異なる飼育条件下でのニホンジカの成長

☐ 個体群動態学 ☐

原 著

異なる栄養条件下におけるニホンジカの成長過程 —丹沢山地に生息する野生個体と飼育個体の比較—

山根 正伸¹⁾, 羽山 伸一²⁾, 白石 利郎³⁾, 吉 村 格⁴⁾, 古林 賢恒⁵⁾

¹⁾神奈川県森林研究所研究部 〒243-01 厚木市七沢 657

²⁾日本獣医畜産大学獣医畜産学部野生動物学教室 〒180 武蔵野市境南 1-7-1

³⁾横浜市野毛山動物園 〒220 横浜市西区老松町 63

⁴⁾日本獣医畜産大学付属富士アニマルファーム 〒409-37 山梨県西八代郡上九一色村富士ヶ嶺

⁵⁾東京農工大学農学部地域生態システム学科 〒187 府中市幸町 3-5-8

(1996.10.14 受付, 1997.2.10 受理)

Body Weight Changes of Sika Deer (*Cervus nippon*) under Different Nutritional Conditions

Comparison Between Free-ranging Deer and Captive Deer from the Tanzawa Mountains

Masanobu YAMANE¹⁾, Shin-ichi HAYAMA²⁾, Toshio SHIRAISHI³⁾, Itaru YOSHIMURA⁴⁾, Kengo FURUBAYASHI⁵⁾

¹⁾Division of Research, Kanagawa Forest Research Institute,
657 Nanasawa, Atsugi, Kanagawa 243-01, Japan

²⁾Division of Wild Animal Medicine, Nippon Veterinary and Animal Science University,
Musashino, Tokyo 180, Japan

³⁾Yokohama Noge-yama Zoological Gardens,
Yokohama, Kanagawa 220, Japan

⁴⁾Fuji Animal Farm, Nippon Veterinary and Animal Science University,
Kamikuishiki, Yamanashi 409-37, Japan

⁵⁾Department of Eco-region Science, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology,
Fuchu, Tokyo 187, Japan

ABSTRACT. Age-related body weight changes, winter body weight changes and breeding condition of free-ranging sika deer and captive sika deer, which had the same genetic origin and different nutritional conditions, were surveyed. The adult male reached around 75 kg in body weight and the adult female reached around 50 kg, and they showed an apparent difference of sexual demography. The captive deer under yearlong good food condition showed large body weight increase until winter of yearling and the free-ranging deer under yearlong poor food condition kept large body weight increase until winter of two-years old. The body weights at birth were not different significantly each other, but the body weight gains from the birth to the beginning of first winter and the mean birth date were different between free-ranging deer and captive deer. The body weight increase and sexual maturation of free-ranging deer delayed about a year compared with those of the captive deer. The winter weight changes also showed different patterns each other, especially in the case of young deer and pregnant deer. Above results suggest that poor food condition may delay body growth during the period of development and sexual maturation on sika deer.

Key words : sika deer, body weight change, stage of development, sexual maturation, food condition

Jpn. J. Zoo Wild. Med. 2(1) : 59-66, 1997

序 論

ニホンジカ (*Cervus nippon*) は、骨格の成長が 2~3 歳までにほぼ終了し [1], 栄養状態が良好な個体群では雌は 1 歳で性成熟に達し 95% 以上の高い妊娠率が認められること [1, 2] が報告されている。しかし、餌資源が枯渇した生息地では骨格の成長が遅延し [3], 性成熟に達する年齢も上昇し妊娠率が低下することも観察されている [3-5]。このように、本種が、他のシカ類と同様 [6-11] に、生息地の食物条件によって成長や繁殖率が変化することが明らかにされつつある。しかしながら、これらの研究はいずれも捕獲個体など個体群の断片的なデータに基づくもので、地理的変異の大きな本種 [12] の成長や繁殖能力について生息地の食物条件と関係づけて論議するには、同じ地域由来で栄養条件が異なる集団を用いて比較・分析する必要があると思われる。

このような目的で、野生個体群をモニタリングするには、個体に標識をつけ繁殖状況を経年的に調べるとともに、再捕獲を繰り返して体重を計る方法が考えられるが、捕獲の困難性や短い間隔での捕獲はシカへの負担が大きいなど、実際面では多くの困難を伴う。著者らは補助的給餌を通じて野生ニホンジカを個体識別して体重を自動的に計測する方法を開発し、計測上の課題を克服した [13]。この方法を用いて神奈川県丹沢山地東部の札掛地区で、1990 年以降現在まで越冬期間に本種の長期的なモニタリングを実施してきた。加えて、丹沢山地で救護されたり死亡した個体を回

収し、死亡原因や妊娠状態の調査および体格計測を行っている [5]。これらの調査と並行し、良好な栄養条件下で飼育されている丹沢由来の本種の体重の季節的变化も調べられている [14]。これら一連の調査により、同じ遺伝的起源を持った本種が、栄養条件の異なる環境に生息した場合に、体重増加の過程や繁殖にどのような違いが生じるかを個体レベルで経時的に分析することが可能となった。

そこで、本論文では栄養条件の異なる本種の野生個体と飼育個体の経年的な体重増加の過程、出産の有無ならびに越冬期の体重変化を比較・分析し、発育段階における成長と性成熟に達する期間に与える季節的な食物条件の影響について考察した。

材料と方法

飼育個体

材料は神奈川県横浜市立野毛山動物園および山梨県上九一色村の日本獣医畜産大学附属富士アニマルファームで飼育されていた個体である (以下「飼育個体」とよぶ)。これらの個体は丹沢山地で救護された野生個体に由来するもので、1995 年までに 82 頭が飼育された。このうち 1993 年から 1994 年にかけて体重を連続的に測定した個体および随時体重が測定され記録が残されている個体から出生時の体重および初冬時点の体重に関する情報を得た (表 1)。体重を連続的に測定した 11 頭 (雄 6 頭, 雌 5 頭) については 1 月から 4 月までの各月の平均体重を整理した。また、14 頭の雌の繁殖履歴 (出産年月日, 繁殖時の年齢および子の性別)

異なる飼育条件下でのニホンジカの成長

表 1 研究材料

区分	性別	初冬の体重*1	出産の有無
飼育個体			
野毛山動物園	雄	22(22)	—
	雌	12(12)	14
富士アニマルファーム	雄	4(4)	—
小計		38(38)	14
野生個体			
給餌利用個体	雄	6(23)	—
	雌	8(13)	7
	不明*2	3(3)	—
救護個体	雄	14(14)	—
	雌	33(33)	—
小計		64(86)	7

*1同一個体の重複を除いた頭数、() 内は延べ頭数を示す。

*20 歳子のため識別できなかった。

は飼育記録から情報を得た。

これらの飼育個体は年間を通じて草食獣用ペレットや圧扁大麦などの飼料に加えてルーサンやチモシーなどの乾草を飽食量給与されており、餌植物のタンパク含有率は13～16%と栄養学的には良好な食物条件といえる。この結果、飼育個体のタンパク摂取量は代謝体重当たり 10～18 g、消化カロリー量は夏で 270～300 kcal、冬で 200～220 kcal であった [14]。

給餌利用個体

材料は神奈川県清川村札掛に設置した給餌場で 1992 年から 1996 年まで毎年 1 月から 4 月までの期間に識別して体重を測定した個体(以下「給餌利用個体」とよぶ)17 頭(雄 6 頭、雌 8 頭、性別不明 3 頭)である。給餌利用個体の初冬時点の体重は延べ 39 頭から情報が得られた(表 1)。雌個体の出産の有無は給餌利用個体の雌の群れ構成を観察し 0 歳子を連れているかどうかから推定した。

給餌場で与えた餌植物はアオキ(*Aucuba japonica*)の生葉で、その代謝体重当たりの平均給与量は 1992 年から 1994 年までが湿重量でおよそ 110 g/日、1995 年と 1996 年はおよそ 50 g/日であった。給餌場以外での摂取植物は、試験地周辺で行われた直接観察による食性調査[15]から、落葉を主体としていると推察された。アオキの生葉と落葉の粗タンパク含有率はそれぞれ約 12%と約 7%であること [16]から、給餌利用個体のタンパク摂取量は代謝体重当

り 5～6 g、消化カロリー量は 190 kcal 前後と推定され、栄養条件は前述の飼育個体よりも劣っていた。

なお、この給餌利用個体の一部は発信機が装着されテレメトリー法による追跡が行われており、給餌利用個体が食物利用可能量が低下したスギ・ヒノキ壮齢林をコアとして行動する個体であることが判明している [17]。

救護個体

材料は丹沢山地で 1991 年から 1995 年までに救護され神奈川県立自然保護センターおよび神奈川県地区行政センターなどに収容後、死亡した個体(以下「救護個体」とよぶ)である。これらの個体は、体重、後足長などの計測を行った後、病理解剖による死亡原因の特定、胎子の有無による妊娠の確認が行われた。出生時体重の分析に用いた個体は、羽山ら [5] が救護個体の胎子の成長曲線にもとづいて算出した丹沢山地の野生個体の平均出産日の 95%信頼区間(5 月 14 日から 8 月 9 日)内に回収した外見上出生後間もないと考えられた幼獣 9 個体(雄 5 頭、雌 4 頭)である。この救護個体の死亡原因は保護後の死亡が 4 個体、事故(転落など)および犬によるものがそれぞれ 2 個体、不明が 1 個体であった。体重増加過程の分析に用いた個体は越冬期間(12 月から 4 月)に回収した 47 個体(雄 14 頭、雌 33 頭)で、その死亡原因は事故(交通事故や転落など)によるものが 62%を占め、次いで犬によるもの(28%)、密猟によるもの(6%)、不明(4%)の順であった。これらの個体の年齢は、歯のセメント質の層板数による齢査定と歯の萌出状態から確定した。

救護個体は丹沢山地の各地から収容されているので、その食物条件は様々と考えられたが、周年的に食物現存量が乏しい場所が多いことから [16]、給餌利用個体と大きく異なる栄養条件であったと考えられる。

なお、救護個体と給餌利用個体はまとめて野生個体とした。

年齢区分

個体の年齢は、0 歳、1 歳、2 歳、3 歳、および 4 歳以上の 5 つに分けられた。また、小金沢ら [18] に従い、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。

統計処理

体重値の比較は、分散が等しくないと仮定した 2 標本による平均値の差の検定(t-検定)を用い、p 値が 0.01 以下を

図1 丹沢山地に生息する野生ニホンジカ雄と同地域由来の飼育ニホンジカ雄の初冬時点の平均体重の増加過程
●飼育個体, ○野生個体

図2 丹沢山地に生息する野生ニホンジカ雌と同地域由来の飼育ニホンジカ雌の初冬時点の平均体重の増加過程
●飼育個体, ○野生個体

有意とした。なお、検定結果は、自由度(d.f.), t 値(t)および p 値(p)を示した。

結 果

0 歳子の初冬までの体重増加過程

飼育個体の出生時の体重は雄が 4.3 ± 0.2 (平均 $\pm$ SE) kg, 雌が 4.3 ± 0.1 kg であり平均値に有意な差はなかった (d.f. = 14, $t = 0.21$, $p = 0.84$)。出生日は、通常より大きく遅れて出生した個体(7月27日と8月16日)を除くと、平均が6月4日で95%信頼区間は5月27日から6月14日と計算された。

出生後間もないと考えられる救護個体の体重は、雄が 4.1 ± 0.1 kg, 雌が 3.2 ± 0.3 kg で、雌雄の平均体重に有意差はなかった (d.f. = 9, $t = 2.1$, $p = 0.08$)。また、雌雄をまとめた平均体重にも救護個体と飼育個体の両者に有意な差はなかった (d.f. = 12, $t = 0.8$, $p = 0.45$)。

飼育個体の平均体重は出生時点から1月上旬までに雄が 30.1 ± 2.0 kg, 雌が 25.5 ± 2.1 kg に増加した。一方、野生個体の平均体重は出生時点から1月上旬までに雄は 21.0 ± 1.0 kg, 雌が 19.8 ± 1.0 kg に達した。

飼育個体の出生時点から1月上旬までの体重増加の傾きは $0.168 (0.154 \sim 0.187)$ となり、救護個体の同じ期間における傾き $0.071 (0.057 \sim 0.085)$ よりも有意に大きかった ($p < 0.01$)。また、野生個体の1月上旬における平均体重と出生時の平均体重を用いて、平均出生日(6月18日) [5] か

らの体重増加速度を求めると、雄は 71 g/日, 雌が 73 g/日となった。同様にして飼育個体の平均出生日(6月4日)を用いて1月上旬までの体重増加速度を求めると、雄が 128 g/日, 雌が 105 g/日となり、野生個体の増加速度を大きく上回った。

経年的な体重増加過程

初冬時点の飼育個体の経年的な体重増加の過程をみると、雄、雌ともに1歳初冬まで急激に増加し、平均体重は雌が 44.2 ± 2.0 kg に、雄は 50.9 ± 1.6 kg に達した(図1, 2)。2歳初冬の平均体重は雌が 48.0 ± 2.7 kg, 雄が 57.0 ± 2.6 kg である。3歳初冬の平均体重は雄は 61.5 ± 1.6 kg, 4歳以上の個体の初冬の平均体重は雌が 51.0 ± 1.9 kg, 雄は 78.0 ± 2.0 kg に達し、雌雄の体重の開きは1.5倍となった。このように3歳初冬以降で雄と雌の体重増加過程に明らかな違いが認められ、このことが雌雄の体重差を拡大していることがわかった。

一方、野生個体についてみると、飼育個体と異なり0歳初冬から2歳初冬まで大きな体重の増加が続いた。1歳初冬の平均体重は雄が 33.7 ± 1.9 kg, 雌が 29.6 ± 0.9 kg に増加し、2歳初冬には雄が 52.4 kg, 雌が 43.4 ± 1.5 kg に達した。2歳初冬の時点の野生個体の平均体重は、1歳初冬時点の飼育個体の平均体重とほぼ同じであり、野生個体は飼育個体と比較して体重増加がおおよそ1年遅れていることがわかった(図1, 2)。野生個体は3歳初冬の平均体重は雄が 53.0 kg, 雌が 43.1 kg に達した。4歳以上の初冬における

異なる飼育条件下でのニホンジカの成長

表2 給餌利用個体の出産の有無および初冬時点の体重

個体番号	出生率	観察年					
		1991	1992	1993	1994	1995	1996
D1	1990 年以前	(不明)	♂ (52.6)	♀ (51.4)	× (48.0)	(○)	(×)
D2	1989	(×)	♀ (45.0)	♀ (38.4)	× (50.2)	(○) (52.6)	(×)
DX	1990 年以前	—	—	—	○ (55.6)	× (55.6)	○ (59.0)
D6	1990 年以前	—	—	—	× (50.6)	—	—
D4	1992		× (21.8)	× (31.0)	× (40.4)	♀ (39.4)	× (47.5)
J3	1993			× (19.5)	× (31.0)	(×)	(○)
J4	1993			× (18.2)	× (30.3)	× (42.0)	(○)
成獣雌の数			2	2	4	4	6
子連れ雌の数			2	2	1	3	3
同上%			100	100	25	75	50

上段は子連れの有無を示す。♂は雄、♀は雌、○は性別不明の0歳子を確認できた個体、×は0歳子を確認できなかった個体を示す。()は給餌場以外での子連れの有無の確認を示す。下段の()内の数字は初冬時点の体重(kg)を示す。

平均体重は雄が 73.5 ± 1.60 kg、雌が 50.2 ± 1.2 kg に達し、雌雄の開きは1.5倍となった。このように、野生個体でも3歳初冬から4歳初冬にかけて雄と雌に体重増加過程に明らかな違いが認められた。また、4歳以上の野生個体の初冬時点の平均体重は飼育個体の4歳以上での平均体重と雄、雌ともほぼ変わらず、2歳までに見られた体重増加の遅れはほぼ解消された。

初産年齢

飼育個体では平均体重が 48.0 ± 2.7 kg まで増加した2歳初冬の時点ですべての個体で初産が確認された。それ故、平均体重が 44.2 ± 2.0 kg に達した1歳初冬時点で性成熟に達していたことになる。なお、飼育個体は初産後、すべての個体で毎年出産した。

給餌利用個体は2歳以下の雌で0歳子进行連れてる個体は1例も観察されなかった。1990年以降に0歳の時点から続けて観察できた3個体はすべて3歳初冬時点で初めて0歳子进行連れてる、それ以前には子連れは確認されなかった(表2)。

給餌利用個体の子連れと前年の初冬時点の体重をみると、初冬時点の体重が40kgを下回る個体で翌年子連れが

確認できた個体は1例もなかった。しかし、初冬時点の体重が40kgを上回っても、経年的に子連れが観察されたのは2回だけで、その他は1年おきに子連れが確認された(表2)。

越冬期の体重変化

(1) 幼 獣

飼育個体と給餌利用個体の各月の平均体重増減量は顕著に異なっていた(図3a)。飼育個体は1月～2月、2月～3月、3月～4月のいずれの期間も増加が認められ、2月から4月にかけての増加量が大きかった。野生個体では1月から3月にかけては毎月平均でおよそ1kgずつ減少し、3月～4月はほとんど変化がなかった。個体別の体重変化をみると、すべての飼育個体が1月から4月まで連続して体重が増加し、この期間中に平均でおよそ4kgの体重増加が見られた。これに対して、給餌利用個体は、体重に変化がないか、あるいはわずかな減少であった。給餌利用個体の1月から4月までの体重減少の合計量は 1.4 ± 0.4 kg であった。

(2) 雄亜成獣

1歳および2歳の雄の各月の平均体重増減量は飼育個体

図3 丹沢山地に生息する野生ニホンジカと同地域由来の飼育ニホンジカの1月から4月までの平均体重減少量の推移

白抜きは給餌利用個体, 黒塗りは飼育個体を示す。縦棒はSDを示す。n1は給餌利用個体数のサンプル数, n2は飼育個体のサンプル数を示す。

と給餌利用個体に明瞭な違いが見られた(図3b)。飼育個体では2月～3月, 3月～4月にかけて2～3kgの増加が見られた。これに対して, 給餌利用個体では1月から3月にかけてわずかな減少が観察された。個体別にみると, 給餌利用個体には1月から4月にかけて体重が増加する1歳の雄が見られたが, それ以外では増加する個体はみられなかった。

(3) 雄成獣

給餌利用個体は各月とも平均して約3kgの減少が認められた(図3c)。飼育個体では, 1月～2月に平均でおよそ1kgの増加が見られたが, それ以外の期間には体重は減少した。個体別に見ても, 3月下旬から4月中旬頃までほぼ連続して体重が減少した。一方, 飼育個体では1月から3月にかけてわずかな減少か増加がみられたが, 3月～4月は給餌利用個体と同様におよそ3kgの比較的大きな減少が認められた。

(4) 妊娠雌成獣

飼育個体の平均体重増減量をみると, 1月～2月はおおよそ1kg増加し, 2月～3月はわずかに減少したが, 4月に入ると約3kg(2～4kg)の明瞭な増加が認められた(図3d)。これに対して, 給餌利用個体では4月まで体重の減少が続き,

合計でおよそ7kg(5～9kg)の減少がみられた。個体別の体重変化をみると, 飼育個体では4月の月上旬から明瞭な体重増加が観察された。これに対して, 給餌利用個体では中旬以降に増加が認められたが, それはおよそ1kgと小さかった。

考 察

ニホンジカは, 地域や栄養状態により若干異なるが6月から7月にかけて出産し, 10月前後に発情期のピークを迎える。この期間は, これらのエネルギー負担に加えて体格成長, 越冬期間に向けた脂肪蓄積のためにエネルギー摂取量を高める時期でもある[14]。越冬期間に入るとニホンジカは採食量を低下させ, 必要以上にエネルギーを摂取せず体重の顕著な増加は起こらない[14]。このように草食獣であるニホンジカは, 草本や低木が繁茂する植物成長期間に繁殖活動や成長といったエネルギー要求の高まるの期間を重ね合わせ, 植物が枯死し落葉する植物休止期にエネルギー要求を低下させる生活史を持っている。

それ故, ニホンジカにとって, 春から秋までの期間と越冬期間のそれぞれの食物条件はシカの体重増加の過程に異なった意味合いがある。本研究では, それぞれの季節の食

異なる飼育条件下でのニホンジカの成長

食物条件の影響は0歳の初冬までの体重増加量, 性および発育段階による越冬期間の体重変化の違いとして分離して捉えられることができた。

0歳の初冬までの体重増加に影響した要因には出生時の体重, 出生時期, 増加速度が考えられる [6-8, 19, 20]。丹沢山地の野生個体と同地域由来の飼育個体の出生時体重に有意差はなかったが, 出生時期と増加速度が両者で異なっていた。この時期の栄養摂取水準の低下が0歳の初冬までの体重速度を低下させることは他のシカ類で実験的に確かめられており [20, 21], 本研究でみられた明瞭な体重増加速度の差異は, 春から秋にかけての栄養条件の違いによる可能性が大きい。飼育個体と野生個体の間の出生日の14日間の差もまた, 体重増加速度の差と相乗し初冬時点までの体重増加量の開きとなったと考えることができる。

越冬期の体重変化の違いは, この期間の食物条件に対するニホンジカの性や発育段階における反応の差が要因として考えられる [22]。発育段階にあるシカは越冬期間も摂取したエネルギーを骨格成長に振り向ける性質を持つ [22] が, 十分な栄養摂取ができない場合には, 成獣同様に体脂肪の消費が起こることが観察されている [22, 23]。それ故, 発育段階にあった給餌利用個体と飼育個体で観察された体重変化内容の違いは, 両者の食物条件の違いを反映したものである可能性が高い。妊娠雌での4月の体重変化の顕著な違いは, 出生日の違いを考え合わせると, 胎子の急激な成長の始まる時期が飼育個体と野生個体で異なることを示唆する。これは, オジロジカで報告されている [24] ような不十分な栄養状態に起因する発情・交尾時期の遅れがその原因の可能性もある。

このように, 春から秋までおよび越冬期間における食物条件の違いが発育段階にあるシカの体重増加にそれぞれ影響したと考えられた。この体重増加の差異は雌の初産年齢にも結果的に影響を及ぼしていると考えられた。飼育個体および給餌利用個体のいずれも初冬の体重が40 kgを超えた翌年に初産が確認されたことは, 他地域での観察とよく一致している [1, 2]。それ故, 栄養条件の低下に起因する発育段階での体重増加の遅延は初産年齢の上昇へと結びつくことを本研究の結果は示すものと考えられる。

以上から同じ遺伝的起源を持ったニホンジカにおいて, 春から秋までおよび越冬期間における食物条件が低下すると, 発育段階において体重増加の遅延が起こること, その

結果, 繁殖開始年齢が上昇することが示された。しかし, 野生個体の春から秋までの食物条件については実測したデータがなく, 体重増加に与えた影響の程度がどちらで大きかったかはさらに研究が必要である。今後の課題としたい。

要 約

神奈川県丹沢山地に生息するニホンジカ野生個体と同じ地域由来の飼育個体の体重増加, 出産の有無ならびに越冬期間の体重変化について比較・分析し, 食物条件の影響について考察した。この結果, ①野生個体と飼育個体とも初冬における成獣(4歳以上)の平均体重は雄で約75 kg, 雌で約50 kgに達し, 顕著な性的二型が認められた。②野生個体は飼育個体に比べて発育段階の体重増加と初産年齢に1年の遅滞が認められた, ③飼育個体と野生個体の間の出生時の体重に有意差はなかったが, 両者に出生時期と出生時から0歳初冬までの期間の体重増加速度に違いがみられた, ④越冬期間の体重変化は, 野生個体と飼育個体で異なり, 幼獣, 亜成獣雄および妊娠雌で違いが明瞭であった。以上の結果は生息地の食物条件の違いが, ニホンジカの発育段階の体重増加過程の影響し, 性成熟に到達する期間に影響することを示すものと考えられた。

キーワード: ニホンジカ, 体重変化, 発育段階, 性成熟, 食物条件

引用文献

1. 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. pp 139.
2. 高槻成紀. 1992. 五葉山のシカ調査報告書 (1988-1991). pp 42. 岩手県環境保健部自然保護課, 岩手県.
3. 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 Theriol* 33:187-208.
4. 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学位論文, pp 56.
5. 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* 2:21-47.
6. Sadleir RMFS. 1987. Reproduction of female cervids. In *Biology and Management of the Cervidae* (Wemmer CM ed.), pp 123-144. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
7. Albon SD, Mitchell B, Huby BJ, Brown D. 1986. Fertility in female Red deer (*Cervus elaphus*): the effects of body composition age and reproductive status. *J Zool Soc London (A)* 209:447-460.
8. Klein DR, Strandgaard H. 1972. Factors affecting growth and body size of roe deer. *J Wildl Manage* 32:350-367.

山根 正伸ら

9. Hamilton WJ, Blaxter KL. 1980. Reproduction in farmed red deer:1. Hinds and stags fertility. *J Agr Sci* 95:261-273.
10. Gaillard JM, Sempere AJ, Bouttin JM, Van Laere G, Boisaubert B. 1992. Effects of age and body weight on the proportion of females breeding in a population of roe deer (*Capreolus capreolus*). *Can Zool* 70:1541-1545.
11. Mueller CC, Sadleir RMFS. 1979. Age at first conception in black-tailed deer. *Biol Reprod* 21:1099-1104.
12. 三浦慎吾.1986. シカ科動物の進化と社会・その課題. 哺乳類科学 53: 19-24.
13. 山根正伸, 古林賢恒, 羽山伸一. 1994. 野生ニホンジカの体重測定手法の開発. 日林論 105:465-468.
14. 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 *Cervus nippon* の体重と採食量の季節変動. *Jpn J Zoo Wildl Med* 1:119-124.
15. 牧野佐絵子, 古林賢恒.1996. 丹沢山地東部のスズタケが後退した地域におけるニホンジカの食性と環境選択. 日本林学会大会講演要旨集 107: 215.
16. 山根正伸, 羽山伸一, 白石利朗.印刷中. ニホンジカ保全のための栄養生態学的研究. 丹沢大山自然環境保全調査報告書. 神奈川県. 横浜.
17. 永田幸志, 古林賢恒, 皆川康雄, 藤上史子, 牧野佐絵子, 石井隆.1994. ニホンジカ (*Cervus nippon*) の季節的行動圏に与える給餌の影響. 日林論 105:547-550.
18. 小金沢正昭, 乾 孝雄, 北原正宣.1986. 日光・足尾山地のニホンジカの外部計測 (1). 栃木県博物館研報・日光の動植物 (IV) : 29-53.
19. Clutton-Brock TH, Guinness FE, Albon SD. 1982. Red Deer: Behavior and Ecology of Two Sexes. University of Chicago Press. Chicago.
20. Hudson RJ, Adamczewski JZ.1990. Effect of supplementing summer range on lactation and growth of wapiti (*Cervus elaphus*). *Can J Anim Sci* 70:551-560.
21. Milne JA, Sibbald AM, McCormick HA, Loudon ASI. 1987. The influences of nutrition and management of the growth of red deer calves from weaning to 16 months of age. *Anim Product* 45: 511-522.
22. Gates CC, Hudson RJ.1981. Weight dynamics of Wapiti in the boreal forest. *Acta Theriol* 26:407-418.
23. Yamane M, Furubayashi K, Hayama S. 1996. Over-winter weight dynamics in supplementally fed free-ranging sika deer (*Cervus nippon*). *J For Res* 1: 149-153.
24. Verme LJ. 1969. Reproductive patterns of white-tailed deer related to nutritional plane. *J Wildl Manage* 33:881-887.