

肉用牛飼育における温室効果ガス(GHG)の削減方法

木村畜産技術士事務所 木村 信熙

1. はじめに

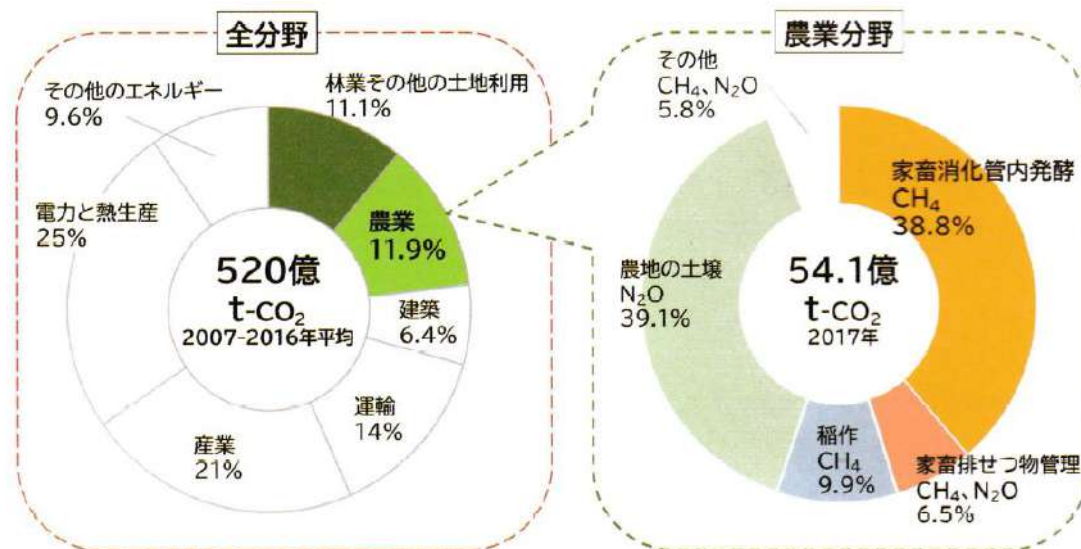
地球温暖化の原因となる温室効果ガス（グリーンハウス・ガス：以下 GHG と表記）の排出は、地球環境保全上で重要な課題となっています。世界では今、温室効果ガスの排出量と吸収量を差し引きゼロにする「ネットゼロ」または「カーボンニュートラル」の達成が急がれています。畜産に伴う糞尿処理からはメタン等の温室効果ガスが発生しますが、牛が代表する反すう家畜は、さらに反すう胃の消化でメタンが発生し、それが「げっぷ」として大気中に放出されるため、他の家畜よりもメタンの排出量が多くなります。そのため牛は時に厳しい批評を受けることがあります。

本稿は、主に肉用牛生産者の方々向けに今、世界中で話題となっている畜産の温室効果ガス発生削減に、肉用牛飼育の現場ではどのようなことで貢献できるのかを解説したものです。肉用牛生産者だけでなく、養豚、養鶏の経営にかかわっているの方々、さらには広く畜産業界の周辺にかかわっているの方々にも読んでいただき、地球環境の保全に関心を持っていただくことを期待しています。

2. 温室効果ガスと畜産

(1)温室効果ガスの種類と発生

世界の温室効果ガス排出状況を図1に示します。世界全体では、炭酸ガス換算で年間520億トンであり、そのうち農業では12%です。畜産によるGHGの発生量は農業のうちの45%、全分野の5%に相当します。ちなみに稲作によるGHG発生量は農業のうちの10%、全分野の1%に相当します。



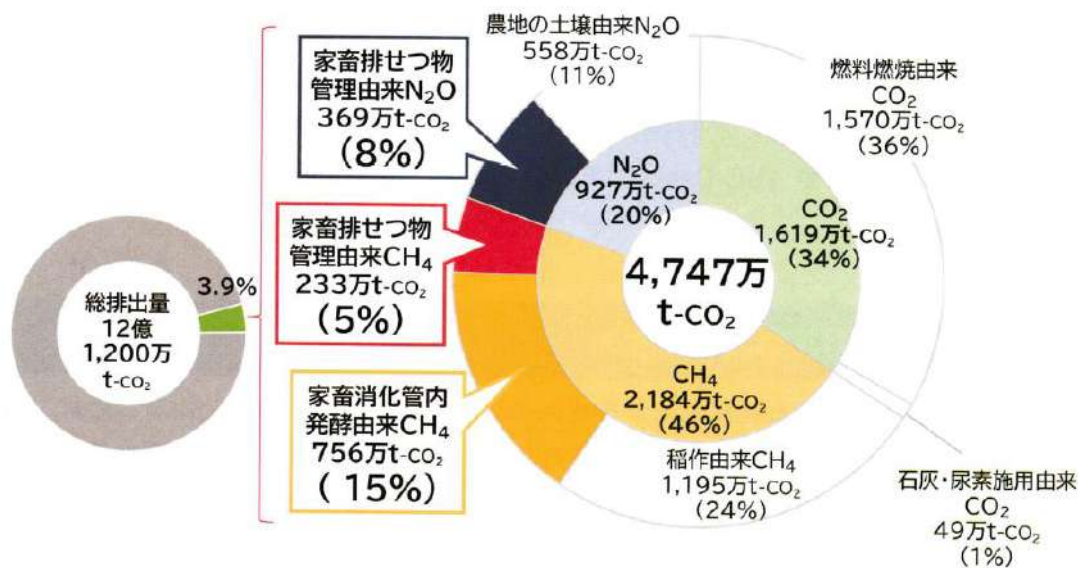
出所：IPCC, 2019；FAOSTAT

図1 世界の温室効果ガスの排出状況

(森田真由子, 2023, ¹⁾より)

農林水産業・食品製造業によって排出される GHG には、二酸化炭素 (CO₂) のほか、メタン (CH₄) や一酸化二窒素 (N₂O) があります。温室ガス効果の強さを表す手法として、環境省・経産省の温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル²⁾では各ガスの地球温暖化係数を二酸化炭素 1、メタン 28、一酸化二窒素 265 としています。例えばメタンは単位質量 (例えば 1 kg) 当たり、二酸化炭素の約 28 倍の温室効果を持つガスで、二酸化炭素に次いで地球温暖化に影響を与えています。

図2で見ると、我が国の令和3年度における GHG の総排出量は、炭酸ガス換算で、12 億 1200 万 (CO₂換算) トンとなっており、年々、増加傾向となっています。そのうち農業では炭酸ガス換算で年間 4,700 万トン、全体の 4%です。畜産による GHG の発生量は農業のうちの 28%、全分野の 1%に相当します。稲作による GHG 発生量は農業のうちの 24%、全分野の 1%に相当します。



出所：国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィス

図2 日本の温室効果ガス排出状況(2021年度)

(森田真由子, 2023, ¹⁾より)

(2)畜産による GHG の発生

私達人間を含む動物は、糖類、でんぷん、脂肪、蛋白質、などの炭素をふくんだ栄養成分(有機物)を摂取し、これを体内で燃やし、エネルギーを得て成長や生産にあてています。物質の変化でみると、植物を燃やすのも、植物を食料として利用するのも、いずれも同じようにエネルギーと炭酸ガスを発生します。畜産による二酸化炭素は、成長や生産物を得る結果として発生するものです。家畜から出る二酸化炭素(呼吸)は、飼料起源ですので、大気中の二酸化炭素を固定し、それを利用している、すなわち、カーボンニュートラルとみなせます³⁾ので、これは GHG として問題にはされません。ただし、どの産業でも共通しますが、資材(畜産でいえば飼料など)の生産過程や畜産物の加工、搬送、作業機器の動力エネルギーを得る過程で生じる炭酸ガスの発生は燃料性 GHG として避けることができません。

畜産で発生する GHG は、家畜の飼養時の消化管内発酵、排せつ物の管理、堆肥の生産による炭酸ガスやメタン、一酸化二窒素が該当します。牛の飼育時のげっぶ(暖気:あいき)、から排泄されるメタンと排せつ物の管理で発生するメタン、およびたい肥の生産時に発生する一酸化二窒素の量は、他の家畜と比べて非常に多く、1頭当たりでみると乳牛が最も多くなっています(図3)。牛の呼吸から発散されるメタンは、牛の胃の中にいる微生物が飼料を分解、発酵する過程で副産物として発生した水素が、メタン古細菌等により利用されて生じるものです。繊維質が嫌氣的に分解されるときにメタンが発生します。沼地でメタンが発生するのも同じ原理です。したがって牛で摂取重量が同じなら、穀物給与時よりも粗飼料給与時のほうでメタン発生量が多くなります。肉牛よりも乳牛のメタン発生量が多いのはそのためです。

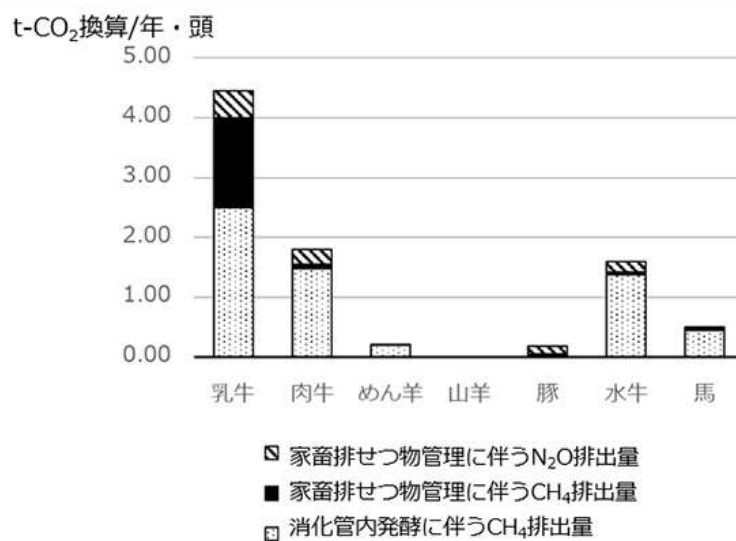


図3 わが国で飼養される家畜 1 頭 1 年当たりの温室効果ガス排出量
 全国肉用牛振興基金協会 HP 気になる情報の解説³⁾ より
 (原典：国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィス (GIO) 編
 日本国温室効果ガスインベントリ報告書 2022 年)⁴⁾

3. 畜産の GHG 削減方法

(1)GHG 削減飼料、削減添加物の給与と認可

畜産の GHG 削減で最も容易な方法は GHG を削減する飼料の給与や、飼料への GHG 削減剤を添加することです。これらは GHG を削減するという作用、効果を謳った飼料や添加物ですので、国が飼料安全法で認めたものに限定されています。

①認可された GHG 削減飼料

現在(令和 6 年 12 月)では、飼料添加物のアミノ酸製品を最適に配合設計した飼料、メタン抑制剤である 3-ニトロオキシプロパノール (3-NOP) が承認されており、これらの添加飼料の販売や、飼料への添加が可能です。カシューナッツ殻液は飼料添加物としての審議済みで、近々承認される見込みです。抗生物質であるモネンシンは生産性の向上を謳った添加物で、添加により GHG 削減効果も示されますがそれを申請時には謳っていません。

②機能性があっても効果を表示して販売してはいけない飼料

以前から発育改善などの機能性が認められている自然の飼料原料でも、飼料添加物として GHG 削減効果と安全性の評価が、飼料安全法の手続きにより認められていないものは、この効果を表示して製造販売することはできません。

サポニン、ステロイド、ポリフェノールなどの成分が含まれているユッカ抽出物や、欧州で多く使われている植物の花や葉、果皮、種子、樹皮などから抽出した天然の芳香物質であるエッセンシャルオイルなどは、腸内細菌叢を良い方向へ調整する、酵素の分泌を促す、メタン削減などの機能性を示すとされており、一般の飼料原料や混合飼料の材料として、一部

は抗生物質に置き換わるものとして販売されています。ただし、それらの効果を表示することはできません。これは、養鶏用飼料原料であり卵黄色強化の機能性飼料として流通している、コーングルテンミールやパプリカ粉末などに似ています。これらも流通時に卵黄着色効果を表示することはできません。

(2)飼料アミノ酸バランスの改善

蛋白質の栄養で重要なのは、必須アミノ酸のバランスです。アミノ酸のバランスが良いと、飼料中蛋白質の含量が低くとも生産性は変わりません。バランスが悪いときは余分なアミノ酸を尿素として排出し、そのためのエネルギーが無駄になるだけではなく、窒素の排出が多くなる分、温室効果ガスである一酸化二窒素の排出量が増えます。植物性飼料の場合、メチオニン、リジンが不足しがちです。日本では最近、「これらを添加して最適な配合設計の飼料で飼養することで、生産性向上（飼料効率の改善）が見込まれ、結果として、牛ゲップ中のメタンを削減することができます」などの表示が認められることになりました⁵⁾。

(3)生産性の向上

飼養・栄養管理技術の高度化により乳生産や増体量などの生産性を高めることは、メタン削減につながります。例えば飼料摂取量を高めて乳量や増体量などの生産物が増加すると、1頭当たりのメタン発生量は増えますが、生産物当たりのメタン発生量は減少します。乳牛の場合、1日乳量が10、20、30kgのとき、飼料摂取量は上がりますが、1kg生産当たりの1日メタン発生量はそれぞれ38、23、18ℓとなり⁶⁾、生産性が上がるほど牛乳1kg当たりのGHGガス発生量が減少します。つまり、生産性の向上は、飼養頭数の減少につながるため、全体としてメタン発生量を減らすことができます⁷⁾。

(4)家畜の育種改良

メタン発生の抑制が期待できる細菌を別の牛の胃の中で増やしたり、この細菌を多く持つ牛を交配させたりすることで、牛のメタン発生量を減らすことが期待されています。広岡(2024)⁸⁾の紹介によると、牛のメタン排出量の遺伝率は0.27であり、実際のメタン排出のばらつきの27%が遺伝で説明できます。

4. 肉用牛飼育者ができるGHG削減方法

我が国の繁殖と肥育を合わせた肉用牛1頭当たりの温室効果ガス排出量(CO₂換算)は、飼料生産、飼料輸送、家畜管理、畜体、ふん尿処理の全過程を含めて10,509kgとされています⁹⁾。このような全過程の評価手法はライフサイクルアセスメント(LCA)と称されています。枝肉1kg生産当たりでは23.1kgとなります。肉用牛でのメタン削減については枝肉1kg生産当たりで評価されるのが合理的で現実的です。

本稿の中心部分であるここでは、肉用牛飼育者ができるGHG削減の方法とその意義について、紹介します。

(1)GHG削減飼料、削減添加物の給与

肉用牛飼育者ができることでまず考えられる手法は、GHG削減飼料、削減添加物を給与

することです。GHG 削減を目的として飼料に添加する資材は、飼料安全法における「飼料添加物」に位置付けられています¹⁰⁾。GHG 抑制効果と牛への安全性の評価、生産物（肉量、肉質、安全性）に対する影響などについて、明らかになっているものが牛用の飼料添加物として承認されています。その使用により一般に飼料の価格は高くなります。

現在肉用牛では、モネンシン、3-ニトロオキシプロパノール（3-NOP）、（カシューナッツ殻液：近々承認？）が飼料添加として承認されています。

また前述のように、飼料の栄養成分その他の有効成分の補給添加物として指定を受けたリジン、メチオニン、ヒスチジンなどのアミノ酸を適正に添加した飼料も、GHG 削減飼料とみなされます⁵⁾。これらのアミノ酸は第一胃内でアンモニアに分解されないように、バイパス加工したものが用いられます。

これらは飼料添加物ですので一般的には、配合飼料メーカーがこれらを添加した配合飼料を給与することになります。

(2) メタン抑制機能を示す飼料素材の給与

前述のようにメタン抑制飼料は、わが国ではメタン抑制添加物として扱われますので、この承認が得られていないものはこれに抑制効果を表示して流通することはできません。しかし自然原料や加工原料で、メタン抑制の機能を示すものは前述のように以前よりいくつか知られています。植物の木質や樹皮、枝、実などに豊富に含まれているタンニンの添加により、反すう家畜からのメタン産生を抑制できるという報告もあります¹¹⁾。

最近、メタン発生の抑制を示すことが明らかになった資材に、蒸煮木質飼料があります。これは国産木材を高温高圧で物理的に加工したもので、木質粗飼料として販売されています（商品名：キャトル・エース¹²⁾）。帯広畜産大学の実験室内試験では第一胃メタン産生菌が減少し、牛の栄養成分となるプロピオン酸が増加し、図4のようにメタン産生量が19%減少したことが認められています^{12, 13)}。

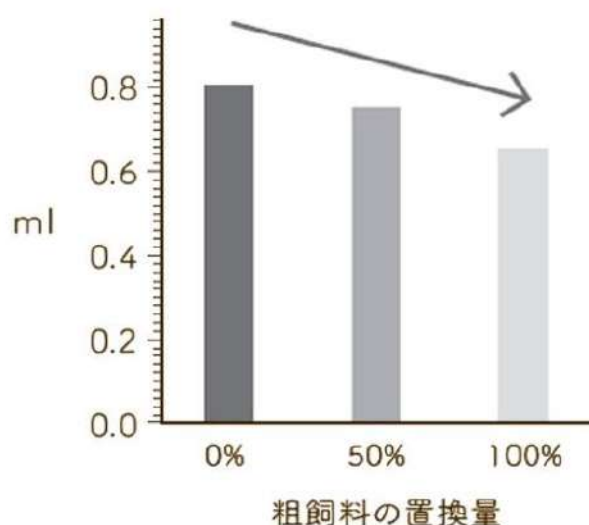


図4 蒸煮木質飼料と第一胃内におけるメタン生成量

(出典:伊藤ら, 2022, 日本畜産学会大会)¹²⁾

その作用機序は未解明ですが、これに含まれるリグニンやタンニンなどのポリフェノール類、アルデヒド類、サポニンなどの配糖体、オリゴ糖などの関与が推定されており、確認試験が計画されています。

(3)生産性の向上

肉用牛の生産において生産性を高めることは、本来の経営改善技術として重視されてきており、飼育現場では従来から多くの取組みがなされています。それらの取組みによる生産性の向上は、GHGの発生を削減することにもつながることを再認識しましょう。

肉用牛の場合、生産性は飼料要求率で示されます。これは体重が1kg増加するのに、何kgの飼料を必要としたかを示すもので、この値が小さいほど生産性が良いということになります。飼料要求率は飼料の質や農場の生産性及び収益性の指標になります。同じえさの量ならば、体重が大きくなれば生産性が高く、同じ増体量なら飼料摂取量が少ないほど生産性が高いからで、一般的には飼料効率の改善、といわれています。生産性が高ければ、1kgの牛肉生産の頭数が少なくて済むことと、飼料の量が少なくて済むことで、メタン発生の削減になります。

ここでは、生産性の向上のために肉用牛生産現場で行われる飼料効率改善の生産技術を、おさらいの意味も含めて紹介します。

①利用性の良い飼料の給与

飼育ステージに合わせた自分の経営に最適な飼料を給与することが、飼料の利用性を改善します。使用する飼料によっては、湿ったまま給与するほうが経済的で、他の飼料や粗飼料と混合したいいわゆる TMR (Total Mixed Ration:全混合飼料)が有利です。粒度や加熱程度を工夫した消化の良い飼料も利用性を高めます。油脂や脂肪酸を添加したエネルギーの高い飼料の給与は飼料摂取量を下げ発育を向上させ、飼料効率を高めます。

②栄養バランスの良い飼料(アミノ酸、ビタミン、ミネラルなど)の給与

牛の飼育ステージによって、飼料の蛋白質やエネルギーの必要量は異なり、ステージ別にその含有量が異なります。成牛よりも子牛では蛋白質やビタミン、ミネラルの飼料濃度が高く、飼料代は高くなります。育成期に飼料単価が低いからといって肥育用の低蛋白質飼料を給与すると、飼料効率が悪くその後の発育や肉質にも影響することが知られています。

前述のように蛋白質の栄養で重要なのは、必須アミノ酸のバランスです。アミノ酸のバランスが良いと、飼料中蛋白質の含量が低くとも生産性は変わりません。タンパク質が効率よく利用され、糞尿への窒素排泄量が減少し、一酸化二窒素の排出量も減少します。

このように、牛のGHG削減には飼料の栄養学的手法が重要で、「牛のメタン排出量の削減は栄養学から始まる¹⁴⁾」とも言われています。

③乾物摂取量を少なくする

肉用牛では図5のように、飼料摂取量とメタンの発生量は相関していますので、飼料要求量

が少ないほど、つまり飼料効率が良いほど 1 kg 当たりのメタン発生量が少なくなります。高エネルギーの飼料（TDN の高い飼料）給与は、乾物摂取量を低くするので、飼料の単価は高くとも飼料代や GHG の発生を削減できます。ただし、穀物の過剰給与では、第一胃発酵不全から誘発される乳酸アシドーシスやエンドサイトーシス、鼓脹症、肝障害などの栄養性疾患（後述）を配慮した配合と給与量の設定が重要です。前述のように同じ 1 kg の増体を得るとき、粗飼料多給よりも濃厚飼料多給の方が乾物摂取量は少なく、メタン発生量も少なくなります。

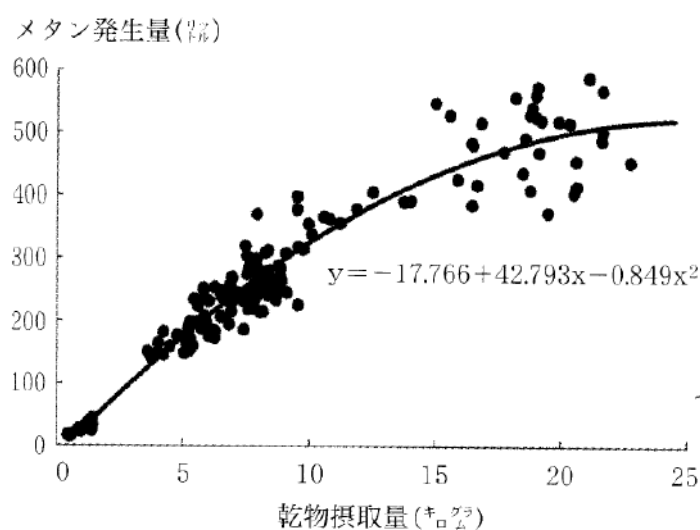


図5 飼料(乾物)摂取量とメタン発生量との関係

(柴田正貴 2010. 畜産と気象¹⁵⁾)

④ 発育向上の日常飼養管理

発育向上の日常飼養管理技術は非常に多くあります。飼料の与え方(飼育ステージ別粗濃比、給与量、給与回数など)、飲水管理、飼育形態(飼育ステージ別の放牧、単飼、群飼など)、疾病管理、環境管理(1頭飼育面積、牛舎配置、換気、温度コントロール、牛房のローテーション)などがあり、それぞれの経営の中で最善の方法が模索されています。これらが肉用牛の発育や繁殖成績に直接影響します。そして結果として生産物当たりの GHG 排出量を削減します。

日常飼養管理にいろいろな手法を取り入れて改善性を検討する際は、必ず記録を取りその成果が分かるようにするのが大切です。労力、費用対効果を把握して経営改善が見えるようにします。これはメタン削減量の算出にも使えます。

(4) 肥育期間の短縮

肉牛の発育が良好な期間に肥育を終了すると飼料効率化良く、1頭当たりのメタン発生量は減少します。また1頭当たりの生産費も安くなります。したがって肉牛の肥育期間の短縮が勧められています。しかし短期肥育の場合、特に我が国の脂肪交雑重視の和牛肥育にお

いては枝肉単価が低いため収益性に影響することも知られています。肥育素牛価格、飼料価格、肥育期間、枝肉価格増加額、生産コスト削減額の関係で最適な肥育期間を見極めるのが良いですが、これは容易なことではありません。これに関しては「肥育牛の短期肥育は、経済的にも環境的にも良いか？」という詳細な解説があります(広岡, 2024)⁸⁾。肉牛生産者は短期肥育経営では、良いもの美味しいものを生産する喜びが薄いかもしれません。一方、長期肥育では状況変化による経営上の不安が常に伴います。

(5)ルーメン発酵と第一胃の健全化

牛のルーメン発酵と第一胃粘膜を健全にする飼養管理をすることも、肉用牛飼育者ができる GHG 削減として重要です。とくに肥育後期では濃厚飼料多給により、ルーメン発酵が異常になり、ルーメンアシドーシスによる発育、肉質の低下や、これに誘起されるルーメン細菌毒素によるアレルギー性ショック死(エンドサイトーシス:多くは突然死として心臓麻痺で片付けられる)があります(図6)。

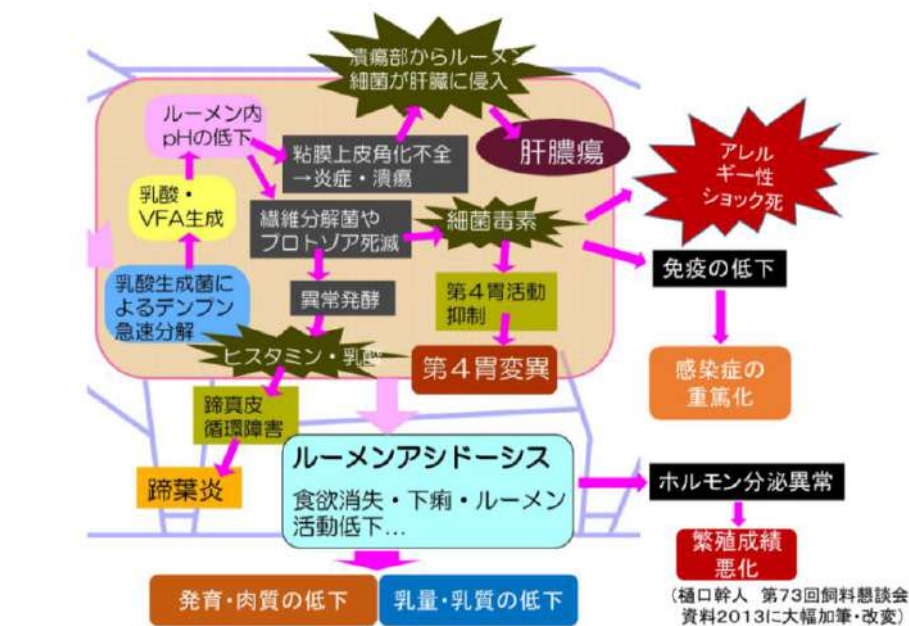


図6 ルーメンアシドーシス(第一胃発酵不全)の周辺

(出典:木村 信熙, 2016, 関東畜産学会)

①ステージに応じた粗濃比と給与量

肉用牛では育成期から肥育前期には、第一胃発酵を促進し、かつ第一胃粘膜と容量の発達を促す物理的的刺激を与える粗飼料の多給が必要です。そのためには粗剛性があり、かつ嗜好性の良い粗飼料が適しています。粗飼料を多く食べさせるためには、数種類の粗飼料を併用するのが効果的です¹⁶⁾。

粗飼料の不足や飼料の粗剛性不足、加熱過剰の穀物多給の牛では、第一胃粘膜の絨毛が接

着し（接着塊）、また第一胃粘膜の潰瘍が生じる危険性があります（図7）。その結果、栄養成分（ルーメン醗酵で産生した揮発性脂肪酸：VFA）の吸収低下、潰瘍部分からの壊死桿菌侵入による肝膿瘍の発生などで、発育が著しく低下し、時には突然死も生じます。



第一胃絨毛の接着塊

栄養成分（VFA:揮発性脂肪酸）の
吸収が低下する

第一胃潰瘍（絨毛の変成と充出血）

この部分から壊死桿菌が血中に侵入し、
肝臓で膿瘍を起こす（肝膿瘍）

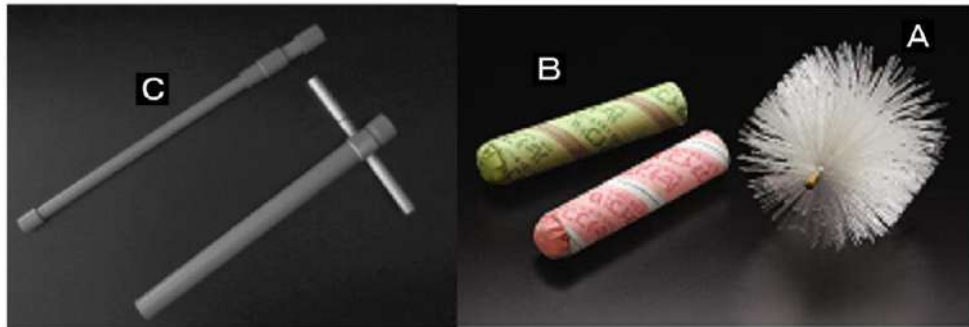
図7 粗飼料給与の不適切による第一胃粘膜の不全

（実験的に発生させたもの、撮影:木村 信熙, 1975）

②ルーメン刺激材（第一胃刺激用具）

牛に粗飼料が必要な理由は、次の3つに整理できます。まずは栄養素として繊維質を給与することです。次いで第一胃に多くの容量（嵩）を与えることにより、いわゆるルーメンマットを形成して第一胃発酵能力を高めること、そしてある程度の硬さ長さの物理的的刺激を与えることで第一胃壁を丈夫にし、かつ反すう刺激や第一胃反転運動を高めることです。

この物理的的刺激が欠けると上記図7のような栄養性の疾患が発生する恐れがあります。肥育牛の場合、穀物多給になるので粗剛性の高い粗飼料の給与が望まれますが、一般にそれらは嗜好性が悪く、摂取量不足による第一胃への物理的刺激的欠如が生じやすくなります。それに対処するため、第一胃内に投入して直接刺激を与えるタワシのようなナイロンと針金で作られた刺激用具（図8、商品名:ルーメンファイブ）が開発され¹⁷⁾、動物用医療機器として販売されています¹⁸⁾。これを3個投与投与した時、19.3%のメタン発生の抑制効果が認められています¹⁷⁾。



A：第一胃刺激用具、C：カプセル、D：専用投与器

図8 第一胃刺激用具と専用投与器

(高橋敏能¹⁷⁾ および名和産業¹⁸⁾ の写真より作成)

③蒸煮木質飼料

第一胃に対する物理的刺激が強い粗飼料もあります。前述（4（2）メタン抑制機能を示す飼料）の国産間伐材のチップを高温高压で加工処理した蒸煮木質飼料は、写真のように4～5センチの木質を含んだ粒度が粗く、木が焦げた黒っぽい色をした木質粗飼料です（図9）。木材加工により発生したバニラの甘い香りと酢酸の酸っぱいにおいの混じった香りで、牛の嗜好性が大変良いものです（商品名：キャトル・エース）¹²⁾。



間伐材のチップを加圧蒸煮用圧力容器で加工

(12気圧, 160～200℃, 15～20分)

加圧蒸煮されたシラカバチップ

バニラの甘いにおいと酢酸、燻液のにおいがする

図9 国産間伐材チップ由来の蒸煮木質粗飼料

(北見市(株)エース・クリーンにて)

これを給与することにより、反すう数時間が長く、糞便正常が改善され（図10）、と畜検査では第一胃粘膜が黒く丈夫になっていました。これは蒸煮木質飼料の粗剛性が第一胃壁を丈夫にし、かつ反すう刺激や第一胃反転運動を高めることにより、第一胃発酵が促進され

たためと考えられています。その結果、発育が良好で、枝肉重量も大きくなっています。図11は同様に粗剛性を与える目的で流通している発酵バガス（サトウキビの搾りかすであるバガスを発酵させたもの）との比較結果です。



(対照区)

(給与区)

給与区では糞便正常が改善され、敷料の汚れ程度が少ない

図10 蒸煮木質飼料の給与と牛床の様子

(北海道 N 牧場、雪印種苗提供)¹²⁾

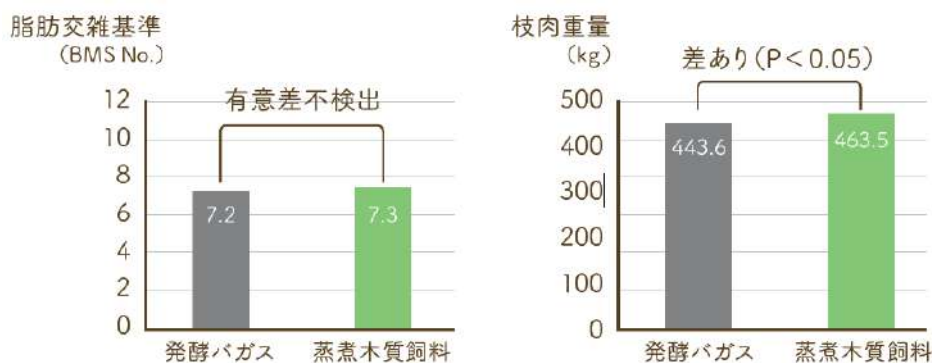


図11 蒸煮木質飼料の黒毛和種肥育牛への給与結果

(出典：檜山ら，2022．日本畜産学会報、道総研・重点研究 2017-2019)¹²⁾

肉牛の嗜好性が良いため、粗飼料を多く採食させたいが食わないときなど、現在給与中の粗飼料に追加または代替して給与し、結果として粗飼料不足によるアシドーシスや内臓疾患、発育不良など多くの障害の回避になっています。敷料管理の上でも有効です。これは飼料素材であり、飼料添加物ではありませんので、糞便改善やアシドーシスの予防、そして前述のメタン抑制などの機能を表示することはできません。牛が好んで採食するルーメン刺激材の一種ともいえます。

(6)適切な糞尿処理

肉用牛経営における排泄物の分離・混合処理の割合をみると、その95%は糞尿混合処理であり、さらにその排泄物処理方法は85.6%が堆肥化処理を行っています（農林水産省、2011）。堆肥化処理の過程からは温室効果ガスであるメタンと一酸化二窒素、揮発後温室効果ガスに転換するアンモニアが発生します¹⁹⁾。

畜舎に排泄された牛の糞尿は、敷料(牧草、オガクズ等)に吸着させ、牛舎の清掃時に堆肥舎へ搬出した後、ローダーにより切り返しを行い、一次発酵させます。その後、発酵処理施設に搬入して、攪拌機で強制発酵させ、完熟堆肥とします²⁰⁾。

堆肥から発生するメタンは嫌気的な環境下で活躍するメタン生成古細菌によって産生されます。したがってメタンを削減するには、堆肥の中に嫌気的な状況ができないようにすることが基本になります。適正な資材を用いて水分調整を行う、切り返しを定期的に行う、すなわち、良質堆肥を作ることがそのままメタンの発生抑制につながります¹⁹⁾。

良質な堆肥を作るためには、好気性微生物が増殖するための条件をととのえることが必要です。具体的には下記の4つの条件になります²¹⁾。

①栄養

家畜糞尿の中には未吸収の栄養源が存在し、その栄養素を好気性微生物が分解して熱エネルギーが発生します。

②水分

水分は60~70%が適当です。多すぎると通気性が悪く、少ないと微生物が活動しません。前処理で比重調整を行うことが堆肥発酵の絶対条件です。

③温度

温度は分解の際に発生する熱エネルギーにより、70~80°Cまで上昇します。これが好気性微生物の活動を促します。

④酸素

堆肥化には微生物の活動を促すことが必要です。微生物は好気性のため酸素の供給が欠かせません。切り返し作業を行い、好気性微生物が増殖するようにします。

ふん尿処理でその有効利用や処理コストの低減を図り、また温室効果ガスの発生を削減するためには、好気性発酵を促進してできるだけ短い期間で有機物を分解・腐熟させることが重要です。好気性発酵を促進するためには、材料の物性を改善したり、強制的に酸素の供給（エアレーション）を行ったり、材料の攪拌・切り返しを行って好気的な条件の維持と管理を行い、好気性微生物が活発に活動できる環境を維持することが大切です。

5. 肉用牛飼育の GHG 削減はお金になる？

肉用牛飼育者ができる GHG 削減方法について紹介してきましたが、ではこれらを実行してメタンガスなどの GHG が削減できた場合、お金が入るのでしょうか？…その答えは

「畜産業で今はお金が入らない、むしろお金がかかるかもしれないが、将来は必ずお金になる」と言えます。

自分の経営の温室効果ガスの排出削減量や吸収量を、削減が不可能な事業体の埋め合わせに使ってもらうことができる、という制度があります。これはカーボン・オフセットと呼ばれ、日常生活や経済活動でどうしても排出される温室効果ガスについて、排出量に見合った温室効果ガスの削減活動に投資すること等により、排出される温室効果ガスを埋め合わせるという考え方です²²⁾。すなわち、削減量や吸収量を、削減が不可能な火力発電や製鉄産業、その他の事業体などに炭素を排出する権利（クレジット）として売ることができるというものです。我が国には J-クレジットという制度があり、認定されたクレジットが東京証券市場で株式のように取引（売買）されています。J-クレジット制度で認定されるためには、温室効果ガス排出削減・吸収事業を実施しているまたは計画していることが必要で、メタン削減の方法などを詳細に記載したプロジェクト計画書や妥当性の審査、プロジェクト登録、モニタリングの実施などが必要です²³⁾。

クレジット創出者のメリットについて、経済産業省はランニングコストの低減、クレジット売却益、地球温暖化対策への取り組みに対する PR 効果、新たなネットワークの構築、組織内の意識改革・社内教育を挙げています²⁴⁾。

畜産ではかなり敷居が高いですが、優良な経営をすればするほど上記のメリットを受けられる可能性が出てくることとなります。畜産では現在、「乳牛へのアミノ酸バランス改善飼料の給餌」と「家畜排せつ物管理方法の変更」の 2 件が登録されています²⁵⁾。株式会社 明治をはじめとした明治グループと、味の素株式会社は、酪農・乳業において、温室効果ガス排出削減と経済価値創出を同時に実現する「J-クレジット制度を活用したビジネスモデル」の構築に向けた協業を開始しています^{26, 27)}。これは、消費者に安定的に乳製品を提供する明治グループ、GHG の一つである一酸化二窒素（ N_2O ）の削減を乳牛用アミノ酸製剤（アミノ酸リジン製剤「AjiPro[®]-L」）により飼料中のアミノ酸バランスを改善することで実現する味の素株式会社、GHG 排出量の削減を迫られている酪農家という立場が異なる 3 者でつくる、酪農家の経済面にも配慮した国内初の「J-クレジット制度を活用したビジネスモデル」です^{26, 27)}。酪農における温室効果ガス排出削減分をクレジット化し、酪農家の収入源にし、3 者ともにメリットが出るという仕組みです。今後肉牛での展開も検討していく²⁷⁾ とのことです。

以上は国の義務や制度によるお金になる仕組み（コンプライアンス・カーボンクレジット）ですが、国の制度以外に民間同士で契約を結ぶ方法（ボランティア・カーボンクレジット）もあります。鹿児島県経済連では県内農家が取り組んだ温室効果ガスの削減をクレジット化して企業に販売する取り組みを始めます。これは牛・鶏・豚の 3 畜種共通のカーボンクレジットで、世界にも例がないとされています。民間主導型のカーボンクレジットであるボランティアクレジットとして発行されます。本年度（令和 6 年）は、GHG 削減効果のある飼料や添加剤、飼養体系の見直しなどで実証する²⁸⁾ としています。

肉用牛飼育の GHG 削減でカーボンクレジットの対象になるうえで、まず重要なのは生産性の向上を記録していくことです。その向上が GHG 換算でどれだけの削減になるかなど、近い将来に専門的な方法で数値化し、確認できるようになります。このようにして畜産のカーボンクレジットが広がると、例えばこの地域に畜産をする人がいて良かったということが常識化するでしょう。将来は直接的な利益が出てきます。今からそれに備えて GHG 発生削減を意識しましょう。

農林水産省の全ての補助事業等では、最低限行うべき環境負荷低減の取組の実践が義務化されます²⁹⁾。補助事業申請にあたっては自分の環境対策のチェックが必要で、これを「みどりチェック」と称しています。令和9年度を目標に本格実施することとし、本年（令和6年度）から試行実施を行っています。助成金を得るためには自分の環境対策を立て、実施せねばならなくなります。「みどりチェック」は誰もが取り組める環境負荷低減への「初めの一歩」²⁹⁾とされています。

6. 終わりに

以上のように肉用牛飼育における GHG 発生削減の方法は、一言でいえば従来の生産性向上活動の上で特に目新しいものではありません。生産性をより高めることで、生産物当たりの GHG 排出量が削減できることが一番の方法になります。しかしこの GHG 削減量の計算方法は非常に複雑です。いずれ肉牛生産業界もカーボンクレジットに取り組みねばならない時が来るでしょう。

これらは直接的、間接的な肉用牛飼育上の GHG 削減法ですが、他に日常作業上のガソリンや灯油、重油など化石燃料使用量の削減は、直接的に農場の GHG 排出量を削減します。この削減量は比較的算出が容易です。飼料給餌車、ショベルローダ、フォークリフトなどの作業機械の燃料使用量と価格の記録とともに、日常作業の動線を短くする手順の模索、家畜、施設、機器の異常の発見、異常正常の確認と引き継ぎ、これらのマニュアル化など業務の遂行方法も重要です。

肉牛飼育における GHG の削減にとって、地球環境に関する世の中の動きを知ることが重要ですが、日々の技術上の相談相手や、各種情報入手のための広い交流や人脈形成も大切です。そして何よりも経営者や家族を含めたすべての従業員が、畜産の仕事に誇りが持てる職場環境つくりと収益性の改善が大切です。

引用文献

- 1) 森田真由子. 2023. 地球環境の持続可能性向上にむしろ貢献できうる牛の価値を理解する. 令和5年度版 肉用牛における GHG 削減実用技術・知研集. pp24-34. 全国肉牛事業協同組合.
- 2) 環境省・経済産業省. 2024. ウシから出る二酸化炭素温室効果ガス排出量の算定方法. II-14 表 II-2-2 地球温暖化係数. 温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル(Ver5.0) (令和6年2月).
- 3) 全国肉用牛振興基金協会 HP. 牛のゲップが地球温暖化の原因と聞きましたが本当ですか？.

気になる情報の解説. <https://nbafa.or.jp/sustainable/kaisetsu/kaisetsu01.html>

4) 国立環境研究所 地球環境研究センター 温室効果ガスインベントリオフィス, 2022.日本国温室効果ガスインベントリ報告書 2022 年. 温室効果ガスインベントリオフィス (GIO) 編 環境省地球環境局総務課脱炭素社会移行推進室 監修.

5) 農林水産省消費・安全局畜水産安全管理課長, 令和 5 年 12 月 26 日, 別表, GHG 削減効果があるとされる資材の表示の可否の例, GHG 削減効果があるとされる資材の飼料安全法における取扱いについて, 5 消安第 5441 号.

6) 栗原光規ら, 1996, 我が国における泌乳牛の乳生産量とメタン発生量との関連性, 畜産草地研究成果情報, 農研機構畜産草地研究所

7) 農研機構畜産研究部門, 牛のげっぶに含まれるメタンを減らす技術.

https://www.naro.go.jp/laboratory/nilgs/enteric_methane/tech/157040.html

8) 広岡博之, 2024, 肉用牛における消化管内発酵由来のメタン排出について考える, 令和 5 年度版 肉用牛における GHG 削減実用技術・知研集, pp6-21, 全国肉牛事業協同組合.

9) 荻野暁史, 2022, 畜産物に関する温室効果ガス排出量の算定の特徴と取組例, 令和 4 年度脱炭素型フードサプライチェーンの見える化推進委託事業第 1 回検討会, 2022 年 11 月, 報告資料.

10) 農林水産省消費・安全局畜水産安全管理課長, 2023, GHG 削減効果があるとされる資材の飼料安全法における取扱いについて, 令和 5 年 12 月 26 日 5 消安第 5441 号

11) 永西修ら, 2008, タンニンの添加により反すう家畜からのメタン産生を抑制できる, 畜産草地研究成果情報, 農研機構畜産草地研究所

12) 蒸煮木質飼料—健康な牛づくり, 株式会社エース・クリーン.

<https://mokushitushiryoku.com/>

13) 全国肉牛事業協同組合, 2025, 蒸煮木質飼料の給与による GHG 削減, 実用技術・知見の整理シート, 令和 6 年版肉用牛生産における GHG 削減実用秘術・知見集(掲載予定)

14) Ann Reus, 2023, 牛のメタン排出量の削減は栄養学から始まる, 牛における温室効果ガスの削減とカーボンクレジット, Feed Mill of the Future, October 5.

<https://www.feedmillofthefuture.com/sustainability/article/15635725/>

15) 柴田正貴 2010, 温室効果ガスの変動要因, 畜産と気象, pp138-143, 気象ブックス 030, 成山堂書店.

16) 吉田恵実ら, 2011, 複数種の粗飼料給与および母牛の給与粗飼料が黒毛和種子牛の粗飼料摂取量に及ぼす影響, 肉用牛研究会報, 第 90 号, pp31-, 肉用牛研究会

17) 高橋敏能, 2002, 第一胃刺激用具投与による肉用牛からのメタン産生の抑制技術の開発, 肉用牛からのメタン産生抑制技術の開発 (プロジェクト研究成果シリーズ 404), pp28-34, 農林水産技術会議事務局

18) 名和産業株式会社取扱商品, 名和産業株式会社ホームページ, <http://www.meiwa-sangyo.co.jp/products.html>

- 19) 寺田文典, 気になる情報の解説. 持続可能な肉用牛生産. 一般社団法人 全国肉用牛振興基金協会ホームページ. <https://nbafa.or.jp/sustainable/kaisetsu/kaisetsu03.html>
- 20) 家畜改良センター奥羽牧場. 2018/07/12 更新. 堆肥発酵処理. 糞尿処理関連用語. よくわかる用語解説. 家畜改良センターホームページ.
<https://www.nlbc.go.jp/ouu/yougokaisetu/funnyouyougo/index.html>
- 21) 家畜改良センター十勝支場. 2017/02/17 更新. 良質な堆肥を生産するための4つの条件. 堆肥処理. 飼料作物業務. 家畜改良センターホームページ.
<https://www.nlbc.go.jp/tokachi/siryouseisan/compost/index.html>
- 22) 環境省. J-クレジット制度及びカーボン・オフセットについて. 地球温暖化対策. 環境省ホームページ. https://www.env.go.jp/earth/ondanka/mechanism/carbon_offset.html
- 23) J-クレジット (みずほ情報総研株式会社). J-クレジット参加方法. J-クレジット制度について. J-クレジットホームページ. <https://japancredit.go.jp/about/outline/>
- 24) J-クレジット (みずほ情報総研株式会社). J-クレジット創出者のメリット. J-クレジット制度について. J-クレジットホームページ. <https://japancredit.go.jp/about/outline/>
- 25) 農水省. 農林水産分野の取組. 農林水産分野のJ-クレジット制度. 農水省ホームページ.
<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/climate/jcredit/norinsui/maffpro.html>
- 26) 株式会社明治. 2023. サステナブルな酪農の実現に貢献する取り組み②. 2023年プレスリリース・お知らせ. 株式会社明治ホームページ.
https://www.meiji.co.jp/corporate/pressrelease/2023/0327_02/index.html
- 27) 味の素株式会社グローバルコミュニケーション部. 2023. ～酪農・乳業における温室効果ガス排出削減の取り組みを2023年3月よりスタート.
https://www.ajinomoto.co.jp/company/jp/presscenter/press/detail/2023_03_27.html
- 28) 日本農業新聞. 2024年8月18日. 牛・豚・鶏 温室ガス排出権販売へ 飼料体系見直し 鹿児島県経済連.
- 29) 農林水産省大臣官房環境バイオマス政策課. 令和6年8月. 環境負荷低減のクロスコンプライアンス (愛称: みどりチェック) の導入について. 令和7年度予算概算要求の概要.