

論 文

エゾシカの樹皮嗜好性と小径樹幹の内樹皮成分との関係

小島康夫^{*1}・安井洋介¹・折橋 健¹・寺沢 実¹・鴨田重裕²
笠原久臣²・高橋康夫²

小島康夫・安井洋介・折橋 健・寺沢 実・鴨田重裕・笠原久臣・高橋康夫：エゾシカの樹皮嗜好性と小径樹幹の内樹皮成分との関係 日林誌 88：337~341, 2006 東京大学北海道演習林では、積雪期にエゾシカによる激しい樹皮剥ぎが発生し、おもに小径の樹幹が剥皮される。この演習林では、イタヤカエデ、イチイ、イヌエンジュ、ウダイカンバ、エゾマツ、オヒョウ、シウリザクラ、シラカンバ、ハリギリ、ハルニレ、ミズナラ、ヤチダモが森林施業や保全の上で重要である。われわれは、これら12樹種小径樹幹の内樹皮成分を分析し、各成分とエゾシカの樹皮嗜好性との関連を検討した。エゾシカはイヌエンジュに対して低嗜好性を示したが、この樹種はアルカロイドを含む唯一の種であった。他の11樹種に関しては、エゾシカの樹皮嗜好性に対して灰分含有割合が正の、酸性ディタージェントリグニン含有割合が負の関係をそれぞれ示した。

キーワード：エゾシカ、化学成分、樹皮嗜好性、樹皮剥ぎ、内樹皮

Kojima, Y., Yasui, Y., Orihashi, K., Terazawa, M., Kamoda, S., Kasahara, H., and Takahashi, Y.: **Relationship between Bark Preferences of *Cervus nippon yesoensis* and Inner Bark Components of Small-diameter Tree Trunks.** J. Jpn. For. Soc. 88: 337~341, 2006 Severe bark stripping by sika deer (*Cervus nippon yesoensis*) occurs during winter snow in the Tokyo University Forest in Hokkaido. The trees debarked are mainly those with small-diameter trunks. The tree species important for forest management and conservation in this Forest are *Acer mono*, *Betula maximowicziana*, *Betula platyphylla* var. *japonica*, *Fraxinus mandshurica* var. *japonica*, *Kalopanax septemlobus*, *Maackia amurensis* var. *buergeri*, *Picea jezoensis*, *Prunus ssiroi*, *Quercus mongolica* var. *grosseserrata*, *Taxus cuspidata*, *Ulmus davidiana* var. *japonica*, and *Ulmus laciniata*. We analyzed the inner bark components of small-diameter trunks of these twelve tree species, and examined any relationship between each component and the bark preference of sika deer. *M. amurensis*, for which sika deer exhibited a low preference, was the only species containing alkaloids. Of the other eleven tree species, the ash and acid detergent lignin concentrations had positive and negative relationships, respectively, with the bark preferences of sika deer.

Key words: bark preference, bark stripping, *Cervus nippon yesoensis*, chemical component, inner bark

I. はじめに

1980年代以降北海道では、エゾシカ (*Cervus nippon yesoensis*) による森林被害が顕著である。これは、エゾシカの生息数増加と分布域拡大に伴うものとされ(18, 19)、天然林(たとえば31, 34, 35)、人工林(たとえば1, 4)を問わず多くの被害事例がある。

エゾシカが樹種嗜好性を有することは、いくつかの被害事例において指摘されている(たとえば31, 34, 35)。この樹種嗜好性を把握することは、各樹種に対する被害防除策を考える上で一助となる。また、樹種嗜好性の要因を解明することは、将来、林木育種や忌避剤・防護資材開発において有用な情報を与えるものである。エゾシカによる林木被害の形態には、樹幹樹皮の食害(樹皮剥ぎ害)、枝葉や梢頭の食害、角研ぎ害がある(4)。したがって、エゾシカの樹種嗜好性やその要因は、被害形態ごとに把握が必要である。

東京大学北海道演習林(以下、演習林とする)では、積雪期に樹幹樹皮の激しい食害が発生する(15, 33)。演習林では、天然林択伐施業が実践され、一部には貴重な原生林も保全されている。このため、施業、保全の両面から、被害の拡大や後遺症が懸念されている。岩魚沢大型固定試験地では、イチイ(*Taxus cuspidata*)やニレ類(*Ulmus* spp.)を中心に被害が発生している(15, 33)。これらの樹種では、中大径木にまで被害が及んでいるが、他樹種に関してはおもに小径木が被害を受けている(33)。小径木は、後継樹として森林の持続性の維持に欠かせない。それゆえ、エゾシカが小径樹幹樹皮を摂食する際の嗜好性(以下、樹皮嗜好性とする)やその要因の解明が求められている。

以上のことからわれわれは、演習林内に多く自生し施業や保全の上で重要な12樹種について、その小径樹幹を用いて摂食試験を行い、12樹種に対するエゾシカの樹皮嗜好性を順位化した(37)。そして現在、この順位(以下、

* 連絡・別刷請求先 (Corresponding author) E-mail: koji@for.agr.hokudai.ac.jp

¹ 北海道大学大学院農学研究科 (060-8589 札幌市北区北9条西9丁目) Graduate School of Agriculture, Hokkaido University, Kita-9 Nishi-9, Kita-ku, Sapporo 060-8589, Japan.

² 東京大学北海道演習林 (079-1561 富良野市山部市街地2条通北1) University Forest in Hokkaido, The University of Tokyo, Yamabe-2 Kita-1, Furano 079-1561, Japan. (2005年8月8日受付; 2006年3月8日受理)

樹皮嗜好性順位とする)に関わる要因の解明を目指している。反芻動物の食物選択については、食物中の栄養価に関わる成分との関連が注目され、ニホンジカ (*Cervus nippon*) (2, 17) やニホンカモシカ (*Capricornis crispus*) (7) を対象とした検討例がある。一方、われわれの研究において、エゾシカの樹皮摂食が内樹皮摂食を目的とすることが示唆されている (12)。そこで本研究では、上記 12 樹種の小径樹幹を用い、その内樹皮の栄養価に関わる成分に注目して、各成分とエゾシカによる樹皮嗜好性順位 (37) との関連を検討した。

II. 材料および方法

本研究では、イタヤカエデ (*Acer mono*)、イチイ、イヌエンジュ (*Maackia amurensis* var. *buergeri*)、ウダイカンバ (*Betula maximowicziana*)、エゾマツ (*Picea jezoensis*)、オヒョウ (*Ulmus laciniata*)、シウリザクラ (*Prunus ssiori*)、シラカンバ (*Betula platyphylla* var. *japonica*)、ハリギリ (*Kalopanax septemlobus*)、ハルニレ (*Ulmus davidiana* var. *japonica*)、ミズナラ (*Quercus mongolica* var. *grosseserrata*) およびヤチダモ (*Fraxinus mandshurica* var. *japonica*) を対象とした。

各樹種につき、樹幹 4 個体を演習林内で採取した。採取個体の胸高直径は 10~16 cm、採取日は 2001 年 1 月 23~25 日および 2 月 6 日であった。採取樹幹の中にはエゾシカにより地上高 1.2 m 未満の部位を剥皮されたものもあったので、全樹幹とも地上高 1.2 m 以上の部位を供試材料とした。各材料は、元口側より長さ 120 cm ごとに切り分けて 2~4 本の丸太とし、最も元口側の丸太を成分分析に用いた。それ以外の丸太は、エゾシカの樹皮嗜好性順位を検討する試験に供した (37)。分析用の丸太は、供試までの間、プラスチックバックに入れて -10°C の冷凍庫内で保存した。

内樹皮成分は、栄養価に関わる下記 7 項目を分析した。分析用の丸太よりノミで全樹皮を剥皮し、それより外樹皮を除いて内樹皮片を得た。一部はただちに乾物量測定に用いた。また残りは、風乾後にウィレーミルで粉碎し、42~83 メッシュ ($180 \mu\text{m} \leq \phi < 355 \mu\text{m}$) 部分を乾物量以外の分析に供した。分析は、各樹種 4 回反復 (丸太 4 本分) とした。

乾物量：剥皮直後の内樹皮片 5 g を 105°C で 4 時間乾燥し、乾燥後の重量を乾物量とした。

全窒素量：絶乾重量で 0.1 g の内樹皮粉を使用し、CN コーダー (SUMIGRAPH NC-1000, 島津, 京都) により測定した。

灰分量：絶乾重量で 1 g の内樹皮粉をろつぽに入れ、電気炉にセットした。ゆっくりと 550°C に昇温してから 4 時間灰化を行い、残渣の絶乾重量を灰分量とした。

ベンゼン・エタノール混液抽出物量：風乾重量で 3 g の内樹皮粉を用いてソックスレー抽出を行った。溶媒にはベンゼンと 95%エタノールの混液 (2:1, v/v, 180 mL) を

使用し、抽出時間は 16 時間とした。抽出前後における内樹皮粉の絶乾重量変化分を抽出物量とした。

中性ディタージェント繊維 (NDF) 量：Goering and Van Soest (10) の方法に従った。蒸留水 1 L に対してラウリル硫酸ナトリウム 30 g, エチレンジアミン四酢酸二ナトリウム塩二水和物 18.61 g, 四ホウ酸ナトリウム十水和物 6.81 g, リン酸二ナトリウム無水 4.56 g, エチレングリコールモノエチルエーテル 10 mL を溶解させ、pH を 6.9 から 7.1 の間に調整して中性ディタージェント溶液とした。絶乾重量で 3 g の内樹皮粉をベンゼン・エタノール混液により脱脂し、脱脂粉を 300 mL 容三角フラスコに入れた。ここに中性ディタージェント溶液 180 mL を加え、1 時間還流煮沸を行った。煮沸時には、デカヒドロナフタレンおよび亜硝酸ナトリウムは添加しなかった。煮沸後、ガラスフィルタ (1G3) を用いて吸引ろ過を行い、残渣を回収した。残渣は熱水とアセトンで 3 回ずつ洗浄した後、105°C で 4 時間乾燥し、秤量して NDF 量とした。なお、NDF 中の灰分はごく少量 (NDF 量に対して 1.5% 未満) であることから、本研究では灰分補正を行わなかった。

酸性ディタージェント繊維 (ADF) 量：NDF を試料とする連続法 (24) で測定した。酸性ディタージェント溶液は、1 N 硫酸 1 L に対してヘキサデシルトリメチルアンモニウムブロミドを 20 g の割合で加温溶解させて調製した。300 mL 容三角フラスコに、絶乾重量で 1.5 g の NDF と酸性ディタージェント溶液 100 mL を入れ、1 時間還流煮沸した。煮沸後、ガラスフィルタ (1G3) を用いて吸引ろ過を行い、残渣を回収した。残渣は熱水とアセトンで 3 回ずつ洗浄した後、105°C で 4 時間乾燥し、秤量して ADF 量とした。なお、NDF と同様の理由で灰分補正は行わなかった。

酸性ディタージェントリグニン (ADL) 量：絶乾重量で 1 g の ADF に 72%硫酸 20 mL を加え、ガラス棒で時々掻き混ぜながら 4 時間放置した。その後、蒸留水を加えて液量を 400 mL とし、一晩放置した。ガラスフィルタ (1G3) を用いて吸引ろ過を行い、残渣を回収した。残渣は熱水で 3 回洗浄した後、105°C で 4 時間乾燥し、秤量して ADL 量とした。なお、NDF および ADF と同様の理由で灰分補正は行わなかった。

アルカロイドの検出：ドラゲンドルフ試薬による呈色沈殿反応を用いた (26)。ヨウ化カリウム (22.7 g) と蒸留水 (25 mL) より調製した水溶液中に、塩基性硝酸ビスマス (8 g) と濃硝酸 ($d=1.38$, 20 mL) の混合物を少しずつ加えた。その際析出した硝酸カリウムは、ろ過除去した。ろ液に水を加えて 100 mL とし、これをドラゲンドルフ試薬とした。風乾した内樹皮粉 0.2 g と 5%硫酸 15 mL を試験管に入れ、40°C の恒温層に 24 時間浸した後、上澄み液をバイアルに取ってそこに試薬を数滴加えた。上澄み液にアルカロイドが含まれる場合には、オレンジ色の沈殿が生じるので、その有無を確認した。

III. 結果と考察

冬期の北海道では、積雪や低温のためにエゾシカが利用可能な食物は限られる(38)。その点、樹皮や小枝はエゾシカが容易に利用できる重要な食物である(38)。被食樹種を対象に、冬期の全樹皮や小枝の成分が分析されており(表-1)、これらはタンパク質が少なく繊維質が多いために栄養価は低いと評価されている(21)。本研究の内樹皮は、全樹皮や小枝に対して粗ヘミセルロース値が高いものの他の成分値は類似しており(表-1)、それゆえ栄養価は

低いと判断される。

イヌエンジュの内樹皮は、唯一、アルカロイドの陽性反応を示した(表-2)。この樹種にはルピン系アルカロイドが含有され、その一例として含有割合は少ないがSparteineが挙げられる(29)。飼育下の子羊に、この成分の添加飼料と無添加飼料を与えた場合、前者の摂食量は後者と比べて明らかに少ない(5)。イヌエンジュは樹皮嗜好性順位が最下位であったが(表-2)、これにはアルカロイドが関与している可能性がある。一方、他成分については、値を他樹種と比べても最下位の要因となるものがない

表-1. エゾシカが採食する樹皮や小枝の化学組成

Chemical composition of bark and twigs consumed by *Cervus nippon yesoensis*.

Sample ^a	Place	Dry matter	Total N	Crude protein	Ash	Crude fat	NDF	ADF	Crude hemicellulose ^e	Crude cellulose ^f	ADL	Reference
Bark ^b (13 species)	Akan, eastern Hokkaido	46.5±13.8 25.8~64.2	ND	4.6±2.2 1.3~7.2	7.0±2.4 1.9~10.7	6.2±4.7 2.4~18.6	60.3±8.9 45.0~72.2	54.3±6.8 39.9~68.8	6.0±4.8 0.0~14.6	ND	ND	(21)
Twig ^b (15 species)	Akan, eastern Hokkaido	46.1±6.4 33.1~56.1	ND	9.4±2.7 6.4~17.4	4.1±1.3 2.3~7.2	4.0±2.5 1.0~10.2	60.8±9.5 40.7~73.2	51.1±7.6 34.4~64.6	9.7±3.2 2.1~14.3	ND	ND	(21)
Current annual twig (8 species)	Ashoro, eastern Hokkaido	51.2±8.6 36.8~63.8	ND	9.5±2.5 7.1~14.8	1.0±1.2 0.1~2.8	15.1±4.1 10.1~22.2	53.9±7.3 44.6~61.9	46.6±7.1 37.0~53.7	7.3±1.4 4.8~9.0	26.4±6.3 16.2~35.6	20.3±6.0 9.4~30.0	(38)
Inner bark (12 species)	Furano, central Hokkaido	52.0±7.9 40.5~65.4	0.83±0.48 0.38~2.20	5.2±3.0 ^c 2.3~13.8 ^c	5.0±1.2 3.3~7.1	14.3±4.7 ^d 7.0~23.0 ^d	61.4±7.8 45.9~71.3	43.0±7.1 25.5~52.1	18.3±3.5 12.3~23.2	28.6±6.3 20.1~38.5	14.5±5.2 5.4~23.3	Present study

乾物量は生重量に対する割合(%, 平均値±標準偏差と最小値~最大値)を、他は乾物量に対する割合(%, 平均値±標準偏差と最小値~最大値)を示す。ND, データなし; NDF, 中性デタージェント繊維; ADF, 酸性デタージェント繊維; ADL, 酸性デタージェントリグニン。^a サンプルは冬期に採取された。^b サンプルの一部は春もしくは初夏に採取された。^c 概算値(Total N×6.25)である。^d ベンゼン・エタノール混液抽出物。^e NDF-ADF。^f ADF-ADL。

Dry matter is shown as % (Mean±SD and Min~Max) to raw matter weight, and the others as % (Mean±SD and Min~Max) to dry matter weight. ND, No datum; NDF, Neutral detergent fiber; ADF, Acid detergent fiber; ADL, Acid detergent lignin. ^a Samples were collected in winter. ^b Some of samples were collected in spring or early summer. ^c Roughly estimated (Total N×6.25). ^d Benzene-EtOH (2:1, v/v) extract. ^e NDF-ADF. ^f ADF-ADL.

表-2. 供試した内樹皮の化学組成

Chemical composition of the inner bark analyzed in this study.

Bark preference ranking ^a	Tree species	Dry matter	Total N	Ash	Benzene-EtOH extract	NDF	ADF	Crude hemicellulose ^b	Crude cellulose ^c	ADL	Alkaloids detection
1	<i>Ulmus laciniata</i>	45.4±2.3	0.94±0.07	5.5±0.8	8.3±0.5	ND	41.3±2.9	ND	33.0±5.6	9.3±2.0	-
2	<i>Taxus cuspidata</i>	43.4±2.4	0.71±0.12	7.1±1.3	23.0±2.0	50.2±5.6	37.9±5.4	12.3±0.8	21.2±2.8	16.7±3.0	-
3	<i>Fraxinus mandshurica</i> var. <i>japonica</i>	58.3±2.0	0.53±0.06	4.3±0.5	18.0±1.2	62.3±1.7	42.4±3.1	19.9±1.8	31.6±5.4	10.8±2.9	-
4	<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	53.4±3.1	0.66±0.08	6.3±1.4	11.1±2.1	62.0±0.2	49.0±2.4	13.9±3.5	38.5±3.5	10.5±2.9	-
5	<i>Prunus ssiori</i>	46.7±1.6	1.09±0.19	4.2±1.5	16.0±1.3	57.0±7.3	39.3±6.5	17.7±2.0	26.0±5.5	13.3±1.9	-
6	<i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i>	57.1±3.0	0.60±0.05	5.5±0.4	14.2±0.9	61.8±3.4	40.6±3.0	21.1±1.8	25.3±1.1	15.3±2.0	-
7	<i>Kalopanax septemlobus</i>	52.5±0.8	0.54±0.15	4.0±0.4	12.4±2.1	67.4±4.7	47.9±4.6	19.5±0.2	34.6±3.2	13.3±1.8	-
8	<i>Picea jezoensis</i>	40.5±3.0	0.38±0.05	3.3±0.2	14.1±1.3	63.2±1.7	49.5±1.3	13.6±0.5	32.9±2.9	16.7±4.2	-
9	<i>Acer mono</i>	60.3±1.3	0.58±0.07	5.9±0.7	7.0±1.5	71.3±3.1	52.1±2.7	19.2±0.6	34.6±2.9	17.5±0.7	-
10	<i>Betula maximowicziana</i>	65.4±1.0	0.96±0.14	4.0±0.5	11.4±1.5	69.9±1.7	46.8±1.7	23.2±0.3	23.5±0.3	23.3±1.4	-
10	<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	57.5±2.9	0.71±0.06	3.8±0.7	15.7±2.5	64.9±4.0	44.2±1.3	20.6±3.3	21.9±1.7	22.3±1.9	-
10	<i>Maackia amurensis</i> var. <i>buergeri</i>	43.7±2.4	2.20±0.15	6.4±0.7	20.1±3.2	45.9±1.5	25.5±1.8	20.4±0.9	20.1±1.8	5.4±1.0	+

乾物量は生重量に対する割合(%, 平均値±標準偏差, n=4)を、他はアルカロイドを除いて乾物量に対する割合(%, 平均値±標準偏差, n=4)を示す。アルカロイドはドラゲンドルフ試薬により検出された(+, 陽性; -, 陰性)。ND, データなし; NDF, 中性デタージェント繊維; ADF, 酸性デタージェント繊維; ADL, 酸性デタージェントリグニン。^a エゾシカによる樹皮嗜好性順位は我々の研究報告(37)より引用した。^b NDF-ADF。^c ADF-ADL。

Dry matter is shown as % (Mean±SD, n=4) to raw matter weight, and the other components except alkaloids as % (Mean±SD, n=4) to dry matter weight. Alkaloids were detected by the Dragendorff's reagent (+, positive; -, negative). ND, No datum; NDF, Neutral detergent fiber; ADF, Acid detergent fiber; ADL, Acid detergent lignin. ^a Bark preference ranking by *Cervus nippon yesoensis* is quoted from an our research paper (37). ^b NDF-ADF. ^c ADF-ADL.

表-3. エゾシカによる樹皮嗜好性順位とイヌエンジュを除く 11 樹種の内樹皮成分含有割合との相関
Correlations between a bark preference ranking by *Cervus nippon yezoensis* and inner bark components (%) of the 11 tree species except *Maackia amurensis* var. *buergeri*.

	Dry matter	Total N	Ash	Benzene-EtOH extract	NDF ^a	ADF	Crude hemicellulose ^{ab}	Crude cellulose ^c	ADL
<i>n</i>	11	11	11	11	10	11	10	11	11
<i>r_s</i>	0.515	-0.036	-0.651	-0.228	0.796	0.551	0.529	-0.141	0.770
<i>p</i>	0.104	0.908	0.039	0.471	0.017	0.081	0.113	0.655	0.015

スピアマンの順位相関係数 (r_s) を示す。NDF, 中性ディタージェント繊維; ADF, 酸性ディタージェント繊維; ADL, 酸性ディタージェントリグニン。^a エゾシカによる樹皮嗜好性順位はオヒョウを除いて再計算された。^b NDF-ADF。^c ADF-ADL。

Values of Spearman's correlation coefficient by rank test (r_s) are shown. NDF, Neutral detergent fiber; ADF, Acid detergent fiber; ADL, Acid detergent lignin. ^a Bark preference ranking by *Cervus nippon yezoensis* were recalculated excluding *Ulmus laciniata*. ^b NDF-ADF. ^c ADF-ADL.

(表-2)。後述するように ADL 含有割合は嗜好性の低下要因と考えられるが、イヌエンジュ内樹皮における含有割合は、12 樹種中最低であった。全窒素の含有割合は、他樹種に比べて大きい、これにはアルカロイド由来の窒素分が寄与していると推測される。

アルカロイドを含まない 11 樹種について、内樹皮各成分の含有割合と樹皮嗜好性順位との相関を検討した。その結果、樹皮嗜好性順位に対して灰分、NDF および ADL 含有割合が有意な相関を示した (表-3)。このうち NDF については、これをさらに粗ヘミセルロース (=NDF-ADF)、粗セルロース (=ADF-ADL) および ADL に分けた場合、粗ヘミセルロースと粗セルロースの含有割合は、樹皮嗜好性順位と有意な相関を示さなかった (表-3)。このことから、NDF に関する相関は、ADL 含有割合の影響を強く受けていると推測される。表-3 のスピアマンの順位相関係数 (r_s) は、灰分では負値、ADL では正値であった。これは、樹皮嗜好性順位が上位の樹種ほど内樹皮の灰分含有割合が高くなり、ADL 含有割合は低くなることを意味している。換言すれば、エゾシカの樹皮嗜好性に対して、灰分含有割合は正の、ADL 含有割合は負の関係の有するといえる。

灰分は各種ミネラルにより構成されるが、樹皮では一般的にカルシウムやカリウムが構成主体である (23)。カルシウムには骨格形成、酵素活性、神経や筋肉機能に関わる作用等が、カリウムには体液の量や浸透圧に関わる作用等があり、両者とも反芻動物にとって必須のミネラルである (28)。カルシウムやカリウムをはじめとするミネラル摂取の観点から、灰分含有割合がエゾシカの樹皮嗜好性に影響する可能性が考えられる。

内樹皮の ADL には、酸不溶性リグニン、フェノール酸、スベリン等が含まれる (20, 25)。3 成分中では、酸不溶性リグニンやフェノール酸の含有割合が高い (20)。酸不溶性リグニンは、リグニン中の酸不溶部であるが (25)、ルーメン内での作用はリグニンに同様と考えられる。リグニンは細胞壁や細胞間層に分布し、セルロースやヘミセルロースとともに繊維質を構成する (11, 16)。リグニンは、反芻動物により消化されない (28)。加えて、ルーメン液中の微生物によるセルロースやヘミセルロースの消化を妨げる (27)。一方、内樹皮 ADL 中のフェノール

ル酸は、アルカリ溶液に可溶であり (20)、ルーメン液にも溶解すると考えられる。小枝から抽出されるフェノール性化合物の中には、ルーメン液中で消化阻害作用を示す成分もあるので (30, 32)、内樹皮のフェノール酸も阻害作用を示す可能性がある。以上のことから、ルーメン液中での内樹皮消化にとって ADL は負の因子であり、その含有割合が高い内樹皮ほど、消化率は低下すると考えられる。利用可能な食物のうち、消化率の低い食物ほどルーメンにおける代謝回転率が低く、エネルギーの摂取効率は悪くなる (3, 13, 14)。一方、冬期の厳しい低温下では、エゾシカのエネルギー消費も大きいと想像され、利用可能な食物の中からエネルギー摂取効率の少しでも高い食物を選択する方が、エゾシカの生存にとり有利なものと推測される。したがって ADL 含有割合は、エネルギーの摂取効率の観点からエゾシカの樹皮嗜好性に影響する可能性が考えられる。

内樹皮組織において、セルロースの大半は厚壁細胞に含まれる (16)。このセルロースは、多くの樹種では多量のリグニンに包み込まれているが、オヒョウやハルニレでは包み込むリグニン量が少ない (16)。今川・田中 (16) は、エゾシカが両樹種に高い嗜好性を示すのは、このことが一因ではないかと推測している。本研究では、この考察を支持する結果が得られたが、それと同時に、さまざまな樹種に対するエゾシカの嗜好性に内樹皮のリグニン量 (あるいは ADL 量) が関与する可能性が示された。

反芻動物の食物選択では、食物中のテルペン類 (8, 36) やフェノール性化合物 (6, 22) が関与するという報告がある。また、シカ類の樹皮剥ぎにおいては、樹皮の厚さや粗さ、剥がれやすさ等の物理的特徴が影響するとの報告がある (9)。これと関連して、オヒョウやハルニレについては、樹皮が樹幹に沿って根元から上方に剥がれやすいために、エゾシカによる被害を受けやすいとの指摘もある (16)。本研究では、これらに関わる検討は行っていないが、エゾシカの樹皮嗜好性を考える上で興味深い課題である。また、エゾシカの樹皮嗜好性と外樹皮の関連についても同様のことがいえる。

エゾシカの樹皮嗜好性と内樹皮成分との関連については検討例がなく、本研究は初めての事例である。各樹種の供試個体数が 4 個体と少ないことから分析値の検証が必要だ

が、エゾシカの樹皮嗜好性に関わる成分としてイヌエンジュではアルカロイドを、その他の11樹種では灰分とADLを提示できた。今後、これらの成分がどの程度の重みでエゾシカの樹皮嗜好性に関与するのか検討されるべきである。

本研究の実施にあたり、東京大学北海道演習林土木系の五十嵐秀雄氏および飯沼利雄氏にご協力いただきました。記してお礼申し上げます。

引用文献

- (1) 明石信廣・佐藤彦彦・江川友和 (1998) エゾシカによるアカエゾマツ樹皮食害と枝打ちの関係. 北方林業 50 : 77-79.
- (2) Ando, M., Yokota, H., and Shibata, E. (2003) Bark stripping preference of sika deer, *Cervus nippon*, in terms of bark chemical contents. For. Ecol. Manage. 177 : 323-331.
- (3) Baker, D.L. and Hobbs, N.T. (1987) Strategies of digestion : digestive efficiency and retention time of forage diets in montane ungulates. Can. J. Zool. 65 : 1978-1984.
- (4) 坂東忠明 (1999) エゾシカによる森林被害の対策とその課題. 北海道の場合について. 林業と薬剤 147 : 1-12.
- (5) Burritt, E.A. and Provenza, F.D. (2000) Role of toxins in intake of varied diets by sheep. J. Chem. Ecol. 26 : 1991-2005.
- (6) Cooper, S.M. and Owen-Smith, N. (1985) Condensed tannins deter feeding by browsing ruminants in a South African savanna. Oecologia (Berlin) 67 : 142-146.
- (7) Deguchi, Y., Sato, S., and Sugawara, K. (2001) Relationship between some chemical components of herbage, dietary preference and fresh herbage intake rate by the Japanese serow. Appl. Anim. Behav. Sci. 73 : 69-79.
- (8) Duncan, A.J., Hartley, S.E., and Iason, G.R. (1994) The effect of monoterpene concentrations in Sitka spruce (*Picea sitchensis*) on the browsing behaviour of red deer (*Cervus elaphus*). Can. J. Zool. 72 : 1715-1720.
- (9) Gill, R.M.A. (1992) A review of damage by mammals in north temperate forests: 1. Deer. Forestry 65 : 145-169.
- (10) Goering, H.K. and Van Soest, P.J. (1970) Agriculture Handbook 379. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications). 20 pp, U.S. Dept. Agric., Washington, D.C.
- (11) 原口隆英・寺島典二・白田誠人・越島哲夫・坂井克己・諸星紀幸・寺谷文之・甲斐勇二・志水一允・榎原 彰 (1985) 木材の科学3. 木材の化学. 288 pp, 文永堂出版, 東京.
- (12) 桧山 亮・折橋 健・小島康夫・寺沢 実・鴨田重裕・高橋康夫 (2004) エゾシカに対する樹皮嗜好性試験 3. ハリギリ樹皮の物理性とエゾシカの樹皮嗜好性. 第115回日林学術講 : 705.
- (13) Hjeljord, O., Sundstøl, F., and Haagenrud, H. (1982) The nutritional value of browse to moose. J. Wildl. Manage. 46 : 333-343.
- (14) Holand, Ø. (1994) Seasonal dynamics of digestion in relation to diet quality and intake in European roe deer (*Capreolus capreolus*). Oecologia (Berlin) 98 : 274-279.
- (15) 井口和信・高橋康夫・犬飼雅子 (1997) エゾシカの食害による森林被害. 岩魚沢大型試験地の事例 (II). 森林保護 258 : 14-16.
- (16) 今川一志・田中京子 (1996) エゾシカによる樹木の食害. その嗜好性の一原因. 北海道の林木育種 39(2) : 10-13.
- (17) Jiang, Z., Ueda, H., Kitahara, M., and Imaki, H. (2005) Bark stripping by sika deer on veitch fir related to stand age, bark nutrition, and season in northern Mount Fuji district, central Japan. J. For. Res. 10 : 359-365.
- (18) 梶 光一 (1995) シカの爆発的増加. 北海道の事例. 哺乳類科学 35(1) : 35-43.
- (19) 金子正美・梶 光一・小野 理 (1998) エゾシカのハビタット変更に伴う分布変化の解析. 哺乳類科学 38(1) : 49-59.
- (20) 窪田 実・高橋弘行・斉藤 勝・平田三郎 (1977) 道産樹皮のポリフェノール量. 日本木材学会北海道支部講演集 9 : 27-30.
- (21) 増子孝義・相馬幸作・石島芳郎 (1998) エゾシカ (*Cervus nippon yesoensis*) 飼養の栄養学的研究. 108 pp, 東京農業大学生物産産学部生物生産科動物資源研究室, 網走.
- (22) McArthur, C., Robbins, C.T., Hagerman, A.E., and Hanley, T.A. (1993) Diet selection by a ruminant generalist browser in relation to plant chemistry. Can. J. Zool. 71 : 2236-2243.
- (23) 右田伸彦 (1968) 木材化学 (上). 537 pp, 共立出版, 東京.
- (24) Mould, E.D. and Robbins, C.T. (1981) Evaluation of detergent analysis in estimating nutritional value of browse. J. Wildl. Manage. 45 : 937-947.
- (25) 中野準三 (1979) リグニンの化学. 基礎と応用. 453 pp, ユニ出版, 東京.
- (26) 日本分析化学会 (1991) 改訂4版分析化学便覧. 1426 pp, 丸善, 東京.
- (27) 農林水産省 (1987) 蒸着シラカンバによる乳牛および肉用牛の飼養マニュアル. 40 pp, 農林水産省, 東京.
- (28) 奥村純市・田中桂一 (1995) 動物栄養学. 236 pp, 朝倉書店, 東京.
- (29) 大宮 茂・斉藤和季・村越 勇 (2000) 日本産マメ科植物を中心としたルピン系アルカロイドに関する最近の進歩. 薬学雑誌 120 : 923-934.
- (30) Palo, R.T. (1985) Chemical defense in birch: inhibition of digestibility in ruminants by phenolic extracts. Oecologia (Berlin) 68 : 10-14.
- (31) 阪部智子・矢部恒晶・矢島 崇・渋谷正人・高橋邦秀 (1998) 知床半島岩尾別地区におけるエゾシカ越冬地の樹木被害. 北大演研報 55 : 113-122.
- (32) Sunnerheim, K., Palo, R.T., Theander, O., and Knutsson, P.-G. (1988) Chemical defense in birch. Platyphylloside: a phenol from *Betula pendula* inhibiting digestibility. J. Chem. Ecol. 14 : 549-560.
- (33) 高橋康夫・犬飼雅子・井口和信・高橋郁雄・山本博一 (1997) エゾシカの食害による森林被害. 岩魚沢大型固定試験地の事例. 日林北支論 45 : 84-87.
- (34) 高柳 敦・古本浩望・渡邊康弘・佐藤修一・伊藤太一・松下幸司 (1991) 北海道演習林白糠区におけるエゾシカによる樹皮剝離. 京大演集報 22 : 13-27.
- (35) 宇野裕之・高嶋八千代・富沢日出夫 (1995) エゾシカと森林. 森林保護 249 : 36-38.
- (36) Vourc'h, G., De Garine-wichatitsky, M., Labbé, A., Rosolowski, D., Martin, J.-L., and Fritz, H. (2002) Monoterpene effect on feeding choice by deer. J. Chem. Ecol. 28 : 2411-2427.
- (37) 安井洋介・折橋 健・小島康夫・寺沢 実・鴨田重裕・笠原久臣・高橋康夫 (2002) エゾシカに対する樹皮嗜好性試験. 積雪期における野外試験. 日林北支論 50 : 79-81.
- (38) Yokoyama, M., Kaji, K., and Suzuki, M. (2000) Food habits of sika deer and nutritional value of sika deer diets in eastern Hokkaido, Japan. Ecol. Res. 15 : 345-355.