

山形市周辺に生息する日本カモシカ (*Capricornis crispus*) の 第一胃内液における *in vitro* による消化特性

高橋 敏能*・安藤 学^{*1)}・萱場 猛夫*

*山形大学農学部農業生産学講座
(平成7年9月1日受理)

In vitro Digestive Characteristics of Rumen Liquor in Japanese Serow (*Capricornis crispus*) Living around Yamagata City

Toshiyoshi TAKAHASHI*, Manabu ANDO^{*1)} and Takeo KAYABA*

*Section of Agricultural Production,
Faculty of Agriculture, Yamagata University,
Tsuruoka 997, Japan
(Received September 1, 1995)

Summary

In volatile fatty acids (VFA) compositions of rumen liquor of 78 Japanese serows lived around Yamagata City, the comparatively high propionic acid concentration was determined. Our taking an interest in this result, it was examined that the ability of propionic acid production was superior in rumen liquor of Japanese serows and that Japanese serows took the plants from which propionic acid was dominantly fermented. In *in vitro* trial of VFA production comparing with the rumen liquor of goat and sheep fed with the rations of different concentrate and roughage ratios, the propionic acid was inferiorly produced in rumen liquor of Japanese serows. In *in vitro* trial of biohydrogenation, the ability of biohydrogenation in rumen liquor of Japanese serows was superior because the conversion from C₁₈:1 to C₁₈:0 fatty acids advanced more smoothly in Japanese serows than in goat and sheep. In chemical compositions of six kinds of green leaves taken by Japanese serows, the concentrations of neutral and acid detergent fibers and soluble carbohydrate contained were almost between these of concentrate and roughage (Italian ryegrass hay) rations. In chemical composition of rumen content in Japanese serows, moreover, the concentration of neutral detergent fiber contained was between its concentration of rumen content of high concentrate and high roughage feedings in goat and sheep. It was considered that the reason why the high propionic acid concentration in rumen liquor of Japanese serows was observed was not because the ability of propionic acid production was superior, but because they took the plants from which propionic acid was dominantly fermented.

key words: ability of biohydrogenation, digestive characteristics, Japanese serow, rumen liquor, volatile fatty acid

1) 現在: 岐阜大学農学部 (Present address: Faculty of Agriculture, Gifu University, Gifu 501-11, Japan)

キーワード: 第一胃内液, 揮発性脂肪酸, 日本カモシカ, 消化特性, 水素添加能

緒 言

日本カモシカ (*Capricornis crispus*; 以後カモシカと略す) は, 偶蹄目, ウシ科, ヤギ亜科, シヤモニ族, カモシカ亜族に分類される日本固有の反芻動物であり, 1934年に天然記念物, 1955年には特別天然記念物に指定され,

本州・四国・九州の山岳地帯に生息している¹⁶⁾。しかし、これらの保護政策が制定された後、カモシカの分布域の拡大に伴って食害が社会問題化し、1979年から岐阜・長野両県においてその森林被害削減のため本格的な捕獲が始まった¹⁷⁾。また、山形県の山形市でもカモシカによる農作物被害対策のため1991年から毎年冬季に40頭近く捕獲されることになった。伊藤⁷⁾が、山形市周辺の西蔵王山麓に生息するカモシカの行動範囲について調査を行い、興味ある知見を得ている。

反芻動物が摂取した飼料の繊維性成分や可溶性糖類などの炭水化物は、第一胃に生息するプロトゾアや細菌等の微生物の発酵作用により酢酸、プロピオン酸及び酪酸などの揮発性脂肪酸（VFA）に分解される^{10,31)}。このVFAは、微生物の宿主である動物の主要なエネルギー源であり、酢酸とプロピオン酸の産生比率は、濃厚飼料と粗飼料の給与比で異なり、濃厚飼料を多給するとプロピオン酸の産生割合が上昇する^{23,26,27)}。また、この産生比率は動物の生産性に深く関わっている^{21,26,27)}ことは広く知られている。

このようなルミノロジーの観点から、カモシカの第一胃の機能、取り分け、VFAの産生について検討した知見は全くみあたらない。また、VFA産生に関係する栄養生理学的な立場からみたカモシカの特性についての研究報告もない。

我々は山形市周辺に生息するカモシカの第一胃内液を採取する機会を得ることが出来た。第一胃内液のVFA組成を測定するとともに、カモシカの第一胃内液の消化特性をメン羊と山羊を対照動物として *in vitro* により検討した。

材料及び方法

1) カモシカの第一胃内液の採取と分析方法

1992年の3月と1993年の2月と3月に山形市周辺で捕獲されたカモシカの第一胃内液を供試材料にした。即ち、1992年は雄25頭（年齢4.6才、体重37.6kg）、雌14頭（年齢6.1才、体重39.7kg）、1993年は雄18頭（年齢4.9才、体重39.3kg）、雌21頭（年齢6.7才、体重46.5kg）の合計78頭の第一胃内液を採取した。採取後、2重ガーゼで濾過し分析に供するまで -20°C で冷凍保存した。第一胃内液のVFAの分析は水蒸気蒸留により抽出した後、ガスクロマトグラフィーにより酢酸、プロピオン酸及び酪酸の各VFAについて分離・定量した²⁶⁾。第一胃内液のプロトゾア数はMHSとグリセロールで染色して希釈

後、顕微鏡下で計数した¹³⁾。第一胃内液のpHはガラス電極pHメーターを用いて測定した。

2) *In vitro* における第一胃内液の消化試験とVFA産生能試験

第一胃内液は、1993年に捕獲されたカモシカとその対照動物としてメン羊及び山羊から採取した。即ち、進化の過程でメン羊は粗飼料採食型、山羊は濃厚飼料と粗飼料の中間の柔軟性のある採食型に分かれたという観点⁴⁾から、濃厚飼料（肉牛用市販配合飼料）と粗飼料（イタリアンライグラス乾草）を現物で8:2²⁷⁾及び2:8²⁶⁾の比率で一日当たり可消化養分総量を37.5g/体重(kg)^{0.75}給与して飼育したフィステル装着メン羊と山羊の第一胃から採食前に採取した。カモシカについては、採取後固形物が濃厚だったため5重ガーゼで、メン羊と山羊については2重ガーゼでそれぞれ濾過して試験に供した。*In vitro*における消化試験は堀井ら⁵⁾の炭酸ガス通気法に準じて実施した。即ち、100mlの試験管に粉碎したイタリアンライグラス乾草0.5gを基質として採取し、それぞれの第一胃内液10mlとMcDOUGALLの人工唾液¹¹⁾40mlを加えて炭酸ガスを通気しながら38°Cの恒温水槽内で48時間培養した。空試験として基質をいれないで同様に培養した。培養時間は12, 24, 36及び48時間として、培養終了後ホルマリン2~3滴を加えて乾物とVFAの分析に供した。

3) *In vitro* における第一胃内液の水素添加能試験

既報^{22,25)}の方法に準じた。即ち、2)と同じ条件下でリノール酸(C_{18:2})を30 μl 添加し、38°Cの恒温水槽内で炭酸ガスを通気しながら培養し、C_{18:2}脂肪酸とオレイン酸(C_{18:1})の不飽和脂肪酸の割合が減少する経過とステアリン酸(C_{18:0})の割合が増加する経過から水素添加能の強弱を判断した。

その際、培養液からFOLCHら³⁾の方法で抽出した脂質を、5%の無水HCl-メタノールにて5時間メタノリシスを行った後、ガスクロマトグラフィーにより脂肪酸の分離・定量を実施した²⁶⁾。

尚、実施した2)と3)の実験の反復数はカモシカは3回、濃厚飼料多給与と粗飼料多給与のメン羊と山羊はそれぞれ2回ずつとした。また、それぞれの培養時間1回につき2~3個の繰り返し数とした。

4) 常緑植物の葉と第一胃内固形物の採取と分析方法

常緑植物の葉の採取は1993年の3月上旬にカモシカの捕獲地周辺から行った。採取した葉は、1992年に捕獲されたカモシカの第一胃内から採取し同定された¹⁴⁾ハイ

Table 1. Volatile fatty acid composition of rumen liquor in Japanese serow and sheep fed with high concentrate and high roughage feedings (mol%)

Feeding style Animal	Acetic acid	Propionic acid	Butyric acid	P/A ratio
Japanese serow	48.0	36.5	15.5	0.76
High concentrate feeding ¹⁾ Sheep	40.9	49.0	10.1	1.21
High roughage feeding ¹⁾ Sheep	59.0	30.0	11.0	0.54

1); Animals were fed with the mixed ratios of concentrate and roughage (mainly timothy hay); i.e., the both mixed ratios contained 37.5g/BW (kg)^{0.75}/day of TDN at 8 : 2²⁷⁾ and 2 : 8²⁶⁾ of the weight ratios of concentrate and roughage, respectively. Rumen juice was sampled at four hours after feeding.

イヌガヤ、エゾユズリハ及びスギと同じ山形市周辺に生息するカモシカで採食が認められた¹⁶⁾リョウメンシダ、ヒメアオキ及びササ類の一種（以下ササと云う）の計6種である。これらについて、常法¹²⁾により一般成分と中性デタージェント繊維（NDF）と酸性デタージェント繊維（ADF）の繊維性成分を定量した。第一胃内固形物の採取の際、カモシカは2重ガーゼで搾った残渣、それぞれの給与条件下のメン羊と山羊については、給与4

時間後に第一胃内容物を採取し2重ガーゼで搾って分析に供した。

データの評価は、一元配置の分散分析を行い、5%水準で有意差が認められた場合、DUNCANの多重検定¹⁸⁾を行った。

結果及び考察

1) カモシカの第一胃内液のVFA組成

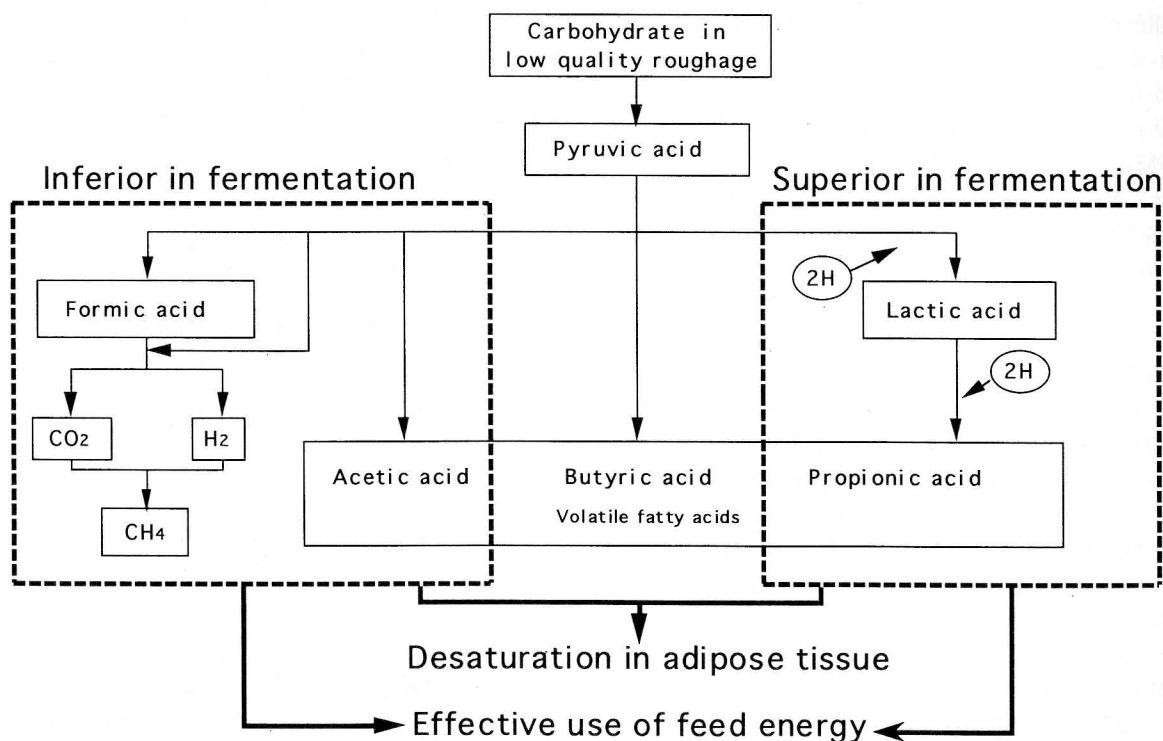


Fig. 1. A simulation of volatile fatty acid production in rumen and energy utilization from feed in Japanese serow living around Yamagata City (made changes in original figures^{10,31)}).

表1に今回捕獲したカモシカ78頭と、既に報告した濃厚飼料（肉牛用市販配合飼料）と粗飼料（チモシー牧草）の給与比を8：2（濃厚飼料多給与）²⁷⁾，2：8（粗飼料多給与）²⁶⁾で飼育したメン羊における給与後4時間後の第一胃内液のVFA組成（mol%）の分析結果を示した。その結果，酢酸48.0，プロピオン酸36.5，酪酸15.5，プロピオン酸/酢酸（P/A）比0.76であった。カモシカの第一胃内液の酢酸とプロピオン酸濃度及びP/A比は，濃厚飼料多給与と粗飼料多給与したメン羊のVFA組成の中間の値だった。即ち，第一胃内液のVFA組成から判断して，積雪が伴う冬季の植生が良くないと思われる時期にもかかわらず，カモシカは家畜の飼料に置き換えると，想像以上に濃厚飼料に近い組成の植物を摂取していることがまず考えられた。

一方，この第一胃内液のVFA組成において，比較的プロピオン酸濃度が高かった原因は，カモシカの第一胃内液でのプロピオン酸産生能が優れているからであるという可能性もある。もし，カモシカのプロピオン酸の産生能が優れていたと考えれば，栄養生理学的見地から二つの興味あることを指摘できる（図1）。一つは低品質粗飼料の炭水化物からピルビン酸を経てVFAが産生される時，酢酸と酢酸生成の側路として生成される蟻酸からの炭酸ガスと水素ガスの生成の抑制と，水素を取り込むプロピオン酸の生成の促進は飼料のエネルギーの有効利用に関係するということである。また，このプロピオン酸が第一胃内から吸収された場合，インシュリン分泌の促進など内因的にもエネルギーの同化作用の充進に結びつく^{21,24,26,27)}ことが知られている。

更には，近年地球の温暖化と関係が深いと問題になっている牛などの反芻動物のゲップから排出されるメタンの産生²⁾が少動物として注目に値することである。

もう一つ興味深いことは，体脂肪の不飽和化である。即ち，反芻動物では，第一胃内液で不飽和脂肪酸は微生物により水素添加されて飽和脂肪酸に変換される^{20,22,25)}。このため反芻動物の体脂肪脂肪酸は，豚などの単胃動物と異なって飼料中脂肪酸組成の影響を受け難く，飽和脂肪酸に富む硬い体脂肪を形成する^{21,26,28)}。しかし，今回捕獲したカモシカの背脂肪と腎臓周囲脂肪の脂肪酸組成は，メン羊に比較して不飽和脂肪酸に富む軟らかい性状をしていた²⁹⁾。カモシカの第一胃内液にプロピオン酸を優先的に産生する消化能力が備わっているとすると，水素がメタン産生に利用されるのではなくプロピオン酸産生のために取り込まれて，体脂肪の飽和

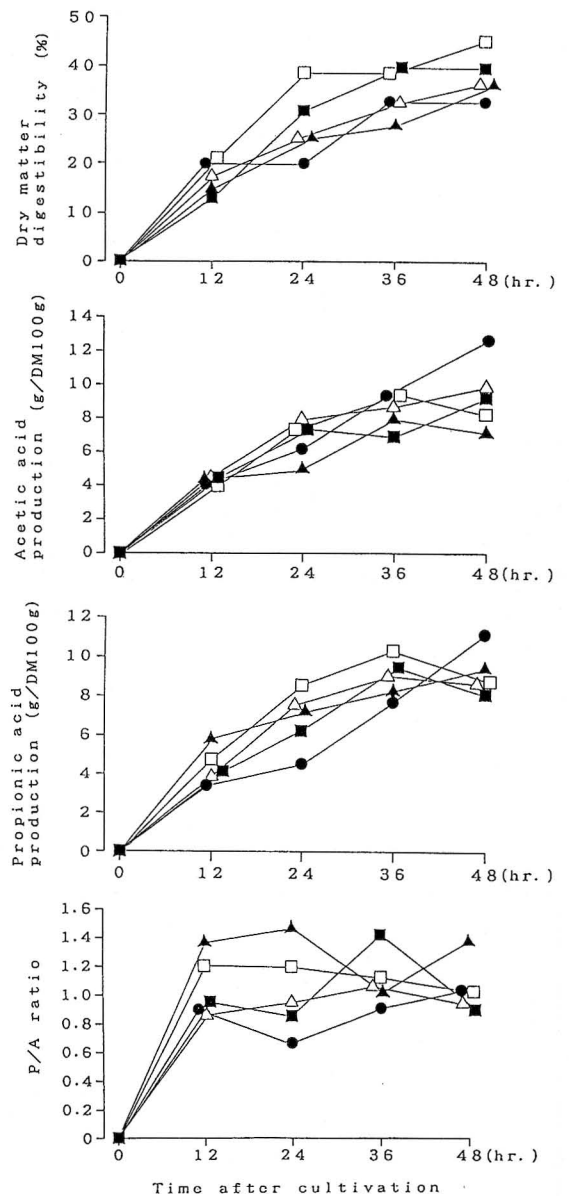


Fig. 2. Changes in the dry matter digestibility, the production yields of acetic and propionic acids, and the ratio of propionic acid to acetic acid (P/A ratio) *in vitro* in rumen liquor of Japanese serow, goat and sheep fed with high concentrate and high roughage rations. Precursor was used Italian ryegrass hay. ●—●; Japanese serow, ▲—▲; goat fed with high concentrate ration, ■—■; sheep fed with high concentrate ration, △—△; goat fed with high roughage ration, □—□; sheep fed with high roughage ration.

化が抑制されるという結論に至ってスムーズに導くことが出来る。この融点が低い不飽和脂肪酸が増加する現象は、冬季の寒冷時にカモシカが運動するためにも好都合でもあると思われる。

この様に、カモシカの第一胃内液がプロピオン酸生成能に優れているとすると、実に巧妙な仕組みの上に成り立っていることになる。このことを明らかにするために山羊とメン羊を対照動物にして、以下の実験を実施した。尚、カモシカの第一胃内液の pH は平均で5.7であった。反芻動物では粗飼料と濃厚飼料のつりあいがとれた割合で給与しているときの第一胃内液の pH は、6～7に保たれる³⁰⁾。カモシカではこの範囲より低い、この原因は本実験からは明確に出来なかった。第一胃内液 1 ml中のプロトゾア数は 8.9×10^4 個であり、反芻動物一般の 10^6 個⁸⁾より少なかった。

2) *In vitro* による第一胃内液の消化試験と VFA 産生能試験

カモシカの第一胃内液の消化能力は濃厚飼料或いは粗飼料を多給与した山羊やメン羊の第一胃内液に比較して、どのような特性を持つのか、検討した結果を図2に示した。

乾物消化率では、濃厚飼料及び粗飼料の給与比（濃粗比）に関わらず、メン羊が山羊より高い消化率で推移し、カモシカの消化率は山羊と同等の値で推移した。カモシカの消化率は、牛の消化率を上回るという報告⁹⁾があるが、他の反芻動物と比較してそれほど差がないと思われる。また、基質であるイタリアンライグラス乾草の乾物 100g 当たりの VFA 産生量のうち、酢酸産生量は動物種と濃粗比との明らかな関係は見い出せなかった。但し、培養48時間後カモシカで 13g と著しく高かった。プロピオン酸産生量では、カモシカで培養48時間後酢酸と同様に高かったが、培養後12,24及び36時間では低く推移し、特に培養24と36時間後は有意($P < 0.05$)に低かった。その結果、酢酸に対するプロピオン酸の産生量の比率 (P

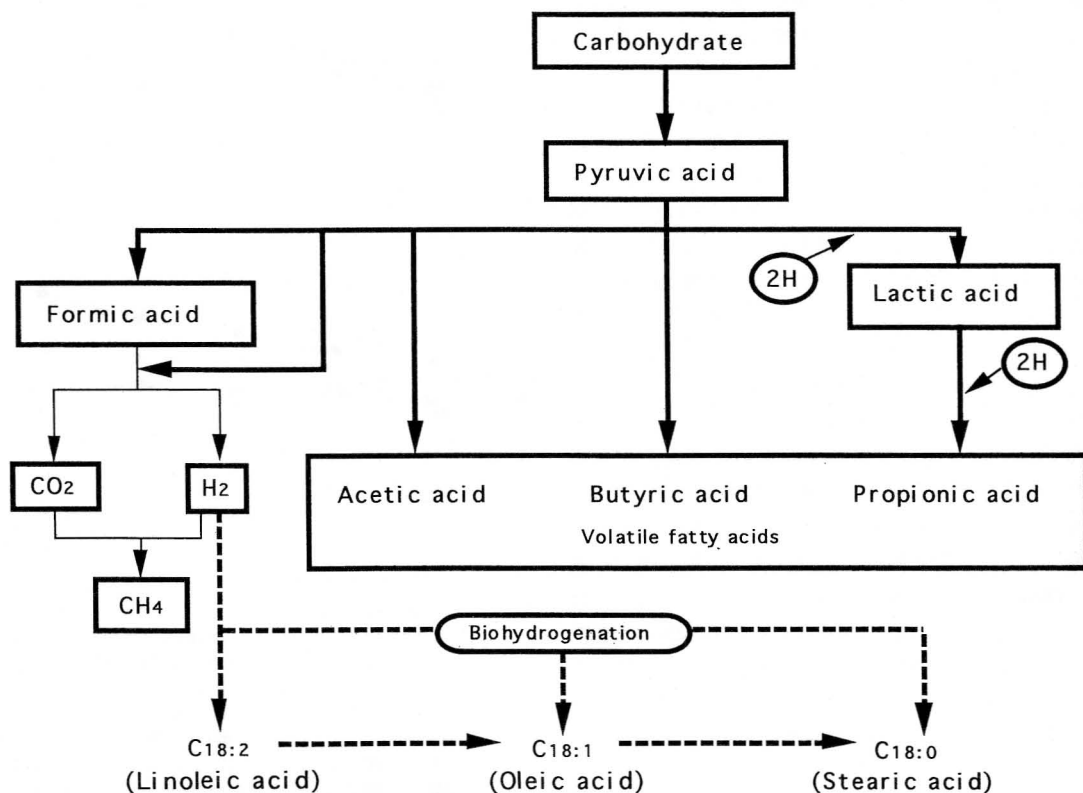


Fig. 3. Pathway of volatile fatty acid production from carbohydrate and biohydrogenation into C₁₈ unsaturated fatty acids in rumen (made changes in original figures^{10,31)}).

／A比)では、カモシカは培養期間を通して、いずれの濃粗比給与の山羊とメン羊より低く推移する傾向を示した。これらの結果から、カモシカの第一胃内液の消化特性のうち、VFA産生はプロピオン酸劣性、酢酸優性型であることが示された。

尚、山羊とメン羊間での濃粗比の違いとVFAの産生量との関係は本実験からは明らかにすることが出来なかった。しかし、乾物消化率において山羊はメン羊よりも高かったことは興味深い事実なので、今後更に検討する必要がある。図示しなかったが、VFAのうち酪酸産生量については産生量も少なく、動物種と濃粗比間の関係を見い出せなかった。

3) *In vitro*による第一胃内液の水素添加能試験

カモシカの第一胃内液のVFA産生特性を更に詳細に確かめるため、水素添加能の実験を行った。即ち、図3に示すように、カモシカの第一胃内液でのVFA産生において酢酸優性型またはプロピオン酸優性型のいずれかに属すれば、水素の生成量^{10,31)}に差が生じて、不飽和脂肪酸が飽和脂肪酸に変換する速度が異なってくるはずである。そこでC_{18:2}のリノール酸を添加して培養した時のC₁₈の脂肪酸組成の変化を図4に示した。

その結果、培養開始時のC_{18:2}脂肪酸は山羊とメン羊とも、培養開始から48時間まで粗飼料多給与で40%前後から20%、濃厚飼料多給与で30%程度から20%と、それぞれ直線的に20から10%低下した。カモシカのC_{18:2}脂肪酸の変化は山羊とメン羊の濃厚飼料を給与した第一胃内液の変化と同じ推移だった。C_{18:1}脂肪酸は山羊とメン羊の動物種及び濃粗比間では明らかな差はなく、20~30%から40~50%まで直線的に上昇したのに対し、カモシカでは培養開始時の濃度が変化しなかった。C_{18:0}脂肪酸は山羊とメン羊とも濃厚飼料多給与で20~30%、粗飼料多給与で10%前後と培養期間を通して変化が少なかった。一方、カモシカでは培養開始時22%から24時間後47%と直線的に上昇した。これらのことから、C_{18:2}脂肪酸からC_{18:1}脂肪酸への変換速度は、動物種及び濃粗比に関係なく同等であり、スムーズに進んだものと思われた。また、C_{18:1}脂肪酸からC_{18:0}脂肪酸への変換は、山羊とメン羊ではいずれの濃粗比でも殆ど進まなかったのに対し、カモシカでは更に進んだ。即ち、カモシカの第一胃内液での水素添加能は山羊とメン羊よりも明らかに強いことを示した。

以上の結果より、明らかになったカモシカの第一胃内液の水素添加能は先のVFA産生能でプロピオン酸劣性

型であることを裏付ける事実である。また、カモシカの体脂肪の脂肪酸組成が不飽和脂肪酸に富んでいた²⁹⁾のは、冬季の寒冷時に体温保持のため飽和脂肪酸が費やされ、その結果、体脂肪に不飽和脂肪酸の割合が高くなった

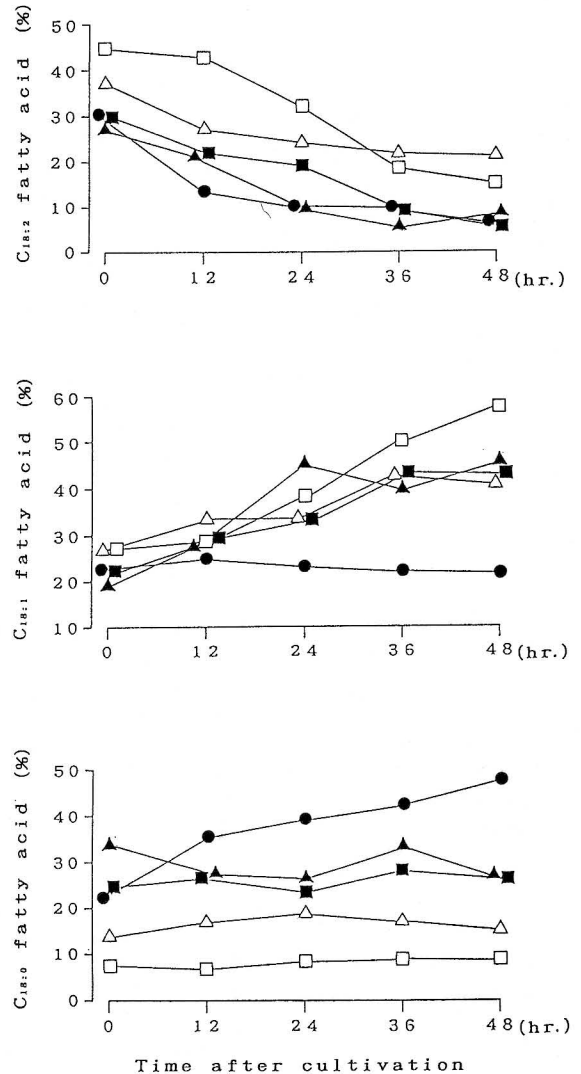


Fig. 4. Changes in C_{18:2}, C_{18:1} and C_{18:0} fatty acids composition *in vitro* in rumen liquor of Japanese serow, goat and sheep fed with high concentrate and high roughage rations. Linoleic acid (C_{18:2} fatty acid; 30 μ l) was added to precursor (Italian ryegrass hay; 0.5g). ●—●; Japanese serow, ▲—▲; goat fed with high concentrate ration, ■—■; sheep fed with high concentrate ration, △—△; goat fed with high roughage ration, □—□; sheep fed with high roughage ration.

Table 2. Chemical composition of various green leaves, Italian ryegrass and concentrate (% as dry matter basis)

Botanical name of feed	C. protein	C. fat	NFE ⁵⁾	C. fiber	C. ash	NDF ⁶⁾	ADF ⁷⁾	SC ⁸⁾	Hemicellulose ⁹⁾
<i>Cepharotaxus Harringtonia</i> K. Koch subsp. <i>nana</i> Kitagawa (Haiinugaya) ¹⁾	9.2	4.0	56.8	25.6	4.4	44.1	33.7	38.7	10.4
<i>Rumohra Standishii</i> Nakai var. <i>artocapillum</i> Masamune (Ryomenshida) ¹⁾	16.9	1.6	54.3	21.5	5.7	50.5	46.0	25.3	4.5
<i>Daphniphyllum macroprodrum</i> Miquel subsp. <i>humile</i> Hurusawa (Ezoyuzuriha) ¹⁾	10.8	3.3	65.2	14.0	6.8	41.6	28.8	37.5	12.8
<i>Aucuba japonica</i> Thunberg var. <i>borealis</i> Miyabe et Kubo (Himeaoki) ¹⁾	11.0	3.1	57.9	23.6	4.4	36.7	38.9	44.8	0.0
Bamboo leaf ^{2), 3)} (Sasa) ^{1), 3)}	18.5	2.1	47.2	17.6	14.6	65.4	32.9	0.0	32.5
<i>Cryptomeria japonica</i> D. Don (Sugi) ¹⁾	6.9	6.3	66.6	17.5	2.6	37.5	31.0	46.7	6.5
<i>Lolium multiflorum</i> Lam. (Italian ryegrass) ²⁾	7.0	1.6	48.2	38.0	5.2	65.6	45.4	20.6	20.2
Concentrate ⁴⁾	12.0	4.4	68.0	3.2	6.8	25.6	10.6	51.2	15.0

1) ; In Japanese 2) ; In English 3) ; A species of bamboo leaf genus 4) ; Commercial formula feed for beef cattle 5) ; Nitrogen free extract 6) ; Neutral detergent fiber 7) ; Acid detergent fiber 8) ; Soluble carbohydrate = 100 - (c. protein + c. fat + NDF + c. ash) 9) ; Hemicellulose = NDF - ADF

Table 3. Chemical composition of rumen content in Japanese serow, goat and sheep fed with high concentrate and high roughage feedings (% as dry matter basis)

Feeding style	C. protein	C. fat	NFE ²⁾	C. fiber	C. ash	NDF ³⁾	ADF ⁴⁾	SC ⁵⁾	Hemicellulose ⁶⁾
Animal									
Japanese serow	18.2 ^{a7)}	6.5 ^b	27.4 ^b	39.8 ^a	8.1 ^a	61.3 ^{ab}	53.7 ^a	5.9 ^c	7.6 ^c
High concentrate feeding ¹⁾									
Goat	18.4 ^a	8.9 ^a	42.5 ^a	24.2 ^b	6.0 ^{ab}	51.8 ^c	29.7 ^c	14.9 ^b	22.1 ^b
Sheep	15.1 ^{ab}	6.5 ^b	50.9 ^a	23.3 ^b	4.2 ^b	54.2 ^{bc}	30.3 ^c	20.0 ^a	23.9 ^{ab}
High roughage feeding ¹⁾									
Goat	10.0 ^{bc}	2.4 ^c	43.9 ^a	37.8 ^a	5.9 ^{ab}	67.7 ^a	42.5 ^b	14.0 ^b	25.2 ^a
Sheep	8.8 ^c	2.3 ^c	49.9 ^a	33.5 ^{ab}	5.5 ^{ab}	68.1 ^a	40.5 ^b	15.3 ^b	27.6 ^a

1) ; Animals were fed with the mixed ratios of concentrate and roughage (Italian ryegrass chopped 2 cm in length) at the maintenance energy level ; i.e., 8 : 2 and 2 : 8 at the weight ratios of concentrate and roughage, respectively.

2) , 3) , 4) , 5) , 6) ; See the note to Table 2.

7) ; Means with different superscripts are significantly different at the 0.05 probability level.

た⁶⁾と思われた。

4) 常緑植物の葉と第一胃内固形物の化学組成

カモシカはプロピオン酸源泉の植物を摂取しているのかを確かめるために、カモシカが摂取している常緑植物6種^{14), 16)}、イタリアンライグラス乾草と濃厚飼料の化学組成(表2)とカモシカの第一胃内容物と異なる濃粗比で給与した時の山羊とメ羊の第一胃内容物の化学組

成(表3)をそれぞれ分析した(いずれも乾物中の%)。その結果、常緑植物のうちリュウメンシダとササの粗蛋白質は、それぞれ16.9%、18.5%と非常に多く含まれていたが、ハイイヌガヤ、エゾユズリハ、ヒメアオキ及びスギは6.9%~11.0%とイタリアンライグラス乾草と濃厚飼料の中間の分析値だった。また、常緑植物の粗脂肪、可溶無窒素物(NFE)及び粗繊維の有機物含量でも概ねイ



Fig. 5. Various green leaves collected around Yamagata City.

- 1; *Cepharotaxus Harringtonia* K. Koch subsp. *nana* Kitagawa
- 2; *Rumohra Standishii* Nakai var. *artocapillum* Masamune
- 3; *Daphniphyllum macroprodatum* Miquel subsp. *humile* Hurusawa
- 4; *Aucuba japonica* Thunberg var. *borealis* Miyabe et Kudo
- 5; A species of bamboo leaf genus
- 6; *Cryptomeria japonica* D. Don
- 7, 8; *Aucuba japonica* Thunberg var. *borealis* Miyabe et Kubo found the trace of intake.

イタリアンライグラス乾草と濃厚飼料の中間の分析値であり、常緑植物間の差も大きくなかった。NDF、ADF と可溶性糖類 (SC) 及びヘミセルロースの炭水化物分画のうち、SC はササには全く含まれていなかった。ヘミセルロースでは、ササは32.5%とイタリアンライグラス乾草と濃厚飼料より多かったが、残りの常緑植物は少なかった。しかし、常緑植物の NDF、ADF 及び SC 含量はイタリアンライグラス乾草と濃厚飼料の中間の分析値だった。

第一胃内容物の化学組成のうち、カモシカの粗蛋白質と粗脂肪含量は濃厚飼料を多給与した山羊とメン羊に近く、粗飼料を多給与した山羊とメン羊より有意に高かった。また、カモシカの NFE、SC 及びヘミセルロースの比較的易消化性の炭水化物は、いずれの濃粗比給与下での山羊とメン羊より有意に低かった。更には、カモシカの粗繊維と ADF の比較的難消化性の炭水化物は高い傾向を示したが、50%以上を占める NDF は山羊とメン羊における濃厚飼料多給与と粗飼料多給与の中間の分析値だった。

カモシカが摂取している常緑植物と第一胃内容物の化学組成から判断すると、濃厚飼料と粗飼料の中間に位置する飼料に相当し、カモシカの第一胃内液での VFA 産生能がプロピオン酸劣性型であったことを考慮すると、寧ろ濃厚飼料に近い性質の飼料であったと判断される。1981年に岐阜県と長野県で捕獲されたカモシカの食性は広葉樹が32%、針葉樹が23%¹⁹⁾、ササが20から30%^{15,19)}、愛知県で捕獲されたカモシカの食性は広葉樹が68%、針葉樹が10%であった¹⁾。一方、本調査のカモシカの食性は、広葉樹のエゾユズリハ37%、ハイヌツゲ8%であり、針葉樹のスギ6%、ヒノキ1%及びハイヌガヤ22%であった¹⁴⁾。また、同じ地域のカモシカの食性の調査ではハイヌガヤ40%、ヒメアオキ9%、ササ6%であった¹⁶⁾。即ち、80%以上が本報告の分析対照植物であると思われる、山形市周辺のカモシカは取り分け濃厚飼料に近い化学成分の植物を摂取したと考えられる。

以上の結果から、カモシカの第一胃内液の VFA 組成においてプロピオン酸濃度が比較的高かった原因は、カモシカの第一胃内液のプロピオン酸産生能が優れているのではなく、冬季の寒冷時に生育している濃厚飼料に近い組成をしたプロピオン酸発酵源泉の常緑植物を摂取しているためと考察した。

おそらく、カモシカなどの野生の反芻動物は野生の植物を利用することが重要だったので酢酸中心の発酵であ

り、メン羊や山羊の反芻動物でも家畜化されない初期のうちにはカモシカと同じプロピオン酸劣性型をした VFA 産生であり、成長の促進など生産性が向上することが必要になってから、プロピオン酸優性型に改良されたものと思われる。

要 約

山形市周辺に生息するカモシカ78頭の第一胃内液の揮発性脂肪酸 (VFA) 組成は、比較的プロピオン酸濃度が高いと思われた。このことに興味を持ち、カモシカの第一胃内液はプロピオン酸産生能が優れているのか、または、カモシカはプロピオン酸発酵源泉の植物を摂取しているのかを検討した。異なる濃粗比で給与した山羊とメン羊の第一胃内液を対照にした *in vitro* による VFA 産生能試験では、カモシカの第一胃内液はプロピオン酸劣性型の産生特性であった。また、*in vitro* による水素添加能試験では、カモシカの第一胃内液は山羊とメン羊の第一胃内液より C_{18:1} 脂肪酸から C_{18:0} 脂肪酸への変換がスムーズに進み、水素添加能が強かった。カモシカが摂取している6種の常緑植物の化学組成のうち、中性と酸性デタージェント繊維及び可溶性糖類は濃厚飼料と粗飼料 (イタリアンライグラス乾草) の中間の値だった。また、カモシカの第一胃内容物の化学組成のうち、中性デタージェント繊維は、山羊とメン羊における濃厚飼料多給与と粗飼料多給与した第一胃内容物の中間の値だった。カモシカの第一胃内液の VFA 産生において、プロピオン酸濃度が高いのはプロピオン酸産生能が優れているのではなく、プロピオン酸発酵源泉の植物を選択して摂取しているためと思われた。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、当時、山形市役所産業部農政課畜産係長だった菊地由郎氏にはカモシカの第一胃内液の採取を快く許可して戴いた。本学部森林資源学講座の大谷博彌助教授から常緑植物名の同定をして戴いた。また、第一胃内液の採取と *in vitro* の実験の際、畜産学研究室の専攻学生だった後藤弥生、小池万紀子及び鈴木剛の諸君に協力を願った。

ここに、記して深甚の謝意を述べる。

引用文献

- 1) 愛知県農地林務部自然保護課, ニホンカモシカ食性調査報告書. 1-6. 1994.
- 2) 安保佳一, 牛のゲップは地球環境を破壊するか—その消化・栄養の仕組みから考える—. 日畜学会東北支部報, **43**: 104-112. 1994.
- 3) FOLCH, J. M. LEES and G. H. SLOAN-STANLEY, A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, **226**: 497-509. 1967.
- 4) HOFMANN, R. R., Feeding habits of mouflon (*Ovis ammon musimon*) and chamois (*Rupicapra rupicapura*) in relation to the morphophysiological adaptation of their digestive tracts. *Proc. Bienn. Synp. North. Wild Sheep & Goat Council.*, **4**: 341-355. 1984.
- 5) 堀井 聰・阿部 亮・金 康植・亀岡喧一, 人工消化試験による粗飼料の栄養価の判定. I. *in vitro* の培養条件の検討. 畜試研報, **24**: 99-105. 1971.
- 6) 伊藤真次, 適応のしくみ. 177-206. 北海道大学図書刊行会. 札幌. 1980.
- 7) ITO, T., Early winter home range of Japanese serow at the western foothill of Mt. Zao, northern Japan. *Bull. Yamagata Univ., Nat. Sci.*, **13**: 271-276. 1995.
- 8) 神立 誠・須藤恒二監修, ルーメンの世界. 141-167. 農山漁村文化協会. 東京. 1985.
- 9) 鹿股幸喜・伊沢 学, 動物園飼育のニホンカモシカの飼料の摂取と消化について. 動水誌, **32**: 46-49. 1991.
- 10) LENG, R. A., Formation and production of volatile fatty acids in rumen. In: *Physiology of digestion and metabolism in the ruminant* (Phyllipson, A. T. ed.). 406-421. Oriel Press. Newcastle upon Tyne. 1970.
- 11) McDUGALL, E. I., Studies on ruminant saliva. I. The composition and output of sheep's saliva. *Biochem. J.*, **43**: 99-109. 1948.
- 12) 森本 宏監修, 動物栄養試験法. 280-352. 養賢堂. 東京. 1971.
- 13) 中村良一・米村寿男・須藤恒二, 牛の臨床検査法. 6・14-6・17. 農山漁村文化協会. 東京. 1973.
- 14) 日本野生生物研究センター, 平成3年度 特別天然記念物カモシカ捕獲個体調査報告書. 6-8. 1992.
- 15) 落合啓二, カモシカの生活誌. 39-44. どうぶつ社. 東京. 1992.
- 16) 大町山岳博物館編, カモシカ 氷河期を生きた動物. 1-47. 信濃毎日新聞社. 長野. 1991.
- 17) 大町山岳博物館編, カモシカ 氷河期を生きた動物. 169-178. 信濃毎日新聞社. 長野. 1991.
- 18) SAS Institute Inc. SAS User's Guide: Statistics. Version 5 Edition. 433-506. SAS Institute Inc. Cary. 1985.
- 19) SUZUKI, K. and S. TAKATSUKI, Winter food habits and sexual monomorphism in Japanese serow. *Proc. Bienn. Synp. North. Wild Sheep & Goat Council.*, **5**: 396-402. 1986.
- 20) 高橋敏能, 濃厚飼料と粗飼料の給与割合がメン羊第一胃内総脂質含量および脂肪酸組成に与える影響. 日畜会報, **55**: 13-19. 1984.
- 21) 高橋敏能・太田三郎, 濃厚飼料と粗飼料の給与割合およびVFA塩添加給与がメン羊の肥育と体脂肪脂肪酸組成に与える影響. 日畜会報, **56**: 711-719. 1985.
- 22) 高橋敏能, メン羊における各種飼料給与が第一胃内水素添加能とVFA産生能に及ぼす影響. 山形大学紀要(農学), **10**: 253-264. 1987.
- 23) 高橋敏能・佐原直子・萱場猛夫, メン羊における濃厚飼料制限給与時の粗飼料不断給与が飼料の栄養価と第一胃内液VFA組成に及ぼす影響. 山形大学紀要(農学), **10**: 795-800. 1989.
- 24) TAKAHASHI, T., T. IMAMURA and T. KAYABA, Effect of dietary propionate on insulin response with feeding of different concentrate-roughage ratios in sheep. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.*, **2**: 249-250. 1989.
- 25) TAKAHASHI, T., H. HONMA and T. KAYABA, Effect of feed shift in ratios between concentrate and roughage rations on the ability of digestion in rumen liquor of ruminants *in vitro*. *J. Yamagata Agri. For. Sci.*, **48**: 49-54. 1991.
- 26) 高橋敏能・今村卓広・堀口健一・萱場猛夫・佐野宏明, メン羊におけるプロピオン酸添加粗飼料がインシュリン分泌刺激, 飼料の利用性並びに体脂肪の脂肪酸組成に及ぼす影響. 山形大学紀要(農学), **11**: 445-562. 1992.
- 27) 高橋敏能・百井秀樹・萱場猛夫・佐野宏明, 濃厚飼料多給メン羊におけるプロピオン酸塩添加が飼料の利用性と血漿成分に及ぼす影響. 日緬研会誌, **29**: 35-40. 1992.
- 28) TAKAHASHI, T. and T. KAYABA, Effect of propionate supplement on the fatty acid composition of adipose tissue in sheep fed with high concentrate ration. *Anim. Sci. Technol.* **64**: 813-815. 1993.
- 29) TAKAHASHI, T., M. ANDO and T. KAYABA, Characteristics of fatty acid composition of adipose tissue in Japanese serow (*Capricornis crispus*) living around Yamagata City. *Anim. Sci. Technol.* **67**: 28-31. 1996.
- 30) 津田恒之・柴田章夫編, 新乳牛の科学. 335-342. 農山漁村文化協会. 東京. 1987.
- 31) ZEHNDER, A. J. B., K. INGORSSEN and T. MARTI, Microbiology of methane bacteria. In: *Anaerobic digestion 1981* (HUGHES, D.E., D. A. STAFFORD, B. I. WHEATLEY, W. BAADER, G. LETTINGA, E. J. NYSN, W. VERSTRAETE and R. L. WENTWORTH eds.). 45-68. Elsevier Biomedical Press. Amsterdam. 1982.