

メタン排出量推定に向けた 牛呼気中のCH₄、CO₂濃度測定

田中 美奈子、倉田 侑弥、中島 和義

ユーザーベネフィット

- ◆ 可搬型のガス分析計であり柔軟に設置場所を選択できるため、飼槽付近に設置し牛の呼気中のCH₄、CO₂を連続測定できます。
- ◆ ポンプやフィルタ、除湿器などの試料前処理機を内蔵しているため、簡便に測定できます。
- ◆ 取得したデータをUSBメモリに保存し、パソコンでの編集や他部門との共有が容易にできます。

■はじめに

温室効果ガスの一種であるCH₄はCO₂と比較し約28倍^{*1}の温室効果を持つとされています。CH₄の発生源の一つとして挙げられるのが牛の呼気で、消化管で起こる発酵由来します。牛の呼気中のCH₄は農林水産分野における温室効果ガス排出の一因として一定の割合を占め、CH₄排出量の低減に向け飼料開発や飼育環境の工夫、育種改良などの取り組みが進められています。

従来、牛のCH₄排出量の測定は、専用の大型チャンバに牛を数日間滞在させ、排出されたCH₄の全量を測定する方法が主流でした。この方法は測定精度が高い一方で、設備や労力の面で多頭測定には向きません。そこで、簡易な測定法として、牛の呼気に含まれるCH₄とCO₂を測定し、その比(CH₄/CO₂)を用いてCH₄排出量を推定する手法がマニュアル化されました¹⁾。この手法は、大掛かりな専用設備を必要とせず、1回の測定も短時間で済むことから、多頭測定に適した、より実践的な手法として注目されています。

■測定の概要

CH₄排出量の推定には、牛呼気のサンプリングからガス濃度の測定までを行う、分析システムを構築する必要があります。本稿では、その第一歩として、ポータブルガス濃度測定装置CGT-7100により、肉牛の呼気中に含まれるCH₄、CO₂濃度のトレンドデータを取得するデモンストレーションを実施した事例を紹介します。

■牛の消化管におけるCH₄の発生

図1に牛の消化管におけるCH₄発生のイメージを示します。牛やヤギなどの反すう動物はルーメンと呼ばれる消化管を持ちます。牛の場合は第1胃がルーメンにあたります。ルーメン内には多岐にわたる微生物が存在し、様々な役割を担いながら牛の消化を手助けします(ルーメン発酵)。微生物の働きによって飼料が発酵する過程でH₂が発生します。発生したH₂は別の微生物の代謝によりCH₄に変わり、あい気(げっぷ)と一緒に排出されます。

■CGT-7100

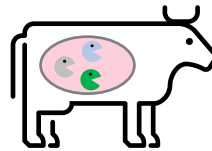
CGT-7100はオールインワン可搬型の連続ガス濃度測定装置です。コンパクトな本体には前処理部として、水分除去用の電子クーラ、除塵用のフィルタ、試料ガスを分析計内に吸引するポンプを内蔵しており、装置単体でのガス分析が可能です^{*3}。

測定成分として、非分散型赤外線吸収法(NDIR)で測定するCO₂/CO/CH₄の中から2成分に加え、限界電流式ジルコニア法で測定するO₂計(オプション)の最大3成分を選択でき、それぞれの濃度の経時変化をppmからvol%の広範囲の測定レンジでモニタリングすることが可能です。

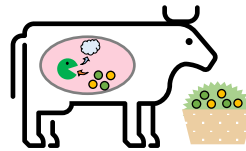
試料ガス流量は最小100ml/minであり、少量のサンプルに対してもガス濃度の測定ができるため、幅広い用途にご活用いただけます。

■非分散型赤外線吸収法(NDIR)

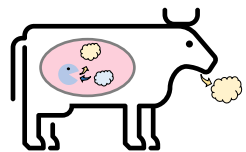
CGT-7100は測定原理として非分散型赤外線吸収法(NDIR)を採用しています。CO₂のような異原子分子のガスは赤外線に対して固有の吸収スペクトルを持ちます。試料ガスに赤外線を透過させ、ガス種固有の吸収帯における赤外光の透過量を検出器で取得することで、ガス濃度を選択的に測定できます。NDIR分析部にはオンラインガス計で実績のある光学系を採用しており、堅牢で安定した測定を実現しています。



①ルーメンには嫌気性微生物^①が多数存在しています。



②飼料中のたんぱく質^②や炭水化物^③は微生物により分解・発酵利用されます。微生物による分解・発酵の過程で揮発性脂肪酸^④、水素^⑤、二酸化炭素が生じます。



③さらに別の微生物の代謝により水素^⑤は炭素と結合してメタン^⑥に変わり排出されます。

図1 牛の消化管におけるCH₄発生のイメージ



図2 島津ポータブルガス濃度測定装置CGT-7100

*1 IPCC第5次報告の値を参照

*2 酢酸、プロピオン酸、酪酸など

*3 測定の条件によります。詳しくは当社にご相談ください。

■ 測定方法

測定フローを図3に示します。風や呼気の拡散の影響を低減するために、飼槽の周りをアクリル板のカバーで覆います。飼料の粉塵から測定系を保護するために流路の上流にフィルタを設けます。餌槽内の1箇所から試料ガスをサンプリングし、400 mL/minの流量で分析計内に吸引します。

CGT-7100の分析条件は表1の通りです。測定レンジはCH₄: 0 - 500 ppm、CO₂: 0 - 1 vol%としました。牛の採食中の約15分間、CH₄とCO₂の濃度を連続測定しました。

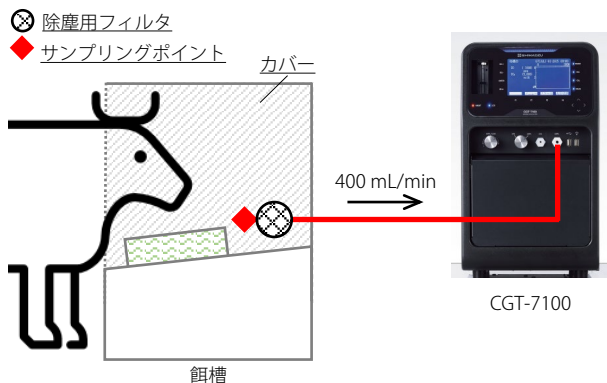


図3 測定フロー

表1 分析条件

分析計	:	CGT-7100
測定成分	:	CH ₄ , CO ₂
測定レンジ	:	CH ₄ : 0 - 500 ppm
	:	CO ₂ : 0 - 1 vol%
流量タイプ	:	小流量(100~400mL/min 可変)

■ 測定結果

測定結果を図4に示します。CGT-7100により牛の呼気中のCH₄、CO₂濃度のトレンドデータを取得することができました。1分間に1回程度の頻度で、CH₄濃度が急峻に立ち上がるポイントがげっぷが排出されたタイミングであると考えられます。測定値がフルスケールを上回ってしまいましたが、CGT-7100で測定可能な濃度域であったため、本条件では、もう少し高い測定レンジに設定すれば測定可能であるという知見が得られました。

測定値の傾向をつかむために、測定結果に対して4次の多項式近似を行いました。その結果、採食中盤の指示値に低下傾向が見られました。これは、牛が頭を動かしたことで呼気の拡散の程度が変化したためだと考えられます。CH₄排出量推定の精度を高めるには呼気拡散の影響を低減することが好ましく、対策として、飼槽の上下左右にサンプリングポイントを複数設ける方法¹⁾があります。この方法では、牛の口から遠いポイントから採取された周辺大気により呼気が希釈されるため、指示値は低くなりますが、牛の頭の位置の影響は低減でき、安定した指示値が得られると予想されます。

このようにして、CGT-7100により牛の呼気中のCH₄とCO₂濃度の測定を行い、牛呼気のCH₄排出量推定に必要な分析計の測定レンジやサンプリング方法について知見を得ることができました。

<参考文献>

- 1) 農業・食品産業技術総合研究機構(2022).ウシルーメン発酵由来メタン排出量推定マニュアル
https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/152088.html

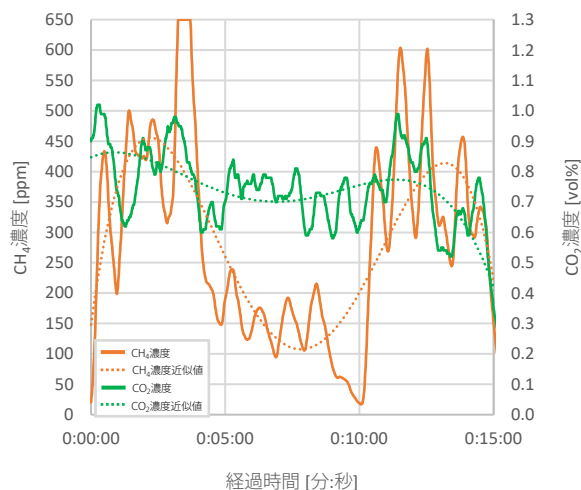


図4 牛呼気中のCH₄、CO₂濃度測定結果



図5 測定の様子

■ まとめ

本稿ではCGT-7100により肉牛の呼気に含まれるCH₄、CO₂濃度を測定する事例を紹介しました。その結果、牛の呼気に含まれるCH₄、CO₂濃度の測定にCGT-7100を活用できることが分かり、CH₄排出量の推定に向けて知見を得ることができました。本結果を踏まえサンプリング方法などに工夫を加え、将来的にはCGT-7100で測定するCH₄、CO₂濃度をもとに、牛呼気中のCH₄排出量を推定できる可能性が示唆されました。

■ 関連リンク集

CGT-7100に関する詳細な情報は製品HPをご覧ください。

[CGT-7100:分析計測機器\(分析装置\) 島津製作所 \(shimadzu.co.jp\)](https://www.shimadzu.co.jp)

ポータブルNO_x-O₂測定装置NOA-7100に関しては [こちらをご覧ください。](https://www.shimadzu.co.jp)

[NOA-7100:分析計測機器\(分析装置\) 島津製作所 \(shimadzu.co.jp\)](https://www.shimadzu.co.jp)

▶ アンケート

関連製品 一部の製品は新しいモデルにアップデートされている場合があります。



▶ CGT-7100

ポータブルガス濃度測定装置

関連分野

▶ 環境

▶ 温室効果ガス &
CCUS

▶ 価格お問い合わせ

▶ 製品お問い合わせ

▶ 技術お問い合わせ

▶ その他お問い合わせ