

B・51 温室効果ガスの人為的な排出源・吸収源に関する研究

(2) CH₄, N₂Oの排出・吸収に関する研究

⑦ 反芻家畜からのCH₄排出

研究代表者 農林水産省畜産試験場 栄養部 反すう家畜代謝研究室 寺田文典

農林水産省 畜産試験場

栄養部 反すう家畜代謝研究室 寺田文典・栗原光規（現農林水産技術会議事務局）

・永西 修

平成10年度合計予算額 4,200千円

（平成10年度予算額 4,200千円）

〔要旨〕

我が国およびアジアからのメタン発生量推定手法の改善を図るための基礎データを得るために、家畜からのメタン放出の簡易測定手法の開発、放牧時を想定しての生草給与時のメタン発生量について検討した。

(1) 家畜からのメタン放出の簡易測定手法として、マスク、流量計、フロア、サンプリングユニット、ガス分析装置（赤外線式）、記録計、パーソナルコンピューターよりなり、一般畜舎において使用が可能な可搬型のシステムを作成した。さらに、その具体的な運用方法を定めるために、メタン発生量の測定精度に及ぼす諸変動要因（個体差、日間差、日内変動）について泌乳牛によるガス代謝試験成績を用いてその諸要因に由来する分散の大きさを比較検討したところ、日内変動がもっとも大きい要因であることが明らかになった。また、メタン発生は給餌パターンに依存していることが示されたので、それに従ったサンプリングスケジュールを組むことを提案した。これに従ってブラーマン種牛および水牛からのメタン発生量を測定したところ、乾物摂取量当たりのメタン発生量は、それぞれ、20、17Lであり、従来の報告に比べて低いものであった。

(2) 生草給与時のメタン発生量について、ホルスタイン種乾乳牛4頭を供試し、フード式システムを用いて検討した。その結果、給与草の化学成分含量は生育が進むに従ってその総繊維含量が増加し、粗蛋白質含量が低下した。これに対して乾物摂取量当たりのメタン発生量は総繊維と同様のパターンで増加したが、17～31Lであり、従来の報告の範囲内であった。また、同一ステージの乾草及び生草給与時の乾物摂取量当たりのメタン発生量について乾乳牛を用いて比較したところ差は認められなかった。

〔キーワード〕

反芻家畜，メタン，測定法，生草，水牛

1. 序

地球温暖化を防止するためには個々の温室効果ガスの発生量を正確に把握し、的確な対策を講じることが重要である。そのため気候変動枠組み条約締結国は、毎年、自国からの温室効果ガスの排出量（インベントリ）を報告することが義務づけられており、また、開発途上国への研究協力も求められている。温室効果ガスの一つであるメタンの排出に対して反芻家畜が大きな位置を占め、その排出量は全地球からのメタン発生量の約16%、人間活動に由来するメタン発生量の約1/4に当たる¹⁾ことはよく知られており、畜産分野においてもその発生量の推定精度の向上と抑制技術の改善に努める必要があるものといえる。

2. 研究目的

我が国の家畜からのメタン排出量の推定方式は家畜の乾物摂取量に基づくものであり、我が国の飼養環境下においては高い適合性を示す²⁾ものの、飼料構造が大きく異なるアジアにおいては何らかの補正を施す必要があるものと考えられる。また、アジアにおいて多く飼養される水牛、や瘤牛（*Bos Indicus*）はメタン排出源としてもその存在が大きいにも係わらず、メタン排出量に関する基礎的な知見はほとんど得られていない。

したがって、より精度の高いインベントリ作成のためには、まず、家畜からのメタン排出の簡易測定手法を開発し、多くの測定データを収集する必要がある。また、既存の推定式を補正して活用することも有効であろうと考えられる。

そこで、本課題においては大家畜用の簡易メタン発生量測定装置を試作するとともに、アジアで多く行われている放牧を想定して生草給与時のメタン発生量を測定し、従来の報告と比較検討することとした。

3. 研究方法

実験1 家畜からのメタン放出の簡易測定手法の開発

(1) マスクを利用した可搬型の呼吸試験システムを試作した。本システムの構成は、マスク、流量計（日本フローセル FHW N S）、ブローア、サンプリングユニット、ガス分析装置（堀場 VIA300）、記録計、パーソナルコンピュータよりなる。

(2) また、マスク法の場合連続測定ができないので、精度の高いサンプリングスケジュールについて、体重約600kgのホルスタイン種乳牛4頭を供試し、ヘッドケージ法による11例のガス代謝試験成績を用いて検討した。この実験における給与飼料はTDN 75%、粗蛋白質含量13%の泌乳牛用のものであり、乳牛の栄養要求量を充足する量を1日4回に分けて給与している。測定は環境温度18℃、相対湿度60%の環境調節室内で実施し、15分ごとに、3日間に亘ってメタン発生量を集計した。データを解析するに当たって、変動要因として、家畜、日、時間帯をとりあげ、それらの分散成分の大きさを分散分析法の一つである分割区法³⁾によって推定した。

(3) 検討した手法に従って、体重約300kgのブラーマン種牛と水牛各4頭に、代表的な東南アジアにおける低質な粗飼料であるルー-ジ-グリス乾草を維持量給与し、メタン発生量の測定を試みた。

実験2 生草給与時のメタン発生量

(1) 体重約550kgのホルスタイン種乾乳牛4頭にイタリアンライグラス生草を1ヶ月間にわたって飽食量を給与し、その間の生草の化学成分組成、採食量、メタン発生量の推移を追跡した。メタン発生量の測定はヘッドケージ法によって行った。

(2) 出穂期に調製した乾草を給与し、同じ生育ステージの生草と乾草給与時のメタン発生量の比較を、ホルスタイン種乾乳牛4頭を用いてヘッドケージ法によって行った。

4. 実験結果と考察

(1) 家畜からのメタン放出の簡易測定手法の開発

作成した可搬型測定システムは、一般畜舎において使用が可能なものであり、本システムを用いて測定を実施しているところを図1に、また、測定例（反芻家畜からメタンが空気としてとして間欠的に発生している状況がよくわかる）を図2に示す。



図1 メタン発生量の計測状況

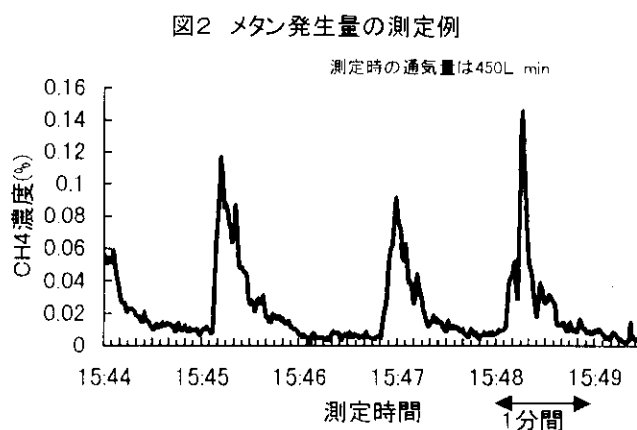
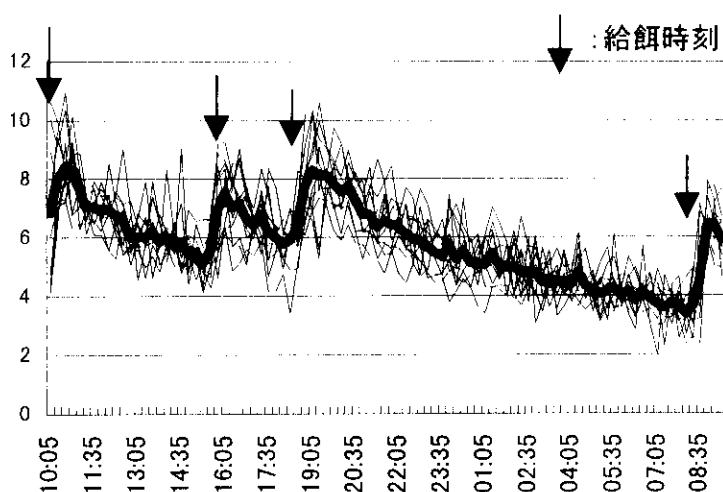


図3 15分間毎のメタン発生量 (L/15min)



がって、給餌パターンに依存した発生量の推移が示されている。また、15分間の平均メタン発

マスクを用いる上記測定システムは簡便性に優れたものの、通常実施される24時間の連続測定が困難であるところから、適切な間欠測定プログラムを検討する必要がある。そこで、メタン発生量の測定精度に及ばず変動要因として、個体差、日間差、日内変動の3つについてその分散の大きさを、換気型フード式呼吸試験装置を用いて測定した試験成績（図3）から試算した。

メタン発生量には給餌後、明らかな増加が観察されており、した

生量が5.8Lであったのに対して、個々の分散成分の中では時間帯に起因する分散が最も大きく、1.47という値を示しており、次いで、日間に由来する分散が0.10、個体間に由来する分散が0.07であった。これらの数値に基づき、すべての分散がランダムであると仮定し、平均値の95%信頼区間の幅を平均値の+10%以内に抑えるためには、4頭を供試した場合、2~3日間、1日4~6回、給餌パターンにあわせて測定を行う必要があることが明らかとなった。

表1 分散分析表

要因	自由度	分散の期待値	分散	F値
個体	3	$\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + 94\sigma_0^2 + 1282\sigma_A^2$	29.5	2.8
同一個体内日間	7	$\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + 94\sigma_0^2$	10.4	15.8**
測定時間帯	93	$\sigma_2^2 + 12\sigma_T^2$	18.3	27.7**
誤差	930	σ_0^2	0.7	

** : p<0.01.

具体的には、給餌後3時間間隔で6分ないし12分間の呼気ガスの採取を行い、同時に、ガス流量の計測も行い、赤外線式メタンガス分析装置によってメタンガス濃度を測定することとした。

本プログラムによってマスク式簡易測定装置を用いて測定したブラーマン種牛および水牛からのメタン発生量測定データを表1に示した。給与飼料であるルージーグラスは東南アジアで多く栽培されている代表的な牧草の一つであるが、その栄養価は必ずしも高くはない。今回使用した乾草は、代謝エネルギー含量が7.6 MJ/kgDM、粗蛋白質含量が5.1%と、我が国で用いられる稲わらよりもやや優れる程度のものであった。

表2 低質飼料給与時のブラーマン種牛と

水牛からのメタン発生量の比較

	ブラーマン	水牛
体重(kg)	336±13	255±7
乾物摂取量(DMI, kg/day)	4.2±0.4	3.4±0.2
メタン発生量(L/day)	85±19	57±7
(L/kgDMI)	20±4	17±2

給与飼料：ルージーグラス乾草

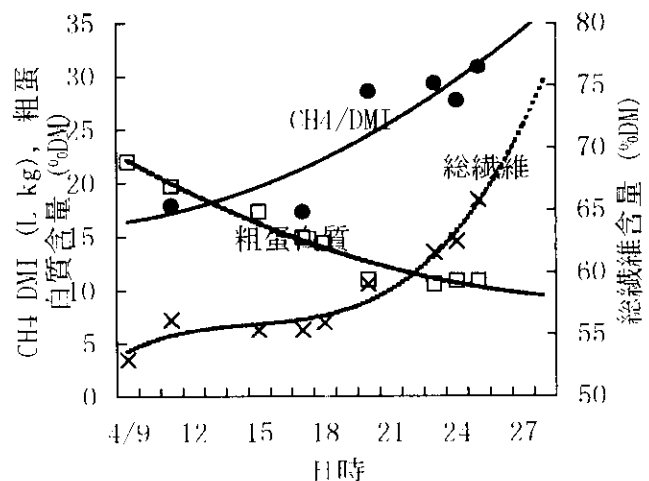
定値よりも著しく低いものであった。

実験2 生草給与時のメタン発生量

① 生草の化学成分組成の変化についてみると、草の生育が進むに従って総繊維含量が増加し、粗蛋白質含量が低下した。

その結果、ブラーマン種牛及び水牛からの乾物摂取量当たりのメタン発生量は、それぞれ、20、17Lと両者の間に有意な違いは認められなかったものの、従来、我が国で報告されているホルスタイン種牛、黒毛和種牛等による値に比べると低いものであり、また、Crutzenら³⁾の算

図4 生草採食時の乾物摂取量当たりのメタン発生量



これに対して、乾物摂取量あたりのメタン発生量は総繊維と同様のパターンで増加した。草の生育ステージが極めて若い4月初旬のメタン発生量は乾物摂取量当たり18Lとかなり低い値であったが、このことは、生草の品質が高く、第一胃の発酵パターンもプロピオン酸の多いものとなっていたことが窺える。集約的な放牧では若い草を有効に活用することが多いが、一般にアジアで行われている放牧は粗放であり、草のステージもかなり進行したものが利用されている。我が国では出穂期から開花期にかけて収穫された牧草が多く利用されているが、今回の実験では4月下旬がその時期（出穂期）に相当しており、その時の乾物摂取量あたりのメタン発生量は30Lと従来の報告とほぼ同様の値であった（図4）。

さらに、同一ステージ（出穂期）に調製した乾草をホルスタイン種乾乳牛4頭に給与し、生草給与時の乾物摂取量あたりのメタン発生量との違いについて検討した。供試牛の体重の違いから乾草の摂取量が生草に比べてやや少ない設定となったため、1日当たりのメタン発生量は乾草給与時の方が少なかったものの、乾物摂取量当たりではそれぞれ、31、30Lであり、差は見られなかった（表3）。

表3 生草と乾草の比較

	生草	乾草	SE
体重(kg)	561	497	40
乾物摂取量(DMI, kg/day)	9.96	8.95	0.50
メタン発生量(L/day)	307	265	17
(L/kgDMI)	30.8	30.1	2.2

以上のことから、放牧時のメタン発生量は、その生育ステージが若い場合には乾物摂取量あたりのメタン発生量が少ないものの、生育が進んだ草を利用する場合には、従来の推定式が利用できるものと考えられた。

5. 本研究により得られた成果

我が国及びアジアからのメタン発生量推定手法の改善を図り、より精度の高いインベントリを作成するために、

(1) 大家畜からのメタン放出の簡易測定が可能な可搬型の測定システムの開発を図り、その具体的な運用方法について検討した。メタン発生量の測定精度に及ぼす影響として日内の時間帯の変動の影響がもっとも大きく、さらに、採食の影響を強く受けることも確認された。したがって、測定は給餌パターンを勘案して1日6~8回、3~4日間測定することが望ましいものと判断された。この手法によって、ブラーマン種牛及び水牛からのメタン排出量を測定したところ、乾物摂取量当たり、それぞれ、20、17Lと従来の値に比べて低いものであった。

(2) また、アジアで広く行われている放牧時のメタン発生量について検討するため、生草を給与して乾乳牛からのメタン発生量を測定したところ、生草の生育ステージが若い時期にはメタン発生量が少ないものの、出穂期では生草と乾草との間に違いは認められなかった。

6. 参考文献

- 1) IPCC Climate Change 1995. Cambridge Univ. Press. 1996.
- 2) Shibata, M., F. Terada, M. Kurihara, T. Nishida, K. Iwasakki. Estimation of methane production in ruminants. Anim. Sci. Technol. (Jpn.), 64:790-796. 1993.

3) Crutzenm, P. J., I. Aselmann and W. Seiler. Methane production by domestic animals, wild ruminants, other herbivorous fauna, and humans. *Tellus*, 38B:271-284. 1986.

[研究発表の状況]

(1) 口頭発表

- ① M. Kurihara, F. Terada, R.A. Hunter, T. Nishida and G.J. McCrabb. The effect of diet and liveweight gain on methane production in temperate and tropical beef cattle, 8th WCAP, Vol.1: 364-365, 1998.7.
- ② 寺田文典・上田宏一郎・垣内一明・樋口浩二・A Purnomoadi・西田武弘・永西 修・酒井 剣 採食および反芻行動に伴うエネルギー消費（生草飽食時）, 第53回日本草地学会大会, 1998.8.
- ① G. J. McCrabb, M Kurihara and RA Hunter. The Effect of Finishing Strategy on Lifetime Methane Production for Beef Cattle in Northern Australia. *Proceedings of the Nutrition Society of Australia*. Vol.22: 55. 1998.12.
- ② 寺田文典・永西 修・A Purnomoadi・樋口浩二 乾草の形状の違いがメタン発生量に及ぼす影響について, 第95回日本畜産学会大会, 1999.3.

(2) 論文発表

- ① 寺田文典 アジアにおける反芻家畜からのメタン発生と地球温暖化問題について, 熱帯畜産研究会報, 5(1): 1-7, 1998.

(3) 雑誌等発表

- ①朝日田康司・近藤誠司・柴田正貴・栗原光規 地球温暖化と反芻家畜飼養技術, 特に反芻家畜における温室効果ガス・メタンの発生制御. 農牧業可持続発展與環境保護. 中日雙邊國際學朮討論會. 323~326. 内蒙古文化出版社. 1998.
- ② 寺田文典 反すう家畜が放出するメタンを飼料給与技術によって抑制する - 温室効果ガス低減化をめざして - 化学と生物, 36(11):699-701, 1998.
- ③ 寺田文典 家畜由来メタンガスの抑制研究について 畜産技術, 524:40-42, 1999.