

## 黒毛和種雌牛の維持給与水準における給与飼料の種類および濃厚飼料添加が第一胃メタン産生に及ぼす影響

篠田 満<sup>\*1)</sup>・櫛引 史郎<sup>\*2)</sup>・新宮 博行<sup>\*2)</sup>・上田 靖子<sup>\*3)</sup>

**抄 録**：黒毛和種繁殖雌牛に黄熟期収穫のイネホールクロップサイレージ（イネWCS）を維持量給与した場合のメタン産生量は、摂取乾物（DM）1 kg当たり33 L/kgで、開花期収穫の乾草の28 L/kgよりも有意に高かった。しかし、可消化有機物および可消化エネルギーあたりでは有意な差ではなかった。イネWCSの維持量給与水準において米ヌカまたは蒸煮圧片トウモロコシを原物で2 kg、添加割合で30%給与することにより、摂取DM当たりのメタン産生量は低下し、その低下の程度は米ヌカの方が大きかった。第一胃液のプロピオン酸モル比はイネWCS給与は乾草給与に比べて低いが、米ヌカまたはトウモロコシを添加するとその比は高まった。プロピオン酸モル比の高い飼料の方がメタン産生量は少ない傾向にあった。本試験より、イネWCS給与において、トウモロコシもしくは米ヌカの添加はメタン産生量の減少に有効であることが認められた。

**キーワード**：メタン、肉用牛、維持、イネホールクロップサイレージ、米ヌカ、トウモロコシ、プロピオン酸

**Methane Emission from Japanese Black Cows Fed Hay or Whole Crop Rice Silage at a Maintenance Intake Level and the Effect of Concentrate Feeding on Emission** : Mitsuru SHINODA<sup>\*1)</sup>, Shirou KUSHIBIKI<sup>\*2)</sup>, Hiroyuki SINGU<sup>\*2)</sup> and Yasuko UEDA<sup>\*2)</sup>

**Abstract** : The objective of this study was to measure methane emission from beef cattle cows fed hay or whole crop rice silage (WCS) and to determine the reduction rate in methane emission due to the addition of rice bran or steam flaked corn (corn) at a maintenance energy intake level. Methane emission per dry matter intake level (DMI) of Japanese Black cows fed rice WCS harvested at the yellow-ripe stage was 33L/kg DMI, which was higher than that of cows fed hay harvested at the flower stage (28L/kg DMI). However methane emissions per digestible organic matter or digestible energy were not significantly different between cows fed hay and cows fed rice WCS. Feeding 2kg of rice bran or corn, 30% of the ration with rice WCS decreased methane emission per DMI, and the degree of reduction for rice bran was larger than that for corn. Ruminal propionate proportions in cows fed rice WCS were lower than those for hay feeding. The addition of rice bran or corn to rice WCS increased the ruminal propionate proportion. Methane emissions from cows with a high ruminal propionate proportion tended to decrease. The results demonstrate that feeding corn or rice bran with rice WCS is effective for decreasing methane emission from cows.

**Key Words** : Methane Emission, Beef Cattle, Whole Crop Rice Silage, Rice Bran, Corn, Propionate

\* 1) 現・北海道農業研究センター (National Agricultural Research Center for Hokkaido Region, Memuro, Hokkaido 082-0071, Japan)

\* 2) 現・畜産草地研究所 (National Institute of Livestock and Grassland Science, Ikenodai, Tsukuba, Ibaraki 305-0901, Japan)

\* 3) 現・北海道農業研究センター (National Agricultural Research Center for Hokkaido Region, Hitsujigaoka, Toyohira, Sapporo, Hokkaido 062-8555, Japan)

2006年11月16日受付、2007年10月4日受理

## I 緒 言

近年、地球温暖化が問題となっており、メタンや二酸化炭素など温室効果ガスの排出量削減が求められている。メタンは二酸化炭素に比べて発生量は少ないものの、単位量当たりの温室効果は大きい。中でも反芻家畜からのメタン産生量はメタン排出量全体の15%を占めており、給与する飼料とメタン産生の関係について情報の蓄積とその抑制が課題となっている。

反芻家畜のメタン産生量に影響する要因をまとめた総説では、メタン産生量は給与水準と飼料の栄養価の影響を受け、一般に給与水準が高い場合は栄養価が低い方が、給与水準が低い場合は栄養価が高い方が多くなるとされている(柴田 2002a)。また、脂肪や抗生物質などの添加物利用、および低質飼料給与での補助飼料による栄養価向上など、メタン産生抑制法が提示されている(柴田 2002b)。

近年、飼料イネホールクロープサイレージ(以下イネWCS)の給与法が検討されている。イネWCSはTDN含量が55%前後で、肉用繁殖牛の飼料として適度なTDN含量であり、また、濃厚飼料の性格の強い高消化の穀実と、繊維が主体で低消化の茎葉という、性質が異なる部分から構成されている。イネWCS給与時のメタン産生については、塩谷ら(2002)が出穂前のイネWCSについて報告しているが、一般的に推奨されている黄熟期収穫のイネWCSについては検討されていない。

そこで、本試験ではイネWCSを対象に肉用繁殖牛に維持水準で給与した場合のメタン産生量を測定するとともに、併用して給与する濃厚飼料の種類がメタン産生に及ぼす影響を検討した。

本試験では、メタン測定システムの製作・使用およびメタン産生量のデータ処理において畜産草地研究所寺田文典氏から懇切丁寧な指導・助言を受けた。飼料および糞の熱量の測定では畜産草地研究所の栗原光規氏(現農林水産技術会議事務局)の協力を得た。また、本論文は北海道農業研究センター富樫研治研究管理監、東北農業研究センター梨木守チーム長(現畜産草地研究所)に校閲いただいた。さらに、飼料イネの栽培および家畜飼養管理では東北農業研究センター業務2科および3科職員の協力を得た。ここに深く感謝の意を表す。

## II 材料と方法

本試験で使用したメタン測定システムは1基のみで、同一時期に複数の供試牛のメタン産生量を測定できないため、試験時期を2期に分け、1期目は乾草(以下乾草区)とイネWCS(以下イネWCS区)をそれぞれ単独で給与した場合のメタン産生量を、2期目はイネWCSに加熱処理した生米ヌカ(以下米ヌカ区)または蒸煮圧片トウモロコシ(以下トウモロコシ区)を添加した場合のメタン産生量を測定した。

### 1. フード法によるメタン産生量の測定

畜産草地研究所で開発されたフード法によるメタン測定システムを導入して、呼気中のメタン濃度を測定した(農林水産技術会議事務局編,2002)。図1にシステムの概要を示した。

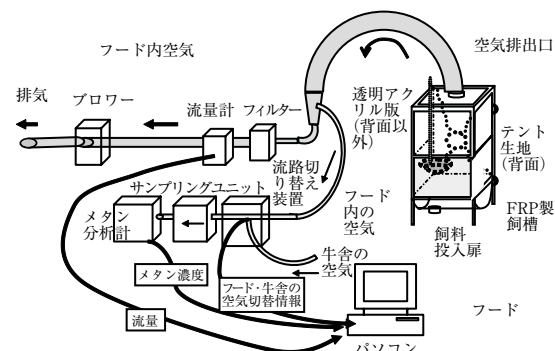


図1 フード法によるメタン測定システムの概略

牛舎のスタンション枠に繋養された供試牛は、スタンションの前部で固定された飼槽と一体型の、背面をシートで覆われたフードの中に頭部を入れ、自由に飼料を採食する。フード内の空気はブローによって吸引され、排気量を測定する流量計を通じて屋外に排泄される。メタン分析計へのフード内からの流路と牛舎内からの流路が2分間隔で切り替えられ、フード内と牛舎内のメタン濃度が交互に測定される。また、本装置ではメタン分析計までのチューブ内の気体がフード内と牛舎内とで十分置き換わってから測定するように、切り替え1分間経過後からメタン濃度の測定値をパソコンに取り込む設定となっている。このように、フード内のメタン濃度は4分間につき1分間が測定されるので、供試牛からのメタン産生量は測定時間で積算したフード外へのメタン排出量(メタン濃度×流量)の4倍値である。

## 2. 給与試験

### 1) 粗飼料の種類がメタン産生に及ぼす影響

乾草区は開花期収穫の遅刈りイタリアンライグラス乾草を、イネWC S区は黄熟期収穫のイネWC Sをそれぞれ黒毛和種成雌牛4頭（体重420～510kg）に給与して、乾草区、イネWC S区の順にメタン産生量を測定した。

1日当たりの給与量は維持給与水準として現物で、乾草が5kgまたは6kg、イネWC Sは9kgとし、乾草区は10日間から19日間給与したのち、供試牛を1頭ずつ順次フードに入れ、メタン産生量を1日ないし2日間、イネWC S区は9～12日間給与した後、メタン産生量を3日間測定した。また、試験期間中にそれぞれの供試飼料の栄養価を測定するために、乾草区は3日間、イネWC S区は5日間の全糞採取法で消化試験を実施した。メタン測定終了後、経時的に第一胃液を経口で採取した。

### 2) イネWC Sに添加する濃厚飼料の種類がメタン産生に及ぼす影響

前記の単一給与試験の6か月後に実施した。試験には体重390～500kgの黒毛和種成雌牛4頭（以下、A、B、C、D）を供試し、単一給与試験と同一のイネWC Sに、濃厚飼料として米ヌカ（米ヌカ区）もしくは蒸煮圧片トウモロコシ（トウモロコシ区）を混合して給与した。供試牛の4頭中3頭は前述の単一給与試験と同一牛であった。イネWC Sの1日当たり給与量は原物で8kgで、乾物（DM）では約4kgに相当した。米ヌカまたはトウモロコシの1日当たり給与量は原物で2kgで、給与飼料全体に占める割合はDMで約30%であった。米ヌカは夏期の変性を防止する目的で加熱処理を施した製品を供試した（今井ら 2000）。

供試牛AおよびBの2頭はトウモロコシ区、米ヌカ区の順に、また、供試牛CおよびDの2頭は米ヌカ区、トウモロコシ区の順に飼料を給与した。予備期14日間の終了後に、メタン産生量を試験1と同様にフード法で2～3日間測定したが、供試牛BおよびCでトウモロコシ区のメタン産生量が著しく低かったため、Bは米ヌカ区の試験を終了後、再度トウモロコシ区飼料を9日間給与し、また、Cはトウモロコシ区終了後もひきつづきトウモロコシ区飼料を6日間延長して給与し、それぞれ2回目のトウモロコシ区のメタン産生量を測定した。

養分摂取量測定のため、メタン測定日の前後のい

ずれか4日間、全糞採取による消化試験を実施した。各区の最終日には第一胃液を給与開始2時間後と4時間後に採取した。以上のように供試牛は、(1)糞採取－メタン測定－第一胃液採取、もしくは、(2)メタン測定－糞採取－第一胃液採取のいずれかの日程で試験が実施された。なお、トウモロコシ区1回目の試験でメタン産生が少なかった供試牛BおよびCについては、採食量は通常であったため消化試験を実施した。一方、トウモロコシ区の供試牛Aについては、(2)の日程の糞採取時の摂取量低下により糞および第一胃液の採取を実施しなかった。また、米ヌカ区の供試牛Dについては、(1)の日程の第一胃液採取日に摂取量が低下したことから、第一胃液を採取しなかった。したがって、供試牛頭数は消化試験ではトウモロコシ区が3頭、第一胃液採取ではトウモロコシ区および米ヌカ区が3頭で、それ以外の調査項目はすべて4頭であった。

## 3. 試料の分析と統計処理

供試飼料および糞の水分、灰分、粗蛋白質（CP）および粗脂肪含量（EE）は定法（森本 1971）により分析した。また、総繊維含量（OCW）は酵素法（阿部 1988）で定量した。イネWC Sのデンプン含量は酵素分析法のF-キット「スターチ」（ロッシュ・ダイアグノスティック社製）により定量した。カロリーは燃研式自動ボンベ熱量計（島津製作所CA-4AJ型、京都）で定量した。

第一胃液の揮発性脂肪酸（VFA）組成はクロトン酸を内部標準としてガスクロマトグラフィーを用いて定量した。

有意差の検定は、乾草区とイネWC S区の間で、また、濃厚飼料添加の効果を判定するためイネWC S区、米ヌカ区およびトウモロコシ区の3区の間で、それぞれF検定による分散分析で実施した。

## III 結 果

供試したイネWC Sのモミの割合は、収穫時の調査でDMで57%であった。表1に供試した飼料原料、および米ヌカ区、トウモロコシ区の給与飼料の飼料成分を示した。米ヌカは粗脂肪含量がDM中22.2%と高かった。なお、イネWC Sのデンプン含量は38%であった。給与飼料の粗脂肪含量は米ヌカ区で8.1%と高かったが、トウモロコシ区では3.1%と低かった。

表2に各処理区の飼料摂取量および成分消化率を

表1 供試飼料原料および給与飼料の成分組成

	OM(%DM)	CP(%DM)	EE(%DM)	OCW(%DM)	GE(MJ/kgDM)
原料 乾草 (乾草区)	87.8	11.5	1.3	68.5	17.7
イネWCS (イネWCS区) <sup>1)</sup>	87.6	6.8	2.4	35.4	16.9
米ヌカ	90.0	15.0	22.2	37.2	23.1
蒸煮圧片トウモロコシ	97.8	9.1	4.6	16.8	18.8
飼料 イネWCS+米ヌカ (米ヌカ区) <sup>2)</sup>	88.3	9.1	8.1	35.9	18.7
イネWCS+トウモロコシ (トウモロコシ区) <sup>2)</sup>	90.5	7.4	3.1	30.1	17.4

OM:有機物、DM:乾物、CP:粗蛋白質、EE:粗脂肪、OCW:総繊維、GE:総エネルギー

1) イネホールクロップサイレージ

2) イネWCSに米ヌカまたは蒸煮圧片トウモロコシを2kg添加して給与。

表2 飼料摂取量、成分消化率およびTDN含量

	摂取量		消化率					TDN (%DM)
	DM (kg/日)	GE (MJ/日)	DM (%)	OM (%)	EE (%)	OCW (%)	GE (%)	
乾草区 (n=4) <sup>1)</sup>	4.61±0.44	81.7±7.7	53.4±3.1	56.5±2.4	33.8±8.7	53.6±1.3	52.4±2.5	50.2±2.1
イネWCS区 (n=4)	4.33±0.00	73.2±0.0	57.1±2.1 <sup>a</sup>	63.9±2.1 <sup>a</sup>	56.2±3.6 <sup>a</sup>	25.5±5.5	62.2±1.8	57.7±1.9 <sup>a</sup>
米ヌカ区 (n=4)	6.11±0.09	114.1±1.5	62.0±4.6 <sup>ab</sup>	67.3±4.6 <sup>ab</sup>	79.1±6.1 <sup>b</sup>	32.1±8.4	65.8±4.8	67.4±4.5 <sup>b</sup>
トウモロコシ区 (n=3)	6.16±0.02	107.5±0.4	68.5±6.3 <sup>b</sup>	73.1±5.7 <sup>b</sup>	79.4±5.7 <sup>b</sup>	33.1±14.1	71.0±6.1	69.2±5.4 <sup>b</sup>

平均±標準偏差 <sup>1)</sup>( ) 内は調査頭数

<sup>a, b</sup> 異符号間に有意差あり (P<0.05)。イネWCS区、米ヌカ区、トウモロコシ区の3区間で差を検定。

表3 黒毛和種成雌牛の維持レベル給与における第一胃からのメタン産生量と添加濃厚飼料の影響

	メタン産生量 (n=4)				
	(L/日)	(L/kgDMI)	(L/kgDDMI)	(L/kgDOMI)	(L/MJDE)
乾草区	127±17	27.5±2.2 <sup>*</sup>	51.5±4.1	55.4±4.4	2.96±0.23
イネWCS区	142±15	32.8±3.4 <sup>a*</sup>	57.5±6.1 <sup>a</sup>	58.6±6.2 <sup>a</sup>	3.12±0.33 <sup>a</sup>
米ヌカ区	142±16	23.1±3.2 <sup>c</sup>	37.3±5.1 <sup>b</sup>	38.9±5.3 <sup>b</sup>	1.88±0.26 <sup>b</sup>
トウモロコシ区	165±36	28.5±5.6 <sup>b</sup>	41.6±8.1 <sup>b</sup>	43.1±8.4 <sup>b</sup>	2.30±0.45 <sup>b</sup>

平均±標準偏差、DMI:乾物摂取量、DDMI:可消化乾物摂取量、DOMI:可消化有機物摂取量、DE:可消化エネルギー  
\*乾草区とイネWCS区間で摂取乾物当たりのメタン産生量の差が有意 P<0.05。

<sup>a, b</sup> 異符号間に有意差あり (P<0.05)。イネWCS区、米ヌカ区、トウモロコシ区の3区間で差を検定。

示した。摂取量は米ヌカ区、トウモロコシ区が、乾草区、イネWCSよりも1.5kg~1.8kgほど多かった。DMと有機物(OM)の消化率は米ヌカ区およびトウモロコシ区で高かった。OCWの消化率は、トウモロコシ区および米ヌカ区ともイネWCS区より高かったが変動が大きく、差は有意でなかった。TDN含量はイネWCSが57.7(%DM)、乾草が50.2(%DM)であった。また、米ヌカ区およびトウモロコシ区はTDN含量がイネWCS区よりも約10ポイント高かった。

肉用牛に維持水準で給与した本試験では、1日当たりのメタン産生量が300リットル(L)以下で、フード内空気の前排出量を270L/分程度とするこ

とで、メタン濃度の測定が0~1000ppmのレンジで可能であった。

表3にメタン産生量を示した。供試牛の1日のメタン産生量は127L(乾草区)から165L(トウモロコシ区)であった。

乾草区とイネWCS区を比較すると、摂取DM1kg当たりのメタン産生量はイネWCS区が32.8Lで乾草区の27.5Lよりも多かったが、摂取した可消化有機物(DOM)1kg当たりに換算するとメタン産生量の差は縮小し有意ではなかった。

トウモロコシ区では、供試牛B、Cの1回目の摂取DM当たりメタン産生量はそれぞれ2.0L/kg、6.3L/kgと著しく少なかったが、2回目測定のみ

表4 乾草、イネWCSおよびイネWCSに濃厚飼料を添加したときの給与開始2時間後の第一胃液VFA組成

	酢酸 (mol%)	プロピオン酸 (mol%)	酪酸 (mol%)	バレリアン酸 (mol%)	カプロン酸 (mol%)
乾草区 (n=4) <sup>1)</sup>	74.3±2.8	18.4±2.1 <sup>**</sup>	5.0±1.3 <sup>**</sup>	2.2±0.2 <sup>**</sup>	0.0±0.0 <sup>**</sup>
イネWCS区 (n=4)	72.6±1.7 <sup>a</sup>	11.6±0.8 <sup>a***</sup>	11.3±0.7 <sup>**</sup>	2.9±0.3 <sup>b**</sup>	1.5±0.8 <sup>a***</sup>
米ヌカ区 (n=3)	65.3±4.9 <sup>b</sup>	20.9±4.9 <sup>b</sup>	9.4±0.7	4.1±0.4 <sup>a</sup>	0.3±0.2 <sup>b</sup>
トウモロコシ区 (n=3)	65.3±5.1 <sup>b</sup>	19.3±5.3 <sup>b</sup>	12.5±3.2	2.6±0.5 <sup>b</sup>	0.3±0.4 <sup>a</sup>
トウモロコシ区B <sup>2)</sup>	55.2	29.9	9.4	2.2	3.2
トウモロコシ区C <sup>2)</sup>	65.0	20.9	9.9	3.3	0.8

平均±標準偏差 <sup>1)</sup> ( ) 内は調査頭数、<sup>2)</sup> 供試牛BおよびCのメタン産生が少ない時のVFA組成。  
<sup>a, b</sup> 異符号間に有意差あり (P<0.05)。イネWCS区、米ヌカ区、トウモロコシ区の3区間で差を検定。  
<sup>\*</sup> 乾草区とイネWCS区で有意 (P<0.05)。<sup>\*\*</sup> 乾草区とイネWCS区で有意 (P<0.01)。

タン産生量は増加し、A、Dを加えた4頭の平均は28.5 L/kgであった。

米ヌカ区とトウモロコシ区はイネWCS区よりもメタン産生量は低下し、DM摂取量当たり、可消化DM摂取量当たり、DOM摂取量当たり、および可消化エネルギー (DE) 摂取量当たりのいずれの産生量も差は有意であった。米ヌカ区とトウモロコシ区を比較すると、DM摂取量当たりのメタン産生量は米ヌカ区が23.1 L/kgで、トウモロコシ区の28.5 L/kgに比べて有意に低かったが、DOM摂取量当たり、および、DE摂取量当たりでは差は有意でなかった。

表4に給与開始から2時間経過時の第一胃液VFA組成を示した。

粗飼料のみの給与のイネWCS区と乾草区とを比較すると、イネWCS区は乾草区よりも有意にプロピオン酸モル比が低く、酪酸モル比が高かった。米ヌカ区およびトウモロコシ区はイネWCS区よりも酢酸モル比が低下し、プロピオン酸モル比は上昇した。メタン産生量が極端に少なかったトウモロコシ区B、Cの1回目の第一胃液プロピオン酸モル比は、Bが29.9%と高かったが、Cでは20.9%と高くはなかった。なお、表に示さなかった4時間経過時点のVFA組成では、乾草区の酢酸モル比が70.3%と4ポイント低下した以外に、給与2時間経過と4時間経過ではVFA組成に大きな変動はなかった。

#### IV 考 察

Shibataら (1993) は、反芻家畜における摂取DM 1 kg当たりのメタン産生量は黒毛和種成雌牛で、33.40 L/kgとしている。また、塩谷ら (2002) は暖地型牧草で30~38 L/kg、出穂前のイネWCSで36 L/kgのメタン産生量を報告している。これ

らの値に対して、本試験のメタン産生量はイネWCS区では近似していたが、乾草区は低かった。塩谷ら (2002) の成績では、DM摂取量が少ない場合、摂取量当たりのメタン産生量も少なかったことから、乾草区の低メタンの原因として摂取量の影響が予想された。そこで、塩谷ら (2002) が示した摂取量とメタン産生量の関係式に本試験の乾草区の摂取量4.6kgを当てはめると計算値は31.2 L/kgで、メタン産生量実測値27.5 L/kgよりも依然多く、摂取量からは乾草区の低メタンの原因を説明できなかった。給与飼料の栄養価とメタン産生量との関係についてみると、一般にメタン産生量は給与水準が低い場合は栄養価が高い方が多くなることが認められた (柴田 2002a)。乾乳牛に維持水準で給与した試験 (久米ら 2003) でも、消化率の高い飼料でメタン産生量が高まる傾向であった。一方、Shibataら (1992) の乾草と濃厚飼料の割合を変えた試験では、乾草70%が乾草100%および乾草30%よりもメタン産生が多く、飼料の栄養価が低い範囲では総説 (柴田 2002a) と同様の結果であった。本試験では乾草区のメタン産生量が通常の水準よりも少ない原因は不明であるが、メタン産生量は中程度の栄養価の飼料で多く、乾草区のように消化率が低い場合およびトウモロコシ区および米ヌカ区のように給与飼料全体の消化率が高い場合に少ないという傾向は前述のShibataら (1992) の成績に類似していた。

イネWCS給与はDM摂取量当たりのメタン産生量は乾草給与よりも多かったが、可消化量のDOM摂取量当たり、およびDE摂取量当たりでは差が有意でなかった。可消化量という家畜生産性を基準にすると、イネWCS給与によるメタン産生量は乾草給与と同等であろう。

メタン産生量の抑制のためには、第一胃内におい

て不飽和脂肪酸の飽和化およびプロピオン酸生成の促進によって、メタン産生の基質となる水素を除去することが有効で(板橋2002、柴田 2002b)、脂肪酸カルシウム添加によってメタン抑制効果が認められた(栗原ら1997、寺田 1999)。高脂肪飼料についても、永西ら(2002)は山羊で飼料にトウモロコシおよびビール粕を15%の割合で添加して、また、黒毛和種育成牛で飼料にビール粕および生米ヌカを12%の割合で添加して、メタン産生の抑制効果を認めた。

本試験で供試した蒸煮圧片トウモロコシのTDN含量はDM中92.3%(日本標準飼料成分表 1995)と高く、米ヌカも粗脂肪含量がDM中22.2%、TDN含量も91.5%(日本標準飼料成分表 1995)と高い。さらに、米ヌカおよびトウモロコシとも添加割合は約30%と高かった。これらから本試験でも第一胃内のプロピオン酸生成もしくは脂肪添加によるメタン生成抑制が期待され、実際にメタン産生抑制効果が認められた。また、その抑制効果は脂肪含量が3.1%のトウモロコシ区よりも8.1%の米ヌカ区の方が大きかった。第一胃内のプロピオン酸モル比との関係を見ると、今回給与した4種類の飼料においてプロピオン酸モル比が高い飼料では、DM摂取量当たりのメタン産生量が少ない関係が見られ、プロピオン酸生成の影響がうかがわれた。特に、米ヌカ区はOCW含量が35.9%でイネWC Sと同程度であり、第一胃液プロピオン酸割合はトウモロコシ区と同程度であったが、メタン産生量の低下は大きかった。以上からトウモロコシおよび米ヌカを原物重量で2kg、添加割合で30%の給与において、トウモロコシ区では易消化性のデンプンによるプロピオン酸生成により、また、米ヌカ区は高脂肪とともにプロピオン酸生成によりメタンが抑制されたと推察される。

本試験では高デンプンのトウモロコシおよび高脂肪の米ヌカという成分の異なる濃厚飼料を給与することから、当初、飼料給与順序を反転し2頭がトウモロコシ区先行、2頭が米ヌカ区先行とする設定としたが、トウモロコシ区2頭の再試験のため、メタン産生量測定は1頭のみトウモロコシ区先行で、3頭が米ヌカ区先行となった。実際には、トウモロコシ区先行の1頭および米ヌカ先行2頭の計3頭で米ヌカ区のメタン産生量がトウモロコシ区より多く、米ヌカ区先行の残り1頭で米ヌカ区とトウモロコシ区のメタン産生量がほぼ等しいという結果であったことから、飼料の給与順序はメタン産生に影響しな

かったと考えられる。また、摂取水準もメタン産生量に影響するが(柴田 2002a)、トウモロコシ区、米ヌカ区はイネWC S区の1.4倍程度の摂取水準であるので、トウモロコシ区、米ヌカ区とイネWC S区の摂取量の違いによるメタン産成の影響は小さいと考えられる。

高脂肪飼料では繊維成分の消化率の低下が懸念されるが、脂肪酸の10%添加では繊維成分の消化率に一定の傾向が認められず(佐藤ら 1991、佐藤・常石 1993)、また、10%以下の高脂肪飼料でも例外(Palmquist 1991)はあるものの、繊維成分の消化率は低下しないとの報告が多い(Doreauら 1991、Ohajurukaら 1991、Weigelら 1997、Weiss・Wyatt 2004)。本試験では米ヌカのTDN含量91.5(%DM)(日本標準飼料成分表 1995)、イネWC SのTDN含量実測値57.7(%DM)および給与割合から計算した米ヌカ区のTDN含量は67.3(%DM)で、表2のTDN実測値とよく一致したことから、今回の8%程度の脂肪含量では、消化率の著しい低下はないものと推測される。

本試験ではトウモロコシ区の1回目の試験で、供試牛B、Cでメタン産生が著しく低下した。イネWC Sへの濃厚飼料添加の影響を第一胃液プロピオン酸割合からみると、プロピオン酸モル比は本試験のトウモロコシ区および米ヌカ区では30%の濃厚飼料割合で20%前後であったのに対して、牧草サイレージでは著者の一人が実施した試験において30~75%の濃厚飼料割合の範囲で20%以下であった(篠田・萬田 1990)。以上から第一胃液プロピオン酸組成から濃厚飼料としての性質をみると、黄熟期に収穫した本試験のイネWC Sは、モミが半分以上占めデンプン含量も38%と高いものの、単一給与では濃厚飼料的性質が弱く、濃厚飼料との混合給与では濃厚飼料的性質が強いことが認められる。また、メタン産生は第一胃内で生成される水素を除去する正常な機能であるので(板橋 2002)、メタン産生量が著しく減少した供試牛B、Cの事例および摂取量自体が低下した供試牛Aの事例は、イネWC Sへの蒸煮圧片トウモロコシ30%添加は第一胃内発酵を不安定にすることを示している。一方、供試牛BおよびCで給与期間の延長によりメタン産生量が増加したことから、トウモロコシ区の著しいメタン産生の低下は、給与飼料の変更に伴う一時的なもののみなせよう。

本試験では米ヌカのような高脂肪飼料給与で、ま

た、蒸煮圧片トウモロコシのような高デンプン飼料給与でメタン産生の抑制効果が認められたが、米ヌカおよびトウモロコシとも適正給与水準について検討する必要がある。

## 引用文献

- 1) 阿部 亮. 1988. 炭水化物成分を中心とした飼料分析法とその飼料栄養価評価法への応用. 畜産試験場資料 No.2. p.20-23.
- 2) Doreau, M.; Legay, F.; Bauchart, D. 1991. Effect of Source and Level of Supplemental Fat on Total and Ruminant Organic Matter and Nitrogen Digestion in Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 74 : 2233-2242.
- 3) 永西 修, 寺田文典, 田鎖直澄, 竹中洋一, 川島知之. 2002. 脂肪質飼料給与による雌牛からのメタン発生量の抑制. 畜産草地研究成果情報 1 : 23.
- 4) 今井明夫, 石崎和彦, 楠 正敏, 金井正人. 2000. 家畜飼料として利用する生米ぬかの品質劣化防止. 北陸農業研究成果情報 16 : 79.
- 5) 板橋久雄. 2002. 畜産における温室効果ガスの発生制御 (総集編). III-1. メタン産生のメカニズム. 畜産技術協会. p.32-41.
- 6) 久米新一, 野中和久, 大下友子. 2003. 乾乳牛のメタン発生量並びに窒素・ミネラル排泄量に及ぼす給与粗飼料の影響. 北海道農研報 178 : 21-34.
- 7) 栗原光規, 柴田正貴, 西田武弘, 寺田文典. 1997. 脂肪酸カルシウムの給与によるメタン産生の抑制. 畜産研究成果情報 11 : 45.
- 8) 森本 宏. 1971. 動物栄養試験法. 養賢堂. p.280-297.
- 9) 農林水産技術会議事務局編. 1995. 日本標準飼料成分表. 中央畜産会. p.293.
- 10) 農林水産技術会議事務局編. 2002. 研究成果シリーズ404. 肉用牛からのメタン産生抑制技術の開発. 農林水産技術会議事務局. p.57-63.
- 11) Ohajuruka, O. A.; Wu, Z.; Palmquist, D. L. 1991. Ruminant Metabolism, Fiber, and Protein Digestion by Lactating Cows Fed Calcium Soap or Animal-Vegetable Fat. *J. Dairy Sci.* 74 : 2601-2609.
- 12) Palmquist, D. L. 1991. Influence of Source and Amount of Dietary Fat on Digestibility in Lactating Cows. *J. Dairy Sci.* 74 : 1354-1360.
- 13) 佐藤 博, 常石英作. 1993. 中鎖脂肪酸トリグリセリド給与が子牛の血漿成分および繊維消化に及ぼす影響. 日畜会報 64 : 623-628.
- 14) 佐藤 博, 常石英作, 花坂昭吾. 1991. 中鎖脂肪酸給与が子牛の飼料消化性, 第一胃内発酵および血液成分に及ぼす影響. 日畜会報 62 : 142-147.
- 15) Shibata, M.; Terada, F.; Iwasaki, K.; Kurihara, M.; Nishida, T. 1992. Methane Production in Heifers, Sheep and Goats Consuming Diets of Various Hay-Concentrate Rations. *Anim. Sci. Technol.* 63 : 1221-1227.
- 16) Shibata, M.; Terada, F.; Kurihara, M.; Nishida, T.; Iwasaki, K. 1993. Estimation of Methane Production in Ruminant. *Anim. Sci. Technol.* 64 : 790-796.
- 17) 柴田正貴. 2002a. 畜産における温室効果ガスの発生制御 (総集編). III-2. 変動要因と発生量の推定. 畜産技術協会. p.42-61.
- 18) 柴田正貴. 2002b. 畜産における温室効果ガスの発生制御 (総集編). III-3. 発生量の制御. 畜産技術協会. p.62-75.
- 19) 篠田 満, 萬田富治. 1990. 混合飼料中の粗飼料繊維の性質が乳牛における消化率と第一胃内発酵に及ぼす影響. 北海道農試研報 154 : 93-102.
- 20) 塩谷 繁, 神谷 充, 岩間裕子, 田中正仁. 2002. 暖地型牧草およびイネを給与した牛からのメタン発生量. 九州農業研究 64 : 103.
- 21) 寺田文典. 1999. 家畜ルーメン内のメタン産生の制御技術の開発. 農林水産技術会議事務局. 研究成果シリーズ339. p.138-141.
- 22) Weigel, D.J.; Elliott, J.P.; Clark, J.H. 1997. Effects of Amount and Ruminant Degradability of Protein on Nutrient Digestibility and Production by Cows Fed Tallow. *J. Dairy Sci.* 80 : 1150-1159.
- 23) Weiss, W.P.; Wyatt, D.J. 2004. Digestible Energy Values of Diets with Different Fat Supplements when Fed to Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 87 : 1446-1454.