

自給タンパク質飼料国産ダブルローナタネ粕の利用技術

(独) 農研機構 北海道農業研究センター

青木康浩

1. はじめに

飼料中タンパク質含量の調整を目的とするいわゆるタンパク質飼料として、これまで大豆粕が広く用いられてきた。2013年度におけるその使用量は、配合飼料原料のうち11.7%を占め、とうもろこし(43.6%)に次いで多い。しかしながら、大豆粕の価格は近年高騰、高止まり傾向にある。2014年1月から8月には、過去5年間で最安であった2011年度平均の170%程度で推移しており(図1)、畜産農家の経営に大きな影響を及ぼしている。

大豆粕の価格は、原料となる大豆の価格に左右される。干ばつなど当該年次の天候による収穫量の減少といった短期的な要因だけでなく、世界的な人口増加による食料需要の一層の増加、バイオ燃料原料など非食用としての需要量の増加に加えて、地球温暖化の進行、水資源の不足などが見込まれることから、大豆・大豆粕の国際価格は中長期的に高水準で推移すると予測される。

大豆粕価格の高騰が畜産農家の経営に及ぼす影響を緩和するためには、国際情勢に左右されずに大豆粕に代わるタンパク質飼料の安定供給を図る必要がある。そのひとつの候補として、後述するダブルロー品種ナタネを国内で栽培し、種子の搾油後に得られる搾油粕(以下、ダブルローナタネ粕)の利用が挙げられる。小規模ながら実用的に利用する事例が現れており、今後の展開に期待が持たれている。

2. ナタネ種子が含む2種類の問題成分

ナタネ種子にはもともと2種類の抗栄養因子が含まれるため、ナタネ油の食料としての利用あるいは搾油粕の飼料利用に際しては、それらの含量を低下させる必要があった。これら問題成分について説明する。以下では、松本(1977)、RymerとShort(2003)、上田(2004)、川崎(2013)を参照した。

1) エルシン酸

多くのアブラナ科植物の種子には、エルシン酸またはエルカ酸と呼ばれる一価不飽和脂肪酸が含まれる。ナタネの多くの従来品種もエルシン酸を含む。エルシン酸の給与は、心臓疾患の原因になることが実験動物で認められている。エルシン酸を含む人工乳を子豚に

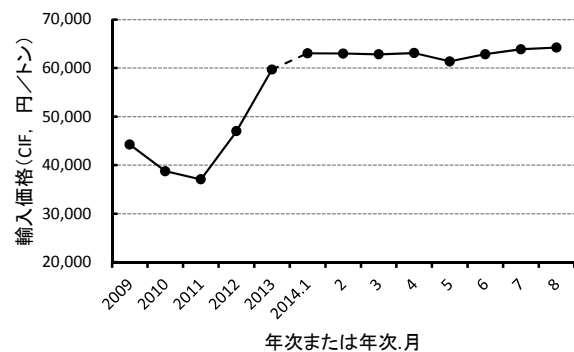


図1. 大豆粕輸入価格の推移

(独) 農畜産業振興機構 HP (<http://lin.alic.go.jp/alic/statis/dome/data2/nstatis.htm#9>) より抜粋して作成。

給与すると、血小板数が減ることも知られている。エルシン酸を含むナタネ油の摂取によって、動物実験レベルで認められる健康への影響がヒトでも生じることを示す確証こそ提示されていないが、1980年にFAOとWHOがエルシン酸摂取量の低減を勧告したこともあり、欧米諸国ではエルシン酸摂取の制限に取り組んできた。

ナタネの主産地であるカナダでは、早くからエルシン酸含量の少ないナタネ品種の育成が進められてきた。1960年代以降、エルシン酸を含まない品種（無エルシン酸品種。シングルロー品種とも呼ばれる）が多く育成され、FAO・WHOの勧告以降、世界的に無エルシン酸品種が主流になった。カナダはその後もナタネの品種改良において世界的に中心的な存在となっている。

日本においては、農水省東北農業試験場（農研機構東北農業研究センター）が、「アサカノナタネ」、「キザキノナタネ」、「ななしきぶ」、「菜々みどり」といった無エルシン酸品種を育成している。

2) グルコシノレート

グルコシノレートはアブラナ科などの植物に含まれる含硫配糖体で、120種類以上が同定されている。その種類や含量は植物の種・品種や部位によって大きく異なる。ナタネ種子にはプロゴイトリンなど数種類のグルコシノレートが含まれる。グルコシノレートは水溶性であるため、搾油中にはほとんど含まれず、搾油粕中に残存する。プロゴイトリンが加水分解されて生じるゴイトリンは、甲状腺におけるヨウ素の取り込みを阻害する。その結果、甲状腺ホルモンの合成量が減少し、脳下垂体からの甲状腺刺激ホルモンの分泌が促され、甲状腺肥大を招く。ナタネ種子に含まれるプロゴイトリン以外のグルコシノレートも、加水分解されると甲状腺肥大の原因になるチオシアネートに変化するものがある。

1960年代頃、ナタネ粕を大豆粕の代替としてニワトリの雛の飼料に配合したところ、成長が遅れ甲状腺の著しい肥大がみられたという報告が多く出された。エネルギーやタンパク質含量を大豆粕給与時と同一水準に揃えることで成長の遅れはなくなるが、甲状腺は肥大することも確かめられている。また、グルコシノレートの摂取は、鶏卵の異臭の原因になるとされる。ブタにおいても、ナタネ粕を配合した飼料の給与によって、肉質や脂肪などには影響は認められないものの、甲状腺の重量は有意に増加することが知られている。反芻家畜については、アブラナ科植物の摂取により仔畜において甲状腺肥大が認められているが、ナタネ粕給与による甲状腺異常を明確に示す報告はない。反芻動物におけるナタネ粕由来グルコシノレートの甲状腺に及ぼす影響は、ニワトリやブタにおけるほど著しくはないようだが、グルコシノレートに由来する甲状腺肥大原因物質が乳牛へ移行する可能性は否定されていない。また、グルコシノレートは辛味の原因物質の前駆体であり、その含量が多いと家畜の嗜好性に負の影響を及ぼす可能性が指摘される。

グルコシノレートは、このようにナタネ粕を飼料利用する場合に問題になる。タンパク質含量が高いことは広く認識されていたにもかかわらず、グルコシノレートを多く含むことが支障となり、ナタネ粕の飼料としての評価は低かった。しかし反対に、飼料としての利用が拡大すればナタネの消費量が増えると期待された。そこで、ナタネ油を摂取するヒ

トへの影響が懸念されるエルシン酸だけでなく、グルコシノレート含量の低減化がナタネ輸出国を中心に育種目標とされてきた。

3. ナタネのダブルロー品種

エルシン酸とグルコシノレート含量の低いナタネの品種を、一般にダブルロー (double low) 品種と呼ぶ。ダブルゼロ (double zero) と呼ばれることもある。また、カノーラ (canola。キャノーラ、カノラと表記することもある) が国際的に流通する標準的なダブルロー品種をさすことが多い。カノーラはもともと、FAO・WHO 勧告後にナタネ油が米国市場から一旦消失した後、カナダ産無エルシン酸品種由来ナタネ油が再び出回るようになったときに、健康に悪い油のイメージを払拭するために Canadian oil, low acid から canola と呼称したことに由来する。現在のカナダにおける定義では、油分の脂肪酸中エルシン酸含量が 2%未満で、風乾した脱脂粕に含まれる特定のグルコシノレート類が 1g 当たり 30 μ mol 未満のナタネ種子を canola としている。また EU においては、油分の脂肪酸中エルシン酸含量が 2%以下で、種子 (水分含量 9%) に含まれるグルコシノレート類が 1g 当たり 25 μ mol 以下のナタネ品種をダブルゼロと定義している。

世界的にみると、今日までにダブルロー品種が標準的なナタネ品種になっている。日本においては、国産ナタネ粕が一般に肥料用として利用されてきたこともあり、グルコシノレート含量の低減化に向けた育種は行われていなかった (石田ら 2007)。そのため、国産ナタネ粕を飼料利用する場合には、その量を一定に抑えて海外産ナタネ粕と混合する必要があった。しかし、国産ナタネの高度利用を図るために、日本においてもダブルロー品種が育成され始め、農研機構東北農業研究センターで国産初のダブルローナタネ品種「キラリボシ」が育成、2004年に種苗法に基づく品種登録がなされた (石田ら 2007)。南東北地方の平坦部での栽培に適し、山形県内などで栽培されている (川崎 2013)。

「キラリボシ」はシングルロー既存品種に比べて耐寒雪性に優れる (石田ら 2007)。そのため、既存品種では寒地での越冬性が課題であったが、「キラリボシ」は寒地でも栽培できる可能性が示唆される。北海道内でも栽培面積は小規模ながらキラリボシを栽培し、ナタネ油を得た後のナタネ粕を肉用牛に給与する事例がある。搾油は、一般的な溶剤抽出によるものではなく、機械的な圧搾法を採用している。肉用牛生産者の感想として、ダブルローナタネ粕の飼料利用は十分に期待が持て、ナタネ粕の産出量が現状より増えれば増えた分使用したいとの意向が聞かれる。

大規模製油工場で恒常的にナタネ油を得る原料として用いるには、栽培面積の大幅な増加が必要となる。そのため当面は、事例にみられるような小規模な搾油工場ですポットの産出されるダブルローナタネ粕の利用が現実的とみられる。

4. 国産ダブルローナタネ粕の飼料特性

1) ナタネ粕の一般的な特性

ナタネ粕には、大豆粕の 50%程度より少ないものの、通常 40%程度の粗タンパク質 (CP) が含まれる。CP の消化率はウシ、ブタおよびニワトリでそれぞれ 86、79 および 73%で、

大豆粕に比べて低い（日本標準飼料成分表（2009年版）からの引用、以下も同じ）。可消化養分総量（TDN）含量も、ウシで74.6%と大豆粕の87.0%に比べて低い。ブタおよびニワトリにおけるTDN含量は、難消化性成分が多いため、それぞれ68.8%および47.8%と低めである。

CPの反芻胃内分解速度は、大豆粕より大きい。CP中の可溶性蛋白質の割合は、大豆粕の16%に対して26%と高い。不溶性蛋白質の反芻胃内における分解速度も1時間当たり13%と、大豆粕の9%より大きい。反芻胃内での微生物体蛋白質の合成効率を考慮すると、大豆粕に比べて、デンプンの分解速度が速いエネルギー飼料との組み合わせに適するといえる。アミノ酸組成は、油粕類の中では良好とされる。

単味飼料として用いられることはほとんどないが、ナタネ粕の配合飼料原料としての使用量は全体の5.0%（2013年度）を占めており、上述のとうもろこし、大豆粕以外ではマイロ（6.3%）に次いで多い。

2) 成分 (図2)

青木ら（2014）は、道内で生産・利用されているダブルローナタネ粕（写真）の飼料成分を調べたところ、次の結果を得た。

乾物中CP含量は大豆粕の3分の2程度で、一般的なダブルローナタネ粕（カノーラ粕、溶剤抽出）に対しても8割程度に過ぎなかった。ただし、圧搾による搾油後のカノーラ粕（Hristovら2011）と比べると同程度の水準であった。

粗脂肪（EE）含量は、溶剤抽出によるカノーラ粕や大豆粕の2～3%程度に対して、20%と著しく多かった。この点も圧搾によるカノーラ粕（Hristovら2011）と同等である。搾油法は、油粕類中の脂肪含量に大きく影響を及ぼすことが知られており、機械的な圧搾による場合は、有機溶剤を用いた抽出時に比べて搾油粕中に残存する脂肪含量が多くなる（上田2004）。このよ

うに搾油法の相違が今回の結果に反映されたといえる。CP含量に関する結果も、EEが高い



写真. 国産ダブルローナタネ粕（左）と大豆粕（右）
色調は、大豆粕の明るい茶褐色に対して、濃い緑色を呈する。

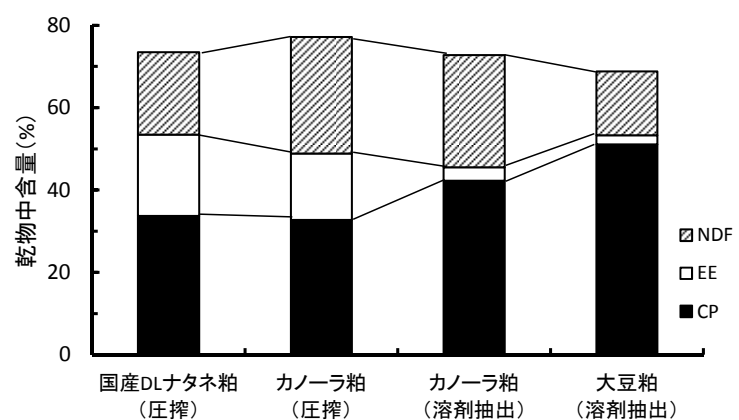


図2. 国産ダブルロー（DL）ナタネ粕の成分含量
青木ら（2014）より作成。カノーラ粕（圧搾）はHristovら（2011）、カノーラ粕（溶剤抽出）および大豆粕（溶剤抽出）は日本標準飼料成分表から引用。

ことにともなう CP 含量の相対的な低下によると考えられる。すなわち、「キラリボシ」に固有の特徴というより、おもに搾油が圧搾法によるものであったことに起因すると考えられる。

繊維成分についてみると、今回供試した国産ダブルローナタネ粕の NDF_{om} 含量は、溶剤抽出カノーラ粕より少ない。おそらくこれも EE が高いことによる相対的な低下のためと思われるが、圧搾カノーラ粕に比べても少ないことから、品種による相違が関与した可能性がある。

3) 栄養価 (図 3)

青木ら (2014) は、国産ダブルローナタネ粕の CP 消化率がカノーラ粕 (溶剤抽出) より高く、大豆粕と同程度であることを示した。EE の消化率もきわめて高く、TDN 含量は大豆粕と同程度であった。

溶剤抽出による搾油では、抽出後の溶剤除去のために加熱処理が施される。ナタネ粕中の CP は加熱により消化率が低下することが知られている。そのため、加熱処理を経ない圧搾による搾油後のナタネ粕において消化率が高く、TDN 含量も高くなった可能性がある。

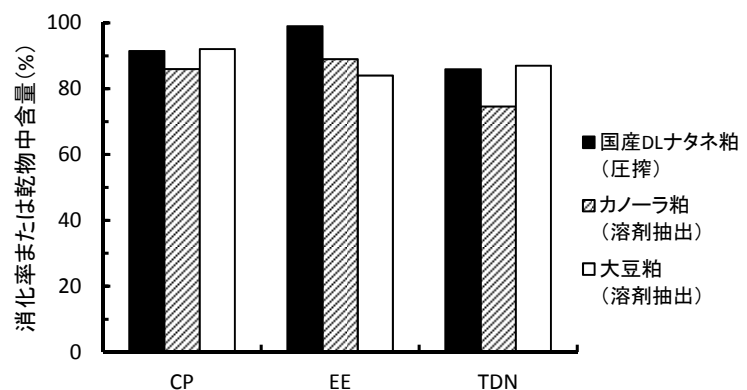


図 3. 国産ダブルロー (DL) ナタネ粕の栄養価
青木ら (2014) より作成。カノーラ粕 (溶剤抽出) および大豆粕 (溶剤抽出) は日本標準飼料成分表から引用。

4) ルーメン内分解性

青木ら (2014) は、国産ダブルローナタネ粕中 CP は、大豆粕に比べてルーメン内において比較的短時間のうちに分解されることを示した。これは一般的なナタネ粕の特徴と一致する。

タンパク質から生じるアンモニアがなるべく過不足なく利用されるためには、飼料中タンパク質の分解にともなうアンモニアの発生と、ルーメン内微生物がアンモニアを利用するために必要なエネルギー源の供給が同期化されることが望ましい。その点で、ここで調べた国産ダブルローナタネ粕は、圧ぺんとうもろこしのようにルーメン内でのデンプンの分解が緩慢なものより、デンプンがより速やかに分解するタイプのエネルギー飼料との組み合わせに適すると考えられる。ムギ類や、近年、北海道で利用され始めているイアコーンサイレージのようなものと組み合わせた利用に好適といえる。

5. 泌乳牛に対する給与試験事例

国産のシングルローナタネ粕を乳牛に給与した試験 (生田ら 2012) では、体重の減少、乳タンパク質率の低下などの負の影響を認めた。その原因については不明な点が残されて

いるが、少なくとも、シングルローナタネ粕の乳牛用飼料としての積極的な利用を推奨するデータは得られていない。

一方、青木ら（2014）は泌乳牛に対する国産ダブルローナタネ粕の給与試験の結果、乳量、乳成分、採食量、体重などの飼養成績や代謝プロファイルに負の影響を認めなかった。その試験では、上述の EE 含量の高い国産ダブルローナタネ粕を供試したため、飼料全体の EE 含量が過剰にならないよう、大豆粕の半量を国産ダブルローナタネ粕で置換するという飼料設計であった。EE 含量がより少なければ、ダブルローナタネ粕の比率を高めることが可能であり、今後、そのような視点での検討が必要と思われる。また、青木ら（2014）はエネルギー飼料としてイアコーンサイレージを用いており、国産ダブルローナタネ粕とイアコーンサイレージの組み合わせに特段の問題は認められていない。

6. 国産ダブルローナタネ粕利用拡大に向けて

以上のように、国産ダブルローナタネ粕の飼料特性を理解した上で適切な飼料設計を施すことにより、国産ダブルローナタネ粕が泌乳牛用飼料として十分に利用できることが示されている。今後、国産ダブルローナタネの栽培とナタネ粕の利用の展開を図る上で、次の 2 点の課題があると思われる。

(1) ダブルローナタネの栽培に際しては、交雑によるエルシン酸、グルコシノレートの混入を回避する必要がある。そのため、既存のナタネ品種や、ナタネと交雑可能なアブラナ科植物との混植・隣接栽培を避ける必要がある（石田ら 2007）。

(2) 現在利用可能な「キラリボシ」は寒地でも栽培できるものの、その収量は既存シングルロー品種より少ないとされる。「キラリボシ」の他にタキイ種苗会社で育成、2007 年に品種登録された「タヤサオスパン」というダブルロー品種があるが、いずれも中晩生であり、暖地、温暖地での栽培にはあまり適さない（川崎 2013）。寒地で高収量が得られる、あるいは暖地・温暖地での栽培に適する品種の育成が望まれる。

国産ダブルローナタネ粕には、畜産サイドからは、輸入飼料への依存度を下げることに寄与するとの期待が持たれる。畑作サイドからは、現状では過作・連作による病気の発生などが問題になっているところが多く、新たな換金作目の導入に対する要望が高まっている。ナタネ粕が従来の肥料だけでなく飼料にも仕向けられるようになれば、収入にも反映され、生産者にとって魅力につながり、輪作にナタネを採り入れる動きを促進する上で、大きなインセンティブになることが期待される。

さらに、「バイオマス・ニッポン総合戦略」（2002 年閣議決定、2006 年改定）において、菜の花を栽培して食用油として利用した後、廃食用油を収集してバイオディーゼル燃料の原料として利活用する取り組みが一つのパターンとして取り上げられており、ナタネのような資源作物の更なる活用が望まれている。ナタネから食用油を採取する際に、副産物的に生産されるナタネ粕が飼料としても取り引きされることになれば、その導入に弾みがつくといえよう。

ダブルローナタネの栽培、ナタネからの搾油、ナタネ粕の飼料利用といった、新たな耕畜連携、農商（工）連携を図る事例が小地域、小規模ながら現れている。地域内であれば、

家畜排泄物の畑作圃場への還元といった資源循環に寄与できる。個々は小規模でも、その数が増加し、将来的に資源循環型社会の構築につながることを期待される。

<参考文献>

- 青木康浩・大下友子・根本英子・上田靖子・青木真理(2014)国産ダブルローなたね(*Brassica napus* L.) 品種由来搾油粕の飼料特性および泌乳牛に対する給与効果. 日草誌 **60**: 178–185
- Hristov AN, Domitrovich C, Wachter A ら (2011) Effect of replacing solvent-extracted canola meal with high-oil traditional canola, high-oleic acid canola, or high-erucic acid rapeseed meals on rumen fermentation, digestibility, milk production, and milk fatty acid composition in lactating dairy cows. *J Dairy Sci* **94**: 4057–4074
- 生田健太郎・山口悦司・片岡 敏 (2012) 泌乳牛へのなたね粕給与が乳生産性と栄養代謝に及ぼす影響. 兵庫農技総セ研報 (畜産) **48**: 11–16
- 石田正彦・山守 誠・加藤晶子・由比真美子 (2007) 無エルシン酸・低グルコシノレートなたね品種「キラリボシ」の特性. 東北農研研報 **107**: 53–62
- 川崎光代 (2013) 品種改良の現状と課題. 国産なたねの現状と展開方向—生産・搾油から燃料利用まで— (野中章久・編) 農研機構東北農業研究センター、盛岡、p161–171
- 松本達郎 (1977) 飼料中のグルコシノレートと家畜・家禽への影響. 日畜会報 **48**: 691–700
- Rymer C, Short F (2003) The nutritive value for livestock of UK oilseed rape and rapeseed meal. The HGCA (Home-Grown Cereals Authority) Research Review, No. OS14
- 上田博史 (2004) 飼料資源、油粕類. 動物の飼料 (唐沢豊・編) 文永堂出版、東京、p76–80