

論 文

北海道白糠町産ニホンジカ (*Cervus nippon yesoensis*) の 第一胃繊毛虫の種構成

木村 友紀^{1*}, 辻野 亮¹, 鳥居 春己¹

¹ 奈良教育大学自然環境教育センター

Ciliate protozoa from the rumens of sika deer (*Cervus nippon yesoensis*) captured in Hokkaido Island, Northern Japan

Yuki Kimura^{1*}, Riyou Tsujino¹, Harumi Torii¹

¹ Center for Natural Environment Education, Nara University of Education

要旨: 反芻動物であるニホンジカの遺伝的な集団が異なることで第一胃繊毛虫種構成が異なるかを明らかにするために、既存研究事例のある北海道興部町と知床半島から同程度離れた距離にある白糠町に生息するニホンジカの繊毛虫種構成を調査した。白糠町産ニホンジカ15頭からは、1属8種の繊毛虫種 (*Entodinium convexum*, *Ent. simplex*, *Ent. abruptum*, *Ent. dubardi*, *Ent. exiguum*, *Ent. longnucleatum*, *Ent. nanellum*, *Ent. ovinum*) が検出された。遺伝的集団の異なる北海道興部町と知床半島の繊毛虫種構成は大きく異なったのに対し、遺伝的集団が同一である知床半島と白糠町の繊毛虫種構成は類似した。したがって、過去のボトルネックを受けて形成された遺伝的に近縁な宿主集団ではルーメン繊毛虫種構成が類似することが示唆された。

木村 友紀, 辻野 亮, 鳥居 春己 (2017) 北海道白糠町産ニホンジカ (*Cervus nippon yesoensis*) の第一胃繊毛虫の種構成. 奈良教育大学自然環境教育センター紀要, (18): 21–29.

キーワード: ルーメン、プロトゾア、繊毛虫、ニホンジカ、北海道

Abstract: In order to clarify whether the rumen ciliate fauna differs among different genetic population groups of sika deer, a ruminant species, we investigated the rumen ciliate fauna of sika deer captured at Siranuka Town of Hokkaido, Japan, which located equally far from Okoppe and Shiretoko Peninsular, that have been previously investigated. We found 8 ciliate species of 1 genus (*Entodinium convexum*, *Ent. simplex*, *Ent. abruptum*, *Ent. dubardi*, *Ent. exiguum*, *Ent. longnucleatum*, *Ent. nanellum*, *Ent. ovinum*) from 15 heads of exterminated sika deer. While the ciliate fauna differed significantly between Okoppe and Shiretoko, the ciliate fauna of Shiranuka and Shiretoko resembled each other for these sika deer populations belonging to the same genetic population. Therefore, it was suggested that the genetic lineage affects the rumen ciliate fauna.

Kimura Y, Tsujino R, Torii H (2017) Ciliate protozoa from the rumens of sika deer (*Cervus nippon*

* 〒630-8528 奈良市高畑町

Center for Natural Environment Education, Nara University of Education, Takabatake-cho, Nara 630-8528, Japan.

Email: a153403@student.nara-edu.ac.jp 2017年2月12日受付、2017年3月1日受理

yesoensis) captured in Hokkaido Island, Northern Japan. Bulletin of Center for Natural Environment Education, Nara University of Education, (18): 21-29.

Keywords: rumen; protozoa; ciliate; sika deer; Hokkaido

はじめに

ニホンカモシカ (*Capricornis crispus*) やニホンジカ (*Cervus nippon*) などの反芻動物は複数の胃を持ち、その内、第一胃はルーメンともよばれ、ルーメン内にはさまざまな種類の細菌や原生動物 (プロトゾア) などの微生物が生息する (扇元1980)。反芻動物は、植物繊維の主成分であるセルロースを分解する酵素を自ら生産することはできないため、植物繊維の消化過程は第一胃内に生息する微生物に依存している (Williams and Coleman 1997)。第一胃内繊維虫種構成は、反芻動物の種や生息地や摂食習性や生理条件などの要因によって変異があり (猪木 1981; 今井ほか 1978)、家畜の肥育状況に大きく影響するのでよく研究されている (扇元1985)。しかし、家畜での研究事例に比べて野生での研究事例は少ないため (たとえば、チェコ産スイスカモシカ、Crha et al. 1985; 中国産モウコガゼル、Imai et al. 1990b; 北海道興部町産ニホンジカ、Ito et al. 1993; 北海道知床産ニホンジカ、Ichimura et al. 2004; 静岡県産ニホンカモシカ、Kimura et al. 2017 など)、野生反芻動物における第一胃繊維虫種構成の決定要因はよくわかっていない。

ところで、北海道に生息するニホンジカの繊維虫種構成については、北海道興部町 (Ito et al. 1993) と北海道知床半島 (Ichimura et al. 2004) に生息するニホンジカを対象に調査が行われている。興部町産からは1属2種、知床半島産からは2属9種の繊維虫が確認され (Ito et al. 1993; Ichimura et al. 2004)、北海道内でも地域によって繊維虫種構成が大きく異なることが明らかになっている。佐藤ほか (2016) は知床半島産ニホンジカと興部町産、岩手県産、奈良県産ニホンジカの繊維虫種構成の比較を行ったところ、知床半島産ニホンジカの繊維虫種構成が興部町産、岩手県産、奈良県産ニホンジカとは明らかに異なっていることから、知床半島のニホンジカでは家畜から繊維虫が感染した可能性を示唆している。一方、興部町と知床半島では、同じ島内で地理的には比較的近傍であるが、異なる遺伝的集団であることが示されており (Ou et al. 2014)、遺伝集団と繊維虫種構成の関係を考える上で興味深い。

そこで本研究は、興部町と知床半島から同程度離れた距離にある北海道白糠郡白糠町にて捕獲されたニホンジカを用いて繊維虫種構成を明らかにして、遺伝的集団と繊維虫種構成の関係を考察する。

方法

調査地

北海道白糠郡白糠町 (図1) が属する北海道東部地域ではエゾシカの個体数が増加し、農林業に多大な被害を及ぼしている (白糠町 2010)。白糠町では防護柵の設置し、町内の猟友会と連携して捕獲中心の被害軽減対策を行っているが、2010年から過去10年以上にわたり有害駆除だけで年間2,000頭以上の捕獲をしているにもかかわらず、北海道東部地域は2002年頃から個体数指数が増加に転じ、町内生息数も高い水準にあると推測されている (白糠町 2010)。

同町では畜産が行われており、農林水産省の「平成 28 年畜産統計調査」によると、白糠町では58 経営体によって乳用のウシが約5,000頭飼育されているほか、肉用のウシも21 経営体で飼育されている (農林水産省 2016)。

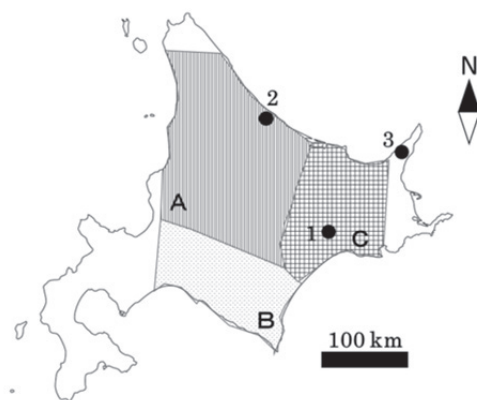


図1. サンプル採取地点とOu et al. (2014) の2008～2010年に採集されたニホンジカのmtDNAハプロタイプ頻度分析に基づくニホンジカ個体群の分集団構造図。1, 北海道白糠町、2, 北海道興部町、3, 北海道知床半島、縦縞A, ニホンジカの大雪山個体群、砂かけB, ニホンジカの日高個体群、編みかけC, ニホンジカの阿寒個体群

対象動物

ニホンジカは、ベトナム、中国東部、台湾など、東アジアに広く分布するシカ科に属する反芻動物であり (Ohdachi et al. 2010)、地域ごとにいくつかの亜種に分けられる (高槻 2006)。日本では、北海道のエゾシカ (*C. nippon yesoensis*)、本州、四国のホンシュウシカ (*C. n. centralis*)、九州のキュウシュウシカ (*C. n. nippon*)、馬毛島のマゲシカ (*C. n. mageshimae*)、屋久島のヤクシカ (*C. n. yakushimae*)、慶良間諸島のケラマジカ (*C. n. keramae*) が生息している (大泰司 1986)。これらのうち、今回分析対象としたのは日本国内に棲息するニホンジカの北端に棲息するエゾシカである。

北海道のエゾシカは、明治初期に大雪と乱獲によって絶滅寸前にまで激減した (北海道 2012)。その際、エゾシカは阿寒、大雪、日高の3地域に生き残り、その後の保護政策や生息環境の改変などにより、分布域を拡大しながら生息数が増加した (北海道 2012)。これらの地域に生き残った3集団、阿寒個体群、大雪個体群、日高個体群は遺伝的に区分される (北海道 2012; Ou et al. 2014)。Ou et al. (2014) の図より、北海道興部町は大雪個体群、北海道白糠町と知床半島には阿寒個体群に属するニホンジカが生息していると考えられる (図1)。

2016年1月から2月にかけて、有害鳥獣駆除のため北海道白糠郡白糠町にて捕獲されたニホンジカ15頭 (オス2頭メス13頭) を使用した。北海道では1998年にニホンジカの保護管理計画が策定され、ニホンジカが農林業被害や生態系への悪影響を与えることを防ぐため、狩猟等により計画的な個体数管理の取組を進めている (北海道2012)。

実験室作業

第一胃内容物を宿主1頭につき約100 ml採取し、約100 mlの固定液 (5%ホルムアルデヒド溶液) を加え固定した。これを一時保存試料とする。一時保存試料100 gを2重のガーゼでろ過した後、Imai et al. (1981a) と同様の割合になるよう、一時保存試料2 mlに対して4 mlのMSF液 (0.1%のメチルグリーンおよび0.8%のNaClを含む10%のホルマリン水溶液) を加えて染色を行った。これを保存用試料として密栓したものを5本作製し、保存した。これらの試料を光学顕微鏡で観察し、1頭当たり200個体の繊毛虫の写真撮影を行った。ただし、変形や染色の不備により形態学的な特徴が判別できないものは除いた。繊毛虫は光学顕微鏡下で観察し、形態学的な特徴から種を同定した。体長・大核・尾棘・骨板・収縮胞数を基準に扇本 (1980)、Ogimoto and Imai (1981)、Imai et al. (1993)、Imai et al. (1981a)、Ito et al. (1993)、Williams and Coleman (1992) の記述や写真、図を基に分類した。繊毛虫の出現頻度は以下の式で計算した (Kimura et al. 2017)。

$$P = n \div 200 \times 100 \quad \cdots \text{式1}$$

ただし、 P はルーメン内繊毛虫の出現頻度 (単位: %)、 n は発見繊毛虫数を示す。

また、今井ら (1978) と同様の方法でルーメン内容 1 ml あたりの繊毛虫密度、検出率も測定した。繊毛虫の検出率は、同定した繊毛虫のそれぞれの種が検出された宿主頭数の供試頭数に対する百分率として、以下の式で検出率を計算した (今井ほか 1978)。

$$K = s \div t \times 100 \quad \cdots \text{式2}$$

ただし、 K はルーメン内繊毛虫の検出率 (単位: %)、 s は種が検出された宿主頭数、 t は供試頭数を示す。

統計解析

北海道産ニホンジカの繊毛虫種構成を宿主の生息地域間で比較するため、ユークリッド距離に基づいたクラスター分析を行い、デンドログラム (樹形図) を作成した。比較した宿主は、北海道白糠町産ニホンジカ (本研究)、北海道興部町産ニホンジカ (Ito et al. 1993)、北海道知床産ニホンジカ (Ichimura et al. 2004)、静岡県川根本町産ニホンカモシカ (Kimura et al. 2017)、岐阜県・宮城県産ニホンカモシカ (Imai et al. 1981a)、岩手県産ニホンジカ (Imai et al. 1993)、奈良県産ニホンジカ (佐藤ほか 2016)、鹿児島県産トカラヤギ (*Capra hircus*) (Ito et al. 1995)、北海道産ホルスタイン (*Bos taurus*) (Ito et al. 1994)、鹿児島県産黒毛和牛 (Ito et al. 1994)、チェコ産スイスカモシカ (*Rupicapra rupicapra*) (Crha et al. 1985)、中国産モウコガゼル (*Procapra gutturosa*) (Imai and Rung 1990b)、ボリビア産リヤマ (*Lama glama*) (Del Valle et al. 2008)、ボリビア産アルパカ (*Vicugna pacos*) (Del Valle et al. 2008)、ネパール産ヤギ (*Capra hircus*) (Gurung et al. 2002)、ネパール産ヒツジ (*Ovis aries*) (Selim et al. 1999)、エジプト産ヒツジ (Selim et al. 1996)、イラン産ヒツジ (Chalechale et al. 2011)、リビア産ウシ (Selim et al. 1999)、エジプト産ウシ (Selim et al. 1996)、沖縄県産水牛 (*Bubalus bubalis*) (Imai et al. 1981b)、ネパール産水牛 (Gurung et al. 2002)、エジプト産水牛 (Selim et al. 1996)、モンゴル産フタコブラクダ (*Camelus bactrianus*) (Imai and Rung 1990a)、リビア産ヒトコブラクダ (*Camelus dromedarius*) (Selim et al. 1999)、アンゴラ産スプリングボック (*Antidorcas marsupialis*) (Wilkinson and van Hoven 1976) である。

宿主ごとのルーメン内繊毛虫種の種ごとの出現頻度を変数とした。繊毛虫種の種ごとの出現頻度が文献の中で示されていないものは、繊毛虫の属ごとの出現頻度 (z , %) と繊毛虫種の検出率 (K , %) を用いて、繊毛虫種の出現頻度を以下の式で推定した。

$$P = K \div g \times z \quad \cdots \text{式3}$$

ただし、 P はルーメン内繊毛虫の出現頻度 (%)、 K はルーメン内繊毛虫の検出率 (%)、 g はその繊毛虫種を含む属の繊毛虫種の検出率の合計 (%)、 z は繊毛虫の属ごとの出現頻度 (%) を示す。

また、*Ent. exguum* と *Ent. simplex* とは同種である可能性が高いので (Ito et al. 1993)、本研究では *Ent. exguum* は *Ent. simplex* に含めて解析を行う。統計解析ソフトは R version 3.1.2 (R Core Team 2014) を用いた。類似したパターンを一つのクラスターにまとめる手法には、近距離にあるほど繊毛虫種構成が類似しているウォード法 (Ward's method) を用いた。

結果

白糠町産ニホンジカ 15 頭からは 1 属 8 種の繊毛虫種 (*Entodinium convexum*、*Ent. simplex*、*Ent. abruptum*、*Ent. dubardi*、*Ent. exiguum*、*Ent. longnucleatum*、*Ent. nanellum*、*Ent. ovinum*) が検出された (表1, 図2)。そのうちの 2 種 *Ent. convexum* と *Ent. simplex* は、すべてのニホンジカから検出された。*Entodinium abruptum*、*Ent. dubardi*、*Ent. longnucleatum*、*Ent.*

*ovinum*は検出率が70%を超えていたが、*Ent. exiguum*、*Ent. nanellum*は20%以下だった。出現繊毛虫種は4～6種で、平均は5.6種である。ルーメン内容1 mlあたり $0.5 \times 10^5/\text{ml}$ の繊毛虫がみられた。

デンドログラムで北海道白糠町と知床半島のニホンジカは同じクラスターに分けられ、北海道興部町とは離れている (図3)。

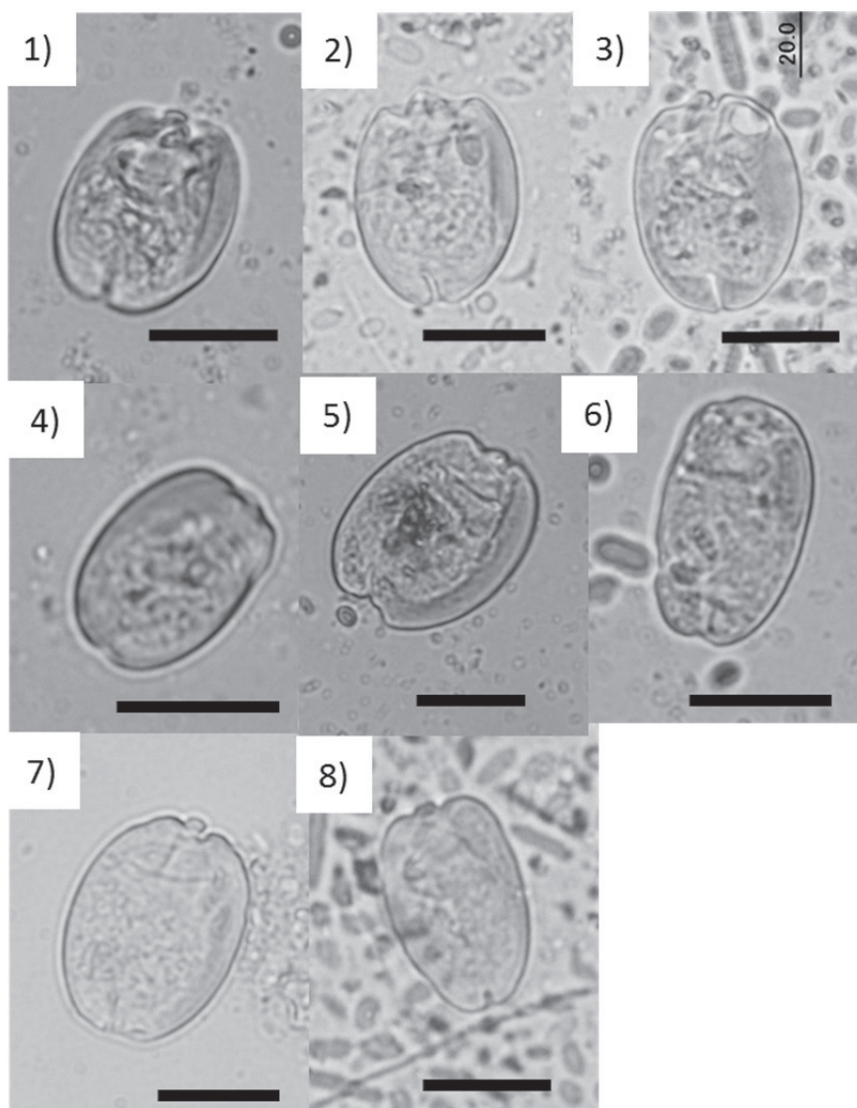


図2. 北海道産ニホンジカから検出された繊毛虫。スケールバーは20 μm を表す。1) *Entodinium abruptum*、2) *Ent. convexus*、3) *Ent. dubardi*、4) *Ent. exiguum*、5) *Ent. longinucleatum*、6) *Ent. nanellum*、7) *Ent. ovinum*、8) *Ent. Simplex*

表1. 北海道産ニホンジカの繊毛虫出現頻度 (%) と繊毛虫密度 ($10^5/\text{ml}$)

Ciliate species	Identity number of <i>Cervus nippon yesoensis</i>															Total	Prevalence
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	No. 14	No. 15		
<i>Entodinium abruptum</i>	7.0	4.5	6.0	2.0	9.5	3.5	0	0.5	3.0	1.5	5.5	1.5	3.0	1.0	1.5	3.3	93.3
<i>Ent. convexus</i>	16.0	2.5	21.5	18.5	18.0	6.0	9.0	9.5	15.0	22.5	8.0	15.5	15.0	26.0	8.5	14.1	100.0
<i>Ent. dubardi</i>	1.5	1.0	28.0	0	1.5	4.5	68.5	0	0	2.0	15.5	0.5	44.5	26.5	17.0	14.1	80.0
<i>Ent. exiguum</i>	2.5	1.5	0	0	0	0	0	0	0	1.0	0	0	0	0	0	0.3	20.0
<i>Ent. longinucleatum</i>	36.5	3.0	0.0	37.5	47.0	68.5	17.5	39.0	17.5	18.0	10.5	32.5	0	0	38.0	24.4	73.3
<i>Ent. nanellum</i>	0	2.0	0	0	0	0	1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	6.7
<i>Ent. ovinum</i>	7.5	3.5	2.0	5.5	3.0	1.0	0	0	7.5	13.5	3.5	6.5	3.5	5.5	4.5	4.5	86.7
<i>Ent. simplex</i>	29.0	0.5	42.5	36.5	21.0	16.5	4.0	51.0	57.0	41.5	57.0	43.5	34.0	41.0	30.5	33.7	100.0
Number of ciliate species	7	5	5	6	6	5	4	5	7	6	6	5	5	6	6	5.6	
Ciliate density ($\times 10^5/\text{ml}$)	0.3	0.1	0.2	0.3	0.8	0.7	0.4	0.4	0.7	0.8	0.4	0.6	0.8	0.5	0.2	0.5	

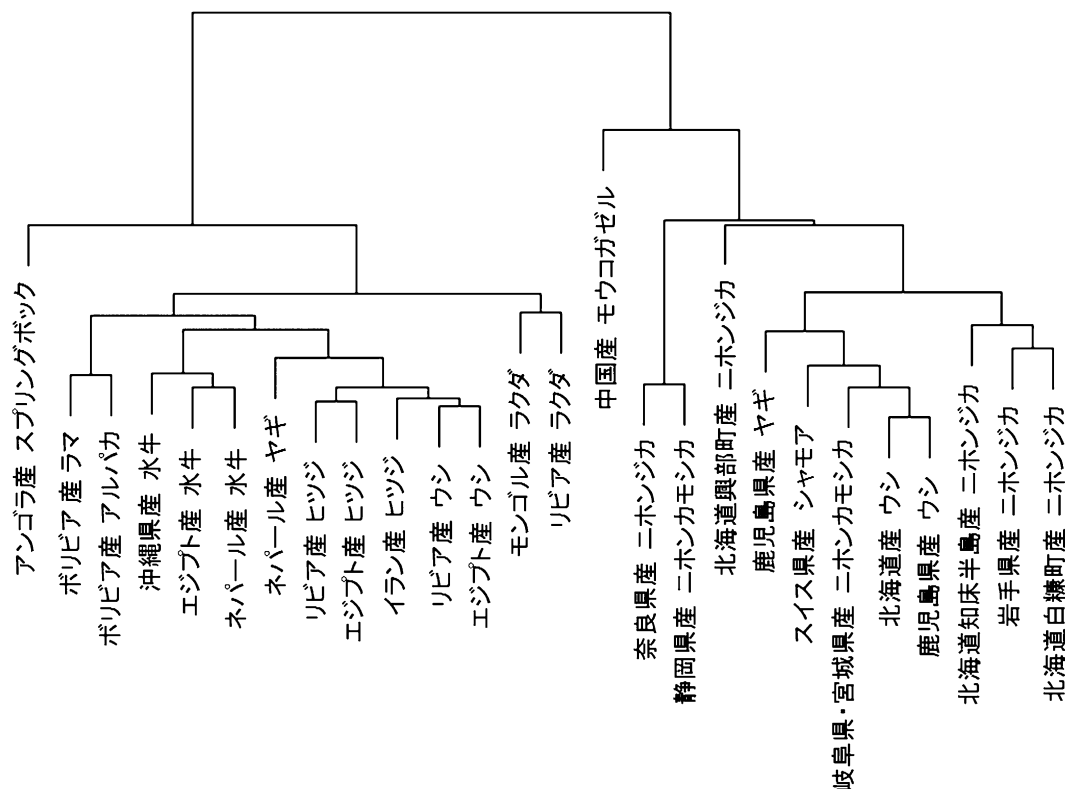


図3.様々な反芻動物の絨毛虫の出現頻度のデンドログラム

考察

今回調査した白糠町産ニホンジカの絨毛虫種構成の割合は、知床半島産ニホンジカ (Ichimura et al. 2004) の冬季の絨毛虫種構成に似ている (表2、図3)。これは、白糠町産と知床半島産のニホンジカが同じ阿寒個体群に属す同一の遺伝的に近縁な集団であることが関係していると考えられる。明治初期に生き残ったニホンジカの絨毛虫種構成が経口感染することによりその子孫に受け継がれたため、絨毛虫種構成が似ていることが考えられる。

一方、興部町産のニホンジカは *Ent. dubardi* と *Ent. simplex* のみからなる単純なルーメン絨毛虫相をもつことが報告されている (Ito et al. 1993)。興部町産ニホンジカは大雪山個体群に属し、大雪山個体群では単純な絨毛虫相をもつニホンジカを基に個体数が増加したことが考えられる。

白糠町産と知床半島産ニホンジカの異なる点は、白糠町産からは *Ent. dilobum* と *Ent. parvum* が見られず、知床半島産からは *Ent. convexum* と *Ent. abruptum* が見られなかったことである。*Entodinium dilobum* と *Ent. parvum* は知床半島産において絨毛虫種構成の割合が1%より小さく (Ichimura et al. 2004)、ルーメン内での密度が低い、夏季のサンプルでは平均して約5%の割合で存在していることから (Ichimura et al. 2004)、本調査地でも夏季にサンプル採取を行うことで検出する可能性がある。

Entodinium convexum と *Ent. abruptum* は、今回初めて北海道産のニホンジカから検出された。この2種は岩手県産と奈良県産のニホンジカでは見られているが (Imai et al. 1993; 佐藤ほか 2016)、北海道産のホルスタインからは検出されていない (Ito et al. 1994)。*Entodinium convexum* と *Ent. abruptum* の検出率が90%を超えていることから、この二種が白糠町に広く分布していることが示唆される。

表2. ニホンジカの繊毛虫出現頻度 (%) と繊毛虫密度 ($10^5/\text{ml}$) の比較

Composition of ciliates	<i>Cervus nippon yesoensis</i>			<i>C. n. centralis</i>	
	This study	Ichimura et al. (2004)*	Ito et al. (1993)	Imai et al. (1993)	Sato et al. (2016)
<i>Diplodinium anisacanthum</i>	0	0	0	0	0
<i>Dip. rangiferi</i>	0	0	0	23.6	0
<i>Entodinium abruptum</i>	3.3	0	0	4.3	0.1
<i>Ent. convexum</i>	14.1	0	0	16.7	3.6
<i>Ent. dilobum</i>	0	0.7	0	0	0
<i>Ent. dubardi</i>	14.1	0.2	7.7	1.3	52.3
<i>Ent. exiguum</i>	0.3	1.6	—	0	—
<i>Ent. longinucleatum</i>	24.4	14.6	0	0	0
<i>Ent. nanellum</i>	0.2	0.1	0	7.1	11.6
<i>Ent. ovium</i>	4.5	41.3	0	0	0
<i>Ent. parvum</i>	0	0.03	0	2.0	0.2
<i>Ent. simplex*</i>					
<i>Epdinium ecaudatum</i>	0	0	0	1.7	0
<i>Eudiplodinium maggii</i>	0	0	0	5.7	0
Habitat	Shiranuka Town, Hokkaido	the Shiretoko Peninsula Hokkaido	Okoppe Town, Hokkaido	Iwate	Nara
Number of ciliate species	1 genera, 10 species	2 genera, 8 species	1 genera, 2 species	4 genera, 9 species	1 genera, 6 species
Ciliate density ($\times 10^5/\text{ml}$)	0.5	8.0	5.7	0.74	1.0

*ただし、冬季のデータ

白糠町産ニホンジカの繊毛虫密度 ($0.5 \times 10^5/\text{ml}$) は、知床半島産 ($8.0 \times 10^5/\text{ml}$) と興部町産 ($5.7 \times 10^5/\text{ml}$) のニホンジカに比べると低く、岩手県産 ($0.7 \times 10^5/\text{ml}$) や奈良県産 ($1.0 \times 10^5/\text{ml}$) のニホンジカと同等の値である。しかし、ルーメン内容1 mlあたりに普通 10^5 から 10^6 個体の繊毛虫が生息していることから (扇元 1985)、一般的な値より少し少ない。

本調査によって、過去のボトルネックを受けて形成された遺伝的に近縁な宿主集団ではルーメン繊毛虫種構成が類似することが示唆された。しかし、同一の遺伝的に近縁な集団であっても、検出率の低い繊毛虫種もいることから、分析数を増やすことが必要である。また、阿寒個体群と大雪個体群のニホンジカのルーメン繊毛虫相については調査あるいは分析されたが、日高個体群のニホンジカのルーメン繊毛虫相はいまだに明らかになっていないため、調査を行う必要がある。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、繊毛虫の観察方法については奈良教育大学自然環境教育センター 石田 正樹教授にご指導をいただきました。繊毛虫の同定については、おおくさ動物病院 伊藤 章先生にご指導をいただきました。ニホンジカの第一胃内容物の収集には、NPO自然環境保全ネットワーク理事長 板倉 勉さん、北海道猟友会白糠支部白糠部会 寺澤 篤司さんに全面的にご協力をいただきました。協力していただいた皆さんに厚く御礼申し上げます。

引用文献

- Chalechale A, Karimi I, Hadipour M, Ortiz-Maya J (2011) Rumen ciliate fauna of Sanjabi sheep: The first taxonomic report of Iran complemented with a mini-review in middle east. *Global Veterinaria*, 7: 100–107.
- Crha J, Hrabě V, Koubek P (1985) Rumen ciliate fauna in the chamois (*Rupicapra rupicapra* L.). *Acta Veterinaria Brno*, 54: 141–147.
- Del Valle I, De la Fuente G, Fondevila M (2008) Ciliate protozoa of the forestomach of llamas (*Lama glama*) and alpacas (*Vicugna pacos*) from the Bolivian Altiplano. *Zootaxa*, 1703: 62–68.
- Gurung YB, Parajuli N, Miyazaki Y, Imai S, Kobayashi K (2002) Rumen ciliate faunae of water buffalo (*Bubalus bubalis*) and goat (*Capra hircus*) in Nepal. *The Journal of Veterinary Medical Science*, 64: 265–267.
- 北海道 (2012) エゾシカ保護管理計画 (第 4 期). http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ks/est/120401-160331_4th_DMP_text.pdf; 2015年1月14日確認
- Ichimura Y, Yamano H, Takano T, Koike S, Kobayashi Y, Tanaka K, Ozaki N, Suzuki M, Okada H, Yamanaka M (2004) Rumen microbes and fermentation of wild sika deer on the Shiretoko peninsula of Hokkaido Island, Japan. *Ecological Research*, 19: 389–395.
- Imai S, Abe M, Ogimoto K (1981a) Ciliate protozoa from the rumen of the Japanese Serow, *Capricornis crispus* (Temminck). *The Japanese Journal of Veterinary Science*, 43: 359–367.
- 今井 壮一, 勝野 正則, 扇元 敬司 (1978) ウシ、ヒツジおよびヤギにおけるルーメン内繊毛虫の種類構成と宿主間移植試験. *日本畜産学会報*, 49: 494–505.
- Imai S, Matsumoto M, Watanabe A, Sato H (1993) Rumen ciliate protozoa in Japanese sika deer (*Cervus nippon centralis*). *Japanese Journal of Zootechnical Science*, 64: 578–583.
- Imai S, Ogimoto K, Fujita J (1981b) Rumen ciliate protozoal fauna of water buffalo, *Bubalus bubalis* (Linnaeus), in Okinawa, Japan. *The Bulletin of the Nippon Veterinary and Zootechnical College*, 30: 82–85.
- Imai S, Rung G (1990a) Ciliate protozoa in the forestomach of the Bactrian camel in inner – Mongolia, China. *The Japanese Journal of Veterinary Science*, 52: 1069–1075.
- Imai S, Rung G (1990b) Rumen ciliates from the Mongolian gazelle, *Procapra gutturosa*. *The Japanese Journal of Veterinary Science*, 52: 1063–1067.
- 猪木 正三 (編) (1981) 原生動物図鑑. 講談社サイエンティク, 東京.
- Ito A, Imai S, Manda M, Ogimoto K (1995) Rumen ciliates of Tokara native goat in Kagoshima, Japan. *Journal of Veterinary Medical Science*, 57: 355–357.
- Ito A, Imai S, Ogimoto K (1993) Rumen ciliates of Ezo deer (*Cervus nippon yesoensis*) with the morphological comparison with those of cattle. *Journal of Veterinary Medical Science*, 55: 93–98.
- Ito A, Imai S, Ogimoto K (1994) Rumen Ciliate composition and diversity of Japanese beef black cattle in comparison with those of Holstein–Friesian Cattle. *Journal of Veterinary Medical Science*, 56: 707–714.
- Kimura Y, Tsujino R, Torii H (2017) Ciliate protozoa from the rumen of the Japanese serow (*Capricornis crispus*) captured in the Northern part of Shizuoka Prefecture, Japan. *Mammal Study* 42 (in press).
- 農林水産省 (2016) 北海道白糠町. <http://www.machimura.maff.go.jp/machi/contents/01/668>

- /index.html ; 2015年1月14日確認
- 扇元 敬司 (1980) ルーメン微生物学の最近の進歩. 日本畜産学会報, 51: 809-822.
- 扇元 敬司 (1985) ルーメン繊毛虫. 化学と生物, 23: 662-669.
- Ogimoto K, Imai S (1981) Atlas of rumen microbiology. Japan Scientific Societies Press, Tokyo.
- Ohdachi SD, Ishibashi Y, Iwasa AM, Fukui D, Saitoh T (2010) The wild mammals of Japan. Shokadoh Book Sellers, Kyoto.
- 大泰司 紀之 (1986) ニホンジカにおける分類・分布・地理的変異の概要. 哺乳類科学, 26: 13-17.
- Ou W, Takekawa S, Yamada T, Terada C, Uno H, Nagata J, Masuda R, Kaji K, Saitoh T (2014) Temporal change in the spatial genetic structure of a sika deer population with an expanding distribution range over a 15-year period. Population Ecology, 56: 311-325.
- R Core Team (2014) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- 佐藤 郁美, 今井 壮一, 鳥居 春己, 荒木 良太 (2016) 奈良県大台ヶ原産ニホンジカのルーメン内繊毛虫種構成. 奈良教育大学自然環境教育センター紀要, (17): 19-24.
- Selim MH, Imai S, El Sheik A, Okamoto E, Miyagawa E, Maede Y (1999) Rumen ciliate protozoal fauna of native sheep, Friesian cattle and dromedary camel in Libya. The Journal of Veterinary Medical Science, 61: 303-305.
- Selim MH, Imai S, Yamato O, El Kabbany A, Kiroloss F, Maede Y (1996) Comparative study of rumen ciliates in buffalo, cattle and sheep in Egypt. The Journal of Veterinary Medical Science, 58: 799-801.
- 白糠町 (2010) 白糠町鳥獣被害防止計画. http://www.town.shiranuka.lg.jp/web/PD_Contentsf/0/6FFFCFFC75EFA48B492574A2002593A0?OpenDocument ; 2015年1月14日確認
- 高槻 成紀 (2006) シカの生態誌. 東京大学出版会, 東京.
- Wilkinson RC, van Hoven W (1976) Geographical distribution and population structure of springbok *Antidorcas marsupialis* rumen protozoa in southern Africa. Koedoe: African Protected Area Conservation and Science, 19: 17-26.
- Williams AG, Coleman GS (1992) The rumen protozoa. Springer, Netherlands.