

野菜残さの飼料利用に向けた調製と肉用牛への給与技術

小川 増 弘¹、蔡 義 民²、安藤 吉 信³

1：(財) 日本農業研究所客員研究員

2：(独) 国際農林水産業研究センター生産環境・畜産領域主任研究員

3：(株) 松屋フーズ環境事業推進室

目 次

- 1 はじめに
- 2 野菜残さの利用のための据置型システムの開発
- 3 野菜残さの硝酸態窒素低減とサイレージ調製
- 4 野菜残さサイレージの肉用牛への給与技術
- 5 おわりに
- 6 謝辞
- 引用文献

1. はじめに

1) 『もったいない』の解消

本論文は、今までにほとんど研究されなかった廃棄野菜等の飼料化に関する共同研究成果を取りまとめたものである。

野菜は栽培面積や気象条件によって豊作になったり思わぬ凶作にみまわれたりする。そのことで供給過剰のために値崩れしたり、反対に供給が逼迫して高騰してしまう。このような野菜の価格が大きく変動するということに対して野菜の生産・出荷の安定を図り、消費生活の安定を目的として野菜価格安定対策事業が実施されている。農林水産省における「野菜の緊急需給調整手法に関する検討委員会」資料によると、「野菜の特性として、生育期間が短いこともあり、気象条件の影響を受けて作柄が変動しやすいこと、保存性も乏しいために、供給量は変動に伴って価格が乱高下し易いこと、さらに品目の転換が比較的容

易であることから、価格の変動に応じて作付面積が増減し易いために、価格の著しい低迷が長期化すると生産者の作付意欲が低下し次期作付けで面積が減少して、次期において価格が高騰し、消費者への安定供給に支障が生じるおそれがあること」などが検討されている。さらに、「現行の緊急需給調整制度には、出荷の後送り、新規加工用仕向けなど、過剰な野菜を有効活用しようとする仕組みは一部にあるものの、これらでは対応できない場合には、過剰状態を解消するために産地廃棄（この中には、後述のほ場廃棄の他に、飼料化、堆肥化、廃棄物としての処分などが含まれる）が緊急需給調整制度上認められ、これらはやむを得ないいわば最後の手段として採用されている。中でもほ場廃棄（野菜をほ場へすき込む手法による処分）については、消費者から食べられるものを捨てているのは『もったいない』との批判が集まっており、生産者からは収穫可能な状態まで作物を育てた努力を出荷に結びつけられないのは『もったいない』という声が寄せられている。多数の国民の『もったいない』という感覚を活かす視点から、緊急需給調整制度の運用を改善するなどほ場廃棄をできるだけ少なくするために必要な見直しを図ることが必要になっている。そのために、ほ場廃棄を減らす手法の一つとして「飼料用途等新規用途の開発・研究の推進」があり、過剰になった野菜の利用方策として、家畜の飼料化が考えられるが、その推進を図るためには、飼料としての加工方法や給餌体系等について明らかにすることの必要性が指摘されている（農林水産省2007）。また、最近需要が大きいカット野菜生産工場においては加工に伴って大量の野菜廃棄物が発生しその処理経費の削減や工場におけるゼロエミッションに向けた利活用が課題となっている。

2) 飼料化について

わが国の畜産は飼料の多くを輸入に依存して成り立っていることはよく知られており、国内の飼料生産を増加して飼料自給率を向上させることが永年の課題となっている。農林水産省の「飼料をめぐる情勢」をみると、飼料自給率は、純国内産粗飼料が78%、同濃厚飼料が11%、全体としては25%（TDNベース、農林水産省 飼料を巡る情勢、平成23年10月）となっている（農林水産省2011）。農林水産省は飼料自給率の目標値を35%としているが、これを粗飼料

と濃厚飼料に分けてみると前者の目標値は100%、後者の目標値は19%に設定され各分野で取り組みが実施されているところである。後者については食品残さ等の飼料利用（エコフィード）が例示されている。農林水産省生産局畜産部資料（飼料自給率向上に向けた平成21年度行動計画（案）平成21年3月27日）によると水田・畑のフル活用による飼料作物の作付け拡大といった飼料増産とともにエコフィードの利用拡大が目標とされ、北海道の農産物加工残さ（ビート・馬鈴薯等）の飼料化、都市近郊（千葉・東京・神奈川等）の余剰食品残さ、九州では焼酎粕をそれぞれ扱う業者が多いことが紹介されている。野中では過剰野菜などの畜産飼料化の取り組みについてニンジンやながいもの事例を詳細に紹介している（野中 2009.4）。エコフィードについて筆者らの1人が係わった事例としては、静岡県において飲料用お茶生産で発生する茶殻をサイレージとして利用する事例（蔡ら）がある。本報告で対象としたカット野菜工場で発生する野菜残さの利用法については、今後カット野菜の需要増加が期待され、残さの発生量が増加すると見込まれることから将来に向けて取り組むべき課題である。これらの野菜残さを飼料に利用することができれば、飼料自給率の向上に貢献するとともに、野菜残さの飼料化の技術は先に紹介した「もったいない」と指摘されている野菜のほ場廃棄の解消に活かされる技術でもある。しかし、その飼料化に当たっては特に家畜を実規模に近いスケールで飼養した実証的研究が不可欠であることから和牛の飼育に一定の実績を有する当実験農場がその取り組みに参画することとなった。

3) 飼料化の課題

ところで、廃棄野菜や野菜残さを牛用飼料として利用する場合には重要な栄養成分である粗蛋白質が高いといったメリットがある反面、低コスト化やハンドリングの改善をはじめとして多くの課題がある。飼料成分に限ってみても2点の大きな問題がある。その1点目は生産物の水分含量が極めて高いことである。その2点目は硝酸態窒素含量が高いことである。1点目については水分含量が高い場合には運搬しても水を運んでいるようなものであるため仮に原物当たりでは低コストであったとしても乾物当たりあるいはTDNのような栄養量当たりのコストをみれば非常に高くなってしまうことになる。貯蔵性からみても

高水分では水を貯蔵していることになり乾物あるいは栄養量当たりの貯蔵コストが高くなる。高水分貯蔵の問題はそれだけではなく、変敗のリスクが高くなったり排汁により環境汚染の問題が発生する可能性がある。ビール粕や焼酎粕などの製造粕類はもともとは高水分であるが工場段階で脱水や乾燥によって水分を下げる技術が開発され現在では多くが水分を低く抑えて利用しやすい状態で流通している。しかし、野菜残さについて今のところコスト面で実用的なレベルまで低水分にできる技術の開発は不十分である。2点目の硝酸態窒素が高いことについては、五訂増補食品標準成分表からも推察される。すなわち、同成分表では原物当たりの硝酸イオンで表示されているので、乾物当たり硝酸態窒素に換算すると、キャベツでは3,700mg/kg、はくさいでは4,700mg/kgとかなり高い数値である(文部科学省2005)。食品標準成分表の数値は野菜の可食部(キャベツでは芯を除いた結球葉、はくさいは結球葉の株元)を対象としていることから、外葉部分や芯部分を多く含むカット野菜で生じる残さとは同一とは言えないが残さの硝酸態窒素が高いことは十分に想像される。後述するように実際に行った分析結果はかなり高い値であった。反すう家畜の場合には硝酸態窒素が高い飼料を摂取すると反すう胃内で硝酸塩が亜硝酸塩に還元されメトヘモグロビン血症を発症して死に至る危険があることからその低減が飼料化に必要な条件である。糞尿などを多量施用して栽培した牧草を給与した牛にも同様の発症がみられることから大きな問題となっていた。当実験農場においても過去には飼養している養牛が発症したことがあるということである。野菜残さの硝酸態窒素低減技術の開発はその飼料利用に向けて不可欠の課題であるだけでなく、その技術が確立された場合に硝酸態窒素の高い牧草が生産された場合にその低減化にも活用できる技術であると期待されている。

野菜残さは生産から消費までのいくつかの段階で発生する。まず圃場段階での発生である。野菜を収穫する場合に圃場段階である程度の残さが生じる。多くはそのまま圃場にすき込むか堆肥場に堆積して堆肥化する。次ぎに集荷場では“はねもの”といわれる切断したり傷んでしまった物、市場出荷用に取り除かれた部分などが残さとなる。北海道十勝地方ではにんじんの集荷場で生じたにんじんの残さを牧草等と組み合わせて混合飼料(TMR)に利用している(地域で産出するニンジンジュース粕等の利用；十勝・帯広型エコフィードTMRセ

ンター 2009.10)。カット野菜の工場で発生する残さについては本稿の直接対象とするところであり後述する。最後にレストラン、スーパーマーケット、学校給食などの消費段階で発生する残さがある。これらは農林水産省の資料では余剰食品（売れ残り食品、塵芥類等）となっている。この場合は夾雑物の除去が課題であり、牛用の飼料利用には大きな障害である動物性資源を含むことから主にブタ用飼料として利用されることになる。

4) 共同研究の立ち上げ

カット野菜は今後の需要拡大が期待されているが、他の段階で発生する残さと比較して野菜工場で発生する残さは発生量等に季節変動が小さいようであり、この点は飼料としては都合が良く飼料利用上の大きなメリットと考えられる。

食品リサイクル法（平成13年に施行、同19年に一部改正）では、Q&A方式でその定義について紹介されている（食品残さ等利用飼料の安全性確保のためのガイドライン 2008.1）。例えば、食品製造副産物等の等は具体的に何をさすかの質問に対して、「製造副産物に相当しない野菜カット屑等の加工屑をさしており……」と回答されている。今回研究の対象とした野菜残さはまさにこれに該当すると思われる。そのことから、工場においては、それを飼料あるいは飼料原料として利用する場合は飼料安全法の対象となるであろう。

残さを含めた廃棄野菜を牛用飼料として利用することを目的として、農林水産省の委託研究事業「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」において、「廃棄野菜等の安全で高品質な飼料への再生・利用技術の開発」が採択され（独）農業・食品産業技術総合研究機構畜産草地研究所が主査機関となり（株）松屋フーズ、（独）家畜改良センター及び（財）日本農業研究所が参画して実施された（実施期間：2008～2010年度）。本研究課題は3つの中課題から構成されている。課題名及び研究体制は表1の通りである。

本稿は、上記実施課題の内、1. 可搬型および据え置き型野菜サイレージ調製機械システムの開発の（2）据置型システムの開発、2. 硝酸態窒素低減可能な微生物探索及び複合微生物添加剤の開発の中の（1）微生物菌群の探索と

表 1 研究実施課題及び研究体制 (抜粋)

研究項目	担当機関
研究総括者	(独) 農業・食品産業技術研究機構 畜産草地研究所
1. 可搬型および据置型野菜サイレージ 調製機械システムの開発 (1) 可搬型システムの開発 (2) 据置型システムの開発	畜産草地研究所 (株) 松屋フーズ富士山工場
2. 硝酸態窒素低減可能な微生物探索及び 複合微生物添加剤の開発 (1) 微生物菌群の探索と製剤化 (2) 実用規模での貯蔵試験、品質評価試験	畜産草地研究所 (独) 家畜改良センター技術部
3. 野菜残さ飼料給与技術の確立	(財) 日本農業研究所実験農場

製剤化及び3. 野菜残さ飼料給与技術の確立、からなっている。原稿は(株)松屋フーズの安藤吉信氏(研究実施時は同社の富士山工場長)、国際農林水産業研究センター蔡義民氏(研究実施時は畜産草地研究所上席研究員)及び小川(研究実施時は農場長)が分担して執筆した。なお、野菜名の表記はできるだけ日本標準食品成分表に従った。

2. 野菜残さの利用のための据置型システムの開発

1) 背景

当社((株)松屋フーズ)は全国で約1,000店舗の和食ファーストフード店を展開する外食企業であり、店舗で使用するほとんどの食材を自社工場で加工し店舗に供給するセントラルキッチン方式をとっている。野菜関係製品の加工を担当する富士山工場(静岡県富士宮市)及び精米、カレー、タレ類の生産を担当する嵐山工場(埼玉県嵐山町)及び肉類の加工を担当する川島生産物流センター(埼玉県川島町)の3工場がある。本稿は野菜工場で発生する野菜残さのサイレージ材料化の取り組みが対象となっている。カット野菜工場は2005年に開設され、野菜は契約生産者の収穫物を専用のトラックで工場に搬入し、カッ

ト野菜として搬出される。具体的には、野菜（キャベツ、レタス、にんじん、きゅうり、紫キャベツ）は全てカットして野菜サラダにして出荷、たまねぎは牛めしや豚めし用にスライスして、そのまま鍋に入れるだけの状態にして出荷、だいこんは皮を剥き、だいこんおろしにして出荷、長ねぎはそのまま豚汁などに入れられるようにスライスして出荷している。残さはキャベツを例にとれば、外葉部分、芯の部分及び商品にできない部分が含まれる。工場では原料ベースで1日約30トンの野菜を使用し、製品ベースで約20トンを生産し、野菜くずは平均すると1日約10トン出ておりそのまま捨てるとう産業廃棄物となり、工場建設当時の試算では処理費用は年間7,300万円程度であった（情報交換会資料2010）。野菜は加工工程で水に浸したり水洗したりするために発生する野菜くずは極めて高水分となる。さらに、工場では床下に設置した水路を使って野菜くずを移動させるシステムであることから水分は95%以上となる。工場では依頼分析により残留農薬がないことを確認した上で残さを生のままあるいは乾燥処理して酪農家などに廉価で提供していたが、食品リサイクル法の施行により一層のリサイクル化が求められ、乾燥するには燃料経費の負担が大きいことから、それらをサイレージ調製することによって経費低減が期待され、かつまた微生物発酵を工程に取り入れることによって硝酸態窒素の低減が可能であれば将来的に牛用飼料として有効利用の促進が期待されたことから本課題に参画した。

2) 目的

現有の野菜残さ乾燥システムを改修し、据置型サイレージ調製システムのプロトタイプを構築する。さらに、野菜残さサイレージ調製における電力消費量、その他の製造条件、製造量、製品の品質を測定して適正生産条件を解明する。また、本システムを用いて、試験用あるいは普及推進用野菜残さサイレージを参画研究機関である畜産草地研究所、家畜改良センター及び日本農業研究所実験農場に供給する。具体的には、水分含量が約95%のカット混合生野菜屑を水分含量が約85%まで脱水できる脱水機を含めた処理システムを開発すること、さらに脱水や微生物を利用したサイレージ調製による硝酸態窒素の低減化を実用規模で実証する。

3) 方法

カット野菜生産工場に隣接して野菜残さ処理施設があり工場から地下水路で移送された野菜残さを利用して、脱水処理装置の評価、野菜残さサイレージの調製試験などを実施した。①切断・脱水、②二次脱水、③発酵促進剤添加、④サイレージ用トランスバッグ袋詰め of 4工程のうち、素材である野菜残さの適正水分含量に調製することについて当社工場で発生する野菜残さを供して性能調査を実施した。処理する野菜の種類はキャベツ、はくさい、レタスなどのアブラナ科野菜が多く、その他ににんじんやネギなどが含まれる。

4) 結果と考察

脱水装置について市販されている5機種のパフォーマンス比較調査をした結果、A社の2軸型ヴァールト脱水装置が優れていた。この結果から本装置を処理工場内に導入・設置した。ヴァールト (volute) とは「らせん状」や「渦巻き」という意味でヴァールト脱水機のスクリー形状が、渦巻きに似ていることから命名され、A社脱水機の脱水機構をヴァールトと呼んでいる (A社のホームページ「よくある質問」より)。本装置を利用して実用規模での性能試験とサイレージ調製試験を実施した。フレコンバッグに調製したサイレージは共同研究機関の試験向けに提供した。野菜残さの水分含量については飼料として利用する場合を考慮すると当初は75%程度に低下させることが必要との申し合わせであったが、原料である残さが極めて高水分であること、強く脱水すると残さの回収率が低下しそれだけ内容物が廃液に移行してしまうために廃液処理に大きな負担が生じることもあって野菜屑の圧搾による目標水分含量を85%に修正し、サイレージ調製段階で乾燥した水分調整資材を混合して残さの水分低下を図ること

表2 生野菜屑、脱水後の残さ及び脱水液の水分、全窒素及び硝酸態窒素含量

供試試料の区分	水分 (%)	全窒素 (mg/kg)		硝酸態窒素 (mg/kg)	
		原物中	乾物中	原物中	乾物中
生野菜屑	95.8	1,400	33,000	200	4,900
脱水後の残さ	85.6	3,100	23,000	280	2,100
脱水液	—	900	—	230	—
加熱乾燥物	11.2	34,000	38,000	7,100	8,000

表3 生野菜屑の実用改良型TV型ヴァールトによる脱水性能

	生野菜屑減量率* (%)	生野菜屑処理量** (kg/h)	時間当たり電力消費量 (kW/h)
検体数	4	4	—
平均値	17.3	1,007	12.0
標準偏差	6.9	110	—
変動係数(%)	39	10	—
最大値	10.3	868	—
最小値	25.1	1124	—

* 脱水残さ／野菜屑投入量×100 ** 野菜屑投入量／h

運転条件：①パンチングメタル(金属板に打ち抜き加工したもの)：孔径/シリンダーNo:10

②脱水機負荷：3.7～4.4A

③外部駆動負荷：2.5～2.8A

とした。原料である生野菜屑、脱水した後の残さ、脱水した液状の部分（脱水液）及び加熱乾燥物の水分含量、全窒素、硝酸態窒素濃度を表2に、脱水性能を表3に示した。

野菜残さのサイレージ調製の工程及び調製工程を図1に示した。さらにカット野菜工場の外観と内部、サイレージ素材である混合生野菜屑、残さ処理工場の内部と残さ搾汁用据置型システム、脱水した残さとビートパルプ等を混合する混合機、サイレージ詰め込み作業を図2～図8に示した。

5) まとめ

このように、据置型システムについては水分及び硝酸態窒素の低減化が可能となり、後述の通りサイレージ用材料にすることによって牛用飼料として利用できる技術開発に一応の成果を得た。

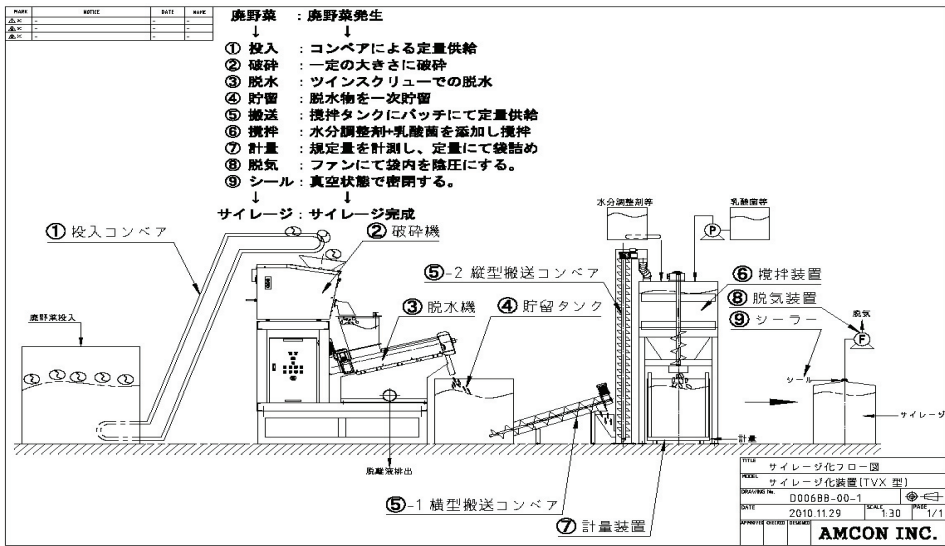


図1 実用型野菜サイレージ調整システム (概要図)



図2 カット野菜工場
(右端の建物が残さ処理場)



図3 カット野菜工場の内部



図4 サイレージ素材 (混合生野菜屑)



図5 残さ処理工場の内部



図6 残さ搾汁用の据置型システム



図7 混合機（大脇式攪拌機）



図8 脱気・密封袋詰め（フレコンバッグ）

3. 野菜残さの硝酸態窒素低減とサイレージ調製

1) はじめに

野菜豊作時の余剰野菜および野菜工場から排出された野菜残さ等の食品副産物は、産業廃棄物として有効に利用されずに廃棄されている。また、その流通過程でも規格外品が多く発生しており、有効利用が望まれる。さらに、外食産業から発生するカット野菜残さも利用可能な資源である。しかし、堆厩肥が多く施用され、土壤中に窒素や塩類が高濃度に集積した圃場で栽培される野菜には、硝酸態窒素（ $\text{NO}_3\text{-N}$ ）が多く蓄積されている。キャベツ、はくさいなどの葉菜類は家畜飼料としては硝酸態窒素含量が高く、また、水分含量が高いことから、硝酸塩を低減できる良質の貯蔵法に工夫が必要である。これら硝酸塩の

高い飼料を家畜に給与する場合、硝酸塩中毒を発生する場合があります、安全対策が求められるが、飼料中の硝酸塩の有効な低減技術が開発されておらず、硝酸塩の高い飼料作物を安全に利用できないのが現状である。

そこで、硝酸態・亜硝酸態窒素還元能の高い新規微生物を探索し、硝酸態窒素低減可能な微生物と乳酸菌との組み合わせにより、安全で高品質な野菜残さサイレージの調製・貯蔵技術について検討した。

2) 硝酸態・亜硝酸態窒素低減微生物のスクリーニング

余剰野菜圃場やカット野菜工場より排出される野菜残さには、タンパク質やビタミン類は豊富に含まれるが、水分と硝酸態窒素含量が高いため、家畜飼料として有効に利用されていない。これらの問題を解決するために、飼料作物、野菜残さ、サイレージ、発酵TMR飼料および動物腸管から分離されたバチルス、酵母および乳酸菌を供試し、硝酸態窒素還元活性や生理生化学性状を分析し、硝酸態・亜硝酸態窒素還元能を示す微生物の選抜試験を行った。Lactobacilli MRS液体培地、NA液体培地およびMY液体培地に硝酸ナトリウム、亜硝酸ナトリウム、硝酸カリウム、亜硝酸カリウムをそれぞれ0.2%添加し、各種微生物を接種して30℃で培養した（図9）。培地中の硝酸態窒素および亜硝酸態窒素含量はイオンクロマトグラフィーを用いて測定した。さらに高い硝酸態窒素・亜硝酸態窒素還元率を示したNAS1とNAS2の菌種について、形態観察、生理生化学性状試験および16S rDNA塩基配列解析により菌種を同定した。

その結果、バチルスNAS1菌株は高い硝酸態窒素の還元能を示したが、ほかの酵母、バチルスと乳酸菌株は硝酸態窒素還元能が低いあるいは示されなかった。液体培地での培養10日間後のNAS1株は硝酸態窒素の還元率は50%以下であったが、33日間での培養では90%以上の高い硝酸態窒素還元率を示した。還元された硝酸態窒素は亜硝酸態窒素として液体培地中に蓄積された。バチルスと酵母は亜硝酸態窒素の還元能は示されなかったが、乳酸菌NAS2菌株は亜硝酸の還元能を有することが認められた。その還元率は、NAS2菌株が62%であった（図10）。以上の結果、バチルスNAS1菌株は高い硝酸態窒素還元能、乳酸菌NAS2菌株は高い亜硝酸態窒素還元能を有することが認められた（蔡ら 2009）。

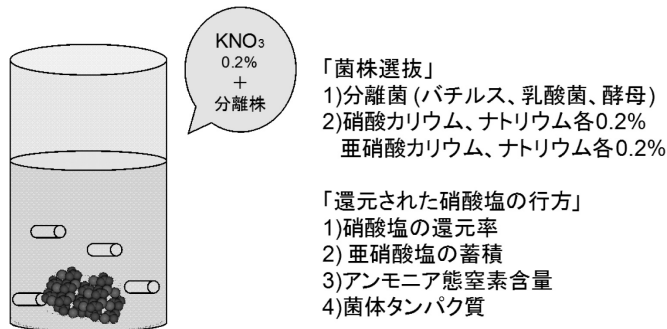


図9 硝酸塩・亜硝酸塩還元能の高い微生物のスクリーニング

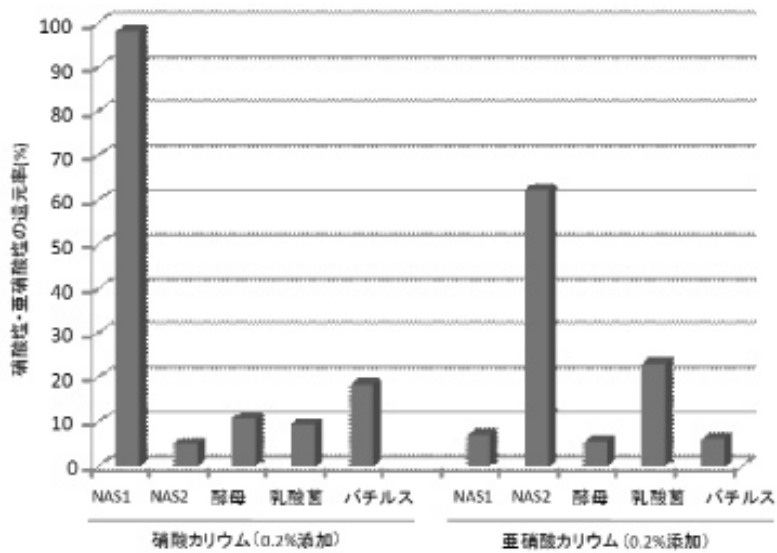


図10 NAS1とNAS2菌株による硝酸塩と亜硝酸塩の還元率 (NA、MRS、YM液体培地を用いて、33日間培養)

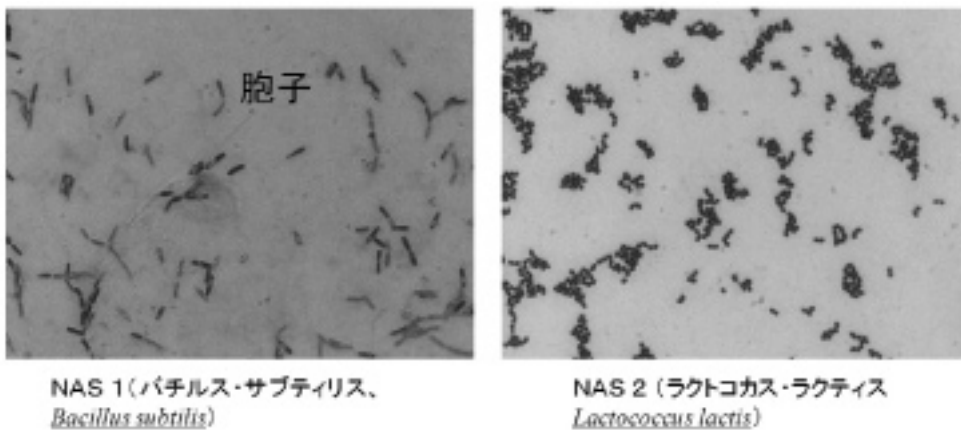


図11 選抜菌株の顕微鏡写真

表4 選抜菌の性質と同定

菌性質	NAS1	NAS2
分離源	食品残さ	サイレージ
グラム染色	陽性	陽性
カタラーゼ反応	陰性	陰性
細胞形態	桿菌	球菌
孢子有無	+	-
75℃耐性	+	-
乳酸生成	-	+
乳酸異性体	nd	L(+)
pH3.5生育	+	+
基準株との16SrDNAシーケンス相同性(%)	99.90	99.50
菌種同定	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Lactococcus lactis</i>

3) 選抜菌の性質と分類

NAS1菌株は熱に強く、酸耐性をもつ有孢子菌である。この菌は嫌気条件下でも生育でき、高い硝酸態窒素分解能を示したバチルスであり、NAS2はグラム染色陽性とカタラーゼ陰性で、L(+) 乳酸を生産する乳酸球菌で、乳酸生成能が優れ、嫌気条件下で生育でき、高い亜硝酸塩分解能を示したラクトコカスである(図11)。16S rRNA遺伝子全領域の塩基配列の解析結果では、両菌は系統樹でそれぞれバチルスとラクトコカスのクラスターに入り、基準株との16S rDNA塩基配列相同性は99.5%以上であり、NAS1は*Bacillus subtilis*、NAS2は*Lactococcus lactis*と同定した(表4)。

4) 野菜残さの化学成分と微生物菌叢

野菜残さの化学成分については、レタス、キャベツ、はくさいの水分は96.2%、97.9%、95.8%であり、粗タンパク質は乾物中27.7%、28.4%、20.2%であった。粗蛋白質含量は茶飲料残さより低かったが、アルファルファより高かった。粗繊維はいずれも34%台であったが、レタスの粗脂肪が6.1%、キャベツの粗灰分が17.8%と他の野菜残さに比べやや高い値となった。野菜残さ乾物中のグルコース、フルクトースおよびシュクロースの総含量はレタス15%、キャベツ5%、はくさい20%であり、野菜残さの種類により糖含量が大きな差を示したが、アルファルファよりも高い糖分を含有し、良質なサイレージ発

酵に有利であることが認められた。また、野菜中の蛋白質と植物繊維はとても豊富であった（表5）。

レタス、はくさい、キャベツ野菜残さに付着する微生物については、新鮮材料1g当たり乳酸菌が $10^3 \sim 10^4$ 、酵母、糸状菌および大腸菌群が $10^3 \sim 10^5$ 、好気性細菌が $10^6 \sim 10^7$ であった。微生物の菌種同定では、野菜残さには多種多様な乳酸菌が生息していたが、不良微生物である好気性細菌、糸状菌および大腸菌群が高い菌数レベルで検出されており、水分の調整と添加物の利用などの良質調製技術が必要である（Yangら 2009）。

5) 野菜残さサイレージの調製と硝酸態窒素の低減

硝酸塩と亜硝酸塩を還元するNAS1とNAS2の菌種を用いて、余剰・廃棄野菜サイレージを調製し（図12、図13）、サイレージ発酵過程における硝酸態窒素の還元率および発酵品質の分析に供した（Caiら 2009）。野菜残さの水分調整と



野菜工場



キャベツ残さ



白菜残さ



レタス残さ

図12 野菜工場から排出された野菜残さ

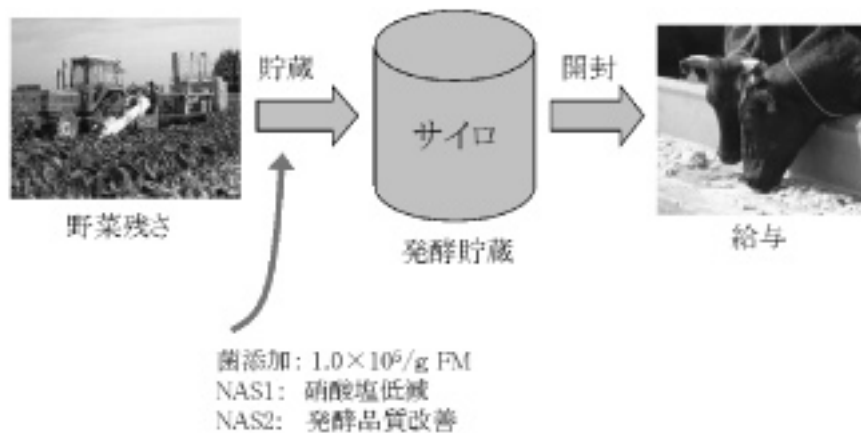


図13 野菜残さサイレージ調製法

表5 野菜残さ、茶飲料残さおよびアルファルファの化学成分

材 料	水分 (%)	化学成分(乾物中%)							
		粗蛋白質	粗脂肪	粗繊維	NFE	灰分	ショ糖	ブドウ糖	果糖
レタス	96.15	27.73	615	34.91	19.91	11.30	0.90	3.82	10.41
キャベツ	97.94	28.40	342	34.92	15.44	17.82	2.36	1.04	1.92
白菜	95.82	20.25	253	34.15	30.31	12.76	2.27	9.24	9.10
茶飲料残渣	74.54	30.63	336	18.62	46.44	2.96	0.14	0	0
アルファルファ	78.35	16.65	290	35.26	34.51	8.66	2.87	1.23	1.12

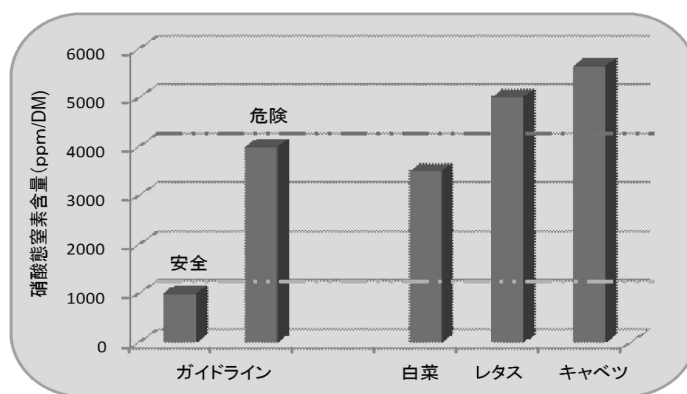
NFE：可溶無窒素物

サイレージ発酵品質について、新鮮物を高水分（水分92～96%）とし、またビートパルプと混合した中水分（水分70～75%）、および低水分（水分50～60%）に調整し、サイレージ調製を行った。高水分サイレージでは、排汁が多く発生したが、ビートパルプ添加サイレージは、すべてpHが低下し、乳酸が多く作られた。したがって、高水分の野菜残さは50～70%に水分を調整すれば、良質なサイレージが調製できると考えられた（Yangら 2010）。

表6 野菜残さサイレージの発酵品質

	無添加	乳酸菌添加			
		畜草1号	NAS1	NAS2	NAS1+NAS2
pH	4.63	3.45	4.55	3.97	4.18
乾物(%)	10.57	10.55	8.66	10.08	9.98
乳酸(原物%)	0.15	0.87	0.25	0.65	0.47
酢酸(原物%)	0.57	0.09	0.62	0.16	0.39
酪酸(原物%)	0.25	nd	0.01	nd	nd
プロピオン酸(原物%)	0.10	nd	nd	nd	nd
アンモニア態窒素(g/kg原物)	1.15	0.24	0.56	0.28	0.36

*: キャベツサイレージ貯蔵60日目、nd 検出されない

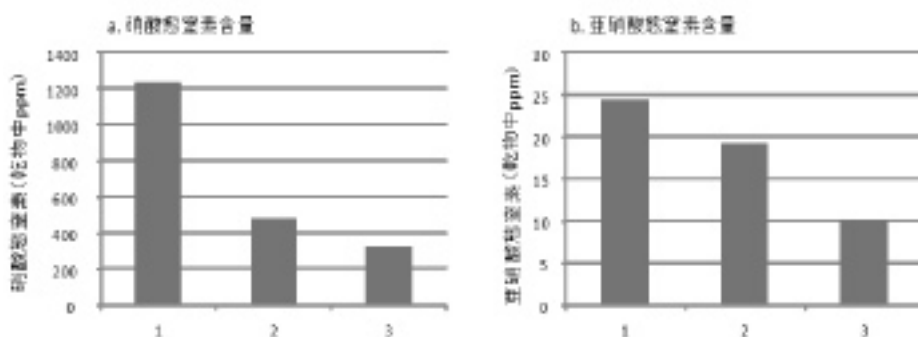


硝酸塩投与実験の結果を踏まえ、飼料中硝酸塩濃度の安全基準1,000ppm以下給与しても安全、4,000以上中毒の恐れがある。

図14 飼料中の硝酸塩濃度の安全基準と野菜残さの硝酸態窒素含量



図15 野菜残さの水分調整とサイレージの調製



窒素の低減

- 1, 脱水野菜残さ無添加 (水分85%) ;
- 2, ビートパルプ14%、NAS 1、NAS 2 添加 (水分75%) ;
- 3, ビートパルプ29%、NAS 1、NAS 2 添加 (水分65%)。

図16 NAS1、NAS2菌株およびビートパルプによる野菜残さサイレージの硝酸態・亜硝酸態

良質サイレージを調製するために酪酸発酵を抑制するには、予乾と添加物の利用によって乳酸発酵を促進させることが重要である。飼料作物・牧草において高水分サイレージを調製する場合、酪酸含量が高い劣質な品質になりやすいことが知られているが、野菜残さでは、高水分条件下においても乳酸菌添加の有無にかかわらずpHは急速に低下し、乳酸含量の高い良質サイレージになった(表6)。このことは、豊富な糖の含有および多種多様な乳酸菌が付着していることが原因していると考えられた。

野菜残さ材料中の硝酸態窒素含量は乾物中レタス5,013ppm、はくさい3,505ppm、キャベツ外葉5,656ppmであり、飼料中の安全基準(乾物中1,000ppm以下)を遙かに超えており、飼料作物と牧草に比べてもかなりの高い値を示した(図14)。

キャベツ、はくさい、レタス、にんじんなどの各種混合野菜残さを用い、硝酸塩低減微生物とビートパルプを添加して調製された野菜残さサイレージを調製した(図15)。NAS1、NAS2およびビートパルプを添加した野菜残さサイレージでは、pHが低下し、乳酸含量が高く発酵品質が優れていた。また硝酸態と亜硝酸態窒素の低減効果も認められた(図16)。

6) まとめ

野菜残さを有効に牛用飼料として利用するため、酸耐性および高温耐性をも

ち、嫌気条件で生育でき、高い硝酸塩分解能を示したバチルスNAS1と、乳酸生成能が優れ、嫌気条件で生育でき、高い亜硝酸塩分解能を示したラクトコッカス・ラクティスNAS2の新規菌株を選定した。さらに、当該微生物を添加して野菜残さサイレージの硝酸塩を低減させる可能性が示された（蔡 2010a, 2010b）。

サイレージ発酵過程において硝酸塩還元能を持つ微生物を増殖させて、バチルスは硝酸塩を亜硝酸塩まで還元し、そして乳酸菌は亜硝酸塩を還元して利用する。すなわち選抜微生物によりNO₃-Nを菌体成分に変換・除去し、硝酸塩中毒の発生の危険性を低減させる新たなサイレージ調製が可能となり、野菜残さの植物性蛋白質資源利用の推進が期待される（Cai et al. 2011; Cao et al. 2011）。

今後、実用化のため、実規模での良質かつ低硝酸塩サイレージの調製技術の開発、野菜工場の生産効率の向上や廃棄物等の発生抑制・有効利用など、より一層の環境に優しい生産システムの構築が必要と考えられる。

4. 野菜残さサイレージの肉用牛への給与技術

1) 目的

カット野菜生産工程で発生する野菜残さを高品質な飼料資源として利用するには野菜残さ飼料の給与技術を確立する必要がある。そこで、既述のように実規模で調製された野菜残さサイレージを利用して、肉用牛への給与試験を実施し給与効果を明らかにすることとした。具体的には残さサイレージの嗜好性を肥育牛を供試して検証し、水分調整のための資材としてビートパルプを利用して調製した残さサイレージを肥育牛に給与して肥育成績を調査した。

2) 試験項目と方法

主な試験項目とそれぞれの試験方法は以下のとおりである。その詳細については試験項目毎に記述した。

(1) サイレージ調製試験

(株) 松屋フーズ富士山工場で生産された野菜残さをフレコンバッグに詰め込んで調製した残さサイレージを(財) 日本農業研究所実験農場(以下、実験

農場)へ輸送し、プラスチックドラム缶(100リットル容量)に小分けし供試するまで密封状態で保存した。

(2) 給与試験

黒毛和種肥育牛を供試した。肥育前期牛については2～3頭を1群として同一房で飼養し残飼が生じないように注意しながら日数をかけて給与量を漸増する方法で採食量の調査を実施した。肥育後期牛については2頭を1群として同一房で飼養し、24～26ヶ月齢から残飼が生じないように注意しながら日数をかけて給与量を漸増する方法で同様の調査を実施した。

3) 結果と考察

(1) 野菜残さサイレージの発酵品質

①方法

残さは野菜工場フレコンバッグに詰め込んだ1次貯蔵と、その後農場に運搬した後に気密性の高いプラスチックドラム缶サイロに詰め直した2次貯蔵を経て試験に供した。そこで、サイレージ調製は2次貯蔵後の品質評価を主な観点として2つの試験を実施した。第1の試験は2009年度に脱水処理した野菜残さに予め作っておいた乾燥残さを混合して水分含量を75%程度に調整した残さサイレージを供試した。フレコンバッグに貯蔵して貯蔵期間が2カ月以内の比較的短期間にフレコンバッグから取り出したサンプル(短期貯蔵)とフレコンバッグからプラスチックドラム缶サイロに2次貯蔵して数ヶ月程度の貯蔵後に採取したサンプル(長期貯蔵)を比較した。第2の試験は、2010年度に水分調整資材として第1の試験と同様に作成した乾燥残さの他に市販のビートパルプを使用して水分含量が65%及び75%になるように調製した区(いずれも乳酸菌を接種)、水分調整資材を使用しなかった区(乳酸菌を接種した区と接種しなかった区を設定)の設定条件で調製した残さサイレージをフレコンバッグに2カ月程度貯蔵し、工場から実験農場に輸送し直ちに採取したサンプルとその後プラスチックドラム缶サイロに2次貯蔵してから半年後に採取したサンプルの発酵品質を比較した。

②結果と考察

第1試験の結果を表7に示した。残さは調製ごとに材料の条件が若干異なっ

表7 残さサイレージの品質比較

処 理 区 分	サンプル数	項目	水分 %	p H	有機酸 (%FM)				NH ₃ -N g/kg
					乳酸	酢酸	プロピオン酸	酪酸	
短期区	6	平均	75.8	3.96	1.06	0.15	ND	ND	0.70
		標準偏差	3.31	0.03	0.06	0.11	—	—	0.28
長期区	18	平均	78.1	3.89	0.91	0.35	ND	ND	0.54
		標準偏差	0.70	0.05	0.08	0.17	—	—	0.03

短期区：H21に詰め込んだ後に短期間に開封し利用したサイレージ

(富士山工場フレコンバッグに貯蔵→輸送→農場でプラスチックドラム缶サイロに再貯蔵)

長期区：H21.11及びH22.1.20にフレコンバッグに調製し、工場から実験農場に移送後、プラスチックドラム缶に再貯蔵して、長期貯蔵後に開封したサイレージ

ていることもあり短期区では水分含量にある程度のばらつきが見られた。しかし、いずれの区においてもpHは4以下であり、有機酸については乳酸に比べて酢酸が少なく、プロピオン酸及び酪酸は検出されなかった。さらに、アンモニア態窒素 (NH₃-N) は1 g/kgを下回っていた。これらの結果から発酵品質は安定していたと判断された。これらの測定値から判断する限り、乾燥残さで水分含量を75%に調製した残さサイレージは工場におけるフレコンバッグに詰めた1次貯蔵の後にプラスチックドラム缶に2次貯蔵した場合には、短期間の貯蔵はもちろん、長期間の貯蔵であっても発酵品質は安定しており大きな劣質化はないものと思われた。なお、長期貯蔵において乳酸減少と酢酸増加の傾向がみられたがこれらは牧草などを原材料とする一般的なサイレージ調製においても観察されることである。しかしながら野菜残さではpHの上昇が認められなかったことから給与に当たって障害となるような貯蔵品質の低下はなかったと推察される。

次に、第2試験の試験区分を表8に、その結果を表9に示した。工場において、水分含量を3段階に設定し、水分調整資材として第1試験と同様に乾燥残さを使用した区と酪農家などに広く使用されているペレット状のビートパルプを使用した区を設定し、さらに既述の硝酸塩分解能を有する*Bacillus subtilis* NAS1と、乳酸生成能が優れ、嫌気条件で生育でき、亜硝酸塩分解能を有する*Lactococcus lactis* NAS2を組み合わせた接種を含めて表8のように試験区を

表 8 野菜残さサイレージの処理内容

処理区名	処理内容		水分(%)	
	調整材料	LP添加	設定値	実測値
A-1	乾燥残さ	+	65	65.0
A-2	ビートパルプ	+	65	68.3
B-1	乾燥残さ	+	75	77.6
B-2	ビートパルプ	+	75	79.5
C-1	—	—	85	91.3
C-2	—	+	85	90.8

LP添加は乳酸菌添加の有(+) 無(-)

表 9 残さサイレージの品質比較

区分	水分 %	pH	有機酸(% FM)			NH ₃ -N g/kg
			乳酸	酢酸	プロピオン酸	
短期区	76.7	3.99	1.43	0.52	nd	0.37
長期区	78.7	4.00	0.47	1.19	0.23	0.47

6 処理のサイレージを短期は 2 ヶ月間、長期は 9 ヶ月間貯蔵後開封

nd: 検出されなかった

配置した。水分含量については、搾汁によって水分含量を低下させる実用上の限界値である85%を高水分区、乾燥資材を混合して水分含量75%程度を目標とした中水分区、さらに乾燥資材を多用して水分含量65%を目標とした低水分区をそれぞれ設定した。

これらを詰め込み後 2 カ月間フレコンバッグに貯蔵したサイレージを短期区、さらにプラスチックドラム缶に詰め直して長期間 2 次貯蔵したサイレージを長期区として発酵品質を比較した。6 つの処理区全体の平均では長期貯蔵によって乳酸の減少と酢酸の増加が認められた。さらにプロピオン酸は短期区では検出限界以下であったが長期区では検出され、アンモニア態窒素も僅かに増加した。しかし、pHはほとんど上昇なかった(表 9)。これらを詳しく検討するために、pH、乳酸含量、酢酸含量及びNH₃-N濃度について処理区ごとに貯蔵期間の影響について比較して図17～20に示した。pHについては低水分区と中水分区のビートパルプ区で長期貯蔵によって低下し、高水分区では乾燥残さ区、ビートパルプ区ともに上昇したがその範囲は0.2～0.4の範囲内であった。乳酸含量については各区に共通して貯蔵が長くなると低下した。酢酸含量については低水分区の乾燥残さ区で変わらなかった以外は貯蔵が長くなると増加し

た。さらに図には示していないがプロピオン酸については、短期間の貯蔵では各区で検出されず、長期貯蔵で一部に認められた。NH₃-Nについては、低水分の乾燥残さ添加区で減少傾向が認められた以外はいずれも2次貯蔵によって上昇する傾向が認められた。

貯蔵期間が長くなると発酵品質がどうなるかについて、牧草や飼料作物を原料としたサイレージではpHが4以下であればそれらの変化は小さく発酵品質としては安定していると言われている。今回の試験に供した残さサイレージの場合は乳酸の減少が著しいサイレージもあったがpHは全体に低く大部分は4以下で安定していたことから気密性の高いプラスチックドラム缶サイロで貯蔵している限りは1年間程度の長期貯蔵は可能と思われた。一方、ビニールの内袋付フレコンバッグを利用した貯蔵では、表面に多少のカビが発生することは避けられないようである（図21）。短期間であればカビの発生は表面に留まると思われるが、長期の貯蔵ではプラスチックドラム缶のようなより気密性の高い容器に再貯蔵した方が発酵品質の安定が期待できる（図22、23）。エコフィードは飼料の安全性からカビの発生がないことが前提であることから、貯蔵期間中の気密性を保持することについては十分に留意する必要がある。なお、野菜残さサイレージの貯蔵期間はその利用方法からみて比較的短期間の貯蔵を経て利用されるのが一般的と考えられる。今回は念のために長期間の貯蔵について検討し、気密性が保持されていれば品質は安定していることを確認できた。

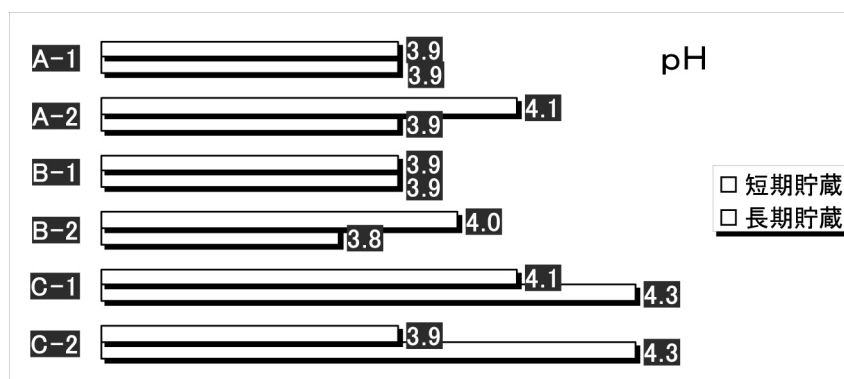


図17 pHの比較

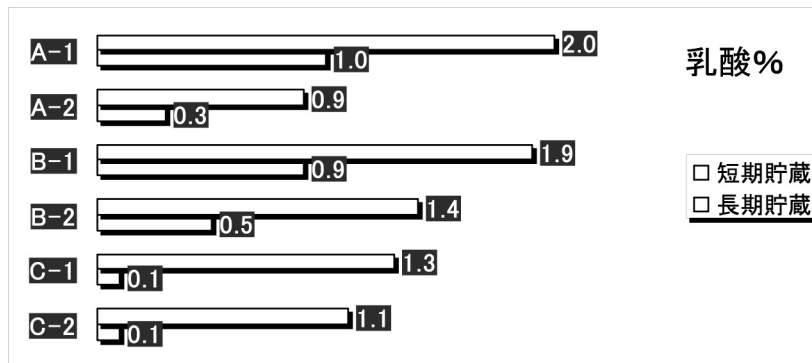


図18 乳酸含量の比較

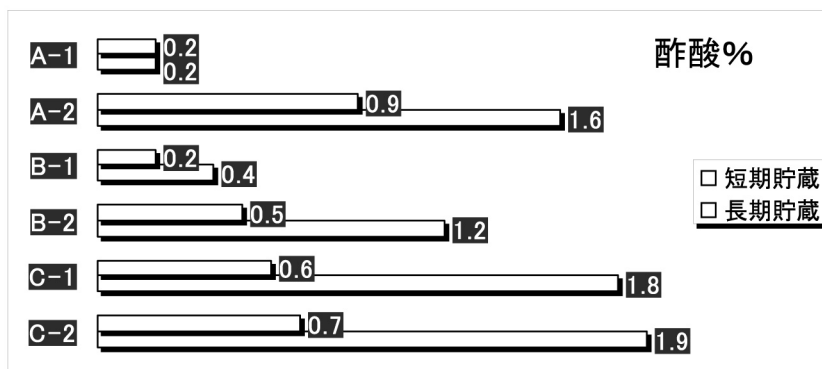


図19 酢酸含量の比較

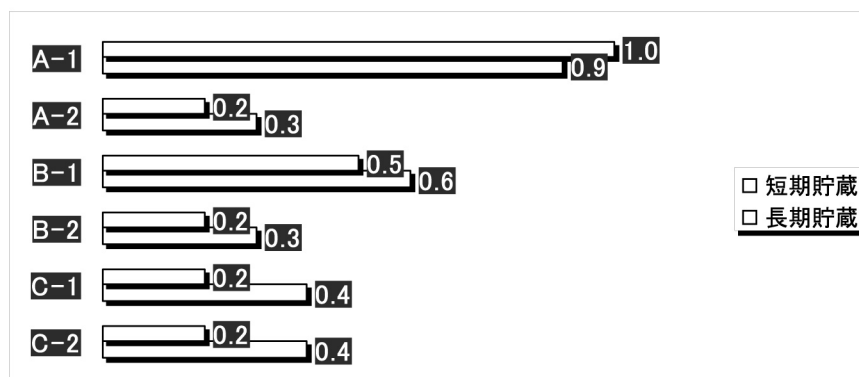


図20 NH₃-N (アンモニア態窒素) 含量 (g/kg) の比較



図21 フレコンバッグ開封時の
サイレージ表面の様子
(白い部分が発生したカビ (目視による))



図22 プラスチックドラム缶サイロ
開封時のサイレージ表面の様子
(肉眼ではカビの発生は認められない)

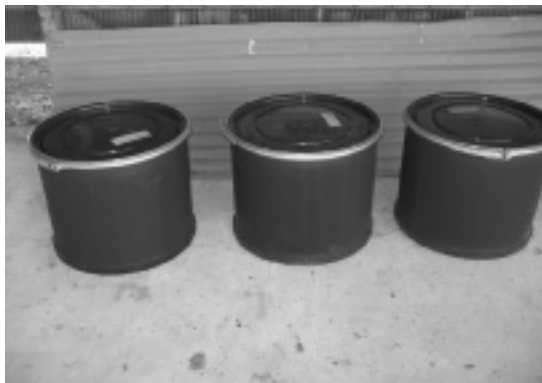


図23 プラスチックドラム缶サイロ
(蓋が留め金で密封)

(2) 給与試験

①方法

野菜残さは(株)松屋フーズ富士山工場で生産し調製された乾燥状態の野菜残さ及び残さサイレージである。供試牛は8～12カ月齢の一部に育成期を含む肥育前期牛及び24～26カ月齢の肥育後期牛である。試験方法は黒毛和種肥育牛の1日分の全飼料摂取量が減少しない範囲で野菜残さの給与量を明らかにすることとした。さらにはビタミンA制御型肥育を前提とした場合に必要となる供試牛の血中ビタミンA濃度への影響を調査した。血中ビタミンA濃度は頸静脈から採血し、血液の分析は外注した(分析法はHPLC法)。肥育前期牛及び肥育後期牛の飼養は実験農場が実施している飼料給与マニュアルを遵守して飼養した。

②結果と考察

ア) 肥育前期牛

供試した野菜残さは乾物中の粗蛋白質が22～23%と高く、総繊維（NDF）が21～26%であった（表10）。乾燥した残さを残飼が生じない範囲で給与した量は0.3～0.5kg／日であった（図24）。成績検討会において、「残さに含まれるネギ屑が採食を抑制しているのではないか」との指摘があったことからその影響を調査した結果、残さ中にどの程度の割合でネギ屑が含まれていたかは明らかではないもののネギ屑が含まれていることによる採食量への影響は確認されなかった。このことから以後の残さ調製においてはネギ屑を含むか含まないかといった条件は付けなかった。残さサイレージの給与量を上記の乾燥残さと同様に残飼が生じない程度に漸増した結果、残さサイレージの給与量は1日当たり1kg程度であった（表11）。今回のプロジェクト研究の参画機関である、(独)

表10 野菜残さの飼料成分

区 分		成分含量(水分以外は乾物%、水分は原物%)					
乾燥状態	ネギの有無	水分	粗蛋白質	粗脂肪	粗灰分	NDF	ADF
良好 ※1	○	17.3	23.3	1.5	12.5	25.3	16.2
不十分※2	○	19.4	22.1	1.1	12.1	21.0	13.6
不十分	—	26.2	23.5	2.4	15.5	25.7	17.8

分析値は甘利氏による

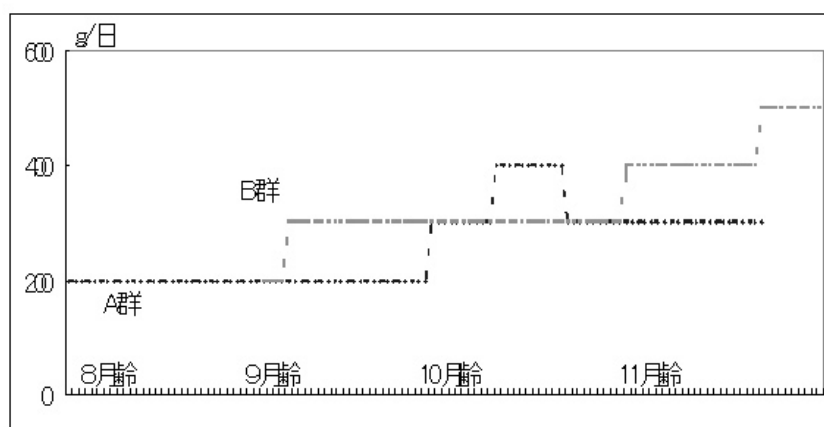


図24 野菜残さの月齢ごとの給与量

注1：乾草や配合飼料等は農場のマニュアルに沿って給与した

注2：野菜残さは残飼が生じないように給与量を漸増した

表11 肥育前期牛における残さサイレージの給与試験結果

牛群	月 齢	飼料給与量(原物kg/日・頭)				
		残さサイレージ	配合飼料	稲わら	乾草	牧草サイレージ
A群	12	1.0	4.0	0	3.0	0.5
B群	12	1.0	4.5	1.0	3.0	1.0

A群, B群ともに各2頭を同一ペンで群飼

飼料給与量:残さサイレージ給与量を漸増し、最大給与時の各飼料給与量

家畜改良センターではホルスタイン種乾乳牛（搾乳していない状態の経産牛）を供試して、野菜残さを含むTMR（混合飼料）について採食試験を実施している。その結果は摂取量が乾物として2.51～2.64kgであり、全飼料中の残さの割合は22.9～26.2%と多かった。給与した飼料がTMRであったことからある程度残飼が生じる量を給与しているのに対して、当场では黒毛和種の肥育牛へは各飼料を分離給与し、さらに残飼を生じないだけでなく他の飼料の摂取にマイナスの影響が発生しないように注意しながら給与したという条件の違いを考慮する必要がある。

延べ52頭の肥育前期牛の血中ビタミンA濃度を測定して月齢との関係を調査した結果、採血時の月齢との間に高い負の相関が認められた（ $r = -0.660$ 、1%水準で有意差あり）。月齢はおおよそ10～18カ月齢の範囲にあり、ビタミンA濃度は15.7～109.3IU/dlの範囲にあった。この中で野菜残さを給与した延べ10頭だけについてみても同様に高い相関が認められた（ $r = -0.814$ 、1%水準で有意差あり）。月齢の範囲はおおよそ11～17カ月齢で濃度は15.7～108.7IU/dlの範囲にあった。肥育前期の前半に野菜残さを給与しても十分注意することが前提ではあるがビタミンA制御型の肥育に大きな妨げにはならないと思われた（図25）。

肥育前期に野菜残さを給与した肥育牛の枝肉成績をまとめて表12に示した。供試した野菜残さは、当初は乾燥残さであり、その後は乾燥残さを乾燥資材として調製した残さサイレージである。乾燥残さ及び残さサイレージを込みにしてみると、枝肉重量は平均469 kg、格付等級はA5が2頭、A4が5頭、A3が1頭であり、A5率25%、上物率（等級が4以上の割合）は87.5%、平均のBMS（脂肪交雑基準）は6.8であり、BCS（肉色基準）は8頭中6頭が4でありBFS（脂肪

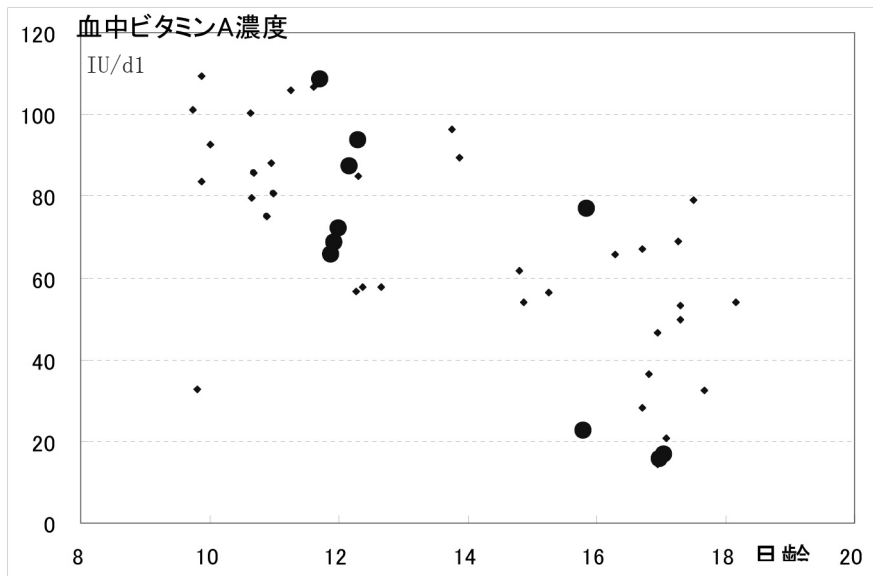


図25 肥育前期牛の月齢と血中ビタミンA濃度の相関図

黒丸：試験牛（野菜残さ給与）点：対照牛（野菜残さ給与なし）

表12 肥育前期に残さを給与した牛の肥育成績及び枝肉成績

No	性別	供試 月齢	出荷 月齢	出荷 体重 kg	枝肉 重量 kg	格付 等級	ロース 芯面積 cm ²	バラ厚 cm	皮下 脂肪厚 cm	歩留 基準値	BMS	BCS	BFS
1	去勢	9	29.5	790	531	A5	64	8.6	4.0	73.3	9	3	3
2	去勢	13	30.0	704	441	A4	48	7.4	2.4	72.9	5	4	3
3	去勢	13	30.4	688	448	A4	55	7.7	1.8	74.5	8	4	3
4	メス	11	30.8	696	438	A4	61	7.3	2.8	74.2	6	4	3
5	メス	11	30.0	652	414	A3	53	7.0	2.5	73.6	5	5	3
6	メス	11	30.7	672	415	A4	60	6.7	1.8	74.9	5	4	3
7	去勢	11	30.2	990	641	A5	77	8.8	2.1	75.4	10	4	3
8	去勢	11	27.8	684	425	A4	46	7.5	2.1	73.2	6	4	2
平均		11.3	29.9	735	469	87.5	58.0	7.6	2.4	74.0	6.8	4.0	2.9

No 1～5は乾燥残さ給与、No 6～8は残さサイレージ給与

出荷体重は出荷時に実験農場内で測定

枝肉成績のデータは(社)日本食肉格付協会による

格付等級欄の平均は上物率(%)

色基準) は8頭中7頭が3であった。

イ) 肥育後期牛

肥育後期牛における残さサイレージの給与量を残飼が生じない程度に漸増して調査した結果、残さサイレージの給与量は1日当たり2kg程度であった(表13)。なお、血中ビタミンA濃度は28カ月齢で60IU/dl程度、26カ月齢で30IU/dl台であった。

肥育後期に野菜残さを給与した供試牛(図26)の枝肉成績を表14に示した。供試した野菜残さは、水分調整資材として乾燥残さを添加したサイレージ給与牛が4頭、水分調整資材としてビートパルプを添加したサイレージ給与牛が8頭である。枝肉成績はBPサイレージ区が出荷時体重や枝肉重量が大きかったがこれは去勢牛の割合が多かったことによる。その他の形質には大差がないようであった。肥育期間中のいずれの時期かに残さを給与した肥育牛20頭(去勢7頭、メス13頭、試験区とした)及びその間に農場の一般的な飼養管理で飼養した肥育牛39頭(去勢20頭、メス19頭、対照区とした)の枝肉成績を取りまとめ((独)家畜改良センター)平成22年度成績(去勢約17万頭、メス約10万頭、区分欄は全国とした)と比較した。試験区と対照区を比較すると去勢及びメスには両区に大きな差異は見られない。また、全国との比較ではBMSが全国より高い傾向がありA5率及び上物率は概ね全国よりも高い傾向が見られた(表15)。なお、全国とした区分の成績は公益社団法人食肉格付け協会により平成22年度に格付けされた和牛471,190頭(去勢270,302.5頭、メス:200,887.5頭)の57.3%を占めている((独)家畜改良センターのホームページより)。

表13 肥育後期牛における残さサイレージ 給与試験結果

牛群	月 齢 カ月	飼料給与量(原物kg/日・頭)		
		残さサイレージ	配合飼料	稲わら
A	26	2.0	8.8	1.5
B	28	2.0	9.0	1.0

飼料給与量: 残さサイレージ給与量を漸増し、
最大給与時の各飼料給与量

A群, B群ともに各2頭を同一ペンで群飼

表14 肥育後期に残さサイレージ及びBP添加残さサイレージを給与した牛の肥育成績

供試残さ	頭数	供試月齢	出荷月齢	出荷体重	枝肉重量	上物率	ロース芯面積	ハバラ厚	皮下脂肪厚	歩留基準値	BMS	BCS	BFS
	頭	カ月	カ月	kg	kg	%	cm ²	cm	cm				
サイレージ	4	25.7	29.9	683	440	75	59.0	8.0	3.7	73.0	6.8	3.5	2.8
BPサイレージ	8	25.6	30.0	722	462	63	55.3	7.8	2.9	73.4	5.9	3.8	2.8

サイレージ（水分調整資材として乾燥残さを使用）：去勢1頭、雌3頭の平均値

BPサイレージ（水分調整資材としてビートパルプを使用）：去勢4頭、雌4頭の平均値

表15 枝肉成績の比較

調査項目	区分	去勢牛			雌牛		
		試験区	対照区	全国	試験区	対照区	全国
頭数	頭	7	20	約17万	13	19	約10万
日齢枝肉重量	kg/day	0.550	0.504	0.532	0.480	0.473	0.461
枝肉重量	kg	495	465	477.1	441	438	418.0
ロース芯面積	cm ²	57.6	57.7	56.2	56.5	55.7	54.5
ばらの厚さ	cm	7.8	7.9	7.76	7.7	8.0	7.43
皮下脂肪厚	cm	2.2	2.1	2.42	3.3	2.6	2.75
歩留基準値		74.0	74.5	73.76	73.5	74.1	73.74
BMS	No	6.9	6.5	5.76	6.1	6.9	5.50
BCS	No	4.0	3.7	3.86	3.9	3.7	4.01
しまり		4.3	4.5	3.79	3.8	4.1	3.65
きめ		4.1	4.6	3.99	4.0	4.4	3.87
A5率	(%)	28.6	25.0	19.6	15.4	36.8	16.8
上物率	(%)	85.7	75.0	61.5	69.2	84.2	54.1

※ 試験区：肥育期間中に野菜残さを給与した肥育牛

※※ 対照区：H21～23年度に農場マニュアルに沿って飼養した肥育牛

※※※ 全国：H22年度にと畜された黒毛和種枝肉情報データ（独）家畜改良センター



図26 肥育牛への残さ給与試験

4) まとめ

食品残さは資源の有効活用と飼料自給率の向上、さらに場合によっては畜産物のブランド化につながる技術として今後大いに期待される分野である。今回供試した野菜残さは今後の拡大が見込まれるカット野菜工場で発生するもので、水分含量が極めて高く硝酸態窒素が高いという問題を克服できれば牛用の飼料として利用が期待される。水分調整については、飼料としてすでに広く市販されているビートパルプ（ペレット）が有効であること、硝酸態窒素低減の面からも有効であること、貯蔵性については密封状態が良ければ長期間の貯蔵でも高品質が十分に保持されることを明らかにした。

給与する牛については、枝肉に高い評価が求められる黒毛和種の肥育牛向けが適しているとは言えないが、黒毛和種で一定の技術が得られれば、その他の肥育牛への適用が十分に可能であるとの判断材料を提供できよう。黒毛和種の肥育ではビタミンA制御型肥育が行われていることから、野菜残さのβ-カロテン含量の推移とそれを給与した牛の血中ビタミンA濃度について一定の知見が得られた。また野菜残さを給与した肥育牛の枝肉成績が全国的に見ても対照牛と比較しても遜色ない成績であった。

5. おわりに

野菜生産では需要と供給のアンバランスから発生する廃棄野菜やカット野菜工場で発生する野菜残さの飼料化に向けた取り組みにはそれぞれに特有の個別課題と両方に共通する課題がある。圃場における廃棄野菜対策では発生が継続的ではないことや収穫や調製の作業に難しい課題があり、カット野菜工場で発生する残さについては発生量の多さが指摘できよう。共通課題としては高水分、高硝酸態窒素が挙げられる。本稿は後者のカット野菜工場で発生する残さについてサイレージ化に向けた残さの脱水、低水分化システム、硝酸態窒素低減の調製技術と肉用牛への給与技術から構成されている。

残さの脱水システムの開発では、据置型システムについては水分及び硝酸態窒素の低減化が可能となり、後述の通りサイレージ用材料にすることによって牛用飼料として利用できる技術開発に一応の成果を得た。硝酸態窒素低減化

に向けた調製試験では、野菜残さを有効に牛用飼料として利用するため、酸耐性および高温耐性を持ち、嫌気条件で生育でき、高い硝酸塩分解能を示したバチルスNAS1と、乳酸生成能が優れ、嫌気条件で生育でき、高い亜硝酸塩分解能を示したラクトコッカス・ラクティスNAS2の新規菌株を選定した。さらに、当該微生物を添加して野菜残さサイレージの硝酸塩を低減させる可能性が示された。黒毛和種の肥育ではビタミンA制御型肥育が行われていることから、野菜残さのβ-カロテン含量の推移とそれを給与した牛の血中ビタミンA濃度について一定の知見が得られた。また野菜残さを給与した肥育牛の枝肉成績が全国的に見ても対照牛と比較しても遜色ない成績であった。

以上のように、野菜残さの飼料化という難しい課題であったが、食品企業の工場と公的な研究機関等が共同して研究を進めることにより実用に近い規模での成果が得られたことからここにとりまとめた。

なお、用語解説の作成に当たって、畜産草地研究所資料及び最新農業技術事典（NAROPEDIA）等を参考にした。

6. 謝辞

本稿は「農林水産省新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」において実施した、「廃棄野菜等の安全で高品質な飼料への再生・利用技術の開発（課題番号2016）」の担当課題についてその成果を取りまとめたものである。本プロジェクト研究の研究総括者である寺田文典氏（現九州沖縄農業研究センター所長）、野中和久氏（現畜産草地研究所 乳牛・肉用牛研究グループ長）に深謝する。また、共同研究者の各位に謝意を表す。なお、実験農場における和牛の飼養管理については、吉澤哲、宮下好広、井出豊松、岩崎敬が担当した。

引用文献

- 農林水産省 野菜の緊急需給調整手法に関する検討会報告書 2007. 3.
- 農林水産省 飼料をめぐる情勢 2011. 10.
- 農林水産省 エコフィードの推進について 2010. 9

- 農林水産省 飼料自給率向上に向けた平成21年度行動計画（案）2009. 3.
- 全国食品残さ飼料化行動会議、他 食品残さ等利用飼料の安全性確保のためのガイドライン23. 2008. 1.
- 全国エコフィード推進行動会議、(社) 配合飼料供給安定機構 地域で産出するニンジンジュース粕等の活用 エコフィードを活用したTMR製造利用マニュアル124-125. 2009. 10.
- 野中和久 過剰野菜などの畜産飼料化に向けた取り組み状況について 月報 野菜情報—情報コーナー 2009. 4.
- 蔡義民、他 茶系飲料残渣TRサイレージの調製方法 畜産草地研究所成果情報2004.
- 文部科学省 五訂増補日本食品標準成分表 野菜類 5-17 2005.
- 安藤吉信 野菜残さのTMR素材としての取り組み 自給飼料活用型TMRセンターに関する情報交換会資料 畜産草地研究所 2010. 3.
- 蔡義民、楊勁松、上垣隆一、寺田文典 飼料中の硝酸塩・亜硝酸塩を還元する微生物 特願2009-157011 2009.
- 蔡義民 (a) 期待される硝酸態窒素を減らした野菜残さの飼料化. 酪農ジャーナル63 (6) : 22-24. 2010.
- 蔡義民 (b) 野菜残渣の硝酸態窒素を減らし牛の飼料に 最新農業技術 畜産』3:197-20 1. 2010.
- Cai Yimin, Jinsong Yang, Huili Pang and Maki Kitahara *Lactococcus fujiensis* sp nov, a lactic acid bacterium isolated from vegetable matter. *Int J Syst Evol Microbiol* 61 (7) :1590- 1594. 2011.
- Cao Yang, Toshiyoshi Takahashi, Norio Yoshida, Masanori Tohno, Ryuichi Uegaki, Kazuhisa Nonaka and Fuminori Terada Effect of lactic acid bacteria inoculant and beet pulp addition on fermentation characteristics and in vitro ruminal digestion of vegetable residue silage. *Journal of Dairy Science* 94: 3902-3912. 2011.
- Yang Jinsong, Yang So, Yimin Cai and Fuminori Terada Natural Populations of Lactic Acid Bacteria Isolated from Vegetable Residues and Silage Fermentation. *Journal of Dairy Science* 93:3136-3145. 2010.
- 古谷修 食品製造副産物等の飼料利用技術 畜産技術発達史 ((社) 畜産技術協会) 228-232. 2011. 3.
- 日本農業新聞 (2010) 「野菜くず牛の飼料に」2010年3月4日 1面 掲載記事 2010. 3.
- (独) 家畜改良センターホーム ページ 平成22年度枝肉成績のとりまとめ 1-15. 2011. 10.
- 青木康浩、蔡義民、安藤吉信、昆野宅男、山之内忠幸、吉岡一、小川増弘、伊吹俊彦、甘利雅弘、野中和久、寺田文展 野菜残さサイレージの成分、発酵品質および牛による採食性 第111回日本畜産学会 (口頭発表) 2009. 9.

用語解説

・ TMR

牛用の混合飼料。total mixed rationの略称でコンプリートフィードと言うこともあるが近年はTMRがよく使われている。主に乳牛用に調製されることが多い。飼料を単味で別々に給与（＝分離給与）する場合に生じる牛の選び食いによって嗜好性が良くない飼料を残すといった問題が切断長を適切にしたTMRでは解決されるというメリットがある。各地にTMR調製センターができて、学校給食における給食センターのような役割を果たしている。

・ 発酵TMR

水分を含んだ原料を混合して適度に水分調整した混合飼料をさらに貯蔵して発酵させてから給与するTMRを特に発酵TMRと言う。発酵することによって品質の改善や原料に水分を含んだ加工残さが利用できること、さらに好気的変敗を遅延できる効果もあり、TMRセンターの広域利用もみられるようになった。

・ バチルス

バチルス属菌（Bacillus）はグラム反応が陽性の好気性細菌である。広く桿状の細菌の意味で使われることもある。土壌、水、ほこりなど自然環境に広く分布しており、乾燥や高温、低栄養など生育に不利な環境条件におかれると菌体内に孢子（芽胞、内生孢子）を形成する。芽胞は酸・アルカリに耐性があり100℃の煮沸に耐え、数十年生存できる。芽胞を死滅させるには120℃以上の熱処理が必要である。

・ ラクトコ（ツ）カス（属）

ホモ乳酸菌（1分子の糖から2分子の乳酸を生成する）の1群で、狭義の乳酸球菌。ヨーグルトやチーズ等の乳酸発酵食品に多く含まれ、サイレージ調製にも重要な働きをする。特に基準種であるLactococcus lactisが重要。pHや塩濃度の変化に強く自然界に広く存在する。

・ フレコンバッグ

フレキシブルコンテナバッグの略称、粉末や粒状物の荷物を保管・運搬するための袋上の包材。丈夫な化学繊維で織られたシートとベルトにより構成され、飼料などの梱包・輸送に適している。今回使用のバッグはビニール製の内袋が装着されており、ある程度密封が可能な構造となっている。なお、フレコンは特定の登録商標であるが略称として一般に定着している。トランスバッグと呼ばれることもある。