

## 植物珪酸体によるエゾシカの食性分析

立原厚子\*・藤巻裕蔵\*

(受理: 1986年11月25日)

Food habit analysis by using opal phytoliths in *Cervus nippon yesoensis*

Atsuko TATSUHARA and Yuzo FUJIMAKI

### 摘 要

苫小牧市にある北海道大学苫小牧地方演習林内に設けられた柵内にエゾシカを放し飼いし、ここで得られた糞から植物珪酸体を分離し、その形態から植物種を同定することにより、エゾシカの食性がどの程度明らかになるかを、1982、1984、1985年に調査した。糞から分離した植物珪酸体を、主として同じ調査地内で採集した草本類24種、木本類42種の計66種から分離した植物珪酸体と比較した結果、イネ科のタケ亜科、イチゴツナギ亜科、ヒメノガリヤス、カヤツリグサ科とタガネソウ、ヌスビトハギ、ブナ科コナラ属、ハルニレ、ヤマグワ、モクレン科、カエデ科カエデ属の2科、2亜科、2属、5種は同定可能であった。

### はじめに

草食動物の食性調査法には、糞、食痕、胃内容などを用いる方法や摂食前後の植生比較法などがある。このうち糞を用いる方法では、他の方法に比べて多くの試料を容易に入手できるという利点がある。これまで行われた糞分析法では、糞中に残されている植物組織により摂食された植物の種類を判定するが(高槻・朝日, 1976; TAKATSUKI, 1978)、植物種によって消化のされ方が異なり、摂食された植物の組織が同じ割合では糞中に残らないという問題があった。

植物の細胞、とくに葉の表皮細胞には珪酸が沈積して形成される植物珪酸体があり、植物の科や属で特徴のある形態をもつものが多い(近藤, 1974; 塚田, 1980; 近藤・佐瀬, 1986)。植物珪酸体はイネ科植物に多いが、それ以外の草本類、木本類からも検出されており、木本類では葉や材部に由来する植物珪酸体がある

ことも知られている(近藤・佐瀬, 1986)。これらの植物珪酸体は化学的に安定で、長期間の風化に対しても抵抗性がある(WILDING et al., 1977)。このような植物珪酸体の特性を用いて、草食動物の糞中の植物珪酸体から、食性分析がどの程度まで可能かについて、エゾシカ *Cervus nippon yesoensis* の場合で検討してみた。

### 調査地と調査方法

調査地は北海道苫小牧市高丘にある北海道大学苫小牧地方演習林(42° 41' N, 141° 36' E)の南端部の18 haである。この部分は100~200mの幅で東西に細長く、北側が高速道路、南側が住宅地で囲まれている。調査地の大部分はミズナラ、アオダモ、サワシバが優占する落葉広葉樹天然林であるが、一部にダケカンバ、キタゴヨウ、カラマツの人工林がある。調査地の70%近くで林床植物はミヤコザサであるが、針葉樹人工林

\* 帯広畜産大学野生動物管理学研究室 〒080 帯広市稲田町

Laboratory of Wildlife Resource Ecology, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Inada, Obihiro, 080.

のように樹冠部がうっ閉している所ではオシダやマイズルソウが主であった。各種植物の珪酸体を調べるための葉の採集を苫小牧演習林のほか、帯広市の帯広農業高校構内の林でも行った。

シカの糞の採集は、1982年4—9月と1984年10月—1985年2月に行った。植生に関係なく調査地全域から比較的新しいと思われる4—12糞塊をとり、その中から観察中に排出されたもの、光沢や色から数日中に排出されたと思われるもの4—6糞塊を選んだ。また各種植物の葉（草本、木本の計66種）の採集は上述の期間と1985年10月に行った。植物珪酸体を調べる植物種の選定にあたっては、同じ調査地で食痕によりエゾシカの食性を調べた石城（1983）の結果を参考にした。

なお、演習林の調査地とした区域は、高さ1.8mの金網で囲まれており、糞採集を行った期間のうち1981年11月—1982年7月にはエゾシカ4頭（成雄1、成雌1、亜成雄1、亜成雌1）、1982年7月—1985年2月には3頭（成雄2、成雌1）が放されていた。

植物および糞から植物珪酸体を分離する方法は、ROVNER（1971）、近藤（1982）の湿化灰化法に準じた。その概略を以下に述べる。

植物10gを500mlトールビーカーにとり、濃硝酸42mlを加えて時計皿で蓋をして12時間室温で放置し、さらに110°Cのホットプレート上で褐色の気体が出なくなるまで加熱した。放冷後、硝酸・過塩素酸・硫酸（10:4:1）混合液40mlを加え190°Cのホットプレート上で液体が無色または透明になるまで加熱分解し、放冷した。この際、時計皿およびビーカーの内壁に付着した試料を洗浄瓶で流しこみ、一定容量にしてから超音波処理した。水を加えて約500mlにした後、沈底法によって10 $\mu$ 以下の粒子を除いた。この操作は、上層部10cmの上澄液が透明になるまで約8回繰返した。得られた沈澱物は秤量瓶に入れ105°Cで24時間乾燥し、その後の分析試料（>10 $\mu$ 珪酸体）とした。

糞は、65—70°Cで予備乾燥し、表面に付いている砂や植物破片をピンセットで取除いた後、軽く乳鉢でつぶし、前述の手順と同様は方法で植物珪酸体を分離した。ただし、分離した珪酸体画分中には、シカが植物を摂食する際にその表面に着いている土砂を取り込む可能性があるため、さらに重液分離を行った。すなわち、ツレー重液（比重2.30）と10 $\mu$ 粒径画分試料をほぼ20:1の割合で混合し、マルター・クイックセパレーターで分離した。浮遊部をろ紙（5B）上に回収し3回

ほどこの操作を繰返した後、残査を秤量瓶に入れ105°Cで24時間乾燥した。

10 $\mu$ 以上の珪酸体の一定量に35%グリセリン溶液の一定量を加えよく混合した後、マイクロピペットでその一部をプレパラートに展開し光学顕微鏡で植物珪酸体の形態を観察した。葉から分離した珪酸体は1試料につき2枚、糞から分離した珪酸体は1試料につき4枚のプレパラートを作成し検鏡した。植物珪酸体の同定は、主に佐瀬・近藤（1974）、近藤・ピアスン（1981）、近藤（1982）の記載法に準拠した。なお、植物珪酸体の有無と植物珪酸体が由来する組織細胞を確認するために灰像分析を行った。

## 結果と考察

### (1) 各種植物の植物珪酸体含量

まず、糞中の植物珪酸体を同定するために調べた草本類24種、木本類42種、計66種の葉の植物珪酸体について述べる。

植物珪酸体含量は植物種の違いによって少ないものから多いものまで様々であった。草本類で1%以上の試料は、イネ科のエゾミヤコザサ（6.8%）、ヤマスカボ（2.6%）、ヒメノガリヤス（1.1%）、ヒゲノガリヤス（1.0%）、ヨシ（7.1%）、カヤツリグサ科スゲ属のヒラギシスゲ（2.1%）、タガネソウ（2.1%）で、その他にヌスビトハギ（1.1%）、ドクゼリ（1.8%）、オトコエシ（1.5%）、アキタブキ（1.0%）、ヨブスマソウ（1.5%）、アレチマツヨイグサ（2.1%）であった。木本類で植物珪酸体含量が1%以上の試料は、ハルニレ（1.5%）、ホオノキ（1.3%）、キタコブシ（1.4%）、ヤマモミジ（1.4%）、イタヤカエデ（1.6%）、エゾイボタ（1.6%）、ヤチダモ（1.0%）であった。

### (2) 植物珪酸体の形態

供試したイネ科4種のうちイチゴツナギ亜科（ヤマスカボ、ヒメノガリヤス、ヒゲノガリヤス）にはすべてウシノケグサ型珪酸体が見られた。このうちヒメノガリヤスではその形態が長く、左右対称で、他の2種のウシノケグサ型珪酸体と明らかに異なっていた（Fig. 1）。また、ヨシには多くのヒゲシバ型およびファン型珪酸体が見られた。カヤツリグサ科に特有なカヤツリグサ型珪酸体はスゲ属のヒラギシスゲとタガネソウに認められた（Fig. 1）。前者は2—4の突起が1列に並ぶ長方形で、後者はこれと同じ特徴をもつほか突起が2列に並ぶ幅広い形態を示していた。

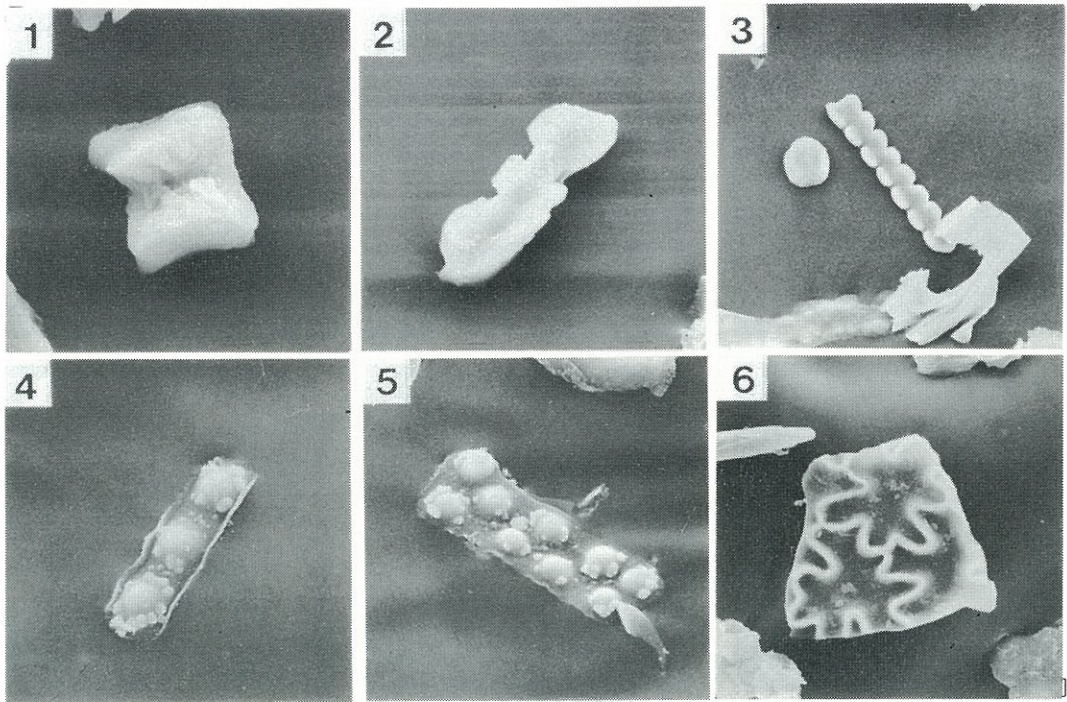


Fig. 1. Scanning electron micrographs of opal phytoliths separated from grass and herb leaves. Scale bars:  $5\mu$ . 1: *Sasa chartcea*, 2: *Agrostis clavata*, 3: *Calamagrostis hakonensis*, 4: *Carex augustinowiczii*, 5: *Carex siderosticata*, 6: *Desmodium oxyphyllum*.

イネ科以外の草本類，ヌスビトハギ (Fig. 1)，キク科7種のうちハンゴンソウとヨブスマソウにははめ絵パズル状珪酸体が見られた。この他に，キンミズヒキには表皮毛基部に由来する扇状の珪酸体，ヨブスマソウ，キンミズヒキ，チシマアザミには導管由来の珪酸体が認められた。他の草本類（オシダ，ユキザサ，シロツメクサ，セリ科のウマノミツバ，カノツメソウ，ドクゼリの3種，ハエドクソウ，オトコエシ，キク科のヤマハハコ，アキノキリンソウ，アキタブキ，チシマアザミ，セイヨウタンポポの5種，アレチマツヨイグサ）にも珪酸体が含まれていたが，それらは不定形など，形態に特徴が認められなかった。

供試草本類のうちサワグルミ，エゾヤマザクラ，ワタゲカマツカ，エゾイボタ，ヤチダモには表面に凹凸があるはめ絵パズル状珪酸体が見られた。オノエヤナギ，イヌコリヤナギ，ミズナラ，カシワ，ヤマブドウ，ハリギリには多角板状珪酸体が見られた。このうちコナラ属2種の珪酸体は，各辺が直線の五角形または六

角形で，他種の同型の植物珪酸体とは異なっており (Fig. 2)，ヤマブドウのものは丸味があった。エゾイチゴ，ヤチダモにはY字型珪酸体が見られた。シラカンバ，ホオノキ，キタコブシ，ノリウツギ，マユミには網目状の棟を有する紡錘状珪酸体が見られた。このうちモクレン科2種の珪酸体は網目部分が鋭く尖り，棟部分が窪んでいたが，モクレン科の他種の同型珪酸体（近藤・ピアスン，1981）とは区別できなかった。また，ノリウツギでは網目が大きく角柱に近い。ハルニレとハリギリには嘴状珪酸体が見られた。このうちハルニレの珪酸体は表皮毛と表皮毛基部に由来するもので，表面に細いしわがあり，基底面はいくいつかの扇型または卵型に仕切られていた (Fig. 2)。ゴトウズルとエゾイチゴには球状珪酸体が見られた。ヤマハンノキには両端が鋭く尖った角柱状の珪酸体が多く見られた。花型あるいはくす玉状の珪酸体がヤマグワに数多く見られ (Fig. 2)，また，ヤチダモにもくす玉状珪酸体が見られた。この他，キハダ，ハリギリ，ヤチダ



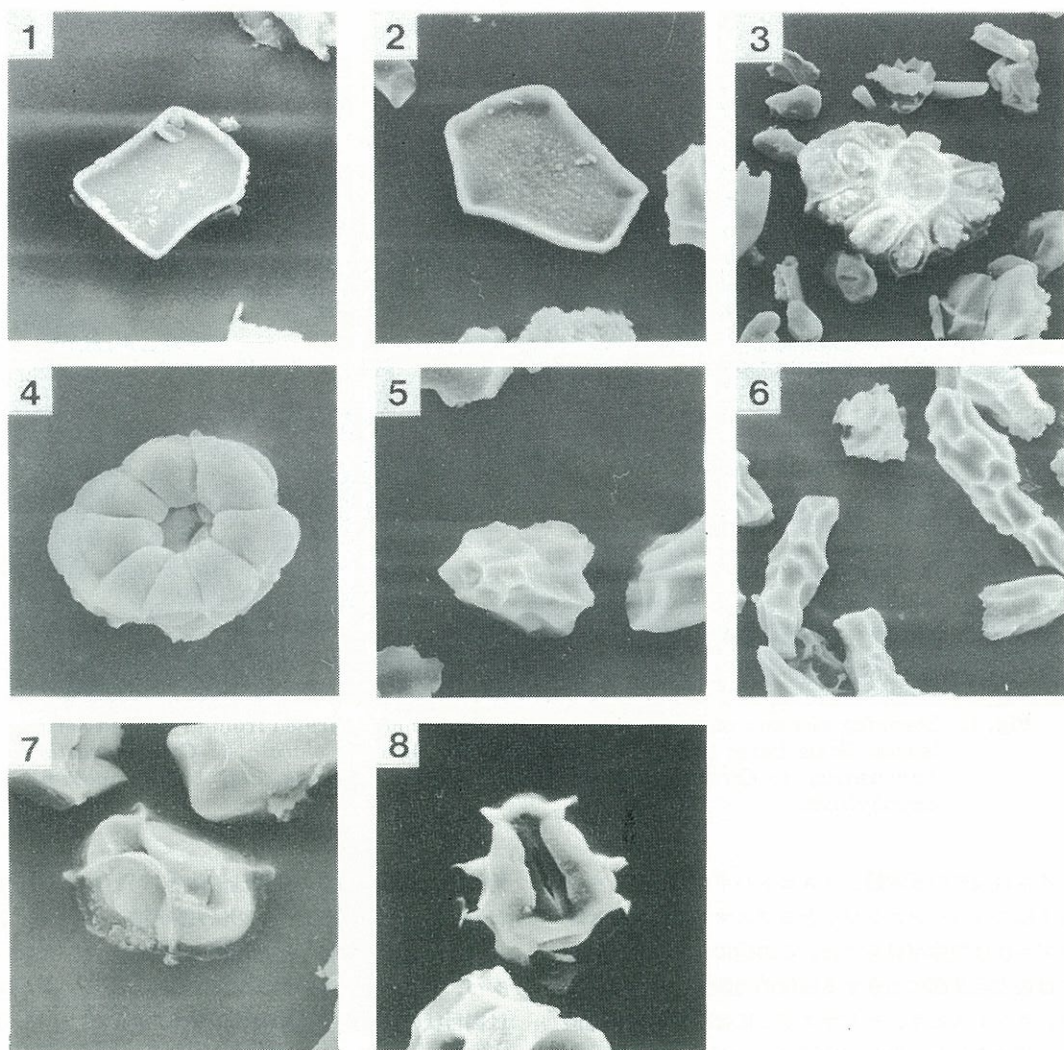


Fig. 2. Scanning electron micrographs of opal phytoliths separated from tree leaves. Scale bars:  $5\mu$ . 1: *Quercus mongolica* var. *japonica*, 2: *Quercus dentata*, 3: *Ulmus davidiana* var. *japonica*, 4: *Morus bombycis*, 5: *Magnolia obobata*, 6: *Magnolia kobus* var. *borealis*, 7: *Acer palmatum* var. *matsumurae*, 8: *Acer mono*.

モ、ニワトコには導管由来の植物珪酸体が、マユミ、ヤマモミジ、イタヤカエデ、ヤチダモには孔辺細胞由来の珪酸体が、ヤマブドウ、ハリギリ、ミズキ、ヤチダモには葉肉細胞由来の珪酸体が見られた。このうちカエテ類2種の孔辺細胞由来の植物珪酸体には、特徴のある形態をもつものが多数認められた (Fig. 2)。

2)。

供試した木本類のうち、サワシバ、チョウセンゴミ

シ、ホザキシモツケ、クマイチゴ、アズキナシ、フッキソウ、ツタウルシ、ヤマウルシ、ニシギキ、ミヤママタタビ、ナニワズ、ミズキ、ガマズミには特徴のある珪酸体は認められなかった。

### (3) 植物珪酸体による同定の可能性

ササ型珪酸体はイネ科タケ亜科に、ウシノケグサ型珪酸体はイネ科イチゴツナギ亜科に、カヤツリグサ型珪酸体はカヤツリグサ科に、それぞれ特有の植物珪酸

Table 1. Distribution of opal phytoliths separated from feces of sika deer *Cervus nippon jezoensis* (%)

Month	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Number of opal phytoliths examined
Feb.	15.28	0.09	+	0.03	0.01	-	-	0.01	0.03	84.55	33,000
Apr.	3.37	1.29	0.08	-	0.02	-	-	0.10	0.01	95.13	12,695
May.	4.03	0.25	0.26	-	-	-	-	0.01	0.01	95.44	20,048
June.	3.28	0.13	0.28	-	-	-	-	-	0.01	96.30	12,717
Aug.	0.70	0.01	0.02	-	-	0.08	-	0.01	0.08	99.10	12,272
Sep.	0.15	0.08	0.01	0.16	0.02	0.30	-	0.14	0.66	98.48	21,939
Oct.	2.24	0.33	0.01	0.01	0.03	0.13	0.10	0.19	1.03	95.93	30,608
Dec.	0.50	0.18	0.01	+	0.01	0.01	-	+	0.08	99.21	26,652

A: Bambusoideae, B: Pooideae, C: *Calamagrostis hakonensis*, D: *Desmodium oxyphyllum*, E: *Quercus*, F: *Ulmus davidiana* var. *japonica*, G: *Morus bombycis*, H: Magnoliaceae, I: *Acer*, J: Unknown.

体なので(近藤, 1974, 1982; 佐瀬・近藤, 1974), タケ亜科, イチゴツナギ亜科, カヤツリグサ科の2亜科と1科は同定可能である。

今回調査した試料の中には, この他に特徴のある珪酸体を示すものがあったが, 同型のものが他種にも含まれる可能性ある。したがって現段階では植物珪酸体から種, 属, 科を確実に同定できないが, 今後さらに検索することによってその可能性があるものとしては次のものがあげられよう。草本類では, ヒメノガリヤスのウシノケグサ型珪酸体は前述のように特徴があること, タガネソウの突起が2列に並ぶ植物珪酸体は, これまで知られているカヤツリグサ型珪酸体(近藤, 1982)とは異なること, ヌスビトハギは固有のはめ絵パズル状珪酸体をもつことで, 植物種の同定が可能である。木本類ではコナラ属は多角形板状珪酸体, ハルニレは表皮毛基部の珪酸体, ヤマグワは花型珪酸体, カエデ属は孔辺細胞由来の珪酸体の形態の特徴により, 属または種の同定がそれぞれ可能である。またモクレン科では網目状の練を有する紡錘状と塊状の珪酸体で科または属の同定が可能である。

#### (4) 糞中の植物珪酸体

エゾシカの糞から分離した植物珪酸体に, 前述の特徴をもつ珪酸体がどの程度含まれているかを検討した(Table 1)。

どの植物に由来する珪酸体かを判断できない場合が非常に多いが, 同定できるものから食性の定性分析を試みた。ササ型珪酸体は1年を通して見られ, その

割合は4—6月に高く, 8—9月に低くなり, 冬には12月を除く月で再び高くなった。この調査地ではタケ亜科に属するササはエゾミヤコザサだけなので, この種は1年を通して摂食されていることになる。この他の草本類ではイチゴツナギ亜科とカヤツリグサ科が1年を通して, ヌスビトハギが9月—翌年2月に摂食されている。木本類では, コナラ属が9月—翌年4月に, ハルニレは8—12月に, ヤマグワは10月に, モクレン科は6月を除き1年中, カエデ属は1年中摂食されている。

1982年4—10月に同じ調査地で, 食痕調査法によるエゾシカの食性調査が行われている(石城, 1983)。これと今回の結果とを比較すると, 摂食された植物のうち同定された種数は, 4—8月には食痕調査法で多く, 9月にはほぼ等しく, 10月には植物珪酸体分析法の方で多かった。とくに草本類では4, 9, 10月に植物珪酸体分析法で同定できた種数が多く, エゾミヤコザサとカヤツリグサ科の摂食は植物珪酸体分析法だけで認められた。木本類で同定された種数は, 4—8月には食痕調査法による方が多く, 9月以降はほぼ同等か植物珪酸体分析法で多くなったが, 8—10月には両方法による同定種が一致しない場合が多かった。

植物珪酸体分析法を食痕調査法と比べた場合, どちらが優れているとはいえないが, 前者では(1)植物の地上部全部を摂食し, 食痕が残りにくい場合でも摂食を明らかできること, (2)落葉の摂食を明らかできること, (3)糞を用いるので, 他の動物による摂食と区別できる

という利点がある。一方、植物珪酸体分析法では同定可能な種が現段階では少ないこと、春一夏に摂食が過小評価される可能性がある。前者の理由としては、植物珪酸体分析に対するわれわれの経験不足が同定を不十分なものとしたと思われる。後者の理由としては、植物の成長に伴い珪酸が徐々に沈積して珪酸体が形成されるために、春一夏は植物珪酸体の形成過程にあることが考えられる。実際、開葉期から秋にかけて形態に特徴のある植物珪酸体の割合が多くなったことから、このことが裏付けられる。より多くの植物について珪酸体研究がすすめば、今後同定可能な植物種が増えると考えられ、植物珪酸体分析法は動物の食性分析法として有効性を増すと思われる。

#### 謝 辞

この研究の期間中絶えずご指導いただいた帯広畜産大学環境土壌学研究室の近藤鍊三博士にお礼申しあげる。

#### 文 献

- 石城 護, 1983. 苫小牧地方の森林におけるエゾシカの食痕分析. 帯広畜産大学卒業論文.
- 加藤芳朗, 1962. 関東ローム層の細砂軽鉱物組成地. 球科学化学, 62: 11-20.
- 近藤鍊三, 1974. Opal phytoliths—植物珪酸体の形態的特徴とイネ科植物分類グループとの関連—. ベドロジスト, 18: 1-10.
- 近藤鍊三, 1982. plant opal分析による黒色腐植層の成因究明に関する研究. 昭和56年度科学研究費補助金(一般研究C)研究成果報告書, 1-32.
- 近藤鍊三・ピアスン友子, 1981. 樹木葉のケイ酸体に関する研究(第2報), 双子葉被子植物樹木葉の植物ケイ酸体について. 帯大研報, 12: 217-229.
- 近藤鍊三・佐瀬 隆, 1986. 植物珪酸体, その特性と応用. 第四紀研究, 25: 31-63.
- ROVNER, L. 1971. Potential of opal phytoliths for use in paleoecological reconstruction. Quart. Res., 1: 343-359.
- 佐瀬 隆・近藤鍊三, 1974. 北海道の埋没火山灰腐植層中の植物珪酸体について. 帯大研報, 8: 465-483.

- TAKATSUKI, S. 1978. Precision of fecal analysis: a feeding experiment with penned sika deer. J. Mamm. Soc. Japan, 7: 167-180.
- 高槻成紀・朝日 稔, 1976. 糞分析による奈良公園のシカの食性. 天然記念物「奈良のシカ調査報告」, 129-141.
- 塚田松雄, 1980. 植物珪酸体 (phytoliths). 軽石学雑誌, 6: 51-63.
- WILDING, L. P., N. E. SMECK & L. R. DREES 1977. Eilical in soils: quartz, cristobalite, tridymite, and opal. "Minerals in soil environments" (ed. DIXON, J. B. & S. B. WEED), 471-552. Soil Sci. Soci. Amer., Madison, Wisconsin.

#### Summary

A study on food habits of the sika deer *Cervus nippon yesoensis* was conducted by comparing opal phytoliths separated from plants with those from feces obtained in the deciduous broad-leaved forest in Tomakomai, southern Hokkaido, in 1982, 1984 and 1985. Opal phytoliths separated from leaves of 66 species of grasses, herbs and trees were examined. The weight percentage of opal phytoliths separated from leaves ranged from less than 0.01% (*Trifolium repens* and *Rhus trichocarpa*) to 7.07% (*Phragmites communis*). Out of 66 species of plants examined *Bambusoideae*, *Pooideae*, *Calamagrostis hakonensis*, *Cyperaceae*, *Carex siderosticta*, *Desmodium oxyphyllum*, *Quercus*, *Ulmus davidiana* var. *japonica*, *Morus bombycis*, *Magnoliaceae* and *Acer* were identified by morphology of opal phytoliths. Based on opal phytoliths separated from feces, *Sasa chartacea* and *Pooideae* are considered to be main diets for sika deer throughout year.