



カシューナッツ殻液を使用した混合飼料で メタン排出量を削減

出光興産(株) 塩崎 康子・高橋 一昭

メタン排出の現状と抑制飼料の 開発の動き

昨年開催された第26回気候変動枠組条約締約国会議（COP26）において、異常気象などの気候変動による悪影響を抑えるための具体的な目標として、産業革命前からの気温上昇幅を1.5℃に抑えることが定められた。それに向かって世界が努力することが正式に合意されたことは記憶に新しい。そのためには、世界の二酸化炭素（CO₂）排出量を2050年までに実質ゼロにすることが必要と言われ、日本を含む世界各国で目標達成に向けた取り組みが本格的にスタートした。

その取り組み一つとして、この会議において、メタンガスを2030年までに2020年比で30%削減を目指した「グローバル・メタン・プレッジ」がEUと米国より呼びかけられ、世界100カ国以上が署名して正式に発足した。メタンガスは温室効果ガス（GHG）の一つに数えられ、CO₂の25倍の温室効果があるとされており、CO₂に次ぐ地球温暖化の要因とされている。

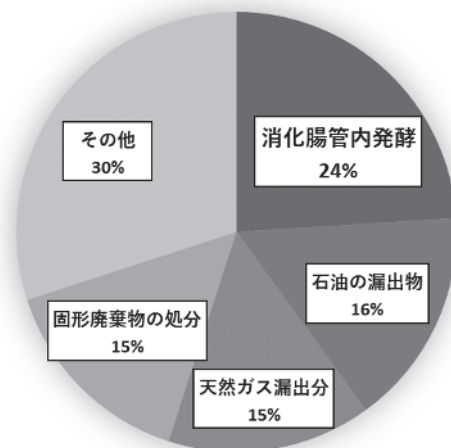
世界全体のメタンガス総排出量24億tのうち、約31%が農業分野に由来し、中でも消化管由来のメタンガスはその8割を占め、世界のメタンガス排出量の24%に達する（UNFCCC, 2015）。消化管由来のメタンガス

は、そのほとんどが反すう動物のルーメンから発生し、中でも地球上に約15億頭飼育されている牛（水牛含む）から排出されるメタンガスは、全温室効果ガスの約4%（CO₂換算）を占めると言われている。このように、牛の暖気（げっぶ）由来で排出されるメタンガスの影響は小さくない（図1）。

こうした実態から、畜産領域におけるメタン抑制技術の開発は世界中で重要課題と認識されるようになってきた。中でも、牛のげっぶに含まれるメタンガス抑制に対し、早期に貢献できる方策が求められており、その一つとしてルーメン内で発生するメタンガスを抑制する素材を飼料として利用することが考え

（図1）世界のメタン発生源割合（UNFCCC,2015データより作成）

世界のメタン発生源（2015年） 24億t（CO₂換算）



(図2) CNSL製造工程



られている。欧州では牛のげっふに含まれるメタンガスを抑制する飼料の研究が進められ、一部商品化されて社会実装の取り組みも始められている。

一例として、スイスの乳業組合Mooh社では、メタンガス抑制効果を有する飼料添加剤を乳牛に給与し、その結果得られたメタン削減量をカーボンクレジット化する取り組みを2022年より開始した。

日本においても、2021年5月に農林水産省により「みどりの食料システム戦略」が策定され、食料・農林水産業の生産力向上と持続性の両立の実現に向けたロードマップが示された。その具体的な取り組みテーマの一つとして、牛のげっふや家畜排せつ物由来のメタンガスを抑制する飼料の開発が取り上げられており、こうした飼料の研究開発と利用拡大が望まれている。

カシューナッツ殻液 (CNSL) の研究開発経緯

次に、日本において研究開発が進められてきている牛げっふ由来のメタンを抑制する素

材、『カシューナッツ殻液』について紹介したい。

『カシューナッツ殻液』は、カシューナッツの殻を圧搾して得られる液体 (Cashew Nut Shell Liquid 以下、CNSL) で、反すう動物の第一胃 (ルーメン) 中のメタンの発生を抑え、さらに牛のエネルギー源となる低級脂肪酸 (VFA) の発生を増加させる効果を有している (図2)。

このCNSLの開発は、2000年後半までさかのぼる。EUでは成長促進を目的とした抗生物質の飼料添加が認められなくなり、抗生物質に代わる安全・安心な天然由来の素材へのニーズが高まっていた。こうした中、抗菌作用を有することが知られている天然素材であるCNSLに着目したことがきっかけとなった。

北海道大学と当社は2006年よりルーメン内微生物へのCNSLの作用の検証にて共同研究を開始した。CNSLにはルーメン微生物のバランスを整え、かつメタンガス発生に関わる菌を抑制する効果があることを見いだした。研究室における検証では、牛ルーメン液より発生するメタンガスが最大90%低減する結果が得

られ、疾病予防や飼料の利用効率の改善はもとより、地球温暖化防止にも貢献できる画期的な天然素材であるとの期待が高まった。

この研究成果は2008年の日本畜産学会で大々的に発表されることとなり、その後、当社は独自の製剤技術により安全性と保存安定性を向上させた取り扱いが容易な飼料製品の開発を実現した（図3）。

CNSL飼料の販売は2011年より開始されたものの、当時は牛のげっぷが地球温暖化問題に関わることへの関心は必ずしも高くはなく、当社は生産性向上や健康維持にフォーカスした技術普及・販売活動を進め、生産性に関する数多くの技術的知見を積み上げてきている。

ところが、2020年頃より当社のお客様センターへの問い合わせにおいて、CNSL飼料のメタンガス抑制技術に対する問い合わせが増え始め、特にこれまで問い合わせを受けることがなかったフードバリューチェーンの川下にいる食品流通・販売業界から数多くの問い合わせが寄せられている。地球温暖化に対する世界的な関心の高まりから、一般消費者の畜産物に対する環境配慮へのニーズが高まりつつあることがうかがえる。

CNSLによるメタンガス抑制効果

(1) CNSLのメタン抑制のメカニズム

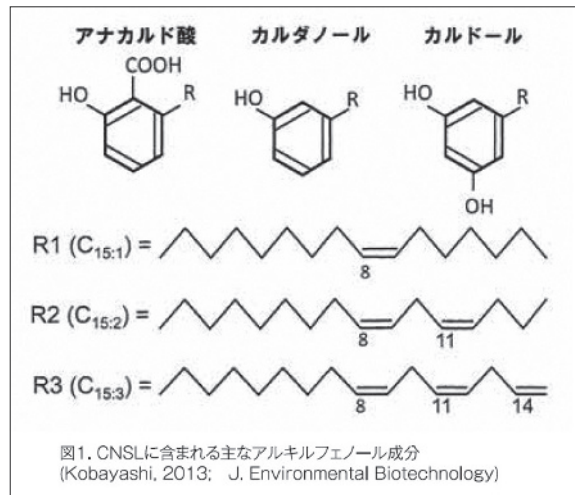
CNSLのルーメン微生物への作用メカニズムについてもう少し詳しく触れる。

牛をはじめとした反すう動物では、摂取した飼料はルーメン内に生息する微生物によって分解され、発酵の基質になる。炭水化物のうち繊維は主に酢酸に、繊維以外の炭水化物はプロピオン酸などになり、これらの短鎖脂肪酸（VFA）は動物のエネルギー源や乳脂肪の形成に利用される。

（図3）混合飼料として製品化したCNSL飼料写真（左：ペレット製品、右：マッシュ製品）



（図4）CNSLに含まれる主なアルキルフェノール成分



しかしながら、発酵の過程で生じる水素と二酸化炭素などは、メタン生成菌によりメタンガスに変換されてしまい、エネルギーとして利用されずに嘔気（げっぷ）となって、大気に放出される。

CNSLの主要成分は9種類のアシルフェノール類である（図4）。これらアシルフェノール類はグラム陽性菌や一部のメタン生成菌の生育抑制効果があることが知られている。アシルフェノール類やCNSLをメタン生成菌に曝露すると、細胞表層が損傷することが観察される。一方、外膜を持つプロピオン酸生成菌（グラム陰性菌）では細胞損傷は観察されない。これらの観察より、CNSLはアシルフェノール類を主因子として、メタンの材料となる水素を作るグラム陽性菌ばかりでなく、一部のメタン生成菌の細胞表層を損傷させ、その生育を抑制するのに対し、プロピオン酸生成菌には影響を与えないと推察

される (図5)。

このことにより、CNSLを反すう動物に投与すると、ルーメン内細菌叢に影響を与え、メタンガスを抑制してプロピオン酸を多く生成する菌叢に変化すると考えられる。

(2) CNSLのメタンガス抑制量

北海道大学の渡部らは、人工ルーメン (RUSITEC) を用いた研究により、CNSLがルーメン発酵によるメタン生成に与える影響を明らかにした。それによると、CNSL添加量に応じてメタン生成量は減少し、50~200ppmの添加で36~70%の低減が観察された¹⁾ (図6)。

一方、生体試験では、実験チャンバーを用いた呼気ガスの連続精密測定によるCNSL給与試験で、牛からのメタン発生が21~34%低減可能であることが示された²⁾。

生体を用いた試験は、閉鎖系チャンバーに牛を入れて実施する方法が標準法となるが、本法では測定できる個体数が限られ、飼養環境は実際と異なる。そのため、実際の農場で飼養されている多頭数の牛を使い、CNSLによるメタン発生量低減の実証が必要となる。

2022年3月には農研機構より「ウシルーメン発酵由来メタン排出量推定マニュアル」が公表されるなど、生産現場における牛のげっぷ由来メタンの実測技術が整いつつある。当社としては、CNSLが『生産性にも寄与する日本発のメタン削減飼料』となるべく、本マ

(図5) CNSL添加により細胞表面が損傷を受けた乳酸生成菌およびメタン古細菌と変化のないプロピオン酸菌

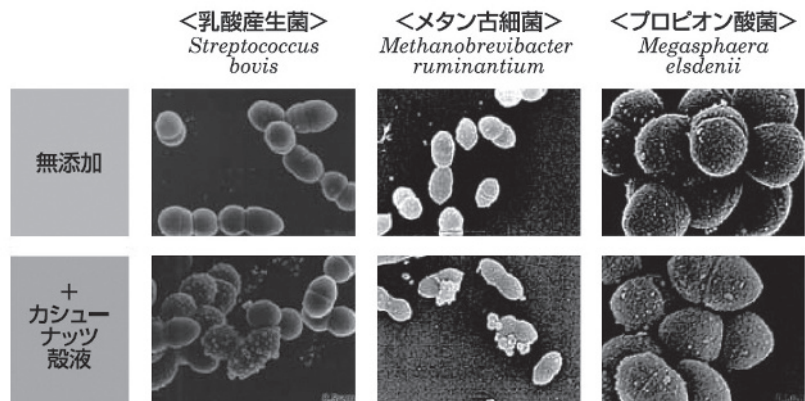
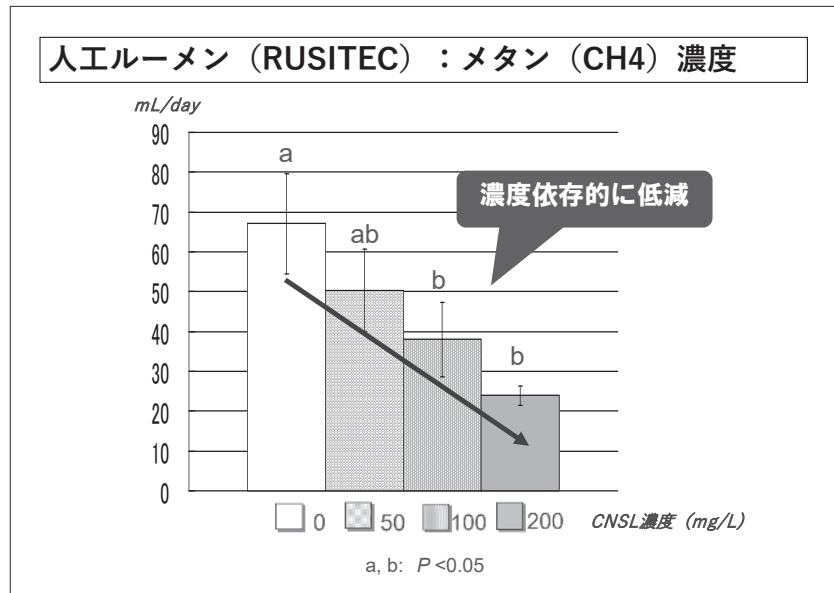


図2. CNSL添加により細胞表面が損傷を受けた乳酸生成菌およびメタン古細菌と、変化のないプロピオン酸菌 (Kobayashi, 2013; J. Environmental Biotechnology)(小林, 2012; MPアグロジャーナル)

(図6) 人工ルーメン (RUSITEC) メタン濃度測定 (北海道大学大学院農学研究院 小林泰男 特任教授より提供)



ニユアルを活用した生産現場でのメタン排出削減量の実測・実証を鋭意進め、畜産領域での環境配慮に資する取り組みとして食にまつわるさまざまなステークホルダーと協働していきたい考えである。

おわりに

牛乳を入れた珈琲から一日がはじまり、牛乳、チーズ、牛肉を使った料理に腕を振り、生クリームやヨーグルトを使ったデザートを楽しむ。1日のうちで牛からの恩恵を受けな

(図7) 出光興産株式会社 「カシューナッツ殻液のすすめ」(CNSL紹介ウェブサイト)



い日はない。人間が牛を家畜化して約8000年。われわれは「動物タンパク」という大事な栄養源供給という部分で、大いに牛にお世話になってきた。

しかし、地球温暖化問題でメタンガスが取り上げられると、世の中が「牛は悪い！」と騒ぎ出し、著名人たちをも巻き込んだ「ミートフリー」運動も起きていることを目にするようになってきた。私たちの生命維持に必要な栄養源を長年支えてくれた牛に罪はなく、牛に悪者のレッテルが貼られるのには違和感を覚えざるを得ない。

だからこそ、これからは牛を悪者にしないために、われわれ畜産業界は「地球にやさしい牛乳・牛肉の生産」を考え、消費者の理解を求めていかなければならない。

CNSLのようなメタン低減資材を配合した飼料を利用することで、牛のメタンガス削減に貢献することは大変重要であり、併せて地球にやさしい牛の生産を消費者にアピールすることも大変重要であると考えます。当社でも特設ホームページに消費者向けの環境コラム

を掲載し、地球にやさしい牛の畜産物生産の重要性を発信している(図7)。

当社としても、関係各所と連携し、消費者からの理解を得られる持続的な畜産経営のために引き続き協力していきたいと考えている。
(共著：しおざき やすこ／たかはし かずあき・出光興産(株) アグリバイオ事業部 アグリ事業二課 機能性飼料販売企画チーム)

<参考文献>

- 1) Watanabe, Y., R. Suzuki, S. Koike, K. Nagashima, M. Mochizuki, R.J. Forster, and Y. Kobayashi. 2010. In vitro evaluation of cashew nut shell liquid as a methane-inhibiting and propionate-enhancing agent for ruminants. *J. Dairy Sci.* 93:5258-5267.
- 2) Shinkai, T., O. Enishi, M. Mitsumori, K. Higuchi, Y. Kobayashi, A. Takenaka, K. Nagashima, M. Mochizuki, and Y. Kobayashi. 2012. Mitigation of methane production from cattle by feeding cashew nut shell liquid. *J. Dairy Sci.* 95:5308-5316.
- 3) 出光興産株式会社 カシューナッツ殻液給与事例集
- 4) 出光興産株式会社 CNSL紹介特設ウェブサイト「カシューナッツ殻液のすすめ」