元北海道専門技術員 高木 正季

現場で役立つ技術で

ーサイレージ調製 その1-

はじめに

サイレージの量・質の確保は、酪農の豊作への入口です。今号は、サイレージ調製作業を間近にひかえ、発酵品質の足を引っ張る要因とその対策について執筆させていただきます。

1. 異物混入防止

不良発酵の原因の一つに原料の汚れがあります。 その改善に向けて食品製造との比較検討は有益です。

写真1は土砂拾い込み痕です。写真2は土砂含量を調査しているところです。写真1の事例ではサイレージ原物中0.1~最大4.7%の土砂混入が推定され、発酵品質や嗜好性に影響しました。表1は土壌など酪酸菌の生息場所、増殖要因と抑制対策です。作業管理者は収穫調製の各段階で異物混入を防ぐチェックが必要です。しかし、原料の汚れは見た目ではよく分かりません。写真3は、原料草を約1ℓの容器の高さ½程度採取、そこに八分目まで水を加え、蓋をして振盪、その洗浄水を透明瓶に移し濁り



写真1 土砂拾い込み痕

写真 2 土砂含量を調べる原 料洗浄(灰分測定)

表 1 酪酸菌の増殖要因と抑制対策

生息場所	発酵材料	増殖要因	抑制対策
・土壌 ・糞、堆肥 (植物体には 少ない)	可溶性炭水化物デンプンペクチンアミノ酸乳酸	・土壌や堆肥混入 ・密度が低い ・高水分 ・糖含量が低い ・高温貯蔵 ・至適pH 7.0~ 7.4 ・最適温度 37℃	・異物混入防止、 原料水分75% 以下にするな ど、増殖要因 を抑制する・pH低下

を観察する試みです。濁りの程度とその原因(土砂、枯草、堆肥)が分かり易くなります(ガラス瓶が破損すると回収できないためサイロ内では使用しない)。

表2は堆肥を混入した試験成績です。腐熟堆肥、 生堆肥とも、添加量の増加に伴い品質低下が確認さ れました。特にVFA(酢酸、プロピオン酸、酪酸 など常温常圧で揮発する脂肪酸)組成中、酪酸の増 加が顕著でした。また、本試験成績は乳牛の健康へ



写真3 原料洗浄液の色

①はスロープ上段で採取:わずかに原料の色素を反映、②は中段で採取:枯草の色素を反映、③は登り口床面で採取:土砂による濁りを反映、原料水分は63~74%

表 2 堆肥混入サイレージのVFA組成

50, 2 - 12		100	0 7 V 1 7 (7)	177				
処理区		VFA	VFA組成(モル比,%)					
堆肥種類	添加量	(mmol/dl)	酢酸	プロピオン酸	酪酸	吉草酸		
無添加(対	け照区)	2.7	100.0	0.0	0.0	0.0		
	2 %	3.6	59.9	1.0	39.1	0.0		
腐熟堆肥	4 %	3.7	47.5	1.6	50.8	0.0		
	8 %	4.1	34.5	2.2	63.0	0.4		
	2 %	3.4	61.7	1.9	37.3	0.0		
生堆肥	4 %	4.0	46.2	1.5	51.8	0.2		
	8 %	4.9	53.4	1.8	44.3	0.4		
新得畜試1998								





写真 4 草地表面に堆積した 堆肥

写真5 毎年施用で形成され たスラリー層

の影響についても警鐘を鳴らしています。この試験の原料水分は67~68%レベルでしたが、高水分原料では酪酸発酵の危険が増大します。異物混入の影響は高水分原料ほど大きいのです。写真4、5は堆肥・スラリーの拾い込みの恐れがある草地です。このような状況を、経営的には一気に変えられないと思いますが、異物を拾い込まない工夫、添加剤の使用による改善事例は少なくありません。

2. 劣質の要素

「悪条件の認識と対策」がサイレージ調製技術の要です。表3はサイレージの発酵段階を示しています。1、2段階を早期に終え、3、4段階でつくられる乳酸によりpHが安定域に達したものが良質発酵サイレージです。しかし、第5段階へと飛び火するケースもあります。その酪酸発酵は、踏圧が十分でも起こり、乳酸をも消費する迷惑なおまけです。

図1はA地区牧草サイレージの水分含量・全窒素中アンモニア態窒素・酪酸含量の散布図ですが、全窒素中アンモニア態窒素と酪酸は水分75%辺りから急増しています。この両者の関係は密接(r=0.787)であり、原因と対策も共通部分が多いと考えられます。

表3 サイレージの発酵段階						
段階	環境条件	変化の主役	期間			
1	好気的	植物細胞				
2	好気的	好気性細菌	約3日間			
3	嫌気的	乳酸菌				
4	嫌気的	乳酸菌	2~3週間			
■ 迷惑なおまけが加わった場合						
5	嫌気的	酪酸菌	2~3週間以降			

参考文献:BARNETT 1954

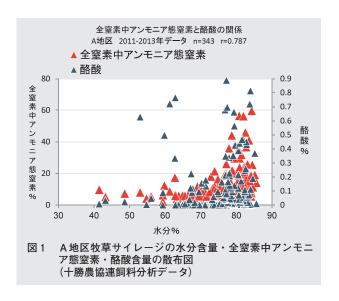


表4は同一地域のV-スコア上位10件、下位10件 の平均値を対比したものです。水分、pH、OCC(細 胞内容物)など、上位と下位の違いは品質改善の示 唆に富んでいます。

図2は悪条件が重なってできる不良サイレージの イメージです。営農現場ではベスト条件が保障され ていません。リスク管理面から「マイナス条件を重 ねない」という考え方が重要です。

表5は不良発酵防止のまとめです。添加剤は保険的な使用では効果が得られません。効果が出なければ品質低下と費用が重複します。あらゆる試みは科学的分析により、確認することにより進歩します。

表 4 V-2	スコア上位、	下位サイレー	ジの分析値比	:較			
区分	V-スコア	牧草サイレーシ	牧草サイレージ (十勝) の品質実態調査結果、				
上位 10	93. 7	上位・下位各10点の平均値、平成23年4月					
下位 10	0.3	6月、調査点数24JAから55点					
区分	水分	TDN	occ	ocw			
上位 10	69.7	61.6	32.8	59. 6			
下位 10	80.6	52.4	52.4 17.6				
区分	рН	全窒素中N	乳酸	酪酸			
上位 10	3. 9	6.6	10.0	0.0			
下位 10	5. 0	40.1	0.2	3.8			
区分	牧草割合	添加剤	予乾	乾物密度			
上位 10	63	1.7	1.2	201			
下位 10	59	0.6	1.6	140			

TDN、OCC、OCW、全窒素中N(全窒素中アンモニア態窒素)はDM中% 乳酸、酪酸は新鮮物中%

添加剤・予乾は、「しない」を1、「する」を2とした評価平均値 牧草割合は生草重割合% 乾物密度はkg/m

堆肥土砂

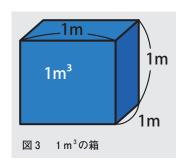
図2 三悪条件が重なった

表 5 不良発酵防止のまとめ

①土砂を混入させない
②堆肥・スラリーを混入させない
③枯れ草を混入させない
④pHの指標を満たす
⑤密度の指標を満たす
⑥切断・破砕の指標を満たす
⑦添加剤の有効利用
⑧予乾(高水分サイレージは水分
70~75%程度)

3. 密度と踏圧

サイレージ密度は原物で700kg/m必要といわれてきましたが、現場で測る方法がなかったため、「よく締まっている」、「まだ甘い」など、感覚的な判断に終始してきました。2005年に普及に移された「大型バンカサイロの踏圧法」は、牧草サイレージ調製において、バンカーサイロに搬入した原料容積の累計を、踏圧後の容積で除した値を圧縮係数と定義し、目標は1番草2.0以上、2番草2.3以上と示しました。圧縮係数2.0とは、図3の1㎡の箱の中に、2㎡の原料草をスッポリ詰め込んだ状態をいい、運



び込んだ原料草が踏 圧により二分の一に なった状態です。ま た、この逆数を圧縮 係数といいます。水 分75%の原料であれ ば圧縮係数2.3で原 物密度は約700kgに

相当します。例えば、圧縮係数2.0は、500㎡のバンカーサイロであれば運搬荷姿で1,000㎡以上の原料草を詰め込むことであり、荷台体積10㎡のダンプの場合、満杯詰めで100台以上詰め込むことにより達成されます。これは直接的な密度計測値ではありませんが、現場ニーズに即応して急速に普及しました。

写真6は壁面に長さ十等分の目印をつけ、全体が



写真6 等分の目印、サイロ容積を表示



写真8 サイレージ密度展示物(飼料アップとかち展示会)

均等な密度となるよう工夫しています。写真7の事例はキレイな床面で十分な踏圧を目指しています。 横踏み踏圧は油圧ショベルに比べ高い踏圧効果が得られます。写真8はA、B、C、Dの重さを実測、密度と品質を表6に示しました。表7の360キログラムルールは、密度が不足するとサイレージ発酵過程で乾物損失が増加することを根拠に、原料1t当たり360kgの踏圧が必要とする米国発の指標です。この目標に達するためには、踏圧機械台数を増やすか、原料の搬入量を抑える必要があります。例えば、積載量10tダンプで1時間に8台搬入する例では、10tの踏圧作業機械3台で常時踏圧する必要があります。今後、このような使用条件に対し強度と安全性を備えたサイロ建設が必要です。



写真7 安全な高さに抑えた横踏み踏圧例 大樹2012.06.25

表7 360キログラムルールの具体例

ルール内容 1時間に搬入される原料1t当たり、常時360kgの踏圧重を必要とする

例 積載量10tダンプ、1時間に8台搬入

10t×8台=80t (1時間に搬入される原料)

80t×360kg=29t (必要な踏圧作業機械重量)

29t÷10 t = 2.9台(1台平均10tの踏圧作業機械2.9台必要)

10tの踏圧機械3台で常時踏圧することによりルールが満たされる

# C	エフィ	- ジ密度展示物の内容と発酵品質
オマり	サイレ-	- 7条没展水物以内各C架路品目

次0 リーレーノ 古反成り	1初の内谷 こ 光的 叩貝			
展示物	А	В	С	D
主体草種	チモシー 1 番草	オーチャードグラス2番草	チモシー 1 番草	チモシー 1 番草
調製日	7 /12(1 日)	7/1(1日)	6 /30(1 日)	7/16(1日)
サイロ	バンカー1,000㎡	スタック80㎡	バンカー350㎡	50%重ね 6 層巻
踏圧機械	ショベルローダ 2 台	ショベルローダ 1 台	ホイールトラクタ 2 台	ロールベーラ
添加剤	無添加	無添加	乳酸菌	無添加
重量kg	446	587	809	520
体積㎡	0.765	0.981	1,148	565
密度kg/㎡	583	598	705	920
圧縮係数	1.8~1.9	1.8~2.0	2.0~2.3	2.3
V-スコア	92	89	89	100

重量は秤量値、体積は採寸、密度は重量/体積(製品)、圧縮係数は回帰式使用(大型バンカサイロの踏圧法 根釧農試2005)、V-スコアは十勝農協連分析データによる

4. サイレージの色

表8の①、②は水分含量が異なるチモシー主体サイレージです。①は高水分で酪酸含量が高く劣質(V-スコアは14点)、②は淡黄色、適水分で良質(V-スコアは100点)、③は一般的な良質サイレージ、④は多草種原料に由来する暗色ですが栄養価と嗜好性はともに優れています。サイレージの色と食い込みの観察による評価は便利です。表9はチモシー主体サイレージをV-スコア降順に配置したものですが、色調は一般的にアンモニア態窒素、酪酸含量が高いものほど暗く、乳酸含量が高くpHの低いものは明るい傾向が見られます。表10はコーンサイレージ(ホールクロップ)の色調です。①は理想の淡いオリーブ色、②は枯葉を含む色、③は酢酸臭サイレージなどに見られます。実入りと破砕がともに良いものは白い粉質のデンプンが見られます。

表8·表9 原料草の内訳は生草重割合%、TDN·Ob·アンモニア態窒素・CP·SIP·NDFは乾物中%、酪酸・乳酸・酢酸・プロピオン酸は新鮮物中%

飼料分析は十勝農協連、**表8**の撮影2013.10.15、**表9**の撮影2013.05.31

むすび

サイレージは、発酵食品、です。衛生的な調製管理を目指しましょう。

参考文献

糞尿の多量施用が牧草品質に及ぼす影響 新得畜試 1998

飼料分析データ 十勝農協連

「フィールドノート自給飼料」 髙木正季著 デーリィマン社2017

出典の記載なき写真および図表は著者撮影・作成

表8 サイレージの色調と飼料分析値

①チモシー主体	
水分 TDN Ob pH アンモニア態窒素 酪酸 乳酸 酢酸 プロピオン酸 V-スコア	83. 9 56. 8 66. 1 4. 9 0. 09 0. 37 0. 01 0. 89 0. 17 14



①高水分で暗色、不良発酵サイレージ

②チモシー主体 水分 71.3 TDN 62.1 Ob 55.4 рΗ 3.8 アンモニア熊窒素 0.01 酪酸 0.00 乳酸 1.71 酢酸 0.20 プロピオン酸 0.00

100

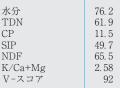


②乳酸が①に比べて多く、明黄色の良 質発酵サイレージ

ッテモシー62% アルファルファ14% リードカナリーグラ ギ酸添加	
水分	76. 2
TDN	61. 9
CP	11. 5

V-スコア

②エエシー620





③チモシー主体で一般的な色合いの 良質発酵サイレージ

④多草種混播80%ノビエ20%乳酸菌添加	
水分	79. 2
TDN	61. 5
CP	15. 9
SIP	43. 4
NDF	52. 9
K/Ca+Mg	1. 12
V-スコア	87



④ライグラス類、メドウフェスク、ア ルファルファ、マメ科牧草に由来す る暗色、発酵品質・栄養価・嗜好性は ともに優れる

表 9 チモシー主体サイレージの飼料成分と色調

表9 ナモン一王体サイレ	ーンの飼料成	分と巴詢						
試料	1	2	3	4	5	6	7	8
水分	71.3	84.3	79.0	77.8	78. 2	76.8	84.2	83. 9
рН	3.8	3. 5	3.6	3.8	4. 1	4.1	4.7	4.9
アンモニア態窒素	0.01	0.00	0.02	0.02	0.03	0.05	0.03	0.09
酪酸	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.08	0.04	0.37
乳酸	1.71	0.68	2.70	2.20	1.96	1.06	0.18	0.01
酢酸	0.20	0.21	0.88	0.65	1.11	1.24	0.85	0.89
V-スコア	100	99	95	95	83	67	64	14
色調 (同条件撮影)	- The state of the						4	

表10 コーンサイレージの原料と色調



①淡いオリーブ色 官能的評価で望ましい とされる色



②濃いオリーブ色と枯 葉色 枯葉混入率が高い



③淡黄色 高水分サイロ底、酢酸 発酵、高硝酸態窒素原 料など