

自走細断型専用収穫機で調製した飼料イネサイレージの発酵品質と長期貯蔵性

細谷 肇・山田真希夫・反町 裕

Fermentative Quality and Long-term Storability of Rice Whole Crop Silage
Baled by Combine-type Chopping Harvester

Hajime HOSOYA, Makio YAMADA and Yutaka SORIMACHI

要 約

飼料イネのロールベールサイレージ調製には、水田での収穫のために実用化されたコンバイン型専用収穫機の普及が大きく貢献している。この従来機種は材料草の切断長が長くベールの梱包密度が低いため、安定した乳酸発酵を得にくくサイレージ品質に改善の余地があるとされ、改良機種としてイネを短く切断し均一に攪拌混合して梱包する自走細断型専用収穫機が開発された。細断型機および従来型機を用いて黄熟期の飼料専用品種夢あおばを9月上旬に収穫調製し、2ヵ月、5ヵ月、9ヵ月、13ヵ月貯蔵後、それぞれのサイレージ発酵品質とかびの発生状況を調査し、長期貯蔵性を検証した。

細断型によるサイレージは従来型に比べ梱包密度を高く調製することが可能で、添加剤を使用しなくても、かびの発生が少なく廃棄率を低く抑制することができ、1年以上に及ぶ長期貯蔵にも改善効果が認められた。乳酸生成量は乳酸菌（畜草1号）を添加した従来型のベールと同等程度に高く推移した。

しかしベールの気密性が高まることは嫌気性菌である酪酸菌の増殖にも好適環境であり、収穫調製後初期でのpH低下が不足した場合に酪酸発酵を招く可能性があるため、特に湿田での収穫では材料草への土の付着の回避に配慮するなど乳酸発酵に好条件となる収穫が重要であった。

緒 言

本県における稲発酵粗飼料（以下、飼料イネサイレージ）生産の先進事例として、旭市のコントラクタ組織がコンバイン型専用収穫機¹⁾を核とした収穫体系により飼料イネのロールベールサイレージを調製し、県下の畜産農家に供給するシステムが定着している^{2,3)}。しかしコンバイン型専用収穫機で成形されたロールベールは、フレール型専用収穫機¹⁾と比較して切断長が長く梱包密度が低いことから⁴⁾、pHの低下および乳酸含量の増加が不十分であり、乳酸発酵促進の点でフレール型に一步譲ることが報告されている^{5,6)}。さらに、コンバイン型のレシプロモアとディスクカッタによる刈取り機構の特徴として、円筒形ベールの片側に穂部、逆側に株元部が

集中して成形されるため⁷⁾、比較的密度が低いベール側面中部の円周がへこむ形状になりやすく、ラッピングにおいてストレッチフィルムとベール表層の密着が劣る状況を招いている。

また、材料草としてのイネは付着する野生乳酸菌数がトウモロコシやソルガムと比較して少なく、特にサイレージ発酵能力が高く重要な役割を果たす乳酸桿菌の菌数レベルが著しく低い⁸⁾。さらに、乳酸発酵の材料として必須である可溶性炭水化物の含量がトウモロコシに比べはるかに少ない⁹⁾。

この基本条件に加え、コンバイン型の場合、梱包密度と気密性の不足から好氣的環境が生じやすい状況にあるわけで、糸状菌（かび）に代表される好氣的微生物の増殖によるサイレージ品質の低下が大いに危惧される。耕畜両経営の円滑な連携による生産利用を阻害する危険を防ぐため、旭市の事例では良質な乳酸発酵よりかびの抑制を最優先した品質管理を重視しており、その効果が期待できる尿素添加^{10,11)}を標準技術として運営の成果を

平成 21 年 8 月 31 日 受付

得ている¹²⁾。

このように良質サイレージの調製において、材料草の不十分な切断、部位による成形の片寄り、低い梱包密度は基本的に不利である。これらのコンバイン型専用収穫機の短所を解消する目的で、同機の改良型として自走細断型飼料イネ専用収穫機¹³⁾が開発され、2008年には実用化に至った。本機種は、ディスクカッタの能力向上と攪拌装置の設置によって細断した材料草を均一に混合し、高密度梱包の実現を主眼に改良されたものである。そこで、本機種によって調製された飼料イネサイレージについて発酵品質の改善効果とかび類の抑制効果、さらに利用拡大のため1年を通じた長期貯蔵性を検証し、普及段階での有効活用に向けた検討を行った。

材料及び方法

1. 飼料イネの収穫調製

千葉県旭市農家の2圃場に作付けられた飼料専用品種の夢あおば(一部タカナリ)を、いずれも黄熟期でダイレクトカット方式にて収穫した。機種による比較検証を想定し、2007年9月4日には開発が実用水準に達した自走細断型専用収穫機(WB1020型、以下で細断型収穫機と表記)、同9月10日には従来のコンバイン型専用収穫機(WB1010型、以下で従来型収穫機と表記)を用い、それぞれ別圃場の圃場で収穫調製を実施した。細断型による材料草の切断長は15mmとした。

添加剤処理は、細断型が無処理(無添加)、従来型が乳酸菌添加および無処理で行い、合計3処理区分とした(以下で細断型・無処理区、従来型・乳酸菌区、従来型・無処理区と表記)。供試乳酸菌株は飼料イネサイレージ調製用として開発された畜草1号¹⁴⁾を用い、その凍結乾燥製剤を水道水に溶かして0.14%溶液を作成し、材料草原物重量の0.4%相当の溶液を収穫機に装備の噴霧装置¹⁵⁾により添加した。

刈取り・成形後は、ただちに自走式ロールラップ(SW1010W)で白色ストレッチフィルム6層巻きのロールペールとした。3処理区分とも8個ずつ調製し、総計24個を供試した。

2. ロールペールの貯蔵、開封、サンプリング

調製後のペールは2カ所に半分ずつ貯蔵した。旭市産の飼料イネサイレージを実用に供している近隣肉牛農家(匝瑳市)と、千葉県畜産総合研究センター(八街市)の双方に、3処理区分のペールを各4個、計12個ずつ運搬した。いずれも遮へい物及び日陰が無い平坦な野外(匝瑳市は堆肥施設脇、八街市は圃場内)に直置きし、縦置き1段で保管した。

収穫2ヵ月後(2007年11月19,21日)、同5ヵ月後(2008年2月20,27日)、同9ヵ月後(同6月17,24日)、同13ヵ月後(同10月14,15日)の4回開封調査を行った。4回とも、2貯蔵場所から3区分のペールを1個

ずつ開封対象とし、計6個を調査した。

いずれもペールの外観を観察した後に開封し、直ちに以下の処置を行った。目視により確認されたかびの発生部位は手作業で分離して廃棄部分とし、ストレッチフィルムとペール結束用トワイン(従来型)もしくはペール成形ネット(細断型)を除いたロールペール正味原物重量に対する廃棄率を算出した。前報¹²⁾と同じ方法で、縦置きロールペールの上部、中央部、下部のかび発生が無い部分から等重量をサンプリングし、これを混合して分析試料とした。

3. 発酵品質及び飼料成分分析

サイレージの抽出液調製、pH測定、揮発性塩基態窒素(VBN)及び全窒素(TN)の定量、TNに対するVBNの割合(VBN/TN)の算出、乳酸と揮発性脂肪酸(VFA)の同時定量、V-SCOREとフリーク評点による評価、飼料分析用試料の調製、一般成分分析、デタージェント分析、可消化養分総量(TDN)の算出について、前報¹²⁾に準じて実施した。

4. 統計処理

3処理区分と2貯蔵場所を因子とする繰り返しのない二元配置法で貯蔵期間別に分散分析を行ったが、各結果について貯蔵場所の違いによる有意差が全く認められなかった。そこで2貯蔵場所の結果をプールして3処理区分を因子とする一元配置法による分散分析に組み直し、Tukeyの方法により平均値の多重比較を行った。

結 果

1. 供試ロールペールの状況

9月4日の細断型、9月10日の従来型の収穫は、ともに当日を含む事前3日間に降水がない条件下で実施され、材料草と圃場いずれも良好な状態であった。細断型の収穫は、材料草の水分含量(地際刈り)が平均51.3%、刈り高が平均11.3cmであった。従来型は、水分含量が平均54.6%、刈り高が平均7.0cmであり、材料草の夢あおばが量的に若干不足したため無処理区の一部を近隣圃場のタカナリで補充した。

供試ロールペールの開封時における正味原物重量の平均と標準偏差(各区8個)は、細断型・無処理区、従来型・乳酸菌区、従来型・無処理区の順に、 $331 \pm 14\text{kg}$ 、 $263 \pm 12\text{kg}$ 、 $275 \pm 16\text{kg}$ 、水分含量は同順に $55.7 \pm 2.2\%$ 、 $57.1 \pm 2.7\%$ 、 $59.9 \pm 5.6\%$ 、乾物梱包密度は同順に $218 \pm 16\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $142 \pm 13\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $139 \pm 16\text{kg}/\text{m}^3$ であった。

貯蔵中の梱包フィルム破損は、微小なピンホールから比較的大きな破損を含め収穫5ヵ月後開封のペールから確認され始めたが、ほとんどが鳥害(カラス)によるものであった。特に農家貯蔵分の従来型ロールペールでは、8月上旬に集中して被害が発生した。フィ

表1 貯蔵期間別・処理区分別のサイレージ発酵品質

| 貯蔵期間 | 処理区分 | pH | VBN/TN (%) | 有機酸含量 (新鮮物中%) | | | | | 発酵品質評価 (点) | |
|-------|---------|------|--------------------|--------------------|------|--------|------|------|------------|------------------|
| | | | | 乳酸 | 酢酸 | プロピオン酸 | n-酪酸 | 総酸 | V-SCORE | フリーク評点 |
| 2 ヶ月 | 細断型・無処理 | 4.87 | 4.2 ^{Bb} | 0.99 | 0.36 | 0.01 | 0.14 | 1.50 | 87 | 44 |
| | 従来型・乳酸菌 | 4.67 | 2.8 ^{Aab} | 0.96 | 0.23 | 0.00 | 0.02 | 1.21 | 98 | 86 |
| | 従来型・無処理 | 4.98 | 2.6 ^{Aa} | 0.62 | 0.24 | 0.01 | 0.03 | 0.90 | 97 | 59 |
| 5 ヶ月 | 細断型・無処理 | 4.54 | 4.0 | 1.56 | 0.44 | 0.01 | 0.11 | 2.12 | 89 | 59 |
| | 従来型・乳酸菌 | 4.70 | 3.4 | 0.95 | 0.55 | 0.01 | 0.03 | 1.54 | 94 | 55 |
| | 従来型・無処理 | 5.07 | 4.6 | 0.41 | 0.73 | 0.02 | 0.18 | 1.34 | 80 | 15 |
| 9 ヶ月 | 細断型・無処理 | 4.33 | 4.2 | 1.75 ^b | 0.45 | 0.01 | 0.09 | 2.30 | 91 | 69 ^b |
| | 従来型・乳酸菌 | 4.42 | 4.8 | 1.39 ^{ab} | 0.75 | 0.01 | 0.04 | 2.19 | 92 | 57 ^{ab} |
| | 従来型・無処理 | 4.74 | 5.5 | 0.88 ^a | 0.69 | 0.02 | 0.12 | 1.71 | 84 | 38 ^a |
| 13 ヶ月 | 細断型・無処理 | 4.37 | 6.5 | 1.86 | 0.52 | 0.03 | 0.12 | 2.53 | 85 | 59 |
| | 従来型・乳酸菌 | 4.42 | 8.2 | 1.58 | 0.85 | 0.02 | 0.04 | 2.48 | 85 | 67 |
| | 従来型・無処理 | 4.46 | 5.9 | 1.54 | 0.81 | 0.02 | 0.08 | 2.45 | 87 | 51 |

平均値、n=2

貯蔵期間ごとの縦列異符号間に有意差あり；AB: P<0.01、ab: P<0.05 (Tukey)

ルム破損箇所数の平均と標準偏差 (各区 8 個) は、細断型・無処理区 0.5 ± 0.5 ヶ所、従来型・乳酸菌区 3.4 ± 6.8 ヶ所、従来型・無処理区 1.8 ± 4.2 ヶ所であった。

2. サイレージ発酵品質

表1に、貯蔵期間別、処理区分別の pH、VBN/TN、有機酸含量、V-SCORE、フリーク評点を示した。

pH は、従来型・無処理区の平均値が高く推移し、2 ヶ月貯蔵では従来型・乳酸菌区、5 ヶ月貯蔵以降は細断型・無処理区が最も低い値を示したが、いずれも有意差は認められなかった。

VBN/TN は、2 ヶ月貯蔵では細断型・無処理区が 4.2% で他区に比べ有意に高かったが、値としては高品質の範囲¹⁶⁾であった。5 ヶ月以降は各区間に差はなく、また各区の全期間を通じてすべて良好な品質と判断される水準にあった。

有機酸総量は各区分とも貯蔵の経過とともに増加傾向にあった。各酸の組成は処理区分間にほとんど有意差が検出されなかったが、平均値の傾向としては以下のとおりであった。乳酸含量は 2 ヶ月貯蔵の段階から細断型・無処理区、次いで従来型・乳酸菌区で高い値を示し、その後も同様の傾向で推移した。9 ヶ月貯蔵では細断型・無処理区が新鮮物中 1.75% で、従来型・無処理区に対し有意に高かった。細断型の酢酸含量は 2 ヶ月貯蔵では高かったが、5 ヶ月以降は逆に最も低く推移した。n-酪酸は、細断型の含量が 2 ヶ月貯蔵から 0.14% と高く、その後も大きく減ずることなく 0.10% 前後で推移した。n-酪酸含量が安定して低かったのは、0.04% 以下で推移した従来型・乳酸菌区であった。

V-SCORE は、各区分で有意差が認められず、いずれも 80 点以上の評価であった。フリーク評点は、品質として可の評価が得られない 40 点以下であったのは、従来型・無処理区の 5 ヶ月貯蔵での 15 点、同じく 9 ヶ月貯蔵での 38 点であった。9 ヶ月貯蔵では細断型・無

処理区との間に有意差が認められた。

3. かびの発生状況

表2に、貯蔵期間別、処理区分別にかびの発生状況を示した。

5、9 ヶ月貯蔵では、細断型の乾物梱包密度が従来型に対して有意に高かった。かびの発生による廃棄は各区分とも 5 ヶ月貯蔵から発生したが、貯蔵期間を通じて細断型・無処理区の廃棄率が 3% 以下と低い水準で推移し、従来型・無処理区もこれと有意差がなかった。

従来型・乳酸菌区は、鳥害によるフィルム破損と廃棄率が従来型・無処理区に対し 9 ヶ月貯蔵で有意に高く、13 ヶ月貯蔵では集中して被害を受けたバールがあるなど個体差が大きかったので有意性は検出されなかったが平均値は 9 ヶ月貯蔵時と同程度の高い水準であった。

4. 飼料成分

表3に、貯蔵期間別、処理区分別の分析値を示した。5、13 ヶ月貯蔵で細断型・無処理区の粗脂肪と粗灰分に他区との差が認められた以外は有意性の検出はなく、貯蔵期間を通じて処理区分間で飼料成分値と栄養価の変動に一定の傾向は認められなかった。

考 察

本報告における供試ロールバールは、いずれの処理区分・貯蔵期間でも、サイレージ発酵品質評価の V-SCORE が良の判定¹⁶⁾であり、pH、VBN/TN、有機酸組成の各項目もほとんど差が認められなかった。これは明確に発酵品質の劣ったバールが存在しなかったことによるが、各区分とも一定以上の梱包密度が得られていたことが寄与したと考えられる。

細断型の供試バールは、正味原物重量が 300kg 以上、乾物梱包密度が 200kg/ m³ 以上で、明らかに高密度の梱包である (表2)。なお今回は供試に加えなかったが、同

表2 貯蔵期間別・処理区分別のかび発生状況

| 貯蔵期間 | 処理区分 | ロールベールの条件 | | | | かびの発生 | |
|-------|---------|------------------|--------|-------------------------------|----------------------|-------------------|-------------------|
| | | 正味原物重量 (kg) | 水分 (%) | 梱包密度 (乾物 kg/ m ³) | フィルムのピンホールもしくは補修箇所の数 | 廃棄量 (kg/ ベール原物) | 廃棄率 (%) / ベール原物) |
| 2 ヶ月 | 細断型・無処理 | 325 | 56.5 | 212 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 従来型・乳酸菌 | 265 | 54.4 | 154 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 従来型・無処理 | 265 | 55.3 | 150 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 5 ヶ月 | 細断型・無処理 | 328 | 54.6 | 224 ^b | 0.5 | 2.2 | 0.7 |
| | 従来型・乳酸菌 | 262 | 58.2 | 139 ^a | 1.0 | 20.6 | 7.7 |
| | 従来型・無処理 | 279 | 63.3 | 128 ^a | 0.5 | 5.6 | 2.2 |
| 9 ヶ月 | 細断型・無処理 | 328 ^b | 54.9 | 215 ^b | 1.0 ^{ab} | 9.0 ^{ab} | 2.7 ^{ab} |
| | 従来型・乳酸菌 | 267 ^a | 58.4 | 139 ^a | 2.5 ^b | 24.3 ^b | 9.1 ^b |
| | 従来型・無処理 | 280 ^a | 61.4 | 133 ^a | 0.0 ^a | 4.6 ^a | 1.7 ^a |
| 13 ヶ月 | 細断型・無処理 | 341 | 56.8 | 219 | 0.5 | 5.0 | 1.5 |
| | 従来型・乳酸菌 | 259 | 57.5 | 135 | 10.0 | 25.6 | 10.1 |
| | 従来型・無処理 | 277 | 59.5 | 147 | 6.5 | 17.1 | 6.4 |

平均値、n=2

貯蔵期間ごとの縦列異符号間に有意差あり； ab: P<0.05 (Tukey)

表3 貯蔵期間別・処理区分別のサイレージ飼料成分と栄養価

| 貯蔵期間 | 処理区分 | 飼料成分 (乾物中%) | | | | | | TDN (乾物中%) | |
|-------|---------|-------------|-------------------|------|-------|-------------------|------|------------|------|
| | | CP | EE | NFE | C.Fib | C.Ash | ADF | | NDF |
| 2 ヶ月 | 細断型・無処理 | 6.1 | 3.4 | 58.7 | 20.4 | 11.3 | 24.2 | 37.5 | 58.7 |
| | 従来型・乳酸菌 | 4.0 | 2.8 | 58.0 | 21.4 | 13.7 | 25.2 | 39.5 | 56.8 |
| | 従来型・無処理 | 5.3 | 2.9 | 55.6 | 21.8 | 14.4 | 25.9 | 39.7 | 56.1 |
| 5 ヶ月 | 細断型・無処理 | 5.5 | 3.3 ^b | 60.4 | 21.1 | 9.7 ^a | 23.1 | 36.2 | 59.7 |
| | 従来型・乳酸菌 | 5.7 | 3.0 ^{ab} | 52.1 | 24.5 | 14.7 ^b | 26.9 | 42.8 | 55.3 |
| | 従来型・無処理 | 5.2 | 2.8 ^a | 48.0 | 28.5 | 15.5 ^b | 30.9 | 49.5 | 53.7 |
| 9 ヶ月 | 細断型・無処理 | 5.9 | 2.9 | 61.5 | 19.9 | 9.7 | 22.9 | 38.8 | 59.7 |
| | 従来型・乳酸菌 | 5.2 | 2.6 | 55.7 | 21.9 | 14.6 | 25.7 | 42.1 | 55.7 |
| | 従来型・無処理 | 4.9 | 2.7 | 51.6 | 25.6 | 15.2 | 29.5 | 47.4 | 54.6 |
| 13 ヶ月 | 細断型・無処理 | 6.1 | 2.8 ^b | 60.5 | 20.9 | 9.8 ^a | 24.7 | 37.5 | 59.3 |
| | 従来型・乳酸菌 | 5.0 | 2.3 ^a | 55.7 | 22.5 | 14.4 ^b | 25.5 | 40.5 | 55.6 |
| | 従来型・無処理 | 5.0 | 2.4 ^a | 55.8 | 22.6 | 14.3 ^b | 27.3 | 42.9 | 55.7 |

平均値、n=2

貯蔵期間ごとの縦列異符号間に有意差あり； ab: P<0.05 (Tukey)

TDN は日本標準飼料成分表 (2001 年版) 掲載の消化率を用いて算出

圃場の材料草を用いて切断長 30mm でも調製を行った。この場合の平均 (n=7) は正味原物重量が 285kg、乾物梱包密度が 187kg/ m³ であり、切断長 15mm の場合より低いものの、30mm でも梱包密度の水準としては十分高い値である。

一方、従来型ベールの場合、乾物梱包密度が平均 127kg/ m³ (最大 143 – 最小 100kg/ m³) とする報告 4) がある。本報の供試ベールは 140kg/ m³ 前後であったことから、従来型として最高水準の密度が得られていたと判断される。

これらの状況を踏まえたうえの観点として、以下では処理区分間の明確な品質差を求めるより、細断型を中心にベール品質の特徴を見極めることに重点を置いて考察を進める。

細断型ベールの発酵の特徴は、まず乳酸生成量が高く推移していることがあげられる。畜草 1 号の添加が乳酸発酵促進に有効であることは既報 12) のとおりであるが、

細断型は無添加であっても従来型・乳酸菌区と同等以上の乳酸生成量が得られることが各貯蔵期間で確認できる。これは細断型の高密度梱包と高い気密性が、材料草に付着する野生乳酸菌の増殖に強く影響したと推察される。

酢酸含量は、2 ヶ月貯蔵では従来型より高い値だが、その後は漸増するものの比較的準準に推移しており、貯蔵期間に伴う増加の明らかな従来型との違いが認められる。酢酸はヘテロ乳酸菌の発酵によっても生成されるが、材料草の詰込み密封後長時間にわたって好気性あるいは通性嫌気性のコリ型細菌の増殖が維持されると酢酸含有率の高いサイレージになりやすいとされる 17)。このことから、細断型の梱包密度の高さの効果が酢酸にも現れていると判断される。

n- 酪酸含量についても区分間の有意差は認められないが、従来型・乳酸菌区が安定的に低く推移し畜草 1 号による酪酸菌の抑制効果 12,18) が得られたと考えられる。

一方、細断型では貯蔵期間を通し低く抑制されたとは言いがたい。細断型ペールの高度な気密性は、嫌気性微生物である乳酸菌と酪酸菌の双方にとって好適条件である。酪酸菌は土壌に生息するので、材料草への土の混入・付着が増殖の原因となる可能性が指摘されている¹⁹⁾。本県は北方が水郷地帯に代表される利根川水系であり、残る3方が半島の地形で海に面し、水系に囲まれた地勢であるうえ県土の平均海拔は全国一低い。県内水田は、地下水位が80cm以内にある湿田もしくは半湿田の面積が8割を超えるとされている²⁰⁾。そのため収穫前の落水後も水田土壌は乾きにくく、天候の悪化があれば材料草への土付着の危険がさらに増すことになる。

一方、好気性微生物であるかびの抑制効果は、細断型ペールでは貯蔵期間を通じ安定しており、高密度梱包による嫌気条件が有効に作用したと考えられる。鳥害による貯蔵中のフィルム破損も少なく、廃棄率が1年以上にわたり極めて低い水準で推移したことが高く評価される。細断型の鳥害発生が少なかったことは、固い梱包あるいはネット（細断型）とトワイン（従来型）の結束法の相違がフィルム破損の多少に影響した可能性もある。しかし、梱包の緩い従来型ペールに隣接しての貯蔵であったためそちらに被害が集中したとも考えられ、細断型ペールのみの貯蔵環境でも鳥害が発生しないとは結論できない。

相対的に梱包密度の低い従来型ペールは、かび発生と廃棄率の面で貯蔵期間が長くなるほど細断型より不利になると判断される。従来型・乳酸菌区での廃棄率が高かったが、特に農家貯蔵の供試ペールにおいて5ヵ月貯蔵（2008年2月）から鳥害によるフィルム破損が発生し始め、9ヵ月貯蔵（同年6月）以降ではさらに廃棄率が増加した。鳥害は基本的に季節的条件や地理的条件の影響で発生が左右されると考えられるが、当該貯蔵農家の観察によれば乳酸菌添加ペールの良質発酵の進行に伴う周囲への芳香拡散がカラスを呼び寄せたとのことであった。これに季節的な気温上昇が加わってかび発生による廃棄が拡大したと考えられる。乳酸菌添加の場合、嫌気条件を堅持してかびの発生を排除するために、ペール貯蔵中の鳥害対策がより重要になると考えられる。

飼料成分値と栄養価の変動は処理区分間で一定の傾向が認められず、基本的に収穫機や調製法の違いがこれらに及ぼす影響は明らかではない。細断型と従来型2区の間で粗脂肪と粗灰分に有意差があり、他の成分でも貯蔵期間を通じ両者の値にやや差があるように見受けられるが、これは細断型と従来型で収穫圃場が異なったことから材料草の違いに起因すると推察され、収穫機種の違いによるものとは言えない。むしろ、酪酸発酵や好機の変敗が生じた場合は栄養価の損失が起こるなど、発酵品質の差異によって成分組成の変化が生じることが考えられるので、収穫機械や調製技術の進歩により安定して良質発酵が得られることは成分組成と栄養面でも望ましいと

考えられる。

細断型収穫機は、サイレージの乳酸生成量が高まり品質が向上することを確認しつつ開発されており¹³⁾、乳酸発酵が主体となることは本報の結果からもまちがいない。しかしサイレージ材料草としてのイネの短所のひとつとして茎部が中空であることがあり、形態的にもサイロ内に相当の空気が残存しやすく、これは乳酸菌の生育にとって好ましい条件ではなく、乳酸の生成・蓄積が抑えられた結果、pHの低下が緩慢となり、酪酸の生成に結び付くものとされる²¹⁾。専用収穫機改良の主要点として材料草の細断がサイレージ品質向上に寄与しているが、切断長が15mmでも30mmでもディスクカッタの細断機構ではイネの稈の中空構造は残る。

他方、フレール型専用収穫機は材料草の圧砕効果が期待できる刈取り構造になっている⁵⁾。装備されたフレールモアは、レシプロモアやロータリモアに比べ材料草を縦裂きできるなどイネ体の堅固な中空構造を破壊し、空隙率を減少させて残存空気を排出し、材料草汁液の細胞壁外への滲出を多く導いて調製初期の乳酸菌増殖を促進するとされる⁴⁾。本報の結果では各処理区分ともpHの低下が十分とは言えず、従来型収穫機の場合は梱包密度の不足のためと考えられるが、細断型も9ヵ月貯蔵以降はpH4.3になるものの調製初期のpH低下が不十分であり、これは中空構造が残るなど茎葉組織の物理的破壊がフレール型より少ないことが影響していると考えられる。

しかし、刈取り時の材料草への物理的負荷が大きいフレール型収穫機では、黄熟期の刈取り部からの脱落等による損失が地上部総量の17%に及び、その損失には刎が著しく多く含まれると報告されている²²⁾。細断型を含むコンバイン型収穫機は刈取り機構の違いからこのような損失が少ない利点を持つので、これを活かしながら確実な発酵品質の向上を目指すべきであろう。

本県のような湿田地帯では、特に収穫前数日から当日の天候と水田土壌のコンディションに留意し、丁寧な収穫作業によって材料草への土の付着や混入を回避し、良好な状態で梱包することが基本技術として肝要である。しかし、本報の収穫は天候に恵まれた中で実施したが、細断型ペールでは酪酸が生成されている。早い段階でのpH低下が不十分であったことから、乳酸菌添加が早期の乳酸発酵促進と酪酸菌の抑制に効果があると期待される。機能が向上した機械導入だけですべてが解決されるとは限らず、収穫機と周辺技術の適切な活用の見きわめが各普及現場では必要となる。それによって良質発酵の維持とかびの抑制を両立させた細断型ロールペールサイレージの長期貯蔵が可能となろう。

本報告は中央農業総合研究センターの交付金プロジェクト地域農業確立総合研究「関東飼料イネ」の一課題として実施された。同研究で開発された細断型専用収穫機

の旭市での実演で供試ペールの調製に便宜をいただいた中央農研関東飼料イネ研究チームの方々、また従来型専用収穫機による供試ペールの調製に協力いただいた農事組合法人八万石の方々に深く感謝いたします。

引用文献

- 1) 全国飼料増産行動会議 (2006)、稲発酵粗飼料生産・給与技術マニュアル、(社)日本草地畜産種子協会：25 - 62
- 2) 鈴木一好・染井英夫 (2006)、千葉畜セ研報 6：59 - 60
- 3) 鈴木一好・染井英夫 (2007)、千葉畜セ研報 7：41 - 45
- 4) 百瀬義男・原 拓夫・土屋 学・袖山栄次・渡辺晴彦 (2006)、日草誌 51(4)：408 - 411
- 5) 吉田宣夫・春日政夫・山井英喜・青山達也・蔡 義民・藤田泰仁 (2002)、日草誌 48(別)：186 - 187
- 6) 斉藤健一・米本貞夫 (2003)、千葉畜セ研報 3：37 - 44
- 7) 浦川修司 (1999)、畜産の研究 53(1)：141 - 146
- 8) 蔡 義民・大桃定洋・熊井清雄 (1994)、日草誌 39(4)：420 - 428
- 9) 蔡 義民 (2003)、畜産の研究 57(8)：861 - 866
- 10) 吉田宣夫 (1999)、畜産の研究 53(1)：134 - 140
- 11) 斉藤健一・米本貞夫 (2003)、千葉畜セ研報 3：45 - 50
- 12) 細谷 肇・斉藤健一・反町 裕・米本貞夫 (2008)、千葉畜セ研報 8：71 - 76
- 13) 井尻 勉・石田元彦・千田雅之・田内 努 (2009)、地域農業確立総合研究、関東地域における飼料イネの資源循環型生産・利用システムの確立、最終報告書 II 研究報告編、中央農研：99 - 103
- 14) 蔡 義民・藤田泰仁・村井 勝・小川増弘・吉田宣夫・北村 亨・三浦俊治 (2003)、日草誌 49(5)：477 - 485
- 15) 浦川修司・吉村雄志・平岡啓司・山本泰也 (2003)、日草誌 49(3)：254 - 257
- 16) 自給飼料利用研究会 (2009)、三訂版粗飼料の品質評価ガイドブック、(社)日本草地畜産種子協会：74 - 78
- 17) 高野信雄・大島光昭・萬田富治・安宅一夫 (1989)、粗飼料・草地ハンドブック、養賢堂：555 - 568
- 18) 蔡 義民 (2004)、畜産の研究 58(6)：661 - 669
- 19) 菊地政則 (1986)、サイレージバイブル、酪農学園出版部：23 - 43
- 20) 千葉県・千葉県農林技術会議 (2001)、稲作標準技術体系：39 - 46
- 21) 永西 修・四十万谷吉郎 (1998)、日草誌 44(2)：179 - 181
- 22) 元林浩太・湯川智行・佐々木良治・米村健・高畑良雄 (2004)、平成 16 年度共通基盤研究成果情報、作業技術部会、中央農研