

アンモニア吸着処理が麦稈からのメタン発生量に及ぼす影響

西田 武 弘

畜産衛生学研究部門・准教授

1. 目 的

十勝は小麦の主要生産地で、膨大な賦存量の麦稈が生産されている。麦稈の家畜における飼料価値は低く、現在、その大部分は畑に鋤き込まれている。またバイオガスプラント発酵消化液からは、余剰窒素を除去する必要があるため、アンモニアストリッピング手法でアンモニアガスとして回収している。現在、このアンモニアガスを麦稈に吸着させることで繊維質が加安分解（架橋結合の開裂などの分解反応と窒素が添加される反応）され、飼料価値を向上させる試みがなされている。麦稈のような繊維含量の多い粗飼料を反芻家畜に給与した場合、家畜からのメタン発生量は多くなり、飼料価値が低くなる一因となる。そこで本研究では、アンモニア吸着処理が麦稈からのメタン発生量に及ぼす影響について検討した。

2. 方 法

1) アンモニアストリッピングおよびアンモニア処理プラント（図）

アンモニアストリッピングおよびアンモニア処理プラントは、本学フィールド科学センターに設置されたバイオガスプラントに併設された。また本プラントは、バイオガスプラント発酵消化液を原料とするアンモニアストリッピングと、小麦稈へのアンモニア吸着処理を同時に行うものである。

既設高温バイオガスプラント内のスラリー（発酵消化液）の一部を、地中配管によってろ過槽に送液し、ろ過装置の自動スクリーン（1 mm 幅スリット）によって夾雑物を取り除いた後、アンモニア放散塔に送液した。循環ポンプを用い、消化液を放散塔と循環タンク間を4時間複数回往復さ

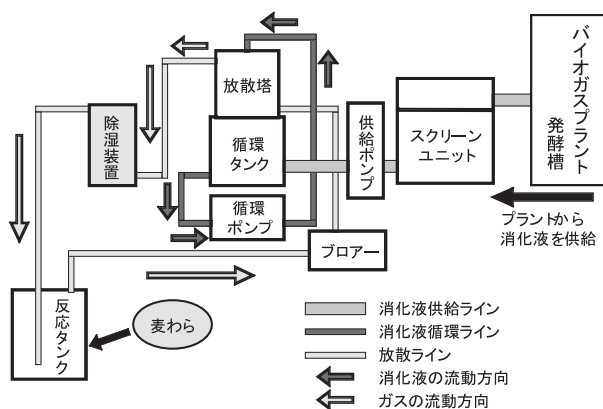


図 アンモニアストリッピング装置

せ、気液接触法によってアンモニアの放散を行った後、消化液を排出ポンプによってバイオガスプラントの受槽に戻した。気液接触法によるアンモニア放散の原理は、アンモニア放散塔の気液接触層で空気と消化液との接触によってアンモニアの遊離が生じ、消化液からアンモニアの放散を促進する。放散したアンモニアはブロアーから送風される空気により補足し、反応タンク内に送り、小麦稈に施用した。循環ガス中のアンモニア濃度はアンモニア検知器によって常時監視し、アンモニア放散塔における運転条件を制御した。

本実験では、1 kg の小麦稈に対し、140L の消化液を用い、4 時間のアンモニアストリッピングを 2 回行った後、アンモニア吸着処理小麦稈は30日間密閉保存した。その後、アンモニア臭を消すため、外気中で風乾した。飼料サンプルは粉碎器で約 1 mm に粉碎した。

2) 連続メタン解析システムによる牛のルーメン菌混合液を用いた培養

上記アンモニアストリッピングによる吸着処理を行った小麦稈と未処理の小麦稈を試料とし、4 連の発酵槽を設置したメタン連続解析システムを用いて評価試験を行った。その作業工程は以下に示す通りである。すなわち、計測前に機器内の残留ガスをアルゴンによって置換した。発酵槽には、予め、1.5時間の窒素通気処理を行った McDougall 人工唾液 (McDougall,1948) 640mL を加え、基質として風乾粉碎したアンモニア吸着処理または未処理麦稈 5 g を加えた。乾乳牛のルーメン液をルーメンフィステルから直接採取し、ナイロン布の濾過液200mL を接種菌液として加えた。培養は39℃嫌気条件下で、接種菌液の添加によって開始した。培養中は全体を暗幕で覆い、攪拌 (33rpm) しながら24時間実施した。培養中の生成メタンは赤外線分析計で連続分析し、メタンの生成量を測定した。

3) 分析方法

(1) メタン生成量

発酵槽より発生したメタンを、10分間ごとに赤外線分析計 (Yokogawa, EXAIR) により連続分析した。10分間のうち始めの6分間のデータは廃棄し、残り4分間の値をコンピュータに記録した。この濃度と分析計中の流量から、メタンの発生量を算出し、4分間の平均値をガスの平均生成量とした。

(2) pH および酸化還元電位 (ORP)

発酵槽上部に、ガラス電極を用いた pH 計および白金電極の ORP 計を穴あきゴム栓で固定し、24時間連続で測定した。

3. 結 果

牛のルーメン菌混合液を用いた培養による、アンモニア吸着処理が麦稈からのメタン発生量に及ぼす影響の評価の結果を表に示した。

温度、pH、および酸化還元電位に差はみられなかった。1日当たりのメタン発生量 (mL/day) および飼料 1 kg 当たりの1日のメタン発生量 (L/kg/day) は、いずれもアンモニア吸着麦稈の方が高い傾向がみられた。

表 牛のルーメン菌混合液を用いた培養によるアンモニア吸着処理が
麦桿からのメタン発生量に及ぼす影響の評価

		未処理 平均	(n=2) 標準誤差	アンモニア 平均	(n=2) 標準誤差
温度	℃	38.9	0.02	39	0.24
pH		6.74	0.08	6.79	0.02
酸化還元電位	mV	-440.9	1.8	-434.6	2.95
メタン	mL/day	109.6	8.23	121.8	4.07
	L/kg/day	21.9	1.65	24.4	0.81

4. 考 察

温度、pH、および酸化還元電位に差が無かったことから、培養環境は両区ともほぼ同様のものであったといえる。

本試験の結果では、1日当たりのメタン発生量 (mL/day) および飼料 1 kg 当たりの1日のメタン発生量 (L/kg/day) は、いずれもアンモニア吸着麦桿の方が高い傾向がみられた。アンモニア吸着処理によって、麦桿繊維中の架橋結合が解裂し、リグニン-フェルラ酸複合体が繊維の多糖から遊離することによって、繊維中の構造的炭水化物が酵素分解を受けやすくなる (Kondo ら, 1992)。本試験は例数が少ないため、はっきりしたことはいえないが、セルロース等の構造的炭水化物摂取量が増加すると、反芻動物からのメタン発生量が増加することが知られているので、アンモニア吸着処理麦桿で、メタン発生量が増加する可能性は考えられる。

阿佐ら (未発表) は、めん羊を用いた呼吸試験から、クレイングラス乾草給与時のメタン発生量は46.4およびアンモニーストリッピング麦桿給与で48.1L/day/kg DMI のデータを得ている。Nishida ら (2007) は、トウモロコシサイレージを去勢牛4頭に給与した試験から、30.8-34.7L/day/kg DMI のメタン発生量を観察している。Kurihara ら (1999) は、熱帯地域のローズグラス乾草給与時の反芻家畜からのメタン発生量 (58.1L/day/kg DMI) は、温帯地方の乾草給与時のもの (27.3L/day/kg DMI) と比較して2.1倍であったとしている。これらの動物実験からのメタン発生量と比較して、本研究の飼料 1 kg 当たりの1日のメタン発生量20.3-25.2L/kg DMI という値は、温帯地方の乾草給与時とほぼ同様であるが、トウモロコシサイレージやローズグラスよりも低く、めん羊へのアンモニーストリッピング麦桿給与時のほぼ半分の数値となっている。麦桿のような低品質飼料は、麦桿のみ給与による飼養は維持量の採食さえ困難であるため、呼吸試験を行うことは難しい。そのため、ルーメン菌混合液を用いた体外培養による評価手法は非常に有効である。今後は、動物給与時におけるメタン発生量の推定に向けて、ルーメン菌混合液を用いた体外培養と動物試験による呼気ガスデータを蓄積し、それらのデータを比較検討することによって推定精度を高めていく必要がある。

本研究によって、麦桿へのアンモニア吸着処理がセルロース等の構造的炭水化物の利用効率を上昇させ、飼料の利用効率を増加させる可能性があるが、同時に反芻家畜からのメタン生成量をも増加させる可能性があることが示唆された。本研究を基礎とし、体外培養実験と動物実験を併用して検討を行っていく。

5. 参考文献

Kondo, T., T. Ohshita, and T. Kyuma. 1992. Comparison of characteristics of soluble lignins from untreated and ammonia-treated wheat straw. *Anim. Feed Sci. Tech.* 39:253-263.

Kurihara, M., T. Magner, R. A. Hunter, and G. J. McCrabb. 1999. Methane production and energy partition of cattle in the tropics. *Br. J. Nutr.* 81:227-234.

Nishida, T., B. Eruden, K. Hosoda, H. Matsuyama, C. Xu, and S. Shioya. 2007. Digestibility, methane production and chewing activity of steers fed whole - crop round bale corn silage preserved at three maturities. *Anim. Feed Sci. Tech.* 135:42-51.

キーワード：アンモニア, 麦稈, メタン, 培養