皮喰

い現象(Kaji *et al.*, 1988)が東丹沢山地においても発生した(古林, 1996b)。植生の劣化は鳥獣保護区を中心に顕著になっている(古林ほか, 1997)。

スズタケが退行した地域におけるシカ個体数は、高密度に達した後、ゆっくりと個体数が減少する「漸減型」の変動が明らかにされている(古林・山根, 1997)。この「漸減型」の個体数変動は、生存限界密度(Dasmann, 1964)に近い状態で長期間持続するため、環境に及ぼす影響が大きくなると考えられる。スズタケの大規模な退行は、その葉が冬のシカの主要な食物であり、かつ、シカの採食圧に対する耐性が低い植物であることが、原因と考えられる(古林・山根, 1997)。

シイ・カシ帯での食害防止柵の設置、スズタケ群落の退行というシカの生息環境の顕著な変化は、当然のことながらシカ個体群にも大きな影響を及ぼすこととなった(本論第5章)。

### シイ・カシ帯でのシカ個体群の低質化

洞爺湖中島では植生の劣化にともない、幼獣の成長遅滞、繁殖率の低下、老齢・若齢個体の死亡率の上昇が起こったこと、その後、越冬期の食物の質と量の低下によって厳しい冬を乗り切れなくなり大量死が発生したことが明らかにされている(Kaji *et al.*, 1988)。札掛では体重変化をとおして栄養状態を連続的に測定したところ、発育段階や性に関わらず3月から4月に栄養状態が顕著に悪化していることが示された(本論第4章)。このことは、食物条件が良好だった1970年頃と比較して発育遅滞が起これば成熟年齢が1歳上昇していることや性成熟に達した成獣メスの出産頻度の低下に結びついていると考えられる(本論第5章)。また、スズタケ退行後に東丹沢山地で回収した死亡個体から推定された平均妊娠率が60~70%と低いこと(古林ほか, 1997)、1994年以後の腎脂肪指数が顕著に低下していること(羽山ほか, 1994)など、スズタケ消失地におけるシカの栄養状態が顕著に悪化していることも指摘されている。

一般にシカ類では生存限界密度(Dasmann, 1964)に近い状態にあると冬の異常低温や豪雪により大量死亡が起こるとされているが(Leopold, 1943; Scheffer, 1951; Dasmann, 1964; Klein, 1968;

Christian *et al.*, 1960)、ニホンジカにとてても例外ではない(栃木県日光山地、池田・飯村, 1969; 丸山・高野, 1985; 北海道洞爺湖中島, 大泰司ほか, 1985; 伊藤, 1986)。東丹沢山地においても、1984年の豪雪時に30頭を超える餓死個体が発見された(古林, 1996b)。その後の生息密度は、10頭/km<sup>2</sup>前後で推移してきたと推察される(本論第5章)。その理由として以下に述べる要因が働いたことが考えられる。

- (1) スズタケ退行後にシカの採食植物が変化して冬の食物として落葉への依存度が高まった(三谷, 1995; 牧野, 1996)。落葉はササの葉に比べると栄養学的価値は劣るが、越冬期のシカの可消化エネルギー要求量を維持しうる栄養価を持つ(本論第3章)。
- (2) シカの生存にとって顕著に進んだ暖冬(本論第2章)がプラスに作用した。
- (3) シカ個体群のエネルギー需要を低下させるような生理的な変化が起こった。すなわち、札掛での観察では、1970年初頭のシカと比較して4歳以上で体サイズの差はないと考えられたが(本論第5章)、発育段階で成長遅延が起こっており、0歳と1歳の冬の体重は平均すると30%小さく、2歳および3歳の個体も約10%小さかった(本論第5章)。体重が軽くなると、その分基礎代謝量は少なくなく(Robbins, 1993; 白石ほか, 1994)ため、環境収容力が低下しても個体数の減少につながらなかつたと考えられる。

このように、食物条件が悪化したシイ・カシ帯では個体レベルの栄養状態の悪化、シカ個体群の質的低下が進んでいると考えられるが、暖冬によって異常低温や豪雪が10年間以上発生しなかつたこと(本論第2章)、落葉への依存によって生息密度の低下をまぬがれてきた可能性が高い。

1995年時点の札掛の食物現存量は全般に乏しく、林床植生の植被率が10%以下の場所が全体の約8割を占めるに至っている(永田, 1996)。地形が概して急峻な丹沢山地では、このような林床植生の貧化が土壌流亡の発生を促し、生息地の破壊が広く起ころ危険性を指摘できる(Dasmann, 1964; 丸山, 1981)。同時に、個体レベルの貧栄養化が進み病気への抵抗性の低下や寄生虫感染率が上昇して(Behrend

& Witter, 1968; Davidson & Dostor, 1997など)、シカの死亡率が高まり(Kellogg, 1976)、シイ・カシ帯上部のシカ個体群の低質化がさらに進行することが考えられる。

スズタケの消失とそのシカへの影響に関しては、ササは日本列島に特有の植物であり(鈴木, 1978)ニホンジカの生息域に重なって広く優占分布するため(丸山, 1981; 高槻, 1992)、本研究の結果は他の地域においても同様に起こることが考えられる。

### ブナ帯高標高地でのシカの高密度集中

東丹沢山地の森林施業のシカの生息地へのもう一つの影響には、ブナ帯の高標高地に残存するスズタケおよびミヤマクマザサ群落への越冬期のシカ集中である(本論第1章)。主稜線付近での1995年冬期の50頭/km<sup>2</sup>を超えるシカの高密度集中分布(本論第1章)は、1994年(Borkowski, 1996)、1996年(丹沢大山自然環境総合調査団シカ班, 1997)の冬にも確認されている。

この背景として以下の2点が指摘できる。

第一は、ここ30年間の気温の上昇が積雪の減少をもたらし(本論第2章)、これがブナ帯の高標高地におけるシカの高密度集中を支えていることである(本論第2章)。第二は、落葉と組み合わせてササの葉を豊富に利用することで、シカは生存に必要な栄養を満たして越冬できることである(本論第3章; 本論第4章)。シイ・カシ帯でのスズタケ退行以前には、高標高地で積雪量が増加するにつれて、積雪が少なくササが利用できる場所へ小規模な移動を行っていた(三浦, 1974; 丸山, 1981; 古林, 1996b)。しかし、スズタケがブナ帯の標高1,300m以下の範囲で消失するに及んで、スズタケ退行以前はブナ帯に広く分布していたシカがササの現存量の高い採食空間を求めて冬に高標高地へと集中するようになった(本論第1章)。

現在、本州ではニホンジカが広域に分布し、個体数の多い地域として栃木県日光山地、奈良県大台ヶ原、岩手県五葉山をあげることができる(常田ほか, 1979)。これらの地域に共通している餌植物はミヤコザサである。ミヤコザサはシカの採食圧に対して高い耐性を持つササであるため、長期間にわたつ

てシカの高い生息密度を維持することが可能である。ミヤコザサに依存する高密度シカ個体群による植生劣化が各地域で大きな社会問題となっている(丸山ほか, 1985; 星野ほか, 1987; 高槻, 1992; 神崎ほか, 1998)。

丹沢山地の主稜部では、約30年前の1964年の調査時、スズタケとミヤマクマザサが優占分布していた(浅野・小滝, 1964; 生嶋, 1964; 手塚・奥田, 1964)。現在、スズタケの分布域の縮小は東丹沢山地を中心に進行している(中村ほか, 1997; 大野・尾閑, 1997)。分布域の退行は認められないものの、ミヤマクマザサも20~40cmに矮化している場所が多い(Borkowski, 1996; 矢ヶ崎ほか, 1997)。しかし、ミヤマクマザサもミヤコザサ同様に累積的な採食圧に対して強いササと考えられるから(古林ほか, 1997)、暖冬化とあいまって(本論第2章)、ブナ帯の高標高域では大幅なシカ個体数の減少が起こりにくいことが考えられる。このため、シカの高密度越冬現象が持続して、シカによる樹木剥皮がさらに拡大して(羽山ほか, 1994; 古林ほか, 1997; Borkowski et al., 未発表)枯死する樹木が増加し不嗜好性樹種が優占するようになり(星ほか, 1997)、森林の樹木構成が単純化すること(星野ほか, 1987; 神崎ほか, 1998)や植物種の地域的絶滅(星ほか, 1997)の可能性が高いことが指摘できる。

### 丹沢山地におけるシカ管理

以上に述べたようなシイ・カシ帯でのスズタケを中心とした林床植生の消失、シカ個体群の低質化と生息密度の低下、およびブナ帯植生に対するシカの影響の増大は、有効なシカ個体群管理の遅れに原因するものと考えられる。

このため、有効な個体群管理の展開が求められるが、その前提となる、シカの公共財化、公有保護区の拡大、自然環境教育の推進などのシカの保護管理に必要な前提条件(丸山, 1993)を並行して整備する必要があると考えられる。

本論で示したように丹沢山地のシカ問題は、現在、林業被害問題から県民共通の財産である森林生態系を損なう被害問題へと変化しており、シカ個体群そのものの管理が求められる。しかし、無主物と

してシカが位置づけられた現状では、管理主体と責任の所在がはっきりとせず有効な対策の妨げとなっていると思われる。このため、シカを実質的に公共財とみなすような合意形成が、行政によるシカ管理の展開の基本条件として欠かせない。また、シカの公共財としての位置付けは後述する生態系保護区の積極的整備と、そのための土地の公有化の根拠として重要である。

シカ個体群とその生息地は密接な関係があり、とくに森林伐採や森林改変がシカ個体数増加の契機となる(Maruyama & Tokida, 1996; 古林・山根, 1997)。また、その後の森林管理もまた個体数変動に影響を及ぼし、山麓部での生息地の改変に始まるシカの個体数変動は高標高地へと波及することが明らかになった。このため、高標高域の保護区でのシカ個体群の保護管理は、保護区の周辺の山麓部における森林利用にも一定の制限を加える必要が生じる。

自然環境教育の推進も、現在のシカ問題を解決する各種手段の展開に不可欠である。日本の場合、自然保護運動は自然に関する資源論的価値観、自然回帰主義的価値観、動物愛護的価値観、生態学的価値観のそれぞれが互いに連動しながら展開されてきたとされる(丸山, 1993)。都市の近くに立地し、過去にシカ個体群の絶滅の危機を経験した丹沢山地の場合は、動物愛護的な価値観が自然保護運動を支配してきた傾向がある。その結果、シカのコントロールには強い拒絶反応があり、個体群管理実行を遅れさせてきたと考えられる。しかし、丹沢山地の自然生態系を保全するには、現時点ではシカ個体群コントロールを組み込むことが必須要件と考えられる。このため、学校教育、社会教育を問わず多くの場面で生態学を基礎とするような自然環境教育を普及させ、シカを含む生態系のメカニズムへの科学的な理解を広め、生態系の保護管理と矛盾しないシカ個体群管理(丸山, 1993)の実現への合意の基礎をつくる必要がある。

シカ保護管理の遅れは、また、シカ個体群動態に関する見通しの誤りにも起因していると考えられる。ニホンジカの個体数変動には二つのタイプがある。すなわち、崩壊型(Kaji et al., 1988など)と漸減型(古林・山根, 1997)である。前者では、シカが植生に対して強い影響を与え、森林生態系の劣化、

さらにはシカ個体群の崩壊の危険性があることが確認されている。後者のタイプは、積雪による大量死が起こりにくい場所で普通に発生し、時間の経過につれて崩壊型同様の危険性があることが本論で明らかにされた。現行の丹沢山地のシカ管理システムが創出された1970年当時にはこのような知見はまだなく、最大の関心事であった林業被害の低減への対応が重要視されたのはやむをえなかった部分が多い。また、増加したシカが、地球温暖化の影響も手伝つて高標高地のブナ帯に集中し(本論第1章; 第2章)植生劣化をもたらし、その後漸減型の個体数変動をたどる可能性は、誰もが予測できなかつた。しかし、今後は漸減型の個体数変動パターンをふまえて、シカの保護管理計画を策定する必要がある。

丹沢山地のシカによる森林生態系の劣化は、とくに鳥獣保護区で激しいが(古林ほか, 1997)、これは現行の保護区制度のあり方にも起因すると考えられる。現行の鳥獣保護区は特定の個体群の保護管理を視野に入れていない。このことは、本論で示したように人為を原因としながらもシカ自身が自然生態系の劣化を起こしている点から明らかである。したがつて、現行の鳥獣保護区を、生態系全体に目を向けた生態系保護区へと再編する必要がある(丸山, 1993; Maruyama & Tokida, 1996; 古林ほか, 1997; 丹沢大山自然環境総合調査団, 1997)。また、生態系保護区の配置に関しては山麓部の設置も考えていく必要がある。丹沢山地では、鳥獣保護区の多くは国有林や県有林と重なつて丹沢山地の中心部の標高800m以上に多く配置され、周辺の山麓部で林業などの森林利用が行われ、防鹿柵の設置により生息環境の悪化が進んでいる。このような鳥獣保護区の配置が、シカが高標高域への集中の大きな要因となつてゐる。このため、シカが分散して生息できるような生息環境を山麓部に作り出す必要がある。山麓部での保護区拡大は、買い取りにより進めるのは経済的・財政的理由で非常に困難と考えられる。神奈川県が重点施策として現在取り組んでいる「水源の森林づくり事業」では、機能の高い水源林の確保に向け買い取り、借り上げ、分収育林などの手法により実質的な森林の公有化が展開されており、丹沢山地の大部分は事業対象地に含まれている(神奈川県資料, 1998)。そこで、本事業の確保森林に生態系保護

区に準じた位置づけを与えることが考えられる。生態系保護区では、自然回復に関するガイドライン作りも重要な課題である。とくに、丹沢山地の山麓部はすでに人工林化が進んでいるので、移行期を設けて徐々に生態系保護区へと移行させる森林管理技術が求められるだろう。この際、シカ個体群の成長率を抑制する内容がとくに重要になると考えられる(丸山, 1993; Maruyama & Tokida, 1996; 古林, 1996b)。ニホンジカ個体群の成長は、栄養価の高い食物の急増(古林, 1995; 古林・山根, 1997)やセックス・セグリゲーションとの関連がある(Maruyama, 1981; 丸山, 1993)。このため、経済的、立地的に再造林の見込みのない伐採や造林限界地での新規造林は禁止し、山麓部においても大規模な造林を避け、小面積の伐採あるいは伐採率の低い択伐を採用し、天然林更新を進めるなど、収穫更新技術の工夫(丸山, 1993; Maruyama & Tokida, 1996)が必要となる。やむを得ず、皆伐を行う場合には、良好な餌場の出現を回避するため伐採後すみやかに造林地をフェンスで囲うことを義務づける必要がある。高標高域の保護区では、林道や治山工事などの緑化に伴う餌条件の良好な場所の出現を防ぐ必要がある。各種工事にともなう緑化では、牧草など栄養価の高い植物が用いられることが多く、緑化施工地がシイ・カシ帯における森林伐採跡地群落と同様な食物条件を作り出し、シカの栄養状態を良好化させ個体数を増加させる可能性が高い(三谷ほか, 投稿中)。このため、大規模な緑化施工を避ける、施工地を柵で囲う、植物種を選択する、などの配慮が必要と考える。以上に述べたような森林管理手段は、当然ながらシカ個体群のモニタリングやシカコントロールと連動して進めなければならない。

生態系保護区における生態系の維持には、シカの影響を適当なレベルまで抑えることが重要である(丸山, 1993; Maruyama & Tokida, 1996)。本論でみたように、面積が狭く有効な制限要因のない場所でシカを放置することは植生の破壊へつながるからである。このため、シカ個体数のコントロールを保護区であつても持続的に実行する必要がある。シカ個体数の調整方法には、「捕獲・移動」、「繁殖の人工的調整」、「銃猟による個体数調整」、「捕食獣の導入」が直接的な方法としてある(Porter, 1998)。現時点で

は銃等による個体数調整が現実的な選択肢であり (Porter, 1998)、合理的な狩猟と駆除を通じて日常的に個体群コントロールを行うことが目標となるだろう(丸山, 1993)。しかし、保護区での個体群コントロールには、行政の監視を伴う科学的狩猟・駆除の実施(古林ほか, 1997)に加えて、狩猟の社会での適正な位置づけやハンターの意識や倫理などの変革(丸山, 1993)が課題と考えられる。さらに、本研究のようなシカと植物との栄養生態学的関係に関する研究を並行して行い、植物の再生産に影響が小さく生態系の多様性を保全できるシカの密度(生態系保全環境収容力)を明らかにすることも必要である。シカの個体群コントロールは、人の手だけでは頭数や個体群の質などのモニタリングの困難性、地形の複雑さなどに起因する技術的制約、予算などの経済的制約のため、目標とするような密度レベルを精度良く達成できない可能性がある。これは、上述した科学的狩猟・駆除が実施されているドイツなどの欧米各国においてもシカによる林業被害や生態系の劣化が問題化していることからも推察できる。このため、オオカミ(*Canis lupus*)などのトップ・プリデーターを導入して自然の「捕食者-被食者」システムを再構築し完全な生態系を復元する試みが、すでにドイツの生物圏保護地域やアメリカ合衆国の国立公園(Bangs & Fritts, 1996)などで始まっている。シカの捕食者であったオオカミは、森林が攪乱されていない正常な環境では、シカ個体数の増加を抑える効果を持つと考えられているためである。日本でも、生態系保護区へのオオカミ導入の必要性がすでに指摘され(丸山, 1993; Maruyama & Tokida, 1996)、検討が始まっている(Maruyama et al., 1996; Angeli et al., 1998)。丹沢山地の生態系保護区の管理オプションを模索する上で、「捕食者-被食者」システムの再構築は最終的な課題である。

丹沢山地の新しいシカ管理については、1997年度より丹沢大山保全計画の一環として検討が進められている。この作業は、1993年度から1996年度まで行われた丹沢山地における自然環境に関する総合的な調査に基づくもので(丹沢大山自然環境総合調査団, 1997)、連動してシカの保護管理指針の策定が、幅広いシカ生態研究の成果をふまえて進められている。この丹沢大山保全計画の最も注目すべき点は、シカ

を含めた野生動物の管理を行政が主体的に継続的な調査研究と検討を行い、森林行政や自然公園行政などと一体となって履行するための総合的な機関の設置を強く求めた点にある。この構想が一日も早く実現し、本節で述べた丹沢山地におけるシカ個体群の保護管理が吟味・実施され、丹沢山地の自然生態系の保全が進むことを期待したい。

## 謝 辞

本研究は、次にあげる多くの方々のご理解、ご援助がなければ成しえなかつた。稿を終えるにあたり、深く感謝の意を表します。

東京農工大学農学部丸山直樹教授には論文の作成にあたり終始懇切な指導を頂き論文審査の主査をして頂いた。宇都宮大学農学部谷本丈夫教授、茨城大学農学部松澤安夫教授、宇都宮大学農学部小金澤正昭助教授には本論文のご審査を賜り、貴重なご助言を頂いた。東京農工大学農学部古林賢恒助教授には、学生時代よりご指導受け、本研究の端緒を開いていただいた。また、本論文のご審査に加え、本研究の実施ととりまとめに関しても辛抱強いご助言とご指導を頂いた。日本獣医畜産大学獣医学科羽山伸一講師には、本研究の企画段階から終始有益なご示唆を頂いた。日本獣医畜産大学時田昇臣講師には栄養成分分析などにあたり格別のお力添えを頂いた。また、東北大学理学部西脇亜矢博士、日本獣医畜産大学吉村格講師、横浜市白石利朗氏には、貴重な資料の提供と野外実験の実施に協力を頂いた。東京農工大学農学部亀山章教授には、本論分の執筆のきっかけとなった農工大学での1年間の研究員生活の場を与えて頂き励ましたとご指導を賜った。東京農工大学農学部神崎伸夫助教授には貴重なご助言を頂くとともに面倒をおかけした。

神奈川県林業試験場(現森林研究所)の高林章朗元場長と込山昌士元場長、神奈川県森林研究所の室岡幸夫前所長、高野宏所長、鈴木清前研究部長には、本研究の実施の機会を与えて頂くとともに様々なご支援下さった。神奈川県森林研究所の池上栄治技能技師と三橋正敏技能技師には、現地調査および各種研究機材の作製や設置に大変お世話になった。テー

タの解析や様々な室内作業にあたっては、佐藤恭子さんにひとかたならないお力添えを頂いた。

現地の調査では、神奈川県県有林事務所の皆様のご理解、ご便宜、ご協力を頂いた。また、丹沢での仲間である倉野修氏、田口明氏、後藤達彦氏、羽太博樹氏、皆川康夫氏、ヤコブ・ボルコフスキイ氏、永田幸志氏をはじめとする多くの方々、滝井暁子氏、小原久代氏をはじめとする東京農工大学古林研究室の学生諸君に、単調で大変な調査を快く手伝って頂いた。

丹沢山での調査では、みやま山荘の管理人である石井清氏に宿泊などのお世話になった。故中村芳男先生、中村道也氏をはじめとして国民宿舎丹沢ホームの皆様には、本研究に限らず学生時代より公私にわたりお世話になった。改めて感謝の気持ちを捧げます。

最後に、研究活動と本論文の作成のため、不規則な生活となり迷惑をかけた家族に感謝したい。

## 引用文献

- Angeli, C. B., Maruyama, N., Koganezawa, M., Thakahashi, M. & Chinen, S. (1998) Japanese peoples' attitudes toward wolves and their reintroduction into Japan. *Biosphere Conservation*, 1(1) : 63–71.
- 浅田正彦 (1996) 房総半島におけるニホンジカの生態学的特性. 1996年度東京大学農学生命科学研究科学位論文, 56p, 東京.
- Asada, M. & Ochiai, K. (1996) Food habits of sika deer on the Boso peninsula, Central Japan. *Ecological Research*, 11 : 89–95.
- 浅野貞夫・小滝一夫 (1964) 丹沢山塊の植物相と植物群落. X竹笹の分布と種類. 丹沢大山学術調査報告書, 219–225, 神奈川県, 477p, 神奈川.
- Bailey, J. A. (1967) Sampling deer browse for crude protein. *Journal of Wildlife Management*, 31 : 437–442.
- Bangs, E. E. & Fritts, S. H. (1996) Reintroducing the gray wolf to central Idaho and Yellowstone National Park. *Wildlife Society Bulletin*, 24(3) : 402–

413.

- Behrend, D. F. & Witter, J. F. (1968) *Pneumostomylus tenuis* in white-tailed deer in Maine. *Journal of Wildlife Management*, 32(4) : 963–966.
- Borkowski, J. (1996) The ecology of Sika deer in relation to their habitat at high altitude of Tanzawa Mountains. Dr. thesis of Tokyo University. 105p.
- Borkowski, J., Habuto, H. & Furubayashi, K. (1996) Effect of snow cover on the distribution of non-migratory Sika deer on the top of Mt. Tanzawa, Japan. *Journal of Forest Research*, 1(1) : 9–12.
- Christian, J. J., Fleyger, V. & Davis, D. E. (1960) Factors in the mass mortality of a herd of sika deer, *Cervus nippon*. *Chesapeake Science*, 1 : 79–95.
- Davidson, W. R. & Doster, G. L. (1997) Health characteristics and white-tailed deer population density in the southeastern United States. 164–184, in “The Science of Overabundance, Deer Ecology and Population Management”, Smithsonian Institution Press, Washington and London.
- Dasmann, R. F. (1964) *Wildlife Biology*. John Wiley and Sons, 231p, New York.
- Ditchkoff, S. S. & Servello, F. A. (1998) Literfall, an overlooked food source for wintering white-tailed deer. *Journal of Wildlife Management*, 62(1) : 250–255.
- French, C. E., McEwen, L. C., Magruder, N. D., Ingram, R. H. & Smith, R. H. (1956) Nutrient requirements for growth and antler development in the white-tailed deer. *Journal of Wildlife Management*, 20 : 221–232.
- Fruzinski, B., Kaluzinski, J. & Bakasalary, J. (1982) Weight body measurements of forest and field roe deer. *Acta Theriologica*, 27 : 479–488.
- 古林賢恒 (1983) シカと植生. 栃木県立博物館研究報告, 1 : 95–111.
- 古林賢恒 (1996a) 丹沢山地札掛地区における植物生育期のニホンジカの食物利用可能量. 野生生物保護学会誌, 1(2) : 55–60.
- 古林賢恒 (1996b) 丹沢山地のニホンジカの保護に関する研究、森林施業、狩猟・被害管理によるシカ個体群及び森林生態系への影響についての生

- 態学的・社会学的分析. 1996年度京都大学学位論文, 186p.
- 古林賢恒・丸山直樹 (1977) 丹沢山塊札掛におけるシカの食性. 哺乳動物学雑誌, 7(2): 55-62.
- 古林賢恒・山根正伸 (1997) 丹沢山地長尾根での森林皆伐後のニホンジカとスズタケの変動. 野生生物保護, 2(4): 195-204.
- 古林賢恒・山根正伸・羽山伸一・羽太博樹・岩岡理樹・白石利郎・皆川康雄・佐々木美弥子・永田幸志・三谷奈保・ヤコブ・ボルコフスキイ・牧野佐絵子・藤上史子・牛沢理 (1997) ニホンジカの生態と保全生物学的研究. 319-429, 丹沢大山自然環境総合調査報告書, 神奈川県, 635p, 横浜.
- Gates, C. C. & Hudson, R. J. (1981)** Weight dynamics of Wapiti in the boreal forest. *Acta Theriologica*, 26: 407-418.
- Hanley, T. A., Robbins, T., Hagerman, A.E. & McArthur, C. (1992)** Predicting digestible protein and digestible dry matter in tannin-containing forage consumed by ruminants. *Ecology*, 73: 537-541.
- 羽山伸一・古林賢恒・三谷奈保・山根正伸 (1994) 丹沢山地におけるササの退行とニホンジカの状況. *WWF Japan Science Report*, 2(1): 21-47.
- Hjeljord, O., Sundstol, F. & Haagenrud, H. (1982)** The nutritional value of browse to moose. *Journal of Wildlife Management*, 46: 333-343.
- Hoffmann, R. R. (1985)** Digestive physiology of the deer, their morphological specialization and adaptation. pp393-407, in "Biology of Deer Production", Royal Society of New Zealand Bulletin, 22.
- 星直斗・山本詠子・吉川菊葉・川村美岐・持田幸良・遠山三樹夫 (1997) 丹沢山地の自然林. 丹沢大山自然環境総合調査報告書, 175-257, 神奈川県, 635p, 横浜.
- 星野義延・治田則男・丸山直樹 (1987) ニホンジカ・ツキノワグマが大台ヶ原山のトウヒ林に及ぼす影響. 中西哲博士追悼植物生態・分類論文集, 神戸群落生態研究会, 628p, 神戸.
- 飯村武 (1980) シカの生態とその管理. 丹沢の森林被害を中心として. 大日本山林会, 154p, 東京.
- 池田真次郎・飯村武 (1969) 日光のシカ (*Cervus nippon centralis* KISHIDA) の生態と獵区に関する研究. 農林省林業試験場報告, 200: 60-119.
- 生嶋功 (1964) 丹沢山塊の植物相と植物群落. II 木本群落の生産構造. 丹沢大山学術調査報告書, 106-125, 神奈川県, 477p, 横浜.
- 伊藤健雄 (1986) 金華山島におけるニホンジカの個体数変動. 哺乳類科学, 53: 29-31.
- IPCC (Intergovernment Panel on Climate Change) (1992)** *The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment (Houghton, J. T., B. A. Callander & S. K. Varney eds.)*, Cambridge University Press, 200p, New York.
- Kaji, K., Koizumi, T. & Ohtaishi, N. (1988)** Effects of resource limitation on the physical and reproductive condition of sika deer on Nakanoshima Island Hokkaido. *Acta Theriologica*, 33: 187-208.
- 神奈川県環境部自然保護課 (1990) 丹沢山地におけるシカの生息実態調査報告. 神奈川県, 12p, 横浜.
- 神崎伸夫・丸山直樹・小金沢正昭・谷口美洋子 (1998) 栃木県日光のニホンジカによる樹木剥皮. 野生生物保護, 3(2): 107-117.
- Katoh, K., Kajita, M., Odashima, M., Ohta, M. & Sasaki, Y. (1991) Passage and digestibility of lucerne (*Medicago sativa*) hay in Japanese sika deer (*Cervus nippon*) and sheep under restricted feeding. *British Journal of Nutrition*, 66: 399-405.
- Kellogg, F. E. (1976) So you're not seeing deer now. *Arkansas Game and Fish*, 8(4): 12-13.
- Klein, D. R. (1968)** The introduction, increase and crash of deer on St. Matthew Island. *Journal of Wildlife Management*, 32(2): 350-367.
- 越地正 (1995) 丹沢山地の2、3の地点における気象観測資料の解析. 神奈川県林業試験場研究報告, 21: 51-94.
- 越地正・中嶋伸行 (1997) 丹沢山地の2、3の地点における気象の特徴(2). 神奈川県森林研究所研究報告, 23: 17-67.
- Leader-Williams, N., Scott, T. & Pratt, R. M. (1981)** Forage selection by introduced reindeer on South

- Georgia, and its consequences for the flora. *Journal of Applied Ecology*, 18 : 83–106.
- Leopold, A. (1943) Deer irruption. *Wisconsin Conservation Bulletin*, 8 : 1–11.
- Li, Y., Maruyama, N., Koganezawa, M. & Kanzaki, N. (1996) Wintering range expansion and increase of sika deer in Nikko in relation to global warming. *Wildlife Conservation Japan*, 2 : 23–35.
- 牧野佐絵子 (1996) 丹沢山地低山帯部におけるニホンジカの食性と環境選択. 1996年度東京農工大学農学部環境資源学科卒業論文, 77p.
- 丸山直樹 (1981) ニホンジカの季節的移動と集合様式に関する研究. 東京農工大学農学部学術報告, 23 : 1–85.
- Maruyama, N. (1992) The block count method for estimating sika deer and Japanese serow population sizes. 53–58, in "Global trends in wildlife management vol.2 (Bobek, B. et al. eds.)", Swiat Press, 620p, Krakow-Warzawa.
- 丸山直樹 (1993) 地球はだれのもの?, 地球をまるごと考える 9. 140, 岩波書店.
- 丸山直樹・飯村武・山岸清隆 (1970a) 自然保護についての一分析例, 丹沢山地のシカ問題の場合. 生物科学, 22(5), 135–149.
- 丸山直樹・中村克哉・今田孝志 (1970b) シカの生態に関する研究 (I) 丹沢山塊の地方的個体群の食性、胃内容物を中心として. 日本林学会大会講演集81回 : 259–261.
- 丸山直樹・遠竹行俊・片井信之 (1975) 表日光に生息するシカの食性の季節性. 哺乳動物学雑誌, 6(4) : 152–162.
- Maruyama, N. & Furubayashi, K. (1983) Preliminary examination of block count method for estimating numbers of sika deer in Fudakake. *Journal of Mammalogy Society Japan*, 9 : 274–277.
- 丸山直樹・高野慶一 (1985) ニホンジカ個体群への1984年豪雪の影響 (栃木県日光におけるニホンジカの生息動態). 森林環境の変化と大型野生動物の生息動態に関する基礎的研究, 248–253, 環境庁自然保護局, 東京.
- Maruyama, N. & Watanabe, T. (1993) Increase of the Tsushima-sika population in the Tsushima-Sika Reserve, Tsushima Islands. 258–272, in "Deer of China (Ohtaishi, N. & Sheng, H.I. eds.)", Elsevier.
- Maruyama, N. & Tokida, K. (1996) The impact of forestry on ungulates in Japan. 235–252, in "Conservation of Faunal Diversisty in Forested Landscape (Degaaf, R. M. & Miller, R. I. eds.)", Chapman.
- Maruyama, N., Kaji, K. & Kanzaki, K. (1996) Review of the extipation of wolves in Japan. *Journal of Wildlife Research*, 1 : 199–201.
- Mautz, W. (1978) Nutrition and carrying capacity. 321–348, in "Big game of North America (J. L. Schmidt & Gilvert, D. L. eds.)", Stackpole Books, Harrisburg.
- McDonald, P., Edwards, R. A., & Greenhalgh, J. F. D. (1981) *Animal Nutrition, 3rd Eds.* (家畜栄養学, 神立誠監修, 久保達夫ほか翻訳), 国立出版, 565p, 東京.
- Milne, J. A., Sibbald, A. M., McCormick, H. A. & Loudon, A. S. I. (1987) The influences of nutrition and management of the growth of red deer calves from weaning to 16 months of age. *Animal Production*, 45 : 511–522.
- 三谷奈保 (1995) 丹沢山塊塔ノ岳のニホンジカ (*Cervus nippon Temminch*) の採食行動. 1995年度東京大学大学院修士論文, 32p.
- Mitchell, B., McCowan, D. & Nicholson, I. A. (1976) Annual cycles of body weight and condition in Scottish Red deer, *Cervus elaphus*. *Journal of Zoology London*, 180 : 107–127.
- 三浦慎悟 (1974) 丹沢山塊檜洞丸におけるシカ個体群の生息域の季節変化. 哺乳動物学雑誌, 6(2) : 51–66.
- 宮林茂幸 (1997) 野外レクリエーションの現状と課題. 丹沢大山自然環境総合調査報告書, pp621–630. 神奈川県, 635p, 横浜.
- 宮脇昭・大場達之・村瀬信義 (1964) 丹沢山塊の植生. 54–102. 丹沢大山学術調査報告書, 神奈川県, 477p, 横浜.
- 永田幸志 (1996) 丹沢山地の植林地帯に生息するニホンジカ (*Cervus nippon*) の行動圏と餌環境. 平成7年度東京農工大学大学院農学研究科修士

- 論文, 50p.
- 中村克哉 (1969) 丹沢・大山自然公園鳥獣管理調査報告. 東京農工大学農学部林学科自然保护研究室, 76p, 東京.
- 中村幸人・村上雄秀・鈴木邦雄 (1997) 丹沢山地の景観区分とその動態的研究. 丹沢大山自然環境総合調査報告書, 168-257, 神奈川県, 635p, 横浜.
- 日本環境協会 (1981) 丹沢山塊のシカ個体群保護と林業. 日本環境協会, 82p, 東京.
- 小原久代 (1998) ニホンジカ (*Cervus nippon*) の餌としての落葉の価値. 平成9年度東京農工大学農学部環境・資源学科卒業論文, 36p.
- 小田島守・梶田泰史・南基澤・李相洛・千家弘行・加藤和雄・庄司芳男・太田実・佐々木康之 (1991) 制限給餌下におけるニホンジカおよびヒツジにおける飼料片の消化管通過速度および消化率の季節変動. 日本畜産学会報, 62: 308-313.
- 小田島守・中島功司・大友泰・小田伸一・庄司芳男・加藤和雄・太田実・佐々木康之 (1992) 群飼ニホンジカの採食量と体重変化の通年変化. 東北大学川渡農場報告, 8: 65-68.
- 奥田重俊・手塚映夫 (1964) 丹沢山塊の植物相と植物群落. VI. 草本性群落の生産構造. 丹沢大山術調査報告書, 166-177, 神奈川県, 477p, 横浜.
- 大沢洋一郎・古林賢恒・山根正伸・羽山伸一・永田幸志 (1994) 給餌が植林地のシカに与える影響(継続) 第1期・第2期プロ・ナトゥーラ・ファンド助成成果報告書, 148-167.
- 大泰司紀之 (1975) 奈良公演のシカの生命表(予報). 昭和49年度奈良県のシカ調査報告, 25-35, 春日顕彰会, 奈良.
- 大泰司紀之 (1980) 遺跡出土ニホンジカの下顎骨による性別、年齢、死亡季節検定法. 考古学と自然科学, 13: 51-73.
- 大泰司紀之・梶光一・小泉透 (1985) 洞爺湖中島におけるニホンジカの個体群調節機構に関する研究. 森林環境の変化と大型野生動物の生態動態に関する基礎的研究, 123-140, 環境庁自然保護局, 310p, 東京.
- Porter, W. F. (1998) Management of overabundant species in protected area : the white-taileddeer as a case example. 223-248. in "National Parks and Protected Areas : Their Role in Environmental Protection (Wright, R. G. eds.)", Blackwell Science.
- Renecker, L. A. & Hudson, R. J. (1985) Estimation of dry matter intake of free-ranging moose. *Journal of Wildlife Management*, 49: 785-792.
- Robbins, C. T. (1993) *Wildlife feeding and nutrition*, 2nd ed. 352p, Academic press, San Diego.
- Robbins, C. T., Mole, S., Hagerman, A. E. & Hanley, S. A. (1987) Role of tannins in defending plants against ruminants : Reduction in dry matter digestion? *Ecology*, 68: 1606-1615.
- Sadleir, R. M. F. S. (1987) Reproduction of female cervids. pp123-144 in "Biology and Management of the Cervidae (Wemmer, C. M. eds.)", Smithsonian Institute Press, Washington, D. C.
- Scheffer, V. B. (1951) The rise and fall on a reindeer herd. *The Scientific Monthly*, 73: 356-362.
- 白石利朗・中口良子・羽山伸一・時田昇臣・古林賢恒・山根正伸 (1996) 飼育下における丹沢産ニホンジカの体重と採餌量の季節変動. 日本野生生物医学会誌, 1(2): 119-124.
- 鈴木正嗣 (1994) 野生ニホンジカ (*Cervus nippon*)における不動化、成長および繁殖に関する研究. 1994年度北海道大学学位論文, 139p, 札幌.
- 鈴木貞雄 (1978) 日本タケ科植物総目録. 学習研究社, 384p, 東京.
- Takatsuki, S. (1990) Summer dietary composition of sika deer on Yakushima Island, Southern Japan. *Ecological Research*, 5: 253-260.
- 高槻成紀 (1992) 北に生きるシカたち、シカ、ササそして雪をめぐる生態学. 動物社, 262p, 東京.
- 滝井暁子 (1997) 丹沢山地低山部の伐採跡植生におけるニホンジカの生態. 平成8年度東京農工大学農学部環境・資源学科卒業論文, 61p.
- 丹沢大山自然環境総合調査団 (1997) 調査の取りまとめと自然環境保全のための提言. 丹沢大山自然環境総合調査報告書, 1-11. 神奈川県,

- 635p, 横浜.
- 手塚映夫・奥田重俊 (1964) 丹沢山塊の植物相と植物群落. IIIモミ林の群落構造. 丹沢大山学術調査報告書, 54-102, 神奈川県, 477p, 横浜.
- Tilley, J. M. & Terry, R. A. (1963) A two stage Technique for the in vitro digestion of forage crops. *Journal of British Grassland Society*, 18 : 104-111.
- 常田邦彦・丸山直樹・伊藤健雄・古林賢恒・阿部永 (1979) ニホンジカの地理的分布とその要因. 動物分布調査報告書. 環境庁, 東京.
- 牛沢理 (1996) 丹沢山におけるミヤマクマザサヒニホンジカ (*Cervus nippon*) の関係. 東京農工大学大学院修士論文, 50p.
- 薄井宏 (1961) ササ型林床優占種の植物社会学的研究. 宇都宮大学農学部学術報告特輯, 11 : 1-35.
- Van Soest, P.J. (1967) Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forage. *Journal of Animal Science*, 26 : 119-128.
- Van Soest, P. J. & Jones, L. H. P. (1968) Effect of silica in forage upon digestibility. *Journal of Dairy Science*, 51 : 1644-1648.
- Verme, L. J. (1965) Reproduction studies on penned white-tailed deer. *Journal of Wildlife Management*, 29(1) : 74-79.
- Verme, L. J. (1969) Reproductive patterns of white-tailed deer related to nutritional plane. *Journal of Wildlife Management*, 33(4) : 881-887.
- 矢ヶ崎朋樹・菊地美弥・原田修平・星直斗・持田幸良・遠山三樹夫 (1997) 丹沢山地の稜線部におけるササ群落の現状, 丹沢大山自然環境総合調査報告書, 103-121, 神奈川県, 635p, 横浜.
- 山根正伸・越地正 (1989) 昭和61年春期冠雪害の神奈川県における森林被害の発生機構と今後の対策に関する研究, 神奈川県林業試験場報告, 18 : 1-47.
- 山根正伸・古林賢恒・羽山伸一 (1994a) 野生ニホンジカの体重測定手法の開発. 日本林学会大会論文集105 : 465-468.
- 山根正伸・羽山伸一・古林賢恒 (1994b) 丹沢山地におけるニホンジカの食性. 日本林学会大会要旨集, 106.
- Yamane, M., Hayama, S. & Furubayashi, K. (1996) Over-winter weight dynamics in supplementally fed free-ranging sika deer (*Cervus nippon*). *Journal of Forest Research*, 1 : 149-153.

付表1 神奈川県東丹沢山地札掛で行った実験1におけるニホンジカ観察個体の体重測定結果

体重の単位はkg。TWCは3月下旬の体重と1月上旬の体重との差(kg)、1月上旬から3月下旬にかけての体重変化割合(%TWC)および体重変化速度(CR、g/日)の平均値とSD。検定1は、1月・2月・3月の体重値のANOVAによる有意差検定結果を示した。検定2は、1月～3月の体重値と4月の体重値のANOVAによる有意差検定結果を示した。

(1995年)

年齢区分 個体番号 性 別 出生年	成獣			2歳		0歳	
	S 1 オス 1989以前	S 3 オス 1992	DX メス 1990以前	J 3 メス 1992	F 6 不明 1994	F 9 不明 1994	
1月上旬	70.1	52.5	55.6	39.4	20.0	19.6	
1月中旬	69.0	52.0	54.7	37.8	19.6	19.4	
1月下旬	68.3	50.5	54.1	38.0	19.1	19.4	
2月上旬	68.6	49.9	52.5	37.4	18.6	19.4	
2月中旬	66.5	49.7	51.8	36.1	18.5	19.4	
2月下旬	63.7	48.0	51.0	35.8	17.9	19.2	
3月上旬	61.9	47.3	50.0	36.2	17.7	18.6	
3月中旬	62.6	47.3	49.4	36.1	17.4	18.7	
3月下旬	61.6	47.0	48.5	34.7	16.5	18.6	
4月上旬	61.5	46.3	48.3	34.9	15.6	17.4	
4月中旬	59.2	47.0	47.4		15.7	17.6	
4月下旬	58.2	47.3			15.5		
検定1	**	**	***	*	***	***	***
検定2	*	ns	*	ns	**	**	
TWC	-8.5	-5.5	-7.1	-4.7	-3.5	-1.0	
%TWC	-12.1	-10.5	-12.8	-11.9	-17.5	-5.1	
CR	-152.0	-131.0	-160.0	-149.0	-219.0	-64.0	

ns ; 有意差なし、\* ; p&lt;0.05、\*\* ; p&lt;0.01、\*\*\* ; p&lt;0.001

(1996年)

年齢区分 個体番号 性 別 出生年	成獣					0歳	
	S 1 オス 1989以前	S 3 オス 1992	D 2 メス 1989	D 4 メス 1991	J 3 メス 1992	F 8 オス 1995	
1月上旬	70.2	53.4	52.4	49.0	47.2	18.4	
1月中旬	68.7	53.4	53.4	48.2	47.5		
1月下旬	67.7	51.9	51.6	49.8	46.1	18.2	
2月上旬	65.5	50.7	52.4	49.2	46.5	18.2	
2月中旬	65.3	51.6	53.0	50.1		17.4	
2月下旬	66.9	51.4	53.1	48.9	46.3	17.5	
3月上旬	66.7	51.3	53.3		47.4	17.4	
3月中旬	65.5	51.7	54.0	50.1	47.3	17.2	
3月下旬	65.3	50.9	54.5	49.9	46.0	17.3	
4月上旬	65.7	49.3	52.6	51.3	49.7	17.7	
4月中旬	65.4	50.6	52.6	51.6	50.5	17.4	
4月下旬							
検定1	*	*	ns	ns	ns	**	
検定2	ns	ns	ns	**	***	ns	
TWC	-4.9	-2.5	2.1	0.9	-1.2	-1.1	
%TWC	-7.0	-4.7	4.0	1.8	-2.5	-6.0	
CR	-87.0	-59.0	50.0	23.0	32.0	75.0	

ns ; 有意差なし、\* ; p&lt;0.05、\*\* ; p&lt;0.01、\*\*\* ; p&lt;0.001

(1997年)

年齢区分	成獣						1歳			0歳	
	S1	S3	F5	D4	D2	J3	F8	F9	F12	F10	F11
個体番号	オス	オス	オス	メス	メス	メス	オス	メス	メス	不明	不明
性 別	オス	オス	オス	メス	メス	メス	オス	メス	メス	不明	不明
出生年	1989以前	1992	1993	1991	1989	1992	1995	1995	1995	1996	1996
1月上旬	63.5	55.7	45.4	47.2	50.2	51.3	31.1	25.3	23.8	20.7	21.0
1月中旬	61.9	55.4		46.3	49.1	49.6	30.2	25.3	23.3	19.8	20.4
1月下旬	60.9	54.7	43.4	44.9	48.4	48.4	30.3	24.4	22.4	19.4	19.4
2月上旬	58.7	51.7	41.6	43.1	47.3	48.2	29.4	24.1	22.4	18.0	19.4
2月中旬	59.1	52.6	42.3	44.2	47.5	47.9	28.9	23.7	21.9	18.5	18.8
2月下旬	56.6	52.0	40.9	44.4	47.2	46.3	28.9	23.3	21.4	18.6	18.6
3月上旬		51.7	40.2	43.1	44.0	48.5	27.6	20.8	21.2	18.0	17.6
3月中旬		51.5	40.7	42.5	44.6			21.7	20.7	18.1	
3月下旬		51.3	39.7	41.7	45.2			21.4	21.1	18.0	
4月上旬		54.2	38.4	44.3	45.3				21.1	18.3	
4月中旬											
4月下旬											
検定1	**	***	**	*	***	ns	**	***	**	**	**
検定2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
TWC	-4.4	-5.7	-5.5	-5.0			-3.9	-2.7	-2.7		
%TWC	-7.8	-12.6	-11.7	-10.0			-15.4	-11.4	-13.1		
CR	-98.0	-157.0	-146.0	-124.0			-193.0	-143.0	-164.0		

ns : 有意差なし、\* :  $p \leq 0.05$ 、\*\* :  $p \leq 0.01$ 、\*\*\* :  $p \leq 0.001$

, p < 0.05, \*\*, p < 0.01, \*\*\*, p < 0.001

付表2 神奈川県東丹沢山地札掛で行った実験2におけるニホンジカ観察個体の体重測定結果

体重の単位はkg。TWCは3月下旬の体重と1月上旬の体重との差(kg)、1月上旬から3月下旬にかけての体重変化割合(%TWC)および体重変化速度(CR、g/日)の平均値とSD。検定1は、1月・2月・3月の体重値のANOVAによる有意差検定結果を示した。検定2は、1月～3月の体重値と4月の体重値のANOVAによる有意差検定結果を示した。

(1993年)

年齢区分	成獣			1歳		0歳	
	S 1	D 1	D 2	S 2	D 4	J 3	J 4
個体番号							
性 別	オス	メス	メス	オス	メス	メス	メス
出 生 年	1989以前	1989	1989	1991	1991	1992	1992
1月上旬	73.1	51.4	45.0	36.3	40.4	19.5	18.2
1月中旬	72.4	49.9	43.5	36.3	39.5	19.4	18.1
1月下旬	71.6	49.4	42.4	35.8	39.5	19.4	18.0
2月上旬	70.0	49.4	42.3	36.1	39.4	18.8	18.1
2月中旬	70.6	48.5	42.2	36.5	39.6	18.7	18.2
2月下旬	70.4	48.0	41.2	35.8	40.3	18.5	18.4
3月上旬	68.9	47.3	41.1	36.0	39.0	18.9	18.0
3月中旬	67.5	46.8	40.9	35.8	38.7	18.9	17.6
3月下旬	67.1	46.4	40.1	35.6	38.8	18.9	17.9
4月上旬	67.2	46.1	40.3	35.4	39.0	18.6	17.7
4月中旬	67.2	45.1	41.2	35.2	39.3	18.7	18.2
4月下旬				41.8		19.1	
検定1	***	**	*	ns	*	***	*
検定2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
TWC	-6.0	-5.0	-4.9	-0.7	-1.6	-0.6	-0.3
%TWC	-8.2	-9.7	-10.9	-1.9	-4.0	-3.1	-1.6
CR	-103.0	-122.0	-136.0	-24.0	-50.0	-38.0	-21.0

ns ; 有意差なし、\* ; p&lt;0.05、\*\* ; p&lt;0.01、\*\*\* ; p&lt;0.001

(1994年)

年齢区分	成獣						1歳			0歳	
	S 1	S 4	D 1	D 2	DX	D 6	S 3	J 3	J 4	F 5	
個体番号											
性 別	オス	オス	メス	メス	メス	メス	オス	メス	メス	オス	
出 生 年	1989以前	1990以前	1989	1989	1990以前	不明	1992	1992	1992	1993	
1月上旬	71.0	70.5	48.0	50.2	55.6	51.6	37.6	31.0	30.3	19.3	
1月中旬	70.9		47.9		55.0			30.0	29.3		
1月下旬	69.1		47.4				37.9	29.0	29.4		
2月上旬	67.9		47.4		54.0	49.4	38.4	29.3	28.0	19.0	
2月中旬	67.2	69.3	46.9			48.7	38.3	27.9	28.9	18.6	
2月下旬	67.7	69.0	47.1		53.5	48.9	38.7	27.9	28.0	18.9	
3月上旬	65.9	67.8	45.9		52.8	48.0	38.5		27.8	18.6	
3月中旬	65.2	68.1	45.5		53.0	46.9	38.3	27.5		18.9	
3月下旬	64.3	67.6	45.0		52.4	49.5	39.2	25.8		18.8	
4月上旬	65.0	66.6	44.2		51.3	49.7	39.3	25.2			
4月中旬	65.7	65.6	43.9	46.4	51.1		39.2			18.1	
4月下旬			67.5		46.7						
検定1	***	**	***	—	*	ns	ns	*	*	ns	
検定2	ns	**	**	—	*	ns	*	ns	—	*	
TWC	-6.7	-2.9	-3.0		-3.2	-2.1	1.6	-5.2		-0.5	
%TWC	-9.4	-4.1	-6.3		-5.8	-4.1	4.3	-16.8		-2.6	
CR	-118.0	-51.0	-78.0		-72.0	-51.0	53.0	-210.0		-32.0	

ns ; 有意差なし、\* ; p&lt;0.05、\*\* ; p&lt;0.01、\*\*\* ; p&lt;0.001

付表3 1994年1月～1994年4月に神奈川県横浜市野毛山動物園で行った実験3における体重測定結果

TWCは3月下旬の体重と1月上旬の体重との差(kg)、1月上旬から3月下旬にかけての体重変化割合(%TWC)および体重変化速度(CR、g/日)の平均値とSD。検定1は、1月・2月・3月の体重値のANOVAによる有意差検定結果。検定2は、1月～3月の体重値と4月の体重値のANOVAによる有意差検定結果。

年齢区分 個体番号	0歳				1歳				成獣			
	71 性別 出生年	72 オス 1993	74 オス 1993	ミキ メス 1993	キララ メス 1992	パトリシア メス 1992	リュウ オス 1992	サノコ メス 1985	ジェシカ メス 1989	アンリ メス 1980	ケンジ オス 1981	サンスケ オス 1985
1月上旬	39.1	28.4	25.2	28.5	46.0	51.3	46.0	50.6	53.8	43.7	77.1	81.8
1月中旬		28.6	25.5	29.6		50.5	44.5	51.8	52.6	45.7	75.9	81.4
1月下旬	38.8	28.3	26.2	26.8	46.7	49.8	50.7		44.5	76.3	78.9	
2月上旬	39.7	28.8	26.7	27.1	47.8	50.8	45.6	52.5		45.4	75.5	78.6
2月中旬		28.5			47.1	50.8			54.4		76.9	
2月下旬	39.4	28.6	26.9	28.8	46.7	50.0	45.9	51.3	54.9	45.4	76.7	79.9
3月上旬	41.2	29.4		28.3	47.5	51.2	47.4	52.2		44.8	77.8	81.0
3月中旬	41.7	30.2	29.8	28.0	46.7	51.6	46.9	51.6	54.2	46.2	77.3	80.5
3月下旬	42.0	30.8	29.1	28.4	45.9	49.7	48.0	51.7	54.3	45.9	75.6	78.7
4月上旬	42.5		31.0	27.7	46.9	51.1	49.0	53.2	55.9	45.8	75.5	78.2
4月中旬		32.3	31.3	26.1	47.3	52.5	52.2	54.8	57.0	46.9	75.7	75.4
4月下旬	45.2	32.9		26.9		52.3	51.6	53.9	58.3	47.3	76.6	73.7
検定1	***	**	***	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
検定2	**	***	**	*	ns	***	***	***	ns	ns	ns	***
TWC	2.9	2.4	3.9	-0.2	-0.1	-1.7	2.1	1.0	0.5	2.2	-1.5	-3.1
%TWC	7.4	8.5	15.4	-0.5	-0.2	-3.3	4.5	2.1	0.9	5.1	-2.0	-3.8
CR	92.0	106.0	193.0	-7.0	-3.0	-41.0	56.0	26.0	11.0	64.0	-25.0	-47.0

ns ; 有意差なし、\* ; p<0.05、\*\* ; p<0.01、\*\*\* ; p<0.001

## 摘要

神奈川県丹沢山地の東部ではスズタケ群落の大規模な退行にはじまり、ブナを主体とした落葉広葉樹林で深刻な植生の劣化が起こっている。また、スギ・ヒノキ幼齢植林の苗木をニホンジカ(*Cervus nippon*) (シカ)というの食害から防ぐために設置されたフェンスにより餌場が減少しシカ個体群の低質化が問題になっている。そこで、丹沢山地東部に位置し、鳥獣保護区に指定されている丹沢山一帯(東丹沢山地という)を調査地とし、森林の伐採、シカ食害防止フェンスによる森林生態系の変化が本種の生態と植生に与えた影響を栄養生態学的な見地から解明するため以下のことを明らかにした。

東丹沢山地のブナ帯における1995年2月におけるシカ個体数を調べ、標高1,300m以上、標高1,000~1,300m、標高1,000m以下の各地域の生息密度は53.1頭/km<sup>2</sup>、19.7頭/km<sup>2</sup>、9.0頭/km<sup>2</sup>となり、主稜線部にシカが高密度で分布していることを示した。シカの冬の餌植物現存量(g/m<sup>2</sup>)は、標高1,300m以上でササを中心に突出して多く(102.0±102.5、n=61)、標高1,300m以下で少なかった(3.7±11.2、n=70)。山頂付近のシカの冬の胃内容物はササが高い割合(平均77%、n=4)を占めた。つまり、丹沢山山頂における冬のシカの高密度集中現象は、ササ群落を主体とする餌植物の偏在によると考えられた。

東丹沢山地における1960年以降の積雪、冬の気温、ササ群落の分布およびシカの生息状況の経年変化を調べ、丹沢山山頂付近では1960年代と比較して積雪量が減少し積雪期間も短縮していることを示した。東丹沢山地における12月から4月の月平均気温と月最低気温は、それぞれ、0.14~0.27°C/10年、0.29~0.85°C/10年ずつ上昇していた。1970年代まではブナ帯の標高1,000~1,300mの尾根部分では、積雪の深い2月から3月にはササは積雪に埋没し、シカがほとんど観察されなかつたことが聞き取り(n=6)から明らかになった。つまり、東丹沢山地のブナ帯では近年になって暖冬が進み湿雪が降りやすく融雪が早まっており、冬にシカがササを利用できる空間が広がり、越冬地が拡大してきた可能性が高い。

東丹沢山地からシカの採食植物を季節的に収集して栄養成分含有率と乾物消化率(DDM)を測定し、有意な正の相関が、粗蛋白質含有率(CP)とNDS(0.38、n=114)、纖維成分含有率間(0.52~0.78、n=92)、熱量と纖維成分含有率(0.36~0.48、n=92)、DDMとCP(0.49、n=84)に認められた。有意な負の相関は、CPと熱量(-0.42、n=114)、DDMと熱量(-0.31、n=84)および纖維成分(-0.46~-0.77、n=84)に認められた。CPとシリカ、纖維成分の含有率を用いて高い精度でDDMの推定式( $r^2 > 0.82$ , p<0.001)が作成できた。ササの葉は、DDMは低いが(32%)CPが高い(13.2%)ため、落葉や落葉広葉樹の当年生枝よりも冬のシカの食物として相対的に栄養学的価値が優れていると考えられた。スズタケ群落退後の東丹沢山地の食物条件は、ブナ帯上部が最も良好で、ブナ帯下部がこれに続き、シイ・カシ帯で最も悪化していると評価された。

東丹沢山地での食物条件の地域差のシカの栄養状態への影響を、落葉しか利用できない生息地(実験1、n=24)、ササの葉と落葉を利用できる生息地(実験2、n=17)、冬に栄養価の高い食物を十分利用できる生息地(実験3、n=12)に対応させた食物条件で、シカの体重を1月から4月まで連続的に測定して調べた。実験1、2、3の1月上旬から3月下旬にかけての平均体重変化速度(g/日)は、それぞれ、-107.2±71.5(SD)、-70.1±61.7、35.4±70.3で、食物条件の悪化につれて有意に減少した(ANOVA, p<0.001)。食物条件の悪化の影響は若齢個体にとくに顕著であった。それゆえ、スズタケ退行後のシイ・カシ帯では、シカの栄養状態は春先に顕著に低下し、発育遅延や出産率低下が起こっている可能性が高い。

東丹沢山地のシイ・カシ帯における食物条件悪化のシカ個体群への影響を、野生個体と良好な食物条件にある飼育個体を材料に、出産時体重、体重の加齢成長、出産率について調べた。野生個体に体サイズの小型化は確認できなかつたが、性成熟の遅延が約1年、出産開始齢が3歳であること、初産後の出産が間断的なことを示し、食物条件の悪化が自然増加率の低下に結びついていることが分かった。札掛の1987年代降のシカの生息密度は9~13頭/km<sup>2</sup>で推移しており、これは自然増加率の低下の影響が考えられた。

以上の研究から、シイ・カシ帯でのスズタケを中心とした林床植生の消失、シカ個体群の低質化と生息密度の低下、およびブナ帯植生へのシカの影響の増大は、シカ個体群動態に関する見通しがいとこれに起因する個体群管理の遅延に原因していることが明らかになった。

## Summary

It has been observed that excessive browsing by sika deer (*Cervus nippon*) has caused a large-scale retrogression of plant communities in the eastern part of Tanzawa Mountains below 1,300 meters in elevation. The impact is the most obvious on suzutake (*Pseudosasa purpurascens*). The physical condition of sika deer in turn has deteriorated due to the fences protecting seedlings from deer browsing. The purpose of this study is to investigate how forest clearing and protective fencing has affected the forest ecosystem and consequently the ecology of sika deer, as well as the vegetation in the forest, from a nutrition ecological point of view. For my study, I selected an area in eastern part of Tanzawa Mountains between 400 meters and 1,600 meters in elevation. Deer population census was held in natural forest zone of the study area in February, 1995. Deer densities above 1,300 meters in elevation, within 1,000~1,300 meters and below 1,000 meters were  $53.1/\text{km}^2$ ,  $19.7/\text{km}^2$  and  $9.0/\text{km}^2$  respectively, thus it was confirmed that deer concentrated around the top of mountains in winter. Winter food biomass ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) is large ( $102.0 \pm 102.5$ ,  $n=61$ ) above 1,300 meters in elevation, and is limited ( $3.7 \pm 11.2$ ,  $n=70$ ) below 1,000 meters. A high composition of sasa tissues was present (average 77%,  $n=4$ ) in winter rumen contents which were collected around the top of mountains. It can be concluded that sika deer distribution is affected by the food biomass distribution in the natural forest zone.

Records and data since 1960's were examined for such changes as the amount of snowfall, winter air temperature, sasa distribution and deer population in the study area. It was confirmed that there was a decrease in the amount and period of snowfall during the last two decades. The averaged monthly air temperature and minimum air temperature from December to April have risen  $0.14 \sim 0.27^\circ\text{C}/10\text{-years}$  and  $0.29 \sim 0.85^\circ\text{C}/10\text{-year}$  respectively. It was also indicated from the interviews ( $n=6$ ) that sasa communities around ridge above 1,000~1,300 meters in elevation were covered by deep snow, deer observations were rare from February to March in 1970's. Thus winter has become remarkably mild, which made period of snow cover shorten as well as increasing damp snowfall. Such changes have resulted in an expansion of wintering area where deer can feed sasa leaf during winter. Seasonal changes in nutrition contents and digestible dry matter (DDM) of food plants in the study area were investigated. Significant positive correlation were shown between crude protein contents (CP) and NDS (0.38,  $n=114$ ), among fibers (0.52~0.78,  $n=92$ ), between calorie and fiber contents (0.36~0.48,  $n=92$ ) and between CP and DDM (0.49,  $n=84$ ). Significant negative correlation were shown between CP, and calorie ( $-0.42$ ,  $n=114$ ), CP and fibers ( $-0.32 \sim -0.41$ ,  $n=114$ ), between DDM and calorie, and DDM and fibers ( $-0.46 \sim -0.77$ ,  $n=84$ ). A predictive equation for dry matter digestibility from crude-protein, silica and fiber composition rates were developed ( $r^2 > 0.82$ ,  $p < 0.001$ ). Sasa leaf is a relatively good winter food compared with fallen leaves or current twig of deciduous tree because sasa leaf has low DDM (32%) but it has high crude protein contents (13.2%). This fact led to conjectures regarding winter food condition in the study area, such as that the upper part of the natural forest zone is the best, the lower part of the natural forest zone is good and the man-made forest zone is the worst.

In order to evaluate the effects of food condition in the study area, I investigated weight changes of the deer over winter under three comparative food conditions : 1) optimal conditions where deer can take in high quality food without limitation (experiment one,  $n=24$ ), 2) moderate conditions where

deer can take in sufficient sasa leaf throughout winter (experiment two, n=17), and 3) poor conditions where deer are forced to take in fallen leaves as staple food during winter (experiment three, n=12). In experiment one, two, and three, the average weight change rates (g/day) from the beginning of January to the end of March were  $-107.2 \pm 71.5$  (SD),  $-70.1 \pm 61.7$  and  $35.4 \pm 70.3$  respectively, and the weights decreased significantly as food condition worsened (ANOVA, p<0.01). This effect was noticeable on young deer. Thus deer population in areas deprived suzutake might suffer obvious malnutrition in early spring and the delay of sexual maturation.

Body weights at birth, age-related body weight changes and breeding condition were compared between free-ranging deer and well-fed captive deer in order to examine the effects of food depletion on deer population in the man-made forest zone. There was no significant difference in the average weight of adult deer or body weight at birth between the free-ranging deer and captive deer, but the age-related body weight increase and sexual maturation of free-ranging deer delayed a year compared with those of well-fed captive deer. The breeding success of free-ranging deer was not continuous. Thus it can be concluded that poor food condition led to a reduce the rate of increase. The population densities after 1987 changed around  $9 \sim 13/\text{km}^2$ , which might be effected by decline of the increase rate.

The outcomes indicate that degradation of undergrowth vegetation (such as suzutake retrogression), deterioration of sika population and decline of population density in the man-made forest zone as well as increase of deer influence on vegetation in the natural forest zone have been caused by a lack of understanding of population dynamics of sika deer and a consequent delay of population management in the study area.

神奈川県森林研究所研究報告 51-52

## 神奈川県森林研究所研究報告投稿内規

### 1 投稿資格

本研究所の職員とする。ただし、共著者に職員以外の者を含むことができる。また、編集委員会が認めた場合は、職員以外でも投稿できる。

### 2 構成と種類

未発表の和文の原著論文、短報、資料、報告(総説、調査報告、国際学会報告等)とし、これに各年度における他誌発表原著論文の要旨とする。職員の学位請求論文等編集委員会が認めた場合には掲載できる。

### 3 執筆要領

別に定める。

### 4 原稿の長さ

特に制限はしない。

### 5 原稿の提出

研究報告の発行は、年1回とし、原稿の締切は、12月末日とする。ただし、投稿希望者は、その年の10月末日までに投稿カードを提出するものとする。

原稿は、図表および特別な場合を除き、フロッピー・ディスク(テキストファイル形式)によるものとし、プリントアウト2部とともに、投稿カードを添えて研究報告編集主事に提出する。

## 神奈川県森林研究所研究報告執筆要領

### 1 原稿の形式は次のとおりとする。

①表題、著者名、勤務先(共著者がある場合)、いずれも和英併記；②本文；③引用文献；④図、表をそれぞれ別紙に記載する。原著論文の場合は他に⑤要旨および5語以内のキーワードをつける。なお、短報とは、新規性がありかつ公表の緊急性が高いもの、新たに開発された研究方法や機械の

### 6 原稿の採否及び査読

原稿の採否は、編集委員会で決定する。原稿のうち特に原著論文については、主査を定める。さらに、編集委員会が必要と認めた場合は、委嘱した主査読者(論文1編に対し1名)による閲読を受け、同人の意見を参考にして編集委員会は原著論文としての採否を決定する。原著論文以外の原稿に対しては、編集委員会はその判断により加筆、訂正などを求めることができる。

原著論文の原稿は受付日をもって受理日とし、採択決定の日をもって採択日とする。採択日は当該論文に記載する。

### 7 論文等の掲載順序

論文等の掲載順序は、原著論文、短報、論説、資料、他誌発表原著要旨とし、それぞれ受付日順とする。ただし、編集委員会の判断によりこれを変更することがある。

### 8 校正

原則として校正は2回とし、校了原稿を指定期日までに編集委員会に提出する。

他誌発表原著要旨については基本的に編集委員会が責任を負うものとする。

付則1 この内規は、平成9年11月1日から施行し、平成9年4月1日から適用する。

紹介、既成の知見を確認する報文や貴重な測定結果などとする。また、資料とは、所内研究終了課題の研究成果で得た測定結果、知見などを簡潔にとりまとめたものなどである。

2 要旨は冒頭に著者名、表題、神奈川県森林研報、空白を付加し、これらを含めて和文は500字

以内、英文は250語以内とする。要旨中では図・文献・数式などの引用は避け、行をかえない。

3 原著論文の表題は、連報性(I、II等のついた表題)にしない。また、「・・・に関する研究」や「・・・について」などの表現は避ける。

4 原稿は、ワードプロセッサにより作成し、A4判の白紙に横書きとする。新仮名遣いにより、学術用語以外は常用漢字を用いる。原稿中に欧語を用いるのは、その必要がある場合に限る。

5 印刷所への原稿の入稿には本文を保存したフロッピーディスクを添付する。

6 動物・植物の和名は片仮名書きとし、学名はイタリックとする。これらの字体の指定は、太字指定、数式(係数など)の字体指定などとともに下記の例にならってすべて朱書きとする。単位は慣用となっている略字によって記載し、ピリオドをつけない。単位、数は半角表記とする。

Pinus → *Pinus*

7 図・表は別紙とし、表題にはそれぞれ通し番号(図1、表1など)をつける。また上端外に著者名、通し番号をつける。表題や注には英文を併記することができる。図・表を入れたいおよその位置を本文該当箇所の右欄外に、図1、表1のように朱記する。

図：印刷される大きさのおよそ1.2～1.4倍大に描く。鉛筆書きは認めない。トレーシング用紙など薄手のものを用いた場合は、必ず白色厚手台紙にする。図の題および説明は別紙に記載して、引用文献のあとに綴る。

表：大きさは原則として、1ページに印刷できる限度以下とする。表の縦けいは省き、横けいもできる限り省略する。表よりも図が望ましい。表題は表の上に、注は表の下に記載する。

8 引用文献はアルファベット順に記載する。本文中の引用は、該当人名に(年号)あるいは事項に(人名、年号)をつけて引用する。後述の方法で同一人名で同一年号の場合は年号のあとに発表順に

a、b、cをつける。誌名の略記法は和文の場合は慣例により、欧文の場合はForestry Abstractsにならう。卷通しページがある場合は卷のみとし、ないときは、卷(号)併記する。記載方法は下記の例に従う。

9 請求学位論文については審査者側の要求する様式に従うものとし、本執筆要領に必ずしも従わなくともよい。

#### 例

##### (1) 雑誌の場合

山根正伸・横内広宣(1991)スギノアカネトラカミキリによる林分内被害量調査法. 日本林学会誌73: 264-269.

Yamane, M., Hayama, S. and Furubayashi, K. (1996) Over-winter weight dynamics in supplementally fed free-ranging sika deer (*Cervus nippon*). Journal of Forest Research(3): 143-153.

##### (2) 書籍の場合

中川重年(1996) 再生の雑木林から. 205pp, 創森社, 東京.

Levitt, J. (1972) Responses of plant to environmental stresses. 697pp, Academic Press, New York and London.

##### (3) 書籍中の場合

小林繁男(1993)熱帯林土壤の瘦悪化. 280-333. 热帯林土壤. 真下育久編, 385pp, 勝美堂, 東京.

Wells, J. F. and Lund, H. G. (1991) Integrating timber information in the USDA Forest Service. 102-111. In Proceedings of the Symposium on Integrated Forest Management Information Systems. Minowa, M. and Tsuyuki, S. (eds.), 414pp, Japan Society of Forest Planning Press, Tokyo.

10 本文中の番号の記載順序、文章の書き出しは原則として神奈川県文書管理規定に従う。

(1997年4月1日改訂)

(1999年2月1日改訂)

## CONTENTS

### Article

Masanobu YAMANE

A Study on Nutritional Ecology of Sika Deer in the

Eastern Tanzawa Mountains, Japan

1

平成 11 年 3 月 印刷  
平成 11 年 3 月 発行

編集・発行 神奈川県森林研究所  
厚木市七沢 657  
TEL. (0462) 48-0321  
〒 243-0121

印刷 (有)嵐コピーサービス  
愛甲郡愛川町中津 791-2  
TEL. (0462) 85-3174  
〒 243-0303