

# アカモクを活用した牛のメタンガス排出抑制飼料の可能性の検討

後藤 悠太

The investigation of the potential of *Sargassum horneri* as feed for controlling methane gas emission from cattle

Yuta Goto

## 要 約

近年、牛に海藻を給与することで、メタンガスの排出量を抑制できるという研究が着目されている。本試験では、京都府の特産である海藻「アカモク」の残渣について、メタンガス抑制飼料としての可能性があるかを検討した。

前処理、乾燥方法の検討を行った結果、フリーズドライ、風乾共に、概ね 1~2 日で、重量比約 90% を乾燥可能であった。ただし、海洋微生物の付着が著しく、その除去方法に検討が必要である。

それぞれの処理、乾燥法において、成分分析を行った結果、重金属など生体に有害となる物質量は、想定給与量において適正範囲内であり、「アカモク」自体の飼料適性に大きな問題ないが、全処理区において、先行研究で海藻によるメタンガス抑制の主成分とされているブロモホルムが検出されなかった。ブロモホルム不検出の原因には、収穫時期の遅れ、もしくはアカモクがブロモホルムを保有していないことが考えられる。

嗜好調査では、個体差はあるものの、概ね嗜好性は低く、給与のためには糖蜜と併せて給与することなど、嗜好性を改善するための工夫が必要であると考えられた。

結論として、牛メタンガス排出抑制飼料としてのアカモクは、付着海洋生物の除去、ブロモホルムの不検出、嗜好性の低さなど懸案事項が多く、実用化にはさらなる検討が必要である。

キーワード：海藻、牛、メタンガス

## 結 言

近年、地球温暖化や飼料の高騰・不足に対応するため、畜産分野においても持続可能性が以前にもまして重視されており、令和 3 年度には農林水産省より、「みどりの食料システム戦略」も策定された。そのような中で、牛によるメタンガス排出抑制や未利用資源の有効活用は積極的に取り組むべき課題であると考えられる。

京都府北部で養殖され、府の特産品とされるアカモクは、ホンダワラ科に属する褐藻類であり、多くのミネラルや機能性成分を有する<sup>1)</sup>。オーストラリアで行われた研究で、アカモクと同様にホンダワラ科に属するマジリモクがルーメン内細菌に作用し、メタンガス排出を 34.3%抑制する効果があることが報告された<sup>2)</sup>。また、府内で養殖された、アカモクは、上部 6~7 割のみを可食部として出荷し、残りの部分は枯死するまで海中に放置される。つまりアカモクの廃棄部(府内約 4t/年)

を牛に給与することで、上の 2 課題をともに解決できる可能性がある。それに加え、先述のミネラルや機能性成分による牛の健康増進効果も期待される。一方で、類似種の海藻の牛に対する給与試験<sup>3)</sup>は存在するものの、アカモクに関しては報告が存在しない。

そこで本試験では、京都府の特産である海藻「アカモク」の残渣について、メタンガス抑制飼料としての可能性があるかを検討した。

## 材料及び方法

### 1.材料

令和 3 年度に丹後地域で養殖されたアカモクについて、令和 4 年 4 月に可食部刈り取り後の残渣(付着器より約 5m)を採取し(図 1)、供試した。

尚、これらのアカモクは全て -20℃で保存し、適宜、袋越しに流水解凍して用いた。



図 1 採取したアカモク

## 2. 供試牛

当センターで飼養している 15~16 か月齢のホルスタイン種乳用牛 4 頭に給与試験を実施し、嗜好性を調査した。

## 3. 方法

### (1) 乾燥方法の検討

アカモクを飼料利用するにあたり、原物のままでは水分が多く、品質低下しやすいなど扱いづらいことから、乾燥方法を検討した。尚、海藻に含まれるメタンガス抑制機能の主成分は、プロモホルムであることが報告されている<sup>4)</sup>が、プロモホルムは水溶性、揮発性を有することから、先行研究<sup>2,3,4)</sup>における乾燥法であるフリーズドライを乾燥方法の基本とし、普及時のコストの観点から、風乾についても検討を行った。

#### [フリーズドライ(以下 FD)区]

凍結乾燥機(ラブコンコ社 FZ2.5)を用い、以下の 3 区について調査した。

凍結乾燥機の設定値はトラップ温度が $-40^{\circ}\text{C}$ 、真空度が 0.006 mbar とした。

- a. 無処理 解凍したアカモクをそのまま FD 処理した。(FD-a)
- b. 洗浄 解凍したアカモクを流水により 5~7 回洗浄したのちに FD 処理した。(FD-b)
- c. 茹で 解凍したアカモクを「アカモクの下処理方法」<sup>5)</sup>に準拠し、湯煮したのちに FD 処理した。(FD-c)

#### [風乾区]

解凍したアカモクを流水により 5~7 回洗浄したのちに、風乾燥機を用い、 $60^{\circ}\text{C}$ で約 48 時間乾燥させた。

### (2) 成分分析

それぞれの処理区について、一般成分(水分、粗蛋白、粗脂肪、粗繊維、粗灰分、NFE)分析及び、プロモホルム含有量に加え、アカモクに多く含まれるとされるヒ素、ヨウ素の含有量を調査した。

一般成分は「三訂版 粗飼料の品質評価

ガイドブック」<sup>6)</sup>に基づき実施し、ヒ素、ヨウ素、プロモホルムについては、一般財団法人 日本食品分析センターへ分析を依頼した。

### (3) 嗜好性調査

供試牛に対して、給与している餌の乾燥重量 1kg あたり 5g の乾燥粉末アカモク(図 2)を給与して摂食率を調査した。尚、給与したアカモクは風乾区のものであり、アカモクの給与量は先行研究を参照した<sup>3)</sup>。

給与方法としては、供試牛を 1 グループ 2 頭の 2 グループに分け、一方は朝に配合飼料のみを、夕に配合飼料に乾燥粉末アカモクを混和したものを給与し、もう一方は朝、夕を逆にして給与した。

試験期間は令和 5 年 1 月 18 日~1 月 19 日の 2 日間であり、1 日毎に、試料給与方法を入れ替えた。



図 2 乾草粉末アカモク

## 結果及び考察

### (1) 乾燥方法の検討

FD 区について、今回用いた凍結乾燥機では、24 時間の処理により、1 回あたり原物で最大約 500g の試料を重量比で約 90%乾燥させることができた。ただし、アカモクは粘液多糖類であるアルギン酸やフコイタンを多く含み、洗浄や湯煮といった刺激によって粘稠度が非常に高くなることから、b. 洗浄及び c. 茹ででは、24 時間処理で約 90%乾燥させるのは、原物 300g が限界であり、500g では 48 時間の処理が必要であった。尚、今回使用した凍結乾燥機は 1 回あたりの除湿量が 2.5L とされており、1 回あたり除湿量の大きい凍結乾燥機を用いることで、処理量は向上すると考えられる。

通風乾燥においては、表面以外が非常に乾燥しづらく、24 時間経過時に裏返すことで、48 時間後には、重量比で 90%の乾燥が可能であった。

以上より、FD 区、風乾区共に 1~2 日程度で食品の長期保存の目安とされる 10%程度の水分量<sup>7)</sup>まで乾燥可能であると考えられた。

一方で、今回大きな課題となったのが、アカモクに付着しているワレカラ(*Caprellidae*)である。ワレカラはヨコエビ近縁の小型甲殻類であり、海藻表面に付着生活している種が多い(図 3)。

本試験に供試したアカモクでも非常に多くのワレカラの付着が見られた(図 4)が、本試験は牛用飼料としてのアカモクの検討を行っているため、海洋甲殻類が付着している場合、A 飼料としての要件を満たすことができない。そのため、今回は乾燥後に手作業で取り除いたが、図 3 のように、ワレカラは海藻に擬態しており、見つけづらく、また、付着数も多いことから完全除去には多大な労力を要した。尚、A 飼料とは、農林水産省より公開されている「反すう動物用飼料への動物由来たん白質の混入防止に関するガイドライン」に規定された動物由来蛋白質を一切含まない飼料のことであり、市販飼料について、反芻動物に対してはこの A 飼料以外給与することができない。

府内漁業関係者によると、ワレカラが生存している状態であれば、真水もしくは炭酸水に浸漬することで、一定の除去が可能であるとのことであるが、今回は採取後すぐに冷凍保存する必要があったことから、その方法は実施できなかった。

また、海藻原料の飼料を A 飼料として販売している企業に聞き取り調査を行ったところ、流水で洗浄後、従業員の目視による 3 段階のチェックを通すことで認定を受けているとのことであり、海藻原料の牛用飼料については、「付着している海洋微生物の除去」といった面からもコストを検討する必要がある。



図 3 ワレカラ



図 4 試験サンプルに付着するワレカラ

## (2)成分分析

一般成分分析の結果を表 1、ヒ素、ヨウ素、ブロモホルムの分析結果を表 2 にそれぞれ示した。尚、表 1 の乾燥前データについては、FD-a のものを使用した。

一般成分の特徴として、粗灰分が非常に多く、次いで粗蛋白、粗繊維となり、粗脂肪はほぼ含まれなかった。粗灰分については、無処理区が他と比べても非常に高値であり、これは海水中の無機塩類が多く残っていたためと考えられる。また、粗蛋白と粗繊維は区によってばらつきが見られるが、これは、供試サンプルに含まれるアカモクの部位に差異があったことが考えられる。

一方、ヒ素、ヨウ素、ブロモホルムの分析結果について、ヒ素は今回の想定給与量の場合、既存の配合飼料に混合して給与すると考えると最大であった無処理区でも配合飼料 1kg あたり 0.395g となり、農林水産省の指導基準以下となる。ただし、アカモク単体では、指導基準に抵触するほか、飼料 1kg 当たりの混合量が 25g を超えても指導基準に抵触する恐れがあるため、注意が必要である。

ヨウ素については、中毒発生限界は給与飼料全体で乾物中 50ppm 以上<sup>8)9)</sup>となるため、問題はないと考えられ、逆にアカモクを給与することでヨウ素欠乏症の予防が期待できる。

ブロモホルムは、全ての検体で不検出(ND)となった。考えられる要因の 1 つ目に供試アカモクの劣化がある。アカモクは 1 年生であり、京都府丹後地域における養殖アカモクの成熟時期である 2 月頃を過ぎるとやがて枯死する<sup>1)</sup>。今回供試したアカモクは、4 月刈り取りの物であり、少なからず劣化があったと推測され、ブロモホルムが海水中に溶出した可能性がある。2 つ目に、基部付近にはブロモホルム含有量が少ない、もしくは全く含まれていなかったことなどが考えられるが、正確な要因の確証を得るためにはさらなる検証が必要である。

表 1 一般成分分析 (%)

| 試験区     | 状態 | 水分   | 粗蛋白  | 粗脂肪 | 粗繊維  | 粗灰分  | NFE  |
|---------|----|------|------|-----|------|------|------|
| FD-a    | 原物 | 9.2  | 11.8 | 0.8 | 4.0  | 28.1 | 46.0 |
|         | 乾物 |      | 13.0 | 0.9 | 4.4  | 31.0 | 50.7 |
| FD-b    | 原物 | 7.8  | 8.5  | 1.2 | 12.3 | 16.8 | 53.4 |
|         | 乾物 |      | 9.2  | 1.3 | 13.4 | 18.2 | 57.9 |
| FD-c    | 原物 | 8.4  | 13.5 | 1.7 | 6.7  | 19.4 | 50.3 |
|         | 乾物 |      | 14.7 | 1.8 | 7.4  | 21.1 | 55.0 |
| 風乾      | 原物 | 11.7 | 8.1  | 0.9 | 10.9 | 16.7 | 51.6 |
|         | 乾物 |      | 9.2  | 1.1 | 12.4 | 18.9 | 58.4 |
| (参考)乾燥前 |    | 89.3 | 1.4  | 0.1 | 0.5  | 3.3  | 5.4  |

表 2 ヒ素・ヨウ素・ブロモホルム分析 (mg/kg)

| 試験区  | ヒ素 | ヨウ素   | ブロモホルム      |
|------|----|-------|-------------|
| FD-a | 79 | 993   | (1mg/kg>)ND |
| FD-b | 60 | 757   | ND          |
| FD-c | 55 | 1,200 | ND          |
| 風乾   | 32 | 709   | ND          |

## (3)嗜好性調査

嗜好性調査の結果は表 3 のとおりとなった。尚、摂食率については 2 日間の結果を平均した。

個体差はあるものの、忌避反応を示す個体が多く、特に牛 D については、清掃したにもかかわらず、試験直後はアカモクを給与した飼料箱で一切の餌を摂食しなかった。このことから、給与には糖蜜と併せて給与することなど、嗜好性を改善するための工夫が必要であると考えられた。

表 3 アカモク混和配合飼料の摂食率

| 試験区    | 牛 A  | 牛 B  | 牛 C  | 牛 D  |
|--------|------|------|------|------|
| アカモクあり | 100% | 30%  | 40%  | 0%   |
| アカモクなし | 100% | 100% | 100% | 100% |

## 引用及び参考文献

1)京都府農林水産技術センター海洋センター：

海藻アカモクの養殖技術，季報，第 109 号，2016

2) Machado et al. : Effects of Marine and Freshwater Macroalgae on In Vitro Total Gas and Methane Production. PLoS ONE 9(1) : e85289, 2014

3) Robert D.Kinley et al. : Mitigating the carbon footprint and improving productivity of ruminant livestock agriculture using a red seaweed. Journal of Cleaner Production 259 : 120836, 2020

4)Robert D.Kinley et al. : The red macroalgae *Asparagopsis taxiformis* is a potent natural antimethanogenic that reduces methane production during in vitro fermentation with rumen fluid. Animal Production Science 56(3) 282-289, 2016

5) 京都府水産事務所 海のにぎわい企画課：アカモクの下処理方法. 京都府ホームページ 2024 <https://www.pref.kyoto.jp/suiji/documents/shitasyori.pdf>

6)自給飼料利用研究会編：三訂版 粗飼料の品質評価ガイドブック，社団法人日本草地畜産種子協会，2009

7)林弘通：食品の乾燥(第 1 回)—その歴史と製造技術—。調理科学 Vo1.24 No.4, 1991

8)国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機関編：日本飼養標準乳用牛(2017 年版)，公益社団法人中央畜産会，2017

9) 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機関編：日本飼養標準肉用牛(2022 年版)，公益社団法人中央畜産会，2023