

<研究ノート>

飼料添加資材のメタン産生削減効果の検討

森山靖成^{*}、高取健治^{*}

Effect of feed additives on methane production reduction

Yasunari MORIYAMA, Kenji TAKATORI.

要 約

岡山県内で入手可能な未利用資源等を用い、実験室内での *in vitro* 試験により牛の消化管内発酵由来のメタンガス産生量の削減効果を調査したところ、カシューナッツ殻液製剤、緑茶葉、コーヒー粉、ビール粕、チョコレートに産生量が低下する傾向が見られたことから、これらの資材についてはメタンガス削減の可能性があると考えられた。

また、削減効果が報告されている物質のうちポリフェノールの含有量を調査したところ、食品の緑茶葉やコーヒー粉が高く、メタンガス産生量も低下する傾向が見られた。

一方で、緑茶殻や各種粕類は、ポリフェノール含有量が低く、ビール粕以外では、メタンガス産生量の低下は見られなかった。

キーワード：未利用資源、*in vitro* 試験、乳用牛、メタンガス削減効果、ポリフェノール

緒 言

地球温暖化が進む中、農業分野においても温室効果ガス（GHG）を削減することが喫緊の課題である。なかでも牛の消化管内発酵により排出されるメタンガスは、わが国の農業分野から排出される GHG の約 18%を占め¹⁾、排出削減に向けた技術開発が求められている。

牛の消化管内では、摂取した飼料が第一胃内の微生物による発酵により、炭水化物から主に酢酸、プロピオン酸、酪酸などの揮発性脂肪酸が生成されエネルギー源となるが、発酵過程で一部は揮発性脂肪酸にならず、二酸化炭素や水素などが生成される。メタンガスは、主としてこの二酸化炭素と水素から産生され、いわゆる「げっぷ」として排出されている。

このように、牛の消化管内では多くの微生物が関与していることから、メタンガス産生に関与する第一胃内微生物を飼料添加資材により制御する方法が試みられており²⁾、メタンガス抑制の可能性が示されたメタン抑制資材候補も存在する³⁾。

本研究においては、削減効果が認められている飼料添加材⁴⁻⁶⁾を指標とし、新たな未利用資源等各種資材による消化管内発酵由来のメタンガス産生量削減効果を実験室内での *in vitro* 試

験により検討した。

材料および方法

1 供試資材

供試資材は、表 1 に示したメタンガス産生削減効果が報告されている主な物質³⁾を含んだ資材を中心に農産物収穫残渣や食品、食品製造副産物および県内で多く廃棄されている未利用資源のうち飼料として利用可能なものを選定した。

なお、収集方法は、県内食品製造所からの直接入手または農業団体、県関係機関の協力を得て行った。

表 1 メタン産生削減効果が報告されている主な物質

物質名	含有されている主な資材例
不飽和脂肪酸	脂肪酸カルシウム、粕類等
アナカルド酸	カシューナッツ殻液製剤
プロモホルム	カギケノリ
サボニン	茶葉、大豆等
ポリフェノール類	
タンニン	柿皮、コーヒー粕、ワイン粕等
フロロタンニン	褐藻

次に、収集した供試添加資材を表 2 に示した。

資材の内訳は、農産物の収穫残渣として 1 種類、食品副産物 6 種類、食品 5 種類、飼料 1 種類、未利用資源 2 種類であった。

なお、メタンガス発生削減量を評価する指標とするため、削減効果が報告されている市販飼料のカシューナッツ殻液製剤(ルミナツプM、共立製菓株式会社、東京)を添加する区を設けた。

表2 収集した資材

農産物収集残渣	大豆さや
食品副産物	緑茶殻 コーヒー粕 ワイン粕 ビール粕 杜仲茶葉 醤油粕
食品	緑茶葉 コーヒー粉 杜仲葉 黒大豆 チョコレート
飼料	小麦フスマ
未利用資材	タケノコの皮 粉末牡蠣殻
指標資材	カシューナッツ殻液製剤

2 試験方法

(1) 培養方法

試験は *in vitro* 法を用いて行った。第一胃液は、畜産研究所内の搾乳牛から経口吸引法により採取した。緩衝液は *in vitro* 法による人工唾液⁷⁾を用いた。飼料については、所内搾乳牛用混合飼料(TMR)を乾燥、粉碎して用いた。

(2) 試験区分

試験区は粉碎した TMR 飼料の重量に対し各種添加資材を 20%加え、対照区は粉碎した TMR 飼料のみとした。

(3) 試験方法

試験区および対照区の試料を入れた 50ml バイアル瓶に、ガーゼによりろ過した新鮮な搾乳牛第一胃液 10ml と緩衝液 20ml の混合液を加え、炭酸ガスで置換後、蓋をしてウォーターバス内で 39℃、24 時間振盪培養を行った(図1)。

培養後バイアル瓶から発生したガス量を計測し、メタンガス濃度を測定するため、7ml の真空採血管に 10ml 注入し陽圧とした(図2)。



図1 ウォーターバスで培養



図2 発生したガスを真空採血管に分注

(4) 調査項目

1) メタンガス

総ガス発生量は、100ml ガスシリンジによりバイアル瓶から直接採取し測定した。

また、メタンガス濃度は、真空採血管に分注したガスをガスクロマトグラフ法(GC-2014、株式会社島津製作所、東京)により測定した。

2) ポリフェノール含有量

メタンガス削減効果が報告されている物質のうちポリフェノール含有量を日本食品分析センターにおいて測定した。なお、測定はポリフェノールの含有が想定される食品およびその副資材等についてのみ行った。

結 果

1 メタンガス発生削減効果

今回収集した 16 資材について、*in vitro* 試験を実施した。このうち、明らかに削減効果が報告されている物質を含まない 2 資材を除外して、14 資材について再度試験を行った。

その結果を無添加区のメタンガス発生量を 100 としたときの各資材のメタンガス算定値として表3に示した。

表3 各種資材のメタンガス削減効果

カシューナッツ 殻液製剤	緑茶葉	緑茶殻	コーヒ-粉	コーヒ-粕
56.5	83.6	133.3	98.3	122.0
ワイン粕	ビ-ル粕	醤油粕	杜仲茶葉	杜仲茶殻
149.8	87.9	122.3	124.4	124.3
小麦フスマ	黒大豆	大豆さや	チョコレート	
155.0	111.9	147.4	90.5	

*無添加区のメタン発生量を 100 としたときの各資材のメタンガス算定値

メタンガス算定値が最も低くなったのは、評価の指標としたカシューナッツ殻液製剤であった。今回試験に供した資材では食品である緑茶

葉、コーヒー粉、チョコレートおよび飼料として市販されているビール粕にメタンガス産生量の削減傾向が見られた。

2 ポリフェノール含有量

表4にポリフェノール含有量を示した。

ポリフェノール含有量は緑茶葉、コーヒー粉で高く、それぞれ 17.0, 5.0g/100g であった。同じ緑茶葉やコーヒー粉でも食品副産物である緑茶殻、コーヒー粕の含有量はそれぞれ 2.8, 2.7g/100g と低い値であった。

表4 ポリフェノール含有量 g/100g

緑茶葉	緑茶殻	コーヒー粉	コーヒー粕
17.0	2.8	5.0	2.7
ワイン粕	ビール粕	醤油粕	
3.1	0.1	1.2	

考 察

実験室内での in vitro 試験において、搾乳牛の第一胃内環境を再現し、総ガス発生量およびメタンガス濃度を測定することで、メタンガス産生量を測定した。

今回試験に供した資材として、メタンガスの削減に効果があるとされるポリフェノール⁸⁾ や不飽和脂肪酸^{3, 9)} を含有するものを中心に収集した。

供試した 14 資材のうちメタンガス産生量の削減傾向を示した資材は 5 資材であった。このうち最も減少した資材は、指標として用いたカシューナッツ殻液製剤で算定値が 56.5 であった。カシューナッツ殻液製剤に含まれるアナカルド酸は、メタン産生の原因となる水素やギ酸、二酸化炭素等を生成するグラム陽性菌に対して抑制効果を持つとされている⁶⁾。今回の試験においても、このカシューナッツ殻液製剤に含まれるアナカルド酸によりメタンガス産生量の減少が見られたものと考えられた。

一方、今回使用したカシューナッツ殻液製剤以外の資材のうち、無添加区に比べ削減傾向が認められたのは、緑茶葉 83.6、コーヒー粉 98.3、ビール粕 87.9、チョコレート 90.5 の 4 資材であり、いずれも 20%以下の削減率であった。緑茶葉やコーヒー粉は、ポリフェノールの一種であるタンニンやサポニンの効果を期待し、チョコレートはカカオポリフェノールと脂肪酸の効果をビール粕については脂肪酸の効果を期待して選定した³⁾。油脂や脂肪酸については有望な

メタン抑制効果のある飼料の一つであるとされている¹⁰⁾。

今回、削減率に影響を与える要因を調べるために、ポリフェノール含有量を測定したが、緑茶葉 (17.0g/100g)、コーヒー粉 (5.0g/100g) が副産物の緑茶殻、コーヒー粕に比べて高く、この含有量の差がメタンガス削減に影響を与えたと考えられた。ポリフェノールは、反すう動物の微生物群集の組成を変化させ、不飽和脂肪酸の水素化を抑制または調節することができるとされている¹¹⁾。

しかし、ワイン粕や緑茶殻、コーヒー粕は、コーヒー粉の 54~62%の含有量があったにもかかわらず削減傾向は見られず増加している。その詳細な原因については不明だが、ポリフェノール量の不足が考えられ、これは製品を生産する過程で、すでに湯煎により抽出されていたためと考えられた。

また、実際に飼料として利用されているビール粕にメタンガス削減効果が見られたのは、資材に含まれる脂肪酸等が胃液に影響を与え、メタンガス産生量が減少したものと推測された。

このことからビール粕以外の食品副産物である、殻・粕類には、メタンガス産生の削減効果が認められている物質の含有量が食品に比べて少ないため、削減効果が得られず、逆に資材自体の炭水化物等による発酵によりメタン産生が増加したものと考えられた。

今回の試験では、明確にメタンガス産生削減効果のある資材は、指標として用いたカシューナッツ殻液製剤のみであったが、緑茶葉やコーヒー粉などポリフェノールを含む資材やビール粕などにわずかながら低減傾向を示す資材も得られたことから、これらの資材についてはメタンガス削減の可能性があると考えられた。

謝 辞

本研究の遂行にあたり資材提供等をいただいたすべての皆様に感謝いたします。特に広島大学の小櫃教授には実験計画及び実験方法に関する貴重な助言をいただき、ここに深謝します。

文 献

- 1) 国立研究開発法人国立環境研究所(2022) 日本国温室効果ガスインベントリ報告書, 2-186
- 2) 鈴木知之、寺田文典、川島知之、(2017) 日本及び東南アジアにおける牛からの消化管発酵由来メタン排出抑制の可能性、栄養生理研究

会報 61, 2, 21-31.

3) 農研機構畜産研究部門

https://www.naro.go.jp/laboratory/nilgs/enteric_methane/tech/157038.html

4) 小林泰男(2013)カシューナッツ副産物給与によるウシからのメタン生成削減、環境バイオテクノロジー学会誌 Vol. 13, No. 2, 89-93.

5) 三山豪士、疋田千枝、長嶋 協、和田賢二、渡辺栄次、小形芳美(2016)カシューナッツ殻液製剤がホルスタイン種乳牛のルーメン性状に及ぼす影響 7(4). 157-162.

6) 真貝拓三、永西修、三森眞琴、長嶋協、小林泰男(2014)カシューナッツ殻液を利用した乳用牛からのメタン低減技術, 家畜生理研究会報 58, 2, 45-51.

7) 自給飼料利用研究会編 (2009) 粗飼料の品質評価ガイドブック, 86-88.

8) 農研機構畜産研究部門

<https://www.naro.go.jp/project/results/laboratory/nilgs/2007/nilgs07-24.html>

9) 柴伸弥、常石栄作、松崎正敏、塩谷繁(2003)褐毛和種肥育牛に対するアマニ油脂肪酸カルシウムの給与がメタン発生と肥育成績に及ぼす効果 日畜会報, 74(1), 37-42.

10) 佐藤元映 (2023) 反芻家畜の食品製造副産物の飼料化およびメタン低減に関する研究, 日畜会報 94 (2), 161-168.

11) V. Vast, M. Doghio, A. Cappucci, A. Buccioni, A. Serra, C. Viti, M. Mele (2019) Invited review: Plant polyphenols and rumen microbiota responsible for fatty acid biohydrogenation, fiber digestion, and methane emission: Experimental evidence and methodological approaches, journal of Dairy Science, 102, 5, 3781-3804.