

B-51 CH₄, N₂Oのインベントリーの精緻化と開発中核技術の内外への普及

(8) 東南アジア地域における反芻家畜からのCH₄発生の抑制の中核技術の汎用化と普及に関する研究

独立行政法人農業技術研究機構九州沖縄農業研究センター

畜産飼料作研究部 環境生理研究室

塩谷繁・田中正仁・岩間裕子・神谷充

平成12～14年度合計予算額 13,756千円
(うち、平成14年度予算額 4,501千円)

〔要旨〕 東南アジア地域における実用性の高い反芻家畜からのメタン放出量低減技術を提示する目的で、高消化性品種の利用、穀類の併給および粗飼料の化学的処理について検討した。

高消化性の新品種として、暖地型牧草のギニアグラス「ナツコマキ」とトウモロコシ「ゆめそだち」を、既存品種として暖地型牧草のパヒアグラス「ペンサコーラ」とトウモロコシ「セシリア」をそれぞれホルスタイン種乾乳牛4頭ずつに給与し、メタン発生量を比較した。その結果、乾物摂取量(DMI)当たりのメタン発生量は、いずれも高消化性品種の方が少なかった。

また、ホルスタイン種泌乳牛4頭に対し、イナワラ、イナワラに玄米または玄米とその他の穀類を給与し、牛からのメタン発生量ならびに泌乳量を測定した。その結果、穀類の増給1kgにつき乳量が約2kg増加し、牛乳1kg当たりのメタン発生量が約2.5L低減した。したがって、穀類の単価が乳価の2倍程度までであれば、穀類の使用に伴う支出増加よりも乳量の増加による収益増加が上回り、現在の東南アジア地域でも十分に利用可能であると考えられた。

さらに、イナワラを原料に無添加のサイレージ、イナワラに尿素を原物あたり3%添加したサイレージおよび乳酸菌とセルラーゼの混合物を原物あたり0.0035%添加したサイレージをホルスタイン種乾乳牛4頭ずつに給与し、メタン発生量を比較した。その結果、化学的処理により乾物および可消化養分総量(TDN)の摂取量当たりメタン発生量が少なくなった。これらの化学的処理により粗飼料の栄養価が高まり乳量が増加したことから、現状の乳価水準であれば経済的なメリットもあると判断された。

以上の結果から、東南アジア地域の泌乳牛からのメタン発生量を抑制する給与技術としての高消化性品種の利用、穀類の併給および粗飼料への化学的処理は実用性が高く、経済的にも収入を増加させるので、現地に普及しうる技術であると考えられた。

〔キーワード〕 メタン、東南アジア、乳牛、飼料、暑熱

1. はじめに

反芻家畜の消化管から放出されるメタンは、飼料の質により変化し、とくに、低質な粗飼料を採食するほどメタン放出量が増えることが知られている。また、メタンの放出量は暑熱環境下で増加する傾向にある。したがって、低質な暖地型牧草や農業副産物等を主な飼料源とする東南アジア等の熱帯地域では、先進国に比べメタン放出割合が大きいと考えられるが、反面、飼料品質の向上と栄養バランスの改善によりメタン放出量を大幅に抑制できる可能性も大きい。東南アジ

アの熱帯地域の家畜から放出されるメタンは、全世界の反芻家畜から放出されるメタンの約20%を占めると考えられている。さらに、これらの地域では、今後も家畜頭数の増加が予想されていることから、メタン放出量の低減が緊急の課題となっている。

2. 研究目的

東南アジア地域における反芻家畜からのメタン発生量の抑制に資するため、現地に普及可能な実用的給与技術の開発、実証を目指す。これまでの研究から、飼料品質の向上と栄養バランスの改善により牛からのメタン放出量が減少することが明らかになっている。そこで、飼料品質を改善する方法として、消化性を改良した飼料作物品種の利用が乳牛からのメタン発生量に及ぼす影響について検討し、高消化性品種利用の効果を実証する。

また、穀類などの高栄養含量の飼料を給与し、養分バランスの適正化を図ることが有効であると考えられる。東南アジア地域は、米の生産量が多く、精米過程で生じる残渣も多いことから、飼料としての利用について検討する。玄米だけでは蛋白質が不足することから、大豆粕などのその他の穀類も併給し、乳牛からのメタン発生量の低減効果を明らかにする。

さらに、低質な粗飼料に尿素などの添加物を加える化学的な処理により、栄養価を向上させ、養分バランスの適正化を図ることも有効であると考えられる。東南アジア地域では、イナワラが重要な粗飼料源となっていることから、イナワラに対する化学的処理が栄養価の向上およびメタン発生量の低減効果を明らかにする。

これらの開発した技術について、牛乳生産等の経済性に及ぼす影響を明らかにし、メタン抑制の中核技術としての実用性および現地への普及の可能性を評価する。

3. 研究方法

1) 高消化性品種の利用によるメタン発生量の低減効果

高消化性の飼料作物品種として、主に乾草用に用いられる暖地型イネ科牧草のギニアグラス「ナツコマキ」とサイレージとして用いられるトウモロコシ「ゆめそだち」を供試した。比較用の既存品種として、ギニアグラスの対照にバヒアグラス「ペンサコーラ」、「ゆめそだち」の対照に「セシリア」をそれぞれ供試した。バヒアグラスおよびギニアグラスは、1番草の出穂期に刈り取り、乾草に調製した。トウモロコシの2品種は、どちらも黄熟期に刈り取り、タワーサイロでサイレージに調製した。

各飼料は、ホルスタイン種の乾乳牛4頭ずつに対し、維持量を給与した。実験は、呼吸を回収できる呼吸試験装置内に乳牛を係留して、気温22～27℃、相対湿度60%の条件で行った(写真)。実験期間は、飼料馴致期7日、予備期9日本試験期5日とし、本試験期に呼吸ガスの分析を行った。測定項目は、各粗飼料の可消化養分総量(TDN)含量、乾物摂取量およびメタン発生量とした。



写真. 呼吸試験装置内に繫留された牛

2) 玄米および穀類の給与によるメタン発生量の低減効果

ホルスタイン種の泌乳牛4頭ずつを用い、イナワラのみを給与するイナワラ区、イナワラに玄米を給与する玄米区およびイネワラに玄米と大豆粕やトウモロコシなどの雑穀類を給与する玄米雑穀区の3処理区を設けた。実験は、上記の実験方法に準じて行い、DMI、乳量、乳成分およびメタン発生量を測定した。

3) 粗飼料に対する化学的処理によるメタン発生量の低減効果

供試飼料として、東南アジア地域で代表的な粗飼料であるイナワラを用いた。処理は、イナワラをそのままサイレージ調製した無処理区、尿素を原物あたり3%添加してサイレージ調製した尿素区および乳酸菌とセルラーゼの混合物を原物あたり0.0035%添加してサイレージ調製した乳酸菌区の3区とした。供試家畜として、ホルスタイン種の乾乳牛4頭ずつを用いた。実験は、上記の実験方法に準じて行い、DMI、乾物消化率およびメタン発生量を測定した。

4) 開発技術の経済性評価

上記実験におけるDMI、乳量、乳成分等のデータおよびインドネシア等の東南アジアにおける飼料穀物価格、乳価などを基に、費用対効果を検討し、開発技術の実用性を評価した。

4. 結果・考察

1) 高消化性品種の利用によるメタン発生量の低減効果

表1に、高消化性品種と既存品種給与における牛からのメタン発生量の比較を示した。

各飼料の栄養価（TDN含量）は、バヒアグラスの既存品種「ペンサコーラ」が54.8%に対し、消化性を改善したギニアグラス「ナツコマキ」が64.0%と約10ポイント高かった。トウモロコシにおいても、改良品種の方がTDN含量で約2ポイント高かった。乳牛からのメタン発生量は、TDN含量の少ないバヒアグラスでメタン発生量が最も多く、TDN含量が多い品種ほどメタン発生量が少なかった。DMI当たりのメタン発生量で見ると、改良ギニア品種を給与することで、約30%のメタン発生量を低減できることが明らかとなった。また、トウモロコシについても、改良品種でDMI当たりのメタン発生量が約7%低減できた。

表1. 高消化性品種の利用がメタン発生量に及ぼす影響

草	種	品	種	処理	TDN含量 (%)	DMI (kg/日)	CH ₄ 発生量 (L/日)	CH ₄ /DMI (L/kg)
バヒアグラス	ペンサコーラ	乾草			54.8	6.85	258.1	37.7
ギニアグラス	ナツコマキ	乾草			64.0	6.92	185.5	26.8
トウモロコシ	セシリア	埋草			64.7	7.73	198.3	25.7
	ゆめそだち	埋草			66.3	7.65	182.1	23.8

1) DMI：乾物摂取量の略、2) 埋草：タワーサイロでのサイレージ調製

栗原ら²⁾は、乾草主体のTDN含量の低い飼料に比べ、濃厚飼料主体でTDN含量の多い飼料の方が乾物摂取量当たりのメタン発生量が減少し、その傾向は気温が高いほど強くなると報告している。一方、暑熱環境下においては、養分要求量が増加し、乾物摂取量自体も増加する³⁾ことから、熱帯地域で牛からのメタン発生量を少なくするには、乾物摂取量を制限しつつ養分要求量を満たせるように、TDN含量の多い飼料を給与することが有効であり、特に、消化性を改善した高栄養含量の飼料作物品種の利用が有効であると考えられる。

2) 玄米および穀類の給与によるメタン発生量の低減効果

表2に、穀類の給与が牛からのメタン発生量に及ぼす影響について示した。

1日当たりのメタンの発生量は、イナワラ区の213Lに比べ、玄米の給与により360Lに増加した。しかし、DMI当たりの発生量では、35.3Lから29.5Lに16%減少した。さらに、玄米にその他の穀類を加えることにより、DMI当たりのメタン発生量は24Lとなり、約30%減少した。

表2. 穀類の給与が牛からのメタン発生量に及ぼす影響

	DMI (kg/日)			CH ₄ 発生量 (L/日)	CH ₄ /DMI (L/kg)
	イナワラ	穀類	合計		
イナワラ区	6.03	—	6.03	213.1	35.3
玄米区	6.30	5.89	12.19	359.5	29.5
玄米雑穀区	6.39	13.29	19.68	473.2	24.0

Shibataら³⁾は、家畜種別のDMIとメタン発生量の関係から、DMIの増加とともにメタン発生量は増加するが、DMI当たりのメタン発生量は逆に少なくなると報告している。さらに、エネルギー摂取水準が上昇するほどDMI当たりのメタン発生量の減少が大きくなることも報告している。今回の実験で、玄米雑穀区では、エネルギーの摂取水準が大幅に上昇したことにより、約30%もメタンの発生量を減少できたものと考えられた。また、多種の穀類を加えたことにより、ルーメン内のエネルギーや蛋白質等のバランスが改善されたことも、効果を大きくした要因と考えられた。

3) 粗飼料に対する化学的処理によるメタン発生量の低減効果

無処理区、尿素区および乳酸菌区の各飼料の乾物消化率は、それぞれ50.3、51.4および51.9%で、化学的処理により消化性の向上が認められた。尿素処理が飼料栄養価の向上に及ぼす効果は、主に3つの作用によると言われている⁶⁾。第一は、尿素がアンモニアに変わることによって抗菌性が付与され、雑菌の増殖による貯蔵中の養分損失を抑制する作用である。第二は、植物中の細胞壁成分の溶解性を改善することによる消化性の向上である。最後は、窒素源として養分含量の増加に直接寄与する作用である。これらの効果により、尿素区の消化率が向上したと考えられる。また、乳酸菌の添加は、乳酸菌の増殖により他の雑菌の繁殖を抑制し、貯蔵中の栄養損失を防止する効果がある。また、セルラーゼは、繊維の消化性を改善する効果があり、これらの混合物を添加したことにより乳酸菌区の消化性が向上したと考えられる。

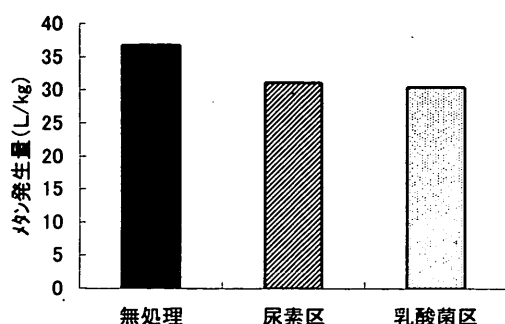


図1. 乾物摂取量 (DMI) 当たりのメタン発生量

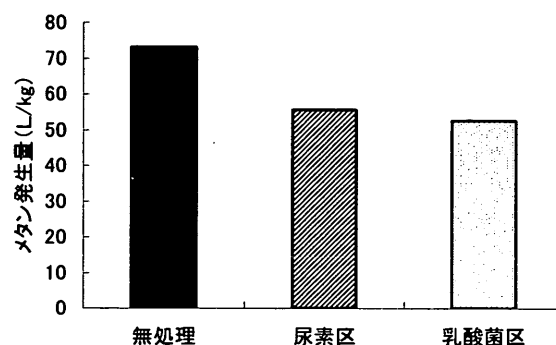


図2. 可消化養分総量(TDN)摂取量当たりのメタン発生量

DMIおよびメタン発生量は、それぞれ無処理区が9.68kg、355.9L、尿素区が10.25kg、320.0L、乳酸菌区が11.15kg、339.7Lであった。図1に乾物摂取量当たりのメタン発生量を示した。牛からのメタン発生量は、無処理区が36.76Lで最も多く、尿素区および乳酸菌区はそれぞれ31.23Lおよび30.48Lで無処理区の83～85%と少なくなった。また、図2にTDN摂取量当たりのメタン発生量を示した。無処理区の73.10Lに対し、尿素区および乳酸菌区が55.76Lおよび52.55Lで無処理区の53～56%と大きく減少した。

Shioyaら⁴⁾は、穀類の添加などにより飼料中のTDN含量を高めることでTDN摂取量当たりのメタン発生量が減少することを報告している。本実験においても、TDN含量の増加につながる化学的処理を行ったことにより、第一胃での発酵が改善され、TDN摂取量当たりのメタン発生量が大きく減少したものと考えられる。

4) 開発技術の経済性評価

穀類の給与量とFCM生産量ならびにFCM当たりのメタン発生量の関係を図1、2に示した。FCM生産量(Y)と穀類の給与量(X)の間には、 $Y=1.962X+3.492$ の関係がみられ、穀類の増給1kgにつき乳量が約2kg増加することが明らかになった。さらに、FCM当たりのメタン発生量(Y)と穀類の給与量(X)の間には、 $Y=-2.546X+46.442$ の関係がみられ、穀類の増給1kgにつき牛乳生産1kg当たりのメタン発生量を約2.5L低減できることを明らかにした。栗原ら²⁾によれば、飼料エネルギーの増給によるFCM当たりのメタン発生量の低減割合は、乳量が少ないほど大きいことから、乳量水準の低い東南アジア地域では、穀類の給与によるメタン発生量の低減がより顕著に現れることが期待できる。

前出のFCM生産量と穀類給与量の関係から、穀類の単価が乳価の1.9倍までであれば、穀類の使用に伴う支出増加よりも乳量の増加による収益増加が上回ると試算される。伊藤¹⁾によれば、タイなどの東南アジア地域の乳価は30円前後と考えられる。わが国で流通しているトウモロコシや大豆粕といった穀類飼料が25～40円であることから、上記の乳価水準であれば流通している主な穀類を利用しても収益がマイナスになることはなく、さらに、現地の安い農業副産物などを利用すれば経済的にも効果の高い技術であると考えられた。

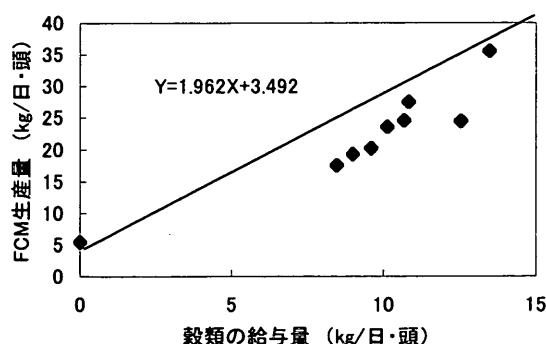


図3. 穀類の給与量と乳生産の関係

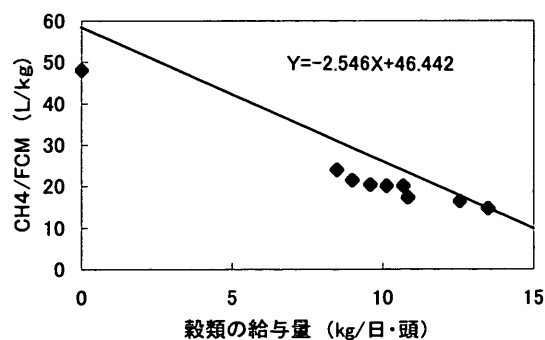


図4. 穀類の給与量と乳量あたりメタン発生量

表3に、牛乳の消費量および乳牛の飼養頭数が増大傾向にあるインドネシア地域における本技術の経済性の検討結果を示した。

表3. 添加物処理が経済性に及ぼす影響

項 目	無処理	尿素区	乳酸菌区
給与量 (kg/頭・日)			
粗飼料	30.0	30.0	30.0
配合飼料	5.0	5.0	5.0
乳量 (kg/頭・日)	10.0	11.2	11.6
支出 (円/頭・日)			
粗飼料	27.0	27.0	27.0
配合飼料	39.0	39.0	39.0
資材費		27.0	25.5
収入 (円/頭・日)	168.0	188.2	194.9
収益 (円/頭・日)	102.0	95.2	103.4

注1：乳価＝16.8円/kg、粗飼料＝0.9円、配合飼料＝7.8円とした

注2：資材費には添加物とビニール資材を含み尿素区＝0.9円、乳酸菌区＝1.0円とした

試算の基礎として、インドネシアにおける平均的な飼養体系⁵⁾を用いた。すなわち、牛の体重を450kg、乳量を10kg、乳脂率を3.0%、粗飼料を30kg、配合飼料（TDN含量が約60%）を5kgとした。この飼養体系で尿素区および乳酸菌区の粗飼料を無処理区と同量給与した場合、期待される乳量は、日本飼養標準・乳牛（1999年版）⁴⁾より11.2および11.6kgと推定される。乳量が増加したことによる増収分と添加剤を利用するためのコストを加味した収益は、無処理区の102円に対し尿素区がやや減収となり95.2円となった。逆に、乳酸菌区では103.4円と増収すると試算された。インドネシアの乳価は16.8円で、日本の約1/5と東南アジア地域の中でも低く、乳価の高い他の国では十分に活用できると考えられた。また、同国においても今後の乳価の上昇により経営的有利性が一層増大することが期待できると考えられる。

5. 本研究により得られた成果

東南アジア地域において、高消化性の飼料作物新品種の利用、穀類の併給および粗飼料に対する化学的処理などの技術は、粗飼料の栄養価や養分バランスの改善を通して乳量の増加およびメタン発生量の減少が期待され、東南アジア地域において経済的にも普及可能であることを示した。

6. 引用文献

- 1) 伊藤憲一, ALIC WEEKLY. 農畜産業振興事業団. 2000.
- 2) 栗原光規, 西田武弘, 地球環境研究総合推進費平成7年度研究成果報告集(Ⅱ). 624-627. 環境庁企画調整局地球環境部. 1996.
- 3) Shibata, M., F. Terada, M. Kurihara and T. Nishida, Estimation of methane production in ruminants. Anim.Sci. Technol.(Jpn), 64:790-796. 1993.
- 4) S. Shioya, M. Tanaka, Y. Iwama and M. Kamiya: Proc. GGAA, 346-349 (2001)
- 5) 塩谷繁他：平成13年度飼料部門現地調査報告書－インドネシア共和国－, 畜産技術協会, (2002)
- 6) 高野信雄ほか：粗飼料・草地ハンドブック, 養賢堂(1989)

7) 日本飼養標準・乳牛(1999年版), 農林水産技術会議事務局(1999)

7. 国際共同研究等の状況

JICAプロジェクト「インドネシア酪農技術改善計画」と連携し、インドネシアにおける飼料給与技術の現状と改善方向について検討している。

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表(学術誌・書籍)

<学術誌(査読あり)>

- ① S. Shioya, M. Tanaka, Y. Iwama and M. Kamiya: Proc. GGAA, 346-349(2001)

“Development of Nutritional Management for Controlling Methane Emissions from Ruminants in Southeast Asia”

- ② 塩谷繁, 神谷充, 岩間裕子, 田中正仁: 九州農業研究, 64, 103(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」

<学術誌(査読なし)>

- ① 塩谷繁: 酪総研, 269, 6-7(2002)

「酪農における環境負荷の低減」

<書籍>

- ① S. Shioya, M. Tanaka, Y. Iwama and M. Kamiya: Greenhouse Gases and Animal Agriculture(ELSEVIER Science), 191-194(2002)

“Development of Nutritional Management for Controlling Methane Emissions from Ruminants in Southeast Asia”

<報告書類等>

- ① 塩谷繁, 神谷充, 岩間裕子, 田中正仁: 畜産草地研究成果情報, 2, (2003)

「熱帯・亜熱帯における飼料栄養価改善による乳牛排出メタンの低減効果」(印刷中)

- ② 塩谷繁, 田中正仁, 岩間裕子, 神谷充: 地球環境総合推進費平成12年度研究成果(環境省)

「東南アジア地域における反芻家畜からのCH₄発生の抑制の中核技術の汎用化と普及に関する開発」

- ③ 塩谷繁, 田中正仁, 岩間裕子, 神谷充: 地球環境総合推進費平成13年度研究成果(環境省)

「東南アジア地域における反芻家畜からのCH₄発生の抑制の中核技術の汎用化と普及に関する開発」

(2) 口頭発表

- ① 塩谷繁, 神谷充, 岩間裕子, 田中正仁: 第64回九州農業研究発表会(2001)

「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」

(3) 出願特許

なし

(4) 受賞等

なし

(5) 一般への公表・報道等

なし

(6) その他成果の普及、政策的な寄与・貢献について

今後、JICAプロジェクト等を通じ、成果の広報・普及に努める。

9. 成果の政策的な寄与・貢献について

今後、一般普及誌、政府刊行物等を通じ、成果の広報・普及に努める。