

アンモニア及び苛性ソーダ処理による 飼料調製のポイント

北海道農業試験場草地開発第一部

鷹野 保

飼料のアンモニア及び苛性ソーダ処理には多くの方法があり、それぞれ材料や目的が異なるが、共通する部分も多いので、本稿ではこれらを包括的に述べたいと思う。ただし、農家段階で実施できる①牧草及びわら類のスタック方式によるアンモニア処理法、②苛性ソーダ添加によるわら類及びホールクロップサイレージの調製法を中心に述べてみたい。

1 原理と取扱い

消化率の向上：繊維の多い粗飼料や圃場残渣物などを、アンモニアや苛性ソーダで処理すると消化率が高くなるが、このことを**アルカリ処理**という。消化率が高くなる理由を一言で述べると、消化を阻害しているリグニンやケイ酸が溶解し、セルロースが短く切断されるためであるということが出来る。これをもう少し、化学的な言葉で述べると次のようになる。①セルロースやスエリング（膨潤）を起し、セルロース分子を結合している水素結合が弱くなって、重合が切断される。②リグニン、ケイ酸、ヘミセルロースの一部が溶解する。③ヘミセルロースから産生したウロン酸とセルロースのエステル結合が分解される。④ヘミセルロースと醋酸のエステル結合が分解される。

アンモニアガスも材料の組織水分中に吸収されると、アンモニア水となって強いアルカリ性となるので、苛性ソーダと同じアルカリ処理効果が起る。

反応量と回収率：添加した苛性ソーダやアンモニアは材料と化学的に反応する。たとえば、ヘミセルロースのアルコール基(CH_2OH)は酸化されるとカルボキシル基(COOH)になるが、このカルボキシル基のHが、Naと置換される反応が起

るといわれている。アンモニアの場合も、同様な反応が起ると考えられる。

このように、材料と化学的に結合した部分を反応量という。添加した量に対する反応量の割合は、反応させる時の条件によって異なる。岩手大学では稲わらを解繊して苛性ソーダをスプレーしてキューブにする場合に、苛性ソーダを3%添加すると反応量は50%内外、4%以上の添加では42%内外と報告している。筆者等がエンバクや水稻のサイレージを調製する時に、苛性ソーダを乾物当り3%添加した場合で、反応量は40%前後であった。

アンモニアの場合は、化学的に結合した部分を回収率と称しているが、スタック方式による乾草調製の場合で、それは30~40%である。

無毒化の原理：アンモニアは常時反芻胃中に存在する物質であり、アンモニア処理飼料を摂取する状態では、ほとんど毒性は考えられないが、苛性ソーダは強いアルカリ性であるから、有害である。しかし、苛性ソーダのうちでも反応した部分は、分解しているので無毒である。

未反応の苛性ソーダも、NaOHの形で存在するわけではなく、炭酸ガスと反応して炭酸ソーダの形に変化することは、キューブの場合でもサイレージの場合でも確かめられている。すなわち、苛性ソーダとしての毒性は、以上の反応により無毒化される。

Naの排泄：苛性ソーダとしての毒性はなくなるが、Naを多く摂取するので、これが家畜の健康維持に影響するかどうかは問題である。NaそのものはNaCl、つまり食塩と同じであって、よほど大量に摂取しなければ、短期間で生体に悪影響を及ぼすことはない。苛性ソーダ処理飼料を給与すると、食塩を給与した場合と同様に、家畜は大量の水を

飲み、摂取したNaの大半が尿から排泄される。なお、他のミネラルに及ぼす影響では、Kの糞中排泄量が減少して尿中排泄量が増加する以外は、Ca、P、Mg等の出納には著しい影響は認められない。Kの糞中含量が減少するのは、NaがKの代替作用をするので、唾液中のK含量が減少するためと推察される。

サイレージのpH：苛性ソーダのような強アルカリを添加するので、サイレージのpHが著しく高くなるのではないかと、一般に懸念されているが、先に述べたように、添加した苛性ソーダは分解したり炭酸ナトリウムになり強アルカリ性は消失する。苛性ソーダを添加した直後はpHが10前後になると推察されるが、その後上記の反応によりpHが低下すると同時に乳酸発酵が盛んに起り、結局pHは5前後にまで低下するので、家畜に給与した際の高pHとしての悪影響は考えられない。また、サイレージの品質は、pHや有機酸組成などからみて、通常のサイレージと同様である。

内臓諸器官の機能：NaやKが大量に尿から排泄されるので、そのことが腎臓や肝臓の機能に悪影響があるかどうかは問題である。筆者の研究室では、めん羊や肉用牛を用いて、血清酵素分析値からこれらの機能の変化をみようとしているが、全く異常が認められていない。

この間供試した肉用牛は順調に増体しているので、少なくとも肉用牛の場合は苛性ソーダ処理飼料を給与しても問題はないものと考えられる。

アンモニアガスの毒性：飼料に吸着されたアンモニアは毒性はないが、アンモニアガスを多量に吸込むと、家畜でも人間でも眼・咽喉・肺などの組織に浸透して炎症を起す。人間がアンモニア臭を感知できる濃度は20ppmと言われている。50ppm以上あると長い間は耐えられないと言われている。人間は避難できるから良いが、家畜は畜舎内に密閉されていると、ガス漏れ等の事故でアンモニア濃度が高くなった場合は、当然危険な状態になることも予想される。

雄めん羊を75ppmのアンモニア濃度の中で28日間飼養した結果、体重が減少し飼料効率が低下したという報告がある。1000ppmという濃度はとうてい人間が耐えられる濃度ではないが、この濃

度の中にハエとネズミを入れても、16時間以内に死んだ個体はなかったという報告もあるので、アンモニアガスが動物に及ぼす影響はそれほど激しいものではないといえることができる。

なお、スタック方式でアンモニア処理した場合、秋まで密閉処理した場合のスタック内の濃度は極めて低くなる。筆者等の実験結果では、アンモニア0.5、1.0、2.0%の添加で、2カ月後ではそれぞれ0、10、270ppmである。給与する時に、ビニール被覆を除去して牛舎に運搬すると、アンモニアが放散してアンモニア臭が感じられなくなるので、人間や家畜に及ぼす影響はない。

アンモニアの制菌力と防かび力：アンモニアを乾草調製に用いる場合は、アンモニアの制菌力と防かび力を利用しているわけである。水分の多い半乾草を固くべールして堆積すると、細菌による発酵が起って高温になり、品質が劣化してかびが発生するので、アンモニアを注入すると発酵を抑えることができる。降雨が予想される時に、緊急にべールして堆積し、底部の一角所からアンモニアガスを注入するだけで、べールの中心部までアンモニアガスが浸入して、殺菌または制菌できることが、アンモニア処理の特徴であり利点である。

アンモニアの殺菌力及び制菌力については、亜硫酸ガスや塩素よりも弱いのが、硫化水素やシアン化水素よりも強く、1000ppm(0.1%)のアンモニアガス中では、15~700分で病原菌の半数は死亡すると報告されている。嫌気性及び好気性の発酵菌の場合は、これよりもはるかに希薄な濃度で殺菌または制菌されるものと推察される。また、アンモニアのかびや酵母に対する殺菌力は、細菌に対するよりも著しく顕著であることが知られている。

アンモニアの取扱い：アンモニアは通常50kg入りのボンベで市販されている。注入の方法は、アンモニアの排出口に肉厚のゴムホースかビニールホースをつないで針金で締めて、アンモニアが漏れたりホースがはずれたりしないように厳重に注意する。ガスの元栓は、はじめから全開してよい。最初は音を立てて勢いよく出るが危険はない。10分ぐらいうると気化熱でボンベ内液化アンモニアの温度が冷却し、アンモニアの排出量が少なくなる。従って、真夏でもボンベ1本の排出に1昼夜

以上要するが、このような注入の方法が最も安全である。

ポンペを逆さにすると、ポンペ内ガス圧の影響で、液体のままアンモニアが排出されるので、それをホースでスタック内に誘導すると、スタック内で気化するので、ポンペからのアンモニアの注入時間が短縮される利点がある。しかし、液体の状態でも万が一漏れた場合は危険性が大きいので、一般の農家はこの方法による注入は避けた方がよい。

最近、スタック方式によるアンモニア処理が、ビニールハウス内や堆草舎内で行われようとしているが、風通しのよい日当りのよい屋外で実施することが原則であり安全である。なお、空気中のアンモニアガス濃度が15~28%になると、爆発する可能性があるため、アンモニアを注入中は火気を近づけないようにすることが肝要である。

苛性ソーダの取扱い：苛性ソーダは製造用規格で容易に入手できる。20 kg 入り袋詰めで市販されている。苛性ソーダ添加サイレージを調製するときは、苛性ソーダを20~30%溶液にして添加する。苛性ソーダのおよそ4倍ぐらいの水をとり、苛性ソーダを徐々に添加する。苛性ソーダに水を添加すると高熱を発生して危険なので、絶対に間違わないように注意することである。苛性ソーダ溶液の濃度は正確でなくてもよい。苛性ソーダが詰込材料の乾物重量の3%になるように添加すればよい。プロアやエレベータの基部で大型じょうろで、人手により添加することもできるが、できればサイロの上部から添加するとロスが少なくなる。筆者の研究室では、詰込材料をエレベータで詰込み、サイロの上部からポンプを用いて苛性ソーダ溶液を添加している。

ポンプを用いると人体に触れる機会が少ないので安全であるが、じょうろで添加する場合は、スキーのゴーグルのようなものを着用して眼に入ることを防ぎ、ゴム手袋を着用した方がよい。醋酸または食用酢を薄めたものをあらかじめバケツ等に用意して置き、手などに触れた場合は、その希酸の中に浸してから水洗するとよい。

2 材料と方法

牧草：降雨が予想される時の緊急避難対策として、アンモニア処理乾草調製法が普及しつつある。乾燥途上の半乾草で水分含量が30~35%なら、効果は確実であるが、40%を越すと失敗する可能性もある。アンモニアがペールの表面の水分と吸着して、中心部まで浸透しないからである。

とくに、ビッグペールの場合は直径が大きいので、水分が多すぎると内部はサイレージ状になる。アンモニア処理する場合のビッグペールは、直径の短いものが適している。直径150 cm 前後もある大きなビッグペールの場合は、堆積せずに1列に並べた方がよい。

コンパクトペールまたは小さいビッグペールの場合は、乾燥した地面の上に丸太等でスノコを作り、その上に高さ2 m 前後に堆積し、厚さ0.1 mm の透明のビニールで被覆し、裾を砂等で被覆密閉して、ポンペから排出されたアンモニアガスをホースで堆積の底部から注入する。注入量は、供試材料の水分含量が30%以下であれば、材料の重量当り1%程度、30~35%であれば2%程度注入すればよい。

牧草をアンモニア処理する目的は、発熱・発かびを防止するためであるが、いわゆるアルカリ処理の効果も起って、消化率と粗蛋白質含量が顕著に高くなるので、降雨にあった劣質乾草や、刈遅れ乾草、並びに古乾草等の飼料価値を高める目的で、適用することもできる。また、アルファルファの茎の消化率が低いので、アンモニア処理によりこれを高めると、この草種の唯一の欠点が除かれて、文字通り「牧草の女王」にふさわしい飼



写真1 アンモニア処理による乾草調製

料価値になる。

わら類：稲わらやムギわらをベールして堆積し、乾草調製の場合と同じ要領でアンモニアを注入すると、消化率が向上し粗蛋白質含量が2~3倍になって、牛が好食するようになる。乾燥わらの場合は、水を散布して水分含量を25%程度にすると、効果が大きくなる。

加水方法は、小規模であればベールを一段積むごとに、人手によりじょうろで散布することができる。大規模であれば、手ごろな散水器等を利用する方法が考えられる。ビニールで被覆密閉する方法や、アンモニアを注入する要領は、乾草調製の場合と全く同じであるが、注入量は乾燥わらの重量当り3%とする。

次に、わら類を苛性ソーダ処理する場合は、サイレージにするのが最も効果的であり、農家段階で実施できる利点がある。わら類をハーベスタ等で微細断し、加水しながらサイロに埋蔵する時に苛性ソーダを添加すると、サイレージ化の効果とアルカリ処理の効果が同時に起る。

乾燥わらの場合は、水分70%前後になるように、水を加える必要がある。苛性ソーダ及び水の散布は、サイロ内全体に均等になるように、ホースの先端を回転させながら添加し、運搬車1台ごとに機械を止めて、サイロの中に人が入って均平にならしながら踏圧することが大切である。わら類は茎が堅くてストロー状になっているので、密度を高めることが肝要である。

ホールクロップ：麦類や水稻のホールクロップ



写真2 嗜好性の低下した古い乾草に加水量を変えてアンモニア処理(3%)した試験

サイレージを調製するときに、苛性ソーダを添加すると、穀実の堅い皮が破壊されて内部の胚乳が利用されるようになり、茎つまりわらの消化率も向上するので、全体の消化率が顕著に高くなる。この場合は、前項のわら類と異なり、胚乳部分が4割前後含まれているので、正味エネルギーつまり肉用牛に給与した際の増体効果からみると、わら類のアルカリ処理とは比較にならない効果があるのである。

ホールクロップというのは、穀実の効果をねらったものであるから、麦類でも水稻でも完熟期に収穫することが原則である。水稻の場合は低温等で完熟が遅れると、水分が50%前後にまで低下することがあるので、そのような場合は加水して水分含量を70%前後にまで高くする必要がある。水稻のホールクロップサイレージは二次発酵しやすいからである。苛性ソーダの添加量は乾物当り3%とし、添加方法及びその他の注意事項は、わら類サ

(乾物中%)

表1 アンモニア処理による乾草調製

処 理	飼 料 成 分				消 化 率				可消化養分		
	粗蛋白	粗脂肪	NFE	粗繊維	乾 物	粗蛋白	粗脂肪	NFE	粗繊維	DCP	TDN
無 処 理	14.6	2.2	39.2	33.0	50.8	62.6	39.0	50.6	49.5	9.2	47.7
NH ₃ 0.5%	17.1	2.5	38.3	34.0	56.8	64.6	55.4	56.2	57.0	11.0	55.1
NH ₃ 1.0%	18.2	2.2	38.0	33.8	59.0	59.8	56.2	59.3	55.5	12.7	56.8
NH ₃ 2.0%	20.4	2.4	37.1	30.9	62.1	68.5	47.7	61.6	64.1	14.0	59.2

注) オーチャードグラス(65.6%)とアルファルファ(33.9%)の混播二番草を、水分32.5%まで予乾し9月21日にアンモニア処理し、11月21日に開封して調査した。水分は無処理、NH₃0.5、1.0、2.0%でそれぞれ16.7、17.2、15.5、17.8%であった。

表2 麦わらのアンモニア処理

(乾物中%)

処 理	飼 料 成 分				消 化 率				可消化養分		
	粗蛋白	粗脂肪	NFE	粗繊維	乾 物	粗蛋白	粗脂肪	NFE	粗繊維	DCP	TDN
無 処 理	3.5	1.5	49.9	37.8	41.5	0	38.1	41.4	55.3	0	42.9
水分25%, NH ₃ 1%	6.1	1.1	47.9	37.7	45.4	23.1	32.0	39.8	63.2	1.4	45.3
同上, NH ₃ 2%	7.0	1.2	46.8	37.5	45.5	27.5	25.4	40.9	62.6	1.9	45.3
同上, NH ₃ 3%	9.1	1.4	44.3	38.1	51.9	37.6	56.2	44.6	71.0	3.4	51.9
水分14%, NH ₃ 3%	6.5	1.3	46.3	38.3	46.2	20.0	49.4	40.9	64.4	1.3	46.4

表3 麦わらサイレージの苛性ソーダ処理調製

(乾物中%)

処 理	飼 料 成 分				消 化 率				可消化養分		
	粗蛋白	粗脂肪	NFE	粗繊維	乾 物	粗蛋白	粗脂肪	NFE	粗繊維	DCP	TDN
サイレージ水分20%	2.1	1.4	47.6	40.0	48.0	0	30.4	44.3	63.5	—	47.2
同上 40%	2.4	1.0	49.0	39.4	49.2	0	35.4	44.4	63.9	—	48.0
同上 60%	2.4	1.7	46.8	40.1	49.1	0	32.0	43.7	64.2	—	47.7
同上 75%	2.4	1.7	45.9	41.3	42.9	0	23.7	42.5	58.9	—	44.2
供 試 麦 稈	2.5	1.6	49.4	40.3	37.9	0	30.4	38.3	48.6	—	39.6

イレージの場合と同じである。

3 処理効果

牧草：乾燥途上の半乾草をアンモニア処理すると、かび防止だけでなくアルカリ処理の効果も起り、消化率と粗蛋白質含量が著しく高くなることは表1に示すとおりである。すなわち、水分30~35%の半乾草に、アンモニアを原物当り1~2%添加し、秋まで密封を継続すると、水分は15~17%に低下

表4 苛性ソーダ処理エンバクホールクロップサイレージの肉用牛に対する給与効果

項 目	昭. 54		昭. 55	
	1.5% 添 加	無添加	3.0% 添 加	無添加
飼料摂取量(乾物kg/頭/日)				
サイレージ	8.8	7.1	8.2	7.1
オムギ圧扁	0.9	0.9	0.9	0.9
尿 素	0.1	0.1	0.1	0.1
増 体 量 試 験 期 間 (日)	63	63	70	70
開始時体重(kg)	326	318	315	335
終了時体重(kg)	381	359	385	380
増 体 量 (kg)	55	41	70	45
日増体量(kg/頭/日)	0.87	0.65	1.00	0.64
1kg増体に要した乾物量(kg)	11.2	12.3	9.1	12.0
1kg増体に要したTDN量(kg)	6.2	6.6	5.4	6.7

し、粗蛋白質含量は3~6%、TDN含量は10%程度高くなること示されている。

わら：表2に示すとおり、無処理わらに比較して、アンモニア処理わらの粗蛋白質含量は2~3倍となり、TDN含有率は10%程度高くなった。なお、肉用牛はアンモニア処理わらの方を顕著に多く摂取することも明らかにされている。

わら類をアルカリ処理サイレージに調製した場合は表3に示すとおりである。苛性ソーダを3%添加し、水分40~60%に調整したサイレージは、外観の品質が最も良好で、TDN含有率は8%程度向上した。なお、肉用牛の肥育期に用いた試験結果も、良好な成績が得られている。

ホールクロップ：アルカリ処理によるエンバクホールクロップサイレージを肉用牛に給与して増体効果をみた結果は、表4のとおりである。苛性ソーダ3%の添加で消化率が顕著に向上し、肉用牛による摂取量と日増体量が増加し、1kg増体に要した飼料の量が減少した。

アルファルファの 上手な調製法のポイント

草地試験場牧草部

荒 智

はじめに

私が畜産に関係する仕事に入ったのは、太田正治先生の「私は見たデンマークを」を読んだのが契機です。その太田正治先生が本誌の33巻1, 2, 3号に「町村氏は八雲の農民に何を教えたか!」を執筆されています。それを読んで、非常に深い感

銘を受けました。ここに引用させて頂くと、家畜が満足する飼料をもっと豊富に収穫しなければならない。

第一に、牧草地を改良したい。基礎飼料中の「牧草」をもっと重要視する必要がある。乾草・青草を通じて、良質の牧草(もちろん、クローバを含