

稲わらのアンモニア処理による飼料価値の向上技術

箭 原 信 男

(東北農業試験場)

A Method of Improving the Feeding Value of Rice Straw by Ammonia Treatment

Nobuo YAHARA

(Tohoku National Agricultural Experiment Station)

1 はじめに

稲わらは牛馬用の飼料として古くから広く利用されており、今後とも粗飼料源として重要な役割を果たしていくものと思われる。

しかし稲わらの飼料利用率は依然として低く、国内生産量約 1,200 万トン(乾物) のおよそ 20 % にすぎず、約 50 % は堆肥や敷料に仕向けられ、約 26 % は未利用のまま処分されている現況にある。それにもかかわらず飼料的需要が高いため、台湾や韓国からの稲わら輸入は年々増加しており、55 年度には 2 万 8 千 t に達し、価格も割高のまま上昇傾向が続いている。

表一 1 稲わら飼料利用の推移

	40 年	45 年	50 年	52 年	54 年	56 年
稲わら生産量(A) (千t)	17,252	15,492	14,649	14,612	13,234	12,100
飼料仕向量(B) (千t)	3,488	2,531	2,682	2,322	2,229	2,390
T DN量($B \times 0.37$) (千t)	1,291	936	992	859	825	884
飼料利用率(%) $(B) / (A) \times 100$	20.2	16.3	18.3	15.9	16.8	19.8

注. 畜産局自給飼料課資料より。

表一 2 稲わらの利用区分別割合 (昭, 49)

(%)

飼 料	敷 料	堆 肥	加 工	焼却, 未利用	計
14.8	9.2	40.8	9.2	26.0	100

注. 畜産局自給飼料課資料より。

このように、手近なところで豊富に副産される稲わらが、飼料として有効に利用されていない原因の多くは、コンバインによる水稻の生脱穀体系が普及したため、乾いた結束わらの入手が難しくなったことと、稲わらの飼料価値を低コストで向上させる適当な方法が開発されなかったことにあると考えられ

る。

生わら利用の一つとしてサイレージ調製法があるが、適度な水分をもった鮮度の高い原料わらを確保することが容易でなく、折角サイレージに調製しても保存性や流通性が低いため、いまだに大きく普及するに至っていない。

圃場に広げられたままのコンバイン収穫稲わらは、最初はかなり急速に乾燥し、晴天のもとではほぼ1日で水分40%台に達する。しかしその後は乾燥速度が大きく鈍り、乾燥稲わらに仕上げるには、更に2日以上的好天続きと数回の反転が必要である。そのため、乾燥途中で雨に濡らして飼料的品質や乾物回収率を低下させることが多い。したがって、生乾き状態の稲わらに変敗なく貯蔵できるようになれば、作業能率及び飼料利用を高めるうえで極めて好都合なわけである。

ところで、アンモニア処理の場合、乾いた材料わらよりも生乾きわらのほうがアンモニアの反応がよく行われること、そしてその際、アンモニアの殺菌作用によって生乾きわらの貯蔵性が高まり、更に飼料価値も向上する⁵⁾ ことなどが認められている。

以上のようなことから、半乾稲わらに対するアンモニア処理は一挙両得の方策と考えられたので、53年度から試験を開始した。

2 調製体系の区分

コンバイン収穫の稲わらを、乾燥又は半乾状態にしてアンモニア処理をする場合の作業体系は、図-1のように大別されよう。

体系Ⅰ及び体系Ⅱは、圃場基盤が整備された大区画の水田に適し、体系Ⅲは、圃場基盤の不良な小区画の水田若しくは、調製量の小規模な場合に適すると考えられる。

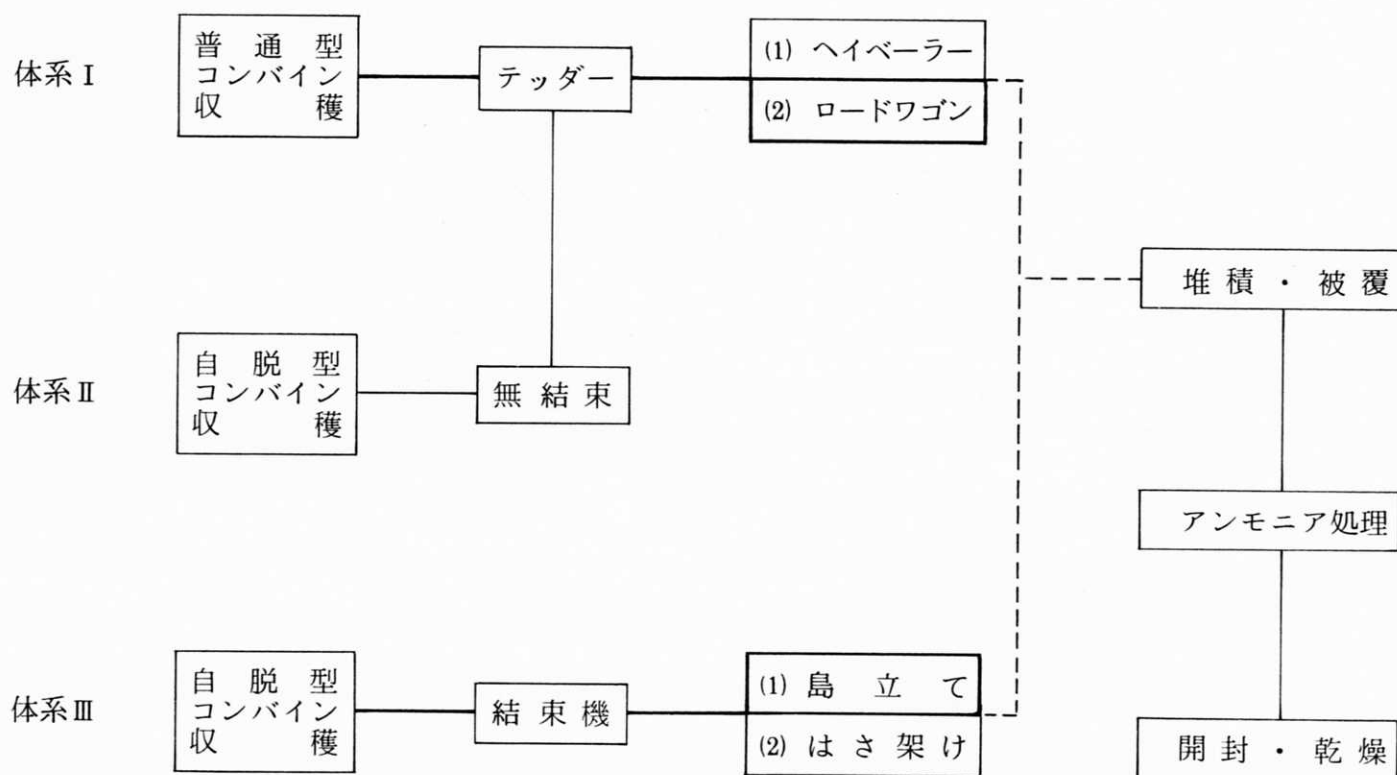


図-1 コンバイン収穫稲わらの調製作業体系

3 材料稲わら及びアンモニア処理方法

試験Ⅰ（53年度）では体系Ⅰ－(2)を対象とした。すなわち、普通型コンバイン（クレイソン）で収穫された破碎稲わらを、2日間数の反転を行って水分約38%に乾燥した。ロードワゴンで収集・搬出し、各処理当たり約380 kgの堆積にした。

試験Ⅱ（54年度）では体系Ⅲ－(1)を対象とした。すなわち、排出わら結束装置付きの自脱型コンバインで収穫された結束稲わらを、島立てにして10日間圃場におき、水分約38%に乾燥して搬出し、約1 tずつの堆積にした。

それぞれの材料稲わらは、舗装床に配置した高さ約8 cmのスノコ板上に堆積し、0.2 mm厚の透明なビニールシートで被覆密閉した。50 kg入り液化アンモニアボンベからのホースを堆積の下部に差し込み、材料わら原物重当たり2%相当量のアンモニアを注入添加した。密閉状態で5日間おいたのち、被覆のすそを約30 cmほど巻き上げ、水分と未反応アンモニアの蒸散を図った。更に仕上げ乾燥を行ったのち約1 cmに切断し、めん羊による消化試験及び牛による採食試験に供した。

4 給与試験方法

(1) 消化試験

去勢めん羊3頭（試験Ⅰ）ないし5頭（試験Ⅱ）を用い、粗碎したアルファルファヘイキューブを併給しながら、全糞採集法で行った。

(2) 採食試験

試験Ⅰでは6頭のホルスタイン種成雌牛に、ほぼ一定量の市販配合飼料と乾牧草を午前中に給与し、夕刻から翌朝まで供試稲わらを自由採食させた。各期5日のうち後期3日を試験期とした。なお参考比較として場内産の比較的良質なチモシー乾草を供試したが、このときの供試牛は5頭である。

試験Ⅱでは3頭の日本短角種成雌牛を用い、供試稲わらを市販配合飼料2 kgと共に夕刻から翌朝まで自由採食させた。各期4日で行った。なお参考比較として、バインダ刈り→架掛乾燥→脱穀の体系で得られた稲わらを、1 cmに切断して供試した。

5 試験結果

(1) 成分組成（表－3）

アンモニア処理によってOCC（細胞内容有機物）及び粗蛋白質の含量が高まり、ヘミセルロースの含量が明らかに低下した。

すなわち、無添加の早期乾燥わら及び自然乾燥わらに比べてアンモニア添加わらは、OCC含量で3ないし9%、粗蛋白質含量で7ないし8%それぞれ高く、反対にヘミセルロース含量は3ないし10%低か

った。アンモニア処理によるこのような差異は、生乾きのまま堆積貯蔵した無添加わらにおいて、より大きく認められた。この無添加わらには、かなりの白カビが発生していた。

粗脂肪、セルロース、リグニンなどの含量には大きな変化がみられなかった。

結局、アンモニア処理によって稲わらの成分組成は良変し、アルファルファのそれに近似していくことが認められた。

表一3 処理別稲わらの成分組成

試験 年次	処 理 区 別	水 分 ¹⁾ (%)	成 分 組 成 (% DM)						
			有機物	OCC ²⁾	粗 蛋 白 質	粗脂肪	ヘミセル ロース	セ ル ロース	リ グ ニ ン
試験-I (昭53)	早 期 乾 燥 わ ら	9.7	80.1	21.7	4.0	1.6	24.2	29.8	4.4
	無 添 加 わ ら	10.8	79.5	12.6	3.8	1.5	29.6	32.5	4.7
	NH ₃ 添 加 わ ら	11.5	80.3	24.3	12.1	1.4	21.0	29.7	5.3
	アルファルファ ³⁾	11.3	86.1	43.1	19.1	1.9	13.2	22.8	7.0
試験-II (昭54)	自 然 乾 燥 わ ら	17.9	81.7	20.8	5.0	1.7	26.7	29.5	4.7
	生わらサイレージ ⁴⁾	72.7	79.4	21.0	5.3	2.2	21.4	31.7	5.3
	NH ₃ 添 加 わ ら	23.6	81.8	29.8	12.0	1.2	17.0	30.7	4.3

注. 1) 給与時の水分

2) Organic Cellular Contents

3) 消化試験の基礎飼料として併用したアルファルファヘイキューブ(米国産)

4) pH=5.3 総酸=24.3 meq VFA/総酸=55.9% VBN/TN=9.6%

(2) 消化率及び栄養価(表一4)

アンモニア処理によって稲わらの消化率は明らかに向上し、その結果、栄養価も高められた。

すすなわち、アンモニア処理によって向上した消化率の平均的差値は、乾物で7.4%，有機物8.6%，粗蛋白質13.7%，ヘミセルロース23.2%，セルロース17.6%であり、繊維成分において向上幅の特に大きいことが注目される。

このような消化率の向上によって、DCP及びTDNも5.4%及び7.6%それぞれ高められた。

生わらサイレージの乾物消化率及び栄養価は、自然乾燥わらとほぼ同じであった。

表一4 処理別稲わらの消化率と栄養価

試験 年次	処 理 区 別	消 化 率 (%)						栄養価(% DM)	
		乾 物	有機物	粗 蛋 白 質	粗脂肪	ヘミセル ロース	セ ル ロース	DCP	TDN
試験-I (昭53)	早 期 乾 燥 わ ら	45.3	52.7	46.9	44.8	45.4	44.9	1.9	43.1
	無 添 加 わ ら	44.1	52.6	48.5	52.8	48.5	46.7	1.8	42.8
	NH ₃ 添 加 わ ら	54.8	63.2	62.3	57.0	70.3	61.9	7.5	51.7
	アルファルファ	56.7	60.8	75.4	36.0	61.4	75.8	14.4	53.2
試験-II (昭54)	自 然 乾 燥 わ ら	43.0	48.9	46.8	44.8	47.6	47.3	2.3	40.9
	生わらサイレージ	43.0	47.7	53.8	46.0	38.2	54.7	2.9	39.1
	NH ₃ 添 加 わ ら	48.2	55.6	58.8	48.5	70.5	67.8	7.1	46.2

(3) 採食性 (表-5)

アンモニア処理によって稲わらの牛による採食性は有意に向上し、品質中等度のチモシー乾草に匹敵する乾物摂取、及び、栄養摂取が認められた。

すなわち、乾物摂取では、早期乾燥わらや自然乾燥わら及び生わらサイレージのいずれにおいても、体重の 1.2% 相当であったのに対して、アンモニア添加わらは 1.5 ~ 1.6% 相当と有意 ($P < .05$) に多く採食され、チモシー乾草 (1.3% 相当) にも優る傾向にあった。その結果当然のこととして、アンモニア添加わらの採食における DCP 及び TDN の摂取量は有意に多かった。

刈取って結束し、屋外で架掛乾燥してから脱穀するという、旧来の収穫体系で得られた乾燥稲わらからの乾物摂取は体重の 1.4% に相当し、アンモニア添加わらに比べやや劣っていた。

生乾きのまま堆積して乾燥させた無添加わらの場合には、体重の 0.8% 相当しか採食されず、処理間で最低の値を示した。

表-5 処理別稲わらの牛による採食性 (平均値 $\pm$ S. D)

試験期別 (家畜別)	処 理 区 別	乾 物 摂 取 量 (対 体 重 %)	DCP 摂 取 量 (kg/日)	TDN 摂 取 量 (kg/日)
試験 - I (乳用牛) ¹⁾	早期乾燥わら	1.2 $\pm$ 0.2 ^{ab}	0.12 $\pm$.03 ^a	2.65 $\pm$ 0.58 ^{ab}
	無 添 加 わ ら	0.8 $\pm$ 0.4 ^a	0.09 $\pm$.04 ^a	1.89 $\pm$ 1.04 ^a
	NH ₃ 添 加 わ ら	1.5 $\pm$ 0.1 ^b	0.58 $\pm$.11 ^b	3.98 $\pm$ 0.73 ^b
	チモシー乾草 ³⁾	1.3 $\pm$ 0.3 ^{ab}	0.43 $\pm$.15 ^b	4.00 $\pm$ 1.37 ^b
試験 - II (肉用牛) ²⁾	自然乾燥わら	1.2 $\pm$ 0.1 ^a	0.09 $\pm$.05 ^a	1.62 $\pm$.81 ^a
	生わらサイレージ	1.2 $\pm$ 0.1 ^a	0.12 $\pm$.06 ^a	1.63 $\pm$.78 ^a
	NH ₃ 添 加 わ ら	1.6 $\pm$ 0.1 ^b	0.40 $\pm$.14 ^b	2.60 $\pm$.92 ^b
	架乾・脱穀わら	1.4 $\pm$ 0.2 ^{ab}	—	—

注. 1) ホルスタイン種成雌牛 6 頭, 供試始時体重 570 $\pm$ 88 kg

2) 日本短角種成雌牛 3 頭, " " 346 $\pm$ 12 kg

3) 1 番草出穂期収穫, 自然乾燥

a < b ($p < .05$)

6 アンモニア処理の特色

藁稈類のアルカリ処理に関する試験は、80 数年前から数多く行われており、最近、JACKSON²⁾ 並びに SUNDSTØL et. al. ⁴⁾ によって総説が出された。

当初のアルカリ処理は、苛性ソーダ又は石灰液に材料を浸漬してから水洗する方法であったが、WILSON and PIGDEN (1964)⁶⁾ らによって苛性ソーダ液を材料に噴霧したまま水洗しない乾式法が開発されて以来、浸漬法はノルウェーの一部を除いてほとんど使われなくなったようである。

アルカリ原料としては、比較的安価で効果の高い苛性ソーダが当初から主に使われているが、材料

に添加されたソーダのほぼ全量が家畜の糞尿中に排出されて、その多くは圃場にすき込まれることになるため、土壌に対する悪影響のほか、地下水や河川の汚染が問題になってきている。

アルカリ処理の主なねらいは、藁稈類のような低品質粗飼料の消化性及び採食性を向上させることにある。その作用機構としては、細胞膜構成成分の一部であるヘミセルロースやリグニン、シリカなどの可溶化による細胞膜の分裂、並びにセルロースの swelling が主としてあげられる^{2,4)}。

アンモニアによるアルカリ処理効果は苛性ソーダに比べると劣る例が多いが、次のような点でアルカリ金属類よりも勝るとされている。

- ① 特別な施設や機械類及び高度な熟練を必要とせず、堆積のサイズや規模、場所を自由に選択できる。
- ② 揮発性が強いから材料中へよく拡散し、処理後の余分なアンモニアを揮散させることも容易である。
- ③ 処理材料の粗蛋白質含量を高め、材料に結合した窒素の一部は反芻家畜の栄養源になる。
- ④ 肥料としての効果も高く、環境を汚染する恐れが少ない。
- ⑤ 殺菌作用によって発カビや腐敗が防止され、保存性を高める効果がある³⁾。

アンモニアの主な市販形態として、アンモニア水とボンベ入りの液化アンモニアがある。

濃アンモニア水は約28%のNH₃濃度であり、水分が約20%以下若しくは約40%以上の材料を用いる場合⁶⁾、あるいは小規模で行う場合に適していると考えられる。

液化アンモニアは無水アンモニアとも呼ばれ、沸点が(－)33℃で常温ではガス体をしており、植物中の水分に発熱しながら溶解し、植物成分と化学反応する。

アンモニアが空気中に15～28%含まれると引火の危険性があり、呼吸器管を侵す恐れがある。したがって、アンモニア処理は通風のよい屋外で行うことが原則とされている⁴⁾。太陽熱によって、アンモニアの反応及び水分の蒸散が促進される⁷⁾点でも、屋外で行うことは好都合である。

アンモニアは56ppm以上あれば嗅覚で感知できるので、プロパンガスなみの取扱注意をすれば、中毒のような人身事故は起きないであろうし、実際にこれまで、アンモニア処理における人身事故は皆無とされている⁴⁾。

引用文献

- 1) HUBER, J. T. *et al* . Factor affecting response of lactating cows to ammonia-treated corn silages. J. Dairy Sci. 56, 1283—1289 (1973).
- 2) JACKSON, M. G. Review article : Alkali treatment of straws. Anim. Feed Sci. Tech. 2, 105—130 (1977).
- 3) SRIVASTAVA, V. K. and D. N. MOWAT. Preservation and processing of whole high moisture shelled corn with ammonia. Can. J. Anim. Sci. 60, 683—688 (1980).

- 4) SUNDSTØL, F. *et al.* Improving the nutritive value of straw and other low quality roughages by treatment with ammonia. *World Anim. Rev.* 6 (April), 13—21 (1973).
- 5) WAISS, A. C. *et al.* Improving digestibility of straw for ruminant feed by aqueous ammonia. *J. Anim. Sci.* 35, 109—112 (1972).
- 6) WILSON, R. K. and W. J. PIGDEN. Effect of sodium hydroxide treatment on the utilization of wheat straw and poplar wood by rumen microorganisms. *Can. J. Anim. Sci.* 44, 122—123 (1964).
- 7) 箭原信男・沼川武雄. 半乾牧草のアンモニア処理における被覆用シートの透光性が処理効果におよぼす影響. 東北農試研報 65, 99—105 (1978).