

エコフィードの給与技術(牛編)

I はじめに

「食品に係る資源の有効な利用の確保および食品に係る廃棄物の抑制」を図る目的として食品リサイクル法が 2001 年に制定され、その後改訂が行われ、更なる飼料利用の普及・拡大が求められている。2014 年にわが国の食品産業から発生する食品廃棄物は約 1,950 万 t で約 69%が再生利用され、その 73%が飼料として利用されている（飼料をめぐる情勢 2016）。また、エコフィードの安全性の確保と安心して家畜に給与するために、「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」が示されている。食品廃棄物は食品製造、売れ残り、調理残さおよび農場残さ等の段階からそれぞれ排出されるが、牛では動物性蛋白質の給与は禁止されているため、牛へ利用できる食品副産物（以下、エコフィード）は食品の製造段階で排出される副産物が中心になる。そこで、本稿では牛にエコフィードを給与する場合での、エコフィードの飼料特性、飼料設計の基本および主なエコフィードの利用上の留意点について記載する。

II エコフィードの飼料特性と飼料設計の基本

エコフィードにはデンプン、蛋白質、脂肪および繊維を多く含むタイプ、あるいは複数の飼料成分を含むタイプに大別することができる（表 1）。デンプンを多く含むエコフィードとしては、無洗米ヌカ、サツマイモ皮、麦茶粕、パン屑等がある。蛋白質を多く含むエコフィードとしては、ビール粕、豆腐粕、醤油粕、緑茶粕、烏龍茶粕等がある。また、豆腐粕や醤油粕には脂質が、アン粕やジュース粕は繊維含量が多く含まれるが、カカオ皮は脂質と繊維が多く含まれる。

飼料の炭水化物および蛋白質を構成する画分を図 1 に示した。炭水化物は糖・デンプン・有機酸類、ペクチン、 β -グルカン、ヘミセルロース、セルロース、リグニン等から構成される。ジュース粕やアン粕にはペクチンや β -グルカンといった第一胃内で速やかに分解する可溶性繊維が多く含まれる。可溶性繊維は非繊維性炭水化物（NFC : Non fiber carbohydrates）の一部であり、中性デタージェント繊維（NDFom）には含まれない。一方、ヘミセルロース、セルロースおよびリグニン等の非構造的炭水化物の第一胃内分解率は、一般的にヘミセル

ロース、セルロース、リグニンの順に低くなる。

表 1 飼料成分からみたエコフィードのタイプ

エコフィードのタイプ	主なエコフィード
デンプン質	無洗米ヌカ、サツマイモ皮、麦茶粕、屑米、パン屑等
蛋白質	ビール粕、豆腐粕、醤油粕、緑茶粕、烏龍茶粕、酒粕等
脂肪質	無洗米ヌカ、カカオ皮、醤油粕、豆乳粕等
繊維質	ジュース粕、アン粕、カカオ皮等

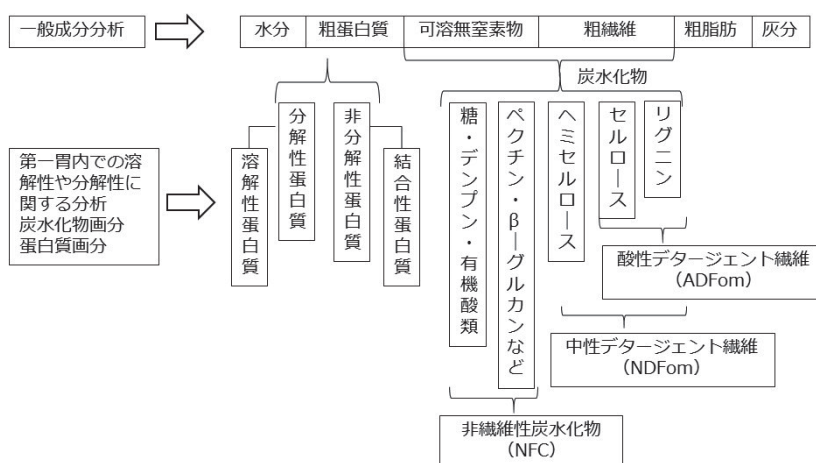


図 1 エコフィードの蛋白質および炭水化物画分

乳牛の飼料給与の基本は、第一胃内に生息している微生物を効率よく増殖させ微生物蛋白質を多く生産することである。併せて第一胃機能を正常に保つことも重要である。飼料より摂取された蛋白質は第一胃内微生物によりペプチドやアミノ酸へ分解され、さらにアンモニアとなり、第一胃内微生物はこれらの窒素源を用いて増殖する。そのため、アンモニア等の供給量や供給パターンに関する第一胃内での飼料の蛋白質の分解性・溶解性を把握することは、第一胃内微生物の増殖を最大化するためにも重要である。一方、第一胃内微生物の増殖には窒素源のほか、炭水化物の分解で生じるエネルギー基質も必要であることから、

炭水化物の分解で生じるエネルギーの供給パターンの把握も重要である。そのため、第一胃内微生物の合成量を最大化するための飼料設計を行うためには、飼料の第一胃内での溶解性・分解性に基づいた飼料特性評価が必要になる。

蛋白質は純蛋白質と非蛋白態窒素（アミノ酸、尿素、アンモニア、尿素等）に分けられる。溶解性蛋白質は第一胃内で速やかに溶出する蛋白質（窒素化合物）で、非蛋白態窒素と純蛋白質より構成される。分解性蛋白質は第一胃内微生物により分解される蛋白質で、その一部である溶解性蛋白質は第一胃内で速やかに溶解する。また、非分解性蛋白質は第一胃内微生物により分解されずに、下部消化管で消化液により消化される蛋白質である。非分解性蛋白質の一部の結合性蛋白質は、変性した蛋白質やリグニン等と結合した蛋白質で牛での利用性は低い。

エコフィードの炭水化物および蛋白質画分は食品の製造で用いる原材料の種類や製造・加工法により異なる。一般に、食品の製造・加工工程で水や熱水により抽出処理を受けたエコフィードは溶解性蛋白質画分が低いことから、第一胃内で速やかに溶出する蛋白質は少ない。一方、発酵や加熱処理を受けたエコフィードは結合性蛋白質画分の割合が増加するため、第一胃内での分解率が低く、蛋白質の利用性も低下する。また、加熱処理により糊化したデンプンは第一胃内での消化率や消化速度が速くなる。このように、エコフィードの製造・加工法は、炭水化物や蛋白質画分に影響することから、エコフィードを入手する際には製造・加工法も適切な利用を図るために重要な情報である。

エコフィードを利用した乳牛での飼料設計の流れを図 2 に示した。乳牛の飼料設計モデルとしては、日本飼養標準・乳牛（農業・食品産業技術総合研究機構 2007）やコーネル大学が提案した CNCPS6.5（Cornell Net Carbohydrate and Protein System:コーネル正味炭水化物蛋白質システム、Van Amburgh MEら（2015））があり、CNCPS に準拠した飼料設計ソフトとしては AMTS(Agricultural Modeling and Training System) や NDS(Nutrition Dynamic System)がある。

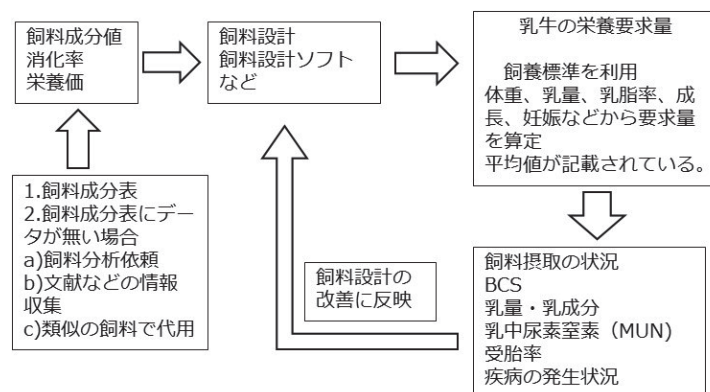


図2 エコフィードを利用した乳牛での飼料設計の流れ

泌乳牛の飼料設計の第一段階は、乳牛の体重、乳量、乳脂肪含量、成長等から栄養要求量を求める。次に、飼料のデータベースを基に栄養要求量を充足するための飼料設計を行う。

日本飼養標準・乳牛 2006 年版（農業・食品産業技術総合研究機構 2007）を用いた飼料設計では、必要となる成分組成は、乾物、粗蛋白質、粗脂肪、中性デタージェント繊維（NDFom）、エネルギー価（TDN：可消化養分総量、ME：代謝エネルギー）、ビタミン A、D、リン、カルシウム含量である。さらに、蛋白質の第一胃内での分解率は飼料の消化管内の通過速度に影響を受けることから、蛋白質給与の指標として、飼料の第一胃内での蛋白質の有効分解率（ECPD：Effective Crude Protein Degradability）が必要である。AMTS や NDS ではこれらのパラメータのほか、糖・デンプン、揮発性脂肪酸およびリグニン含量、第一胃内でのデンプンや NDFom の消化率を入力する項目があり、より多くの飼料特性に関する情報が必要である。飼料設計プログラムでは飼料データベースが付属しており、既入力成分値から実測値への変更、新規飼料の追加等の対応が可能である。しかし、エコフィードは多種多様であるため、飼料特性に関するデータがまだ蓄積の段階にある。そのため、飼料データベースに記載がないエコフィードについては、以下の対応が考えられる。

a) 飼料データベースに該当するエコフィードのデータが無い場合、飼料分析センターに分析依頼を実施し、新たにデータを得る。

b) 科学論文やホームページを検索し、該当エコフィードの飼料特性の情報を

収集する。

c) 原料が類似したエコフィードのデータを代用する等の対応が考えられる。

エコフィードに関する飼料特性については、日本標準飼料成分表 2009 年版（農業・食品産業技術総合研究機構 2009）に食品残さの成分値が記載されている。また、五訂増補日本食品標準成分表（文部科学省科学技術学術審議会資源調査分科 2010）に記載されている食品成分値の利用も考えられる。一方、国立フランス農学研究所（INRA 2015）の Feedipedia には多数の飼料の成分組成、栄養価および利用に関する情報が記載されている。さらに、エコフィードに関する試験情報を取りまとめたものとして、未利用資源飼料化情報 <http://ecofeed.lin.gr.jp/>（中央畜産会）がある。

エコフィードの繊維は粒度が細かく、第一胃内での消化速度も速いことから、物理的効果は粗飼料の 1/2～1/3 であると考えられている（農業・食品産業技術総合研究機構 2007）。そのため、粗飼料の繊維含量を考慮した飼料設計を行う必要がある。また、脂肪質のエコフィードで不飽和脂肪酸含量が高いものは、第一胃内発酵を抑制し、プロピオン酸の比率を高めることから、飼料の粗脂肪含量が 6%を越えないよう配合する必要がある。

酪農現場で使われている飼料設計モデルの高度化により、より細かな飼料特性に関する情報が必要となっている。特にエコフィードのような多種多様で、原料や加工調製法で成分組成が大きく異なる飼料を飼料設計モデルにどのように反映させるかは難しい問題である。しかし、乳牛が必要とする栄養要求量を合理的に給与することは、生産性向上や飼料費の節減を実現する上で重要である。そのため、わが国で入手可能なエコフィードについて、飼料設計モデルに必要なパラメータの整備を図ることは重要な課題である。特に TMR センター等でエコフィードを飼料原料とした均一かつ安定した品質の TMR を製造するためには、迅速・簡易に飼料成分の把握が期待できる近赤外分析法の開発は必要である。なお、飼養標準では平均的な栄養要求量を提示していることから、乳牛への飼料給与の妥当性については、BCS、乳量や乳質、乳中尿素態窒素等の変動をモニタリングし、飼料設計の改善に反映させることが必要である。

Ⅲ 主なエコフィードの飼料特性

エコフィードに関する研究は数多く行われているが、主な飼料特性としては以下の通りである。給与に際しては、牛の反応をみて給与量の増減ならびに給与しない等の判断を行う必要がある。

ビール粕は乳牛の飼料として一般的に使われており、蛋白質含量や繊維含量が高く、蛋白質の第一胃内でのバイパス率が高く、繊維の消化速度も速い。また、発泡酒の生産量が増加しているが、大麦以外のトウモロコシ、米、マイロ等を原料として使用するため、従来のビール粕に比べ飼料成分や栄養価が異なる。

トウフ粕は蛋白質含量と脂肪含量が高く、消化速度が速い高エネルギー・高蛋白質飼料である。なお、脱脂した大豆を豆腐の原料に用いた場合には粗脂肪含量が低い場合がある。トウフの製造業者により含水率や飼料成分が異なる。

焼酎粕は 90%を超える高水分含量で、原料であるカンショ、麦および米で飼料特性が異なる。焼酎粕を固液分離した沈殿物が脱水ケーキ、液体部分を濃縮したものが濃縮液、それらを乾燥した乾燥品がある。西村ら (2012) はカンショケーキを用いた乳牛用の TMR を調製し、乾物比で 10~20%混合しても生産性に影響なく給与できることを示している。鈴木ら (2010) は大豆粕の代替として米焼酎粕濃縮液を乾物比で 20%混合した乳牛用 TMR を調製・給与し、その際には窒素の利用性を考慮する必要があることを示している。

米糠は脂肪含量や栄養価も高い高エネルギー飼料であるが、気温の高い時期には脂肪の酸化が生じるため保存に留意する必要がある。また、米糠より米油を抽出した脱脂米糠があるほか、無洗米を製造する段階で生じる無洗米ヌカがある。無洗米ヌカは一般のヌカよりもデンプン含量が高い。

屑米は食用に供することができない砕けた米、未熟米等不完全米である。デンプンが主成分であるためエネルギー飼料として用いることができる。米の飼料利用については、飼料用米の生産・給与技術マニュアル (農業・食品産業技術総合研究機構 2015) に留意点が記載されているので参考にされたい。

酒粕は日本酒製造の際に産出する副産物であり、可溶無窒素物や粗蛋白質が主成分である。一方、近年の大手酒造メーカーの酒造技術の変化により、液化仕込み酒粕が排出されている。液化仕込みとは、麹菌による発酵を容易にするために、高熱により米のデンプンを α 化する方法で、粗蛋白質が大豆粕程度含まれるこ

とが報告されている（有安ら 2012）。

茶系残さとしては、緑茶粕、烏龍茶粕、麦茶粕がある。粗蛋白質含量は緑茶粕が約 30%、烏龍茶粕は約 20%で、烏龍茶粕の有効分解性蛋白質は緑茶粕よりも低い（永西ら 2005）。麦茶粕の粗蛋白質含量は約 13%で、可消化養分総量は 71%で大麦の約 8 割のエネルギー値である（永西ら 2000）。

IV おわりに

エコフィードの給与について乳牛を中心に記述した。栄養管理技術の高度化が進む中、飼料成分や栄養価の変動が大きいエコフィードを適正に給与するためには、飼料特性の把握を適宜実施することが必要である。また、フリーストール導入経営の増加、搾乳ロボットの導入等飼養管理形態も変化しつつある。そのためには、生産現場レベルでの飼料特性の測定技術の開発ならびに飼養形態を考慮した新たなエコフィードを主体とした給与システムを構築する必要がある。

（永西 修）

参考文献

有安則夫、山田徹夫、長尾伸一郎（2012）：液化仕込み酒粕の飼料化技術の検討、『岡山県農業総合センター畜産研究所報告』2：23-26.

中央畜産会（2017）：『未利用資源飼料化試験情報』<http://ecofeed.lin.gr.jp/> 2017年3月11日確認

INRA（2015）：『Feedipedia, an online encyclopaedia of livestock feeds』
<http://www.inra.fr/en/Scientists-Students/Agricultural-systems/All-the-news/Feedipedia> 2017年3月11日確認

永西 修、黒岩力也、佐伯真魚、川島知之（2005）：低・未利用食品製造副産物における反すう家畜用飼料としての蛋白質の特性、『日本草地学会誌』51(3)：281-288.

永西 修、塚原 昇、梶川 博、寺田文典（2000）：麦茶製造副産物の第一胃内消化特性と栄養価『日本畜産学会報』71(8)：J252-257.

文部科学省科学技術学術審議会資源調査分科（2010）：『日本食品標準成分表 2010』

農業・食品産業技術総合研究機構（2007）：『日本飼養標準・乳牛 2006年版』中央畜産会、東京

農業・食品産業技術総合研究機構（2009）：『日本標準飼料成分表・2009年版』中央畜産会、
東京

農業・食品産業技術総合研究機構（2015）：『飼料用米の生産・給与技術マニュアル<2015年
度版>』 http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/ricm2015.pdf
2017年3月13日確認

農林水産省生産局畜産部飼料課（2017）：『エコフィードをめぐる情勢』
http://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l_siryu/attach/pdf/ecofeed-4.pdf 2017
年3月13日確認

西村慶子、中原高志、大久津昌治、川本康博、中西良孝（2012）：カンショ焼酎粕ケーキ混
合サイレージを原料とした TMR の乳用牛への給与が栄養代謝と乳生産に及ぼす影響、
『日畜会報』 82（4）：335-343

鈴木知之、神谷裕子、田中正仁、服部育男、佐藤健次（2012）：大豆粕の米焼酎粕濃縮液へ
の置き換えが乳牛の乳生産成績に及ぼす影響、『日畜会報』 81（4）：443-448

Van Amburgh ME, Collao-Saenz EA, Higgs RJ, Ross DA, Recktenwald EB, Raffrenato E,
Chase LE, Overton TR, Mills JK, Foskolos A.（2015）：“J.Dairy Sci” 98（6）6361-
6380