

## DDGSハンドブック第4版

DDGSの栄養分析と新たな発見をまとめたDDGSハンドブック第4版がアメリカ穀物協会から発行されました。こちらでその一部を和訳したものを数回にわたってご紹介いたします。

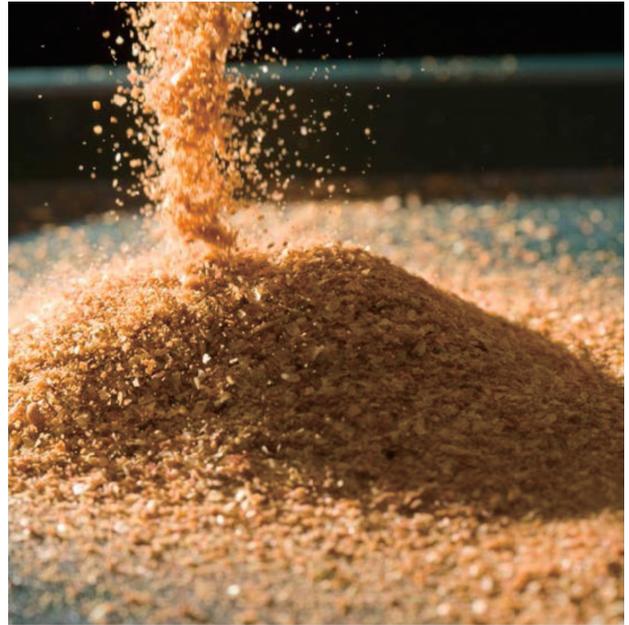
## 第1章

## 家畜の精密栄養管理と世界への持続可能な食料提供における米国産DDGSの役割

我々は克服すべき課題に溢れる世界に生きている。最大の課題のひとつは、恐らく、新しい方法と技術を開発・導入することにより、増加し続ける世界の人々に栄養価が高く、安全かつ購入可能な価格の食料を十分に提供すると同時に、天然資源を保全し、環境への悪影響を最小限にとどめることである。予測される食料の世界需要は2050年には60パーセント増大し、世界の中流階級消費者の増加により、肉、牛乳および卵に対する需要は増大する(AlexandratosとBruinsma, 2012年)。幸いなことに、今後10年の間に、食用動物の生産量は増加し、世界の農産物生産高の50パーセントを占めるまでになると予測されている(FAO, 2008年)。しかしながら、こうした需要を満たすため、食料生産チェーンに関わるすべての関係者には、食料生産量の増大と効率化に結びつく新たな技術を開発・導入することが求められている。数多くの構造改革や家畜を対象とした栄養面および生産面でのイノベーションの開発が行われ、世界中の食用動物生産システムにおいて導入されている。「家畜の精密栄養管理」と呼ばれる新たなイノベーションは、加速度的な広がりを見せ、食糧安全保障、食料の安全性および環境サステナビリティという課題の解決策となっている。「家畜の精密栄養管理」のゴールは、飼料原料中のエネルギーや栄養成分を高品質な畜産食品へと変換させる際のカロリー効率や栄養効率を改善することである。

世界の飼料業界は全世界の人々に向けて持続可能に食料を提供するうえで重要な役割を担っている。世界の130を超える国々で毎年、ほぼ10億トンもの飼料が生産されている(IFIF, 2016年)。トウモロコシやソルガム、小麦、大麦といった様々な飼料穀物が動物用飼料の主要な原料となっているが、世界の飼料業界で使用されている飼料原料の圧倒的多数は多様な農業や食料業界に由来する副産物である。こうした副産物は人の食料には向かないが、動物用飼料に貴重なエネルギーや必須栄養素を提供している。従って、飼料業界は、こうした栄養供給源を用いて高品質な畜産食品を豊富に生産することで、栄養成分を「リサイクル」し、経済的価値を獲得し、食糧安全保障に貢献し、環境に及ぼす悪影響を最小限に抑える上で極めて重要な役割を担っている。

世界中の人々に持続可能に食料を提供する世界の農業力に関する論争のひとつが「食料対燃料論争」である。この論争



では、生産される穀物や油糧種子の一部を動物飼料や人間用の食料として用いることのトレードオフではなく、バイオ燃料に用いることのトレードオフが問題となっている。しかしながら、世界の穀物総生産量のうちエタノール生産に用いられるのはわずか6パーセントであり(Poppら, 2016年)、乾式粉碎エタノール業界がエタノール生産に使用しているトウモロコシの約33パーセントは、動物用飼料に用いられる併産物として回収されている。従って、エタノール生産用のトウモロコシ需要は増加しているものの、デンブン以外のすべての成分は回収され、併産物に濃縮される(約3倍)ため、その成分濃度はトウモロコシ自体の濃度を上回っており、動物用飼料に用いられるトウモロコシ粕や大豆粕の相当量の置換用として使用されている。

世界のバイオ燃料業界は併産物を約5,200万トン生産しこれらは動物用飼料に用いられているが、こうした併産物の約85パーセントはエタノール業界によって生産されている(Poppら, 2016年)。米国のエタノール業界はトウモロコシ併産物の最大の生産者であり、その年間生産量は約3,800万トンである。この生産量は米国で一年間に生産される大豆粕の量に匹敵するもので、トウモロコシ併産物は大量に国内で使用されるだけでなく、世界の30を超える国々で動物飼料用として消費されている。さらに、DDGSは過去20年にわたり、世界の飼料業界で用いられるあらゆる主要飼料原料の間でもっとも大規模に研究が行われている飼料原料でもある。こうした研究ではカロリーや栄養効率の改善

だけでなく、あらゆる動物用飼料としてのDDGSのメリットや最適使用のための限度値の決定にも力が注がれているが、DDGSの他とは異なる栄養補助的な特性や環境への影響を明確にすることに、より一層の焦点があてられるようになってきた。

DDGSはエネルギー、タンパク質およびリンが豊富であるため、以前から使用されてきた、より値が張るエネルギー(トウモロコシ)、タンパク質(大豆粕)、リン(第一リン酸または第二リン酸カルシウム)供給源を部分的に代替する非常に魅力的な飼料成分である。適切に調製された動物用飼料にDDGSを配合すると、成長成績や健康、食品品質が非常に優れたものになる。その他の特性にこうした特性が加わって、DDGSは世界で最も人気のある動物用の飼料原料のひとつとなっている。

現在米国ではDDGSが大量に供給されているため、輸出に割り当てることのできる量も増加し続けている。エンドユーザーが他の入手可能な競合原料よりも大きなコスト削減効果を獲得してきたことが主因となってこうした需要増という直接的な結果がもたらされた。しかしながら、米国産DDGSは国内では動物用飼料として数十年使われてきたとはいえ、世界中の栄養専門家や飼料メーカー、家畜生産者の多くにとっては比較的馴染みのない飼料原料である。世界市場に新しい飼料原料が出てきたときにはそうであるように、最大の経済的価値を得ようとする、動物用飼料におけるDDGSの栄養効果や限度、使用について数多くの技術的な疑問が生まれる。経験豊富なエンドユーザーであっても、従来型の高脂肪(粗脂肪10パーセント超)DDGSと比較した場合に、低脂肪(粗脂肪7~9パーセント)DDGSの生産については、様々な動物種に給与した場合のエネルギー価や飼料価値に関連して多くの疑問を抱く。

アメリカ穀物協会によるこのDDGSユーザーハンドブック第4版「DDGSによる精密栄養管理」は、栄養専門家や飼料原料購入者、飼料メーカー、家畜生産者に、DDGSを用いた精密栄養動物給与プログラムの開発に関連して入手可能な、最新の、科学に基づいた情報を提供するために作成されたものである。

## References

Alexandratos, N., and J. Bruinsma. 2012. World agriculture towards 2030/2050: The 2012 revision. ESA Working Paper No. 12-03, June, Agriculture Development Economic Division, Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy.

Food and Agricultural Organization of the United Nations(FAO). 2008. The Global Livestock Sector-A Growth Engine, Rome, Italy <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/ai554e/ai554c00.pdf>

International Feed Industry Federation. 2016. The Global Feed Industry. Wiehl, Germany <http://www.i-f.org/pages/t/The+global+feed+industry>

Popp, J., M. Harangi-Rakos, Z. Gabnai, P. Balogh, G. Antal, and A. Bai. 2016. Review: Biofuels and their co-products as livestock feed: Global economic and

environmental implications. *Molecules* 21:285. Doi: 10.3390/molecules21030285

## 第2章

### DDGS価格と経済的価値との「ずれ」

DDGSの最大限の経済的価値を獲得し、DDGSを精密栄養給与プログラムで使用するためには、価値というものをどのように定めるかということについての新しい考え方が必要である。飼料原料から最も高い経済的価値を得る上で最大の課題のひとつとなるのは、世界のコモディティ市場で購入価格を決めるために用いられる栄養分析の種類と関係している。それらを動物用飼料の実際の経済的価値を定めるために用いられる実際の栄養測定値と比較する。エネルギー、アミノ酸およびリンは、動物用飼料の栄養成分の中で最も高価な3種である。現在の飼料原料コモディティ市場では、原材料の購入価格は粗タンパク質と粗脂肪の最低保証値に基づいている。DDGSのような原材料では、購入価格は「プロファット」含有率とよばれる、DDGSに含まれるタンパク質と粗脂肪を合わせた含有率に基づいている。粗繊維や水分、灰分、可溶性無窒素物とともに、粗タンパク質、粗脂肪はいずれも、1865年にドイツのWeende Experiment StationのHennebergとStohmannによって初めて確立されて以来、動物用飼料原材料の表示に広く用いられてきた近似分析の成分である。このシステムは動物用飼料の異なる化学特性を大まかに特徴付けするものだが、現在の動物用飼料の調製に用いることは甚だしく不適切である。なぜなら、このシステムでは異なる動物種に用いられるエネルギーの量や割合の正確な情報が得られないだけでなく、動物に必要とされるアミノ酸、リン、その他必須栄養素のような特定の栄養成分の量や可消化率も不明であるためである。事実、トウモロコシとDDGSの粗タンパク質含有率がリジン含有率とはほとんど関連していないことが研究から明らかになっている(Cromwellら、1999年)。加えて、Fieneらはアミノ酸の中には粗タンパク質や粗脂肪、粗繊維が含まれた予測式を用いて、中程度の精度で予測可能なものもある(イソロイシン、ロイシン、メチオニン、トレオニンおよびバリン)が、その他のアミノ酸(アルギニン、シスチン、リジンおよびトリプトファン)の予測は難しいことを明らかにしている。従って、一般成分の分析が比較的シンプルで費用のかからないものであっても、飼料原料の使用可能エネルギーや可消化アミノ酸の含有量には極めて不正確な判断指標であるため、動物栄養の専門家は動物飼料の配合設計に粗タンパク質や粗脂肪を用いることはない。

過去数十年にわたり、動物に給与する飼料原料の実際の栄養価値を予測するための極めて正確な栄養測定方法が開発されてきたが、その内容は大きく改善されてきた。今日、動物飼料の調製は代謝エネルギー(ME)または正味エネルギー(NE)に基づいて、また、可消化タンパク質またはアミノ酸に基づいて行われている。

さらに、豚および家禽用の飼料調製は可消化リンまたは生体有効リンに基づいて行われている。最小限コストの動物用飼料、

すなわちコスト面で最も優れた飼料の調製は、給与飼料の原料の正確なMEまたはNE、可消化アミノ酸および可消化リンまたは有効リンの値を用い、こうした高コストの必須栄養成分の最大または最小飼料濃度に制約を設けることで行われる。従って、DDGSの価格を決定するために用いられる分析手法は、動物用飼料を調製し、経済的価値を決定するために用いられる計測値とは「ずれ」がある。この「ずれ」はしばしば動物用飼料中のDDGSの真の経済的価値を過小評価することにつながる。その結果として、DDGSはこれを配合することで完全飼料が持つことになる実際の経済的価値よりも低い価格で販売されることが多い。

表1に示すように、「プロファット」含有量の一般的な方法を用いてDDGSの栄養価値および経済的価値を評価すると、粗タンパク質と粗脂肪を高配合した(37.1パーセント)という理由から、大半のDDGS購入者は最大の経済的価値があるものとして、5種類のDDGSの中からAを選択することになる。さらに、栄養価値が低いとみて、大半のDDGS購入者はDDGSのB(プロファット31.4パーセント)およびC(プロファット32.4パーセント)に対しては値引きを要求する可能性が高い。ところが表2から分かるように、生育-仕上期の豚の飼料では、実際にはDDGSのCの経済的価値が最も高く(\$279/トン、これにA(\$266/トン)とB(\$252/トン)が続く。DDGSのDとEのプロファット含有率はそれぞれ2番目(35.5パーセント)と3番目(34.4パーセント)に高いが、これらのDDGSの実際の経済的価値は5種類中最も低い。こうした結果は、DDGS購入時に価格決定する上で、何故プロファット仕様を用いるべきでないかを示す「現実世界」の例である。豚および家禽用飼料に用いるDDGSを対象とした、正確なMEとSIDアミノ酸予測式が開発されている(第19章および20章を参照のこと)現在ではなおのことである。

NE値についてはDDGSの製品Cは2番目であるが、標準回腸消化(SID)メチオニン、トレオニンおよびトリプトファン含有率は5種類の中で最も高く、こうした経済的重要性を持つ栄養成分の組み合わせによってDDGSの製品Cの経済的価値が最も高くなる。さらに、この例では、経済的価値が最も低いDDGSと最も高いDDGSとの間には1トン当たり\$60の開きがある。こうした価格の開きは、様々なDDGSの真の経済的価値を見極めるために「最新」のエネルギー・可消化アミノ酸予測式を採用することで、DDGSバイヤーが最大の価値を得ることができる大きなチャンスが存在を意味する。これは購入を検討しているDDGSの分析を研究所に依頼し、栄養専門家と協力して予測式を用いて豚や家禽に給与する場合の実際のME値とSID含有量を評価し、競合する原料の現在価格を使用してDDGSの「シャドープライシング」を行うことで実現する。

この比較のもうひとつの重要な側面は、こうした「シャドープライシング」比較の実施時のDDGSのスポット市場価格が\$182/トンであったということである。各DDGSの実際の経済的価値と市場価格とを比較すると、これらDDGSのいずれについても、経済的価値はそれぞれを購入するために支払われたであろう価格を\$37~\$92/トン上回っていた。こうした結果は、DDGSが今日の世界の飼料原料市場で最も高い価値を持つ商品のひとつであるこ

とを示している。実際には、競合する原料の市場価格状況によって異なるものの、豚用飼料として使用する場合の米国産DDGSの市場価格と経済的価値との「ずれ」によって、実際の経済的価値が実際の購入価格を\$100/トンも上回ることもある。加えて、豚用飼料の場合、米国産DDGSの中で最も価値の低いものと最も価値の高いものと間に、1トンにつき\$90もの経済的価値の差が存在する可能性もある。同様の差は牛以外の反芻動物や家禽、養殖のための飼料に含まれるDDGSの実際の経済的価値にもみられるが、こうした経済的価値の差は乳牛および肉牛用飼料に用いられるDDGSの場合に最も大きくなる。結果として、異なるDDGS商品の間で実際の経済的価値にこうまで大きな差が存在するという事は、DDGSを動物用飼料に用いる場合に、飼料コストを削減し、利益率を改善する非常に大きな機会が存在することを意味する。しかしながら、こうした価値の差を得るためには、動物種別の飼料調製に用いる特定のDDGSについて、ダイナミックかつ正確なME、NE、可消化タンパク質、可消化アミノ酸および可消化リンの値を用いる以外に方法はない。

表1. 異なる5種類の市販米国産トウモロコシDDGSの近似分析

	A	B	C	D	E
乾物(%)	89.2	89.0	88.9	92.8	88.7
粗タンパク質(%)	29.6	25.7	26.6	27.5	25.7
粗脂肪(%)	7.5	5.7	5.8	8.0	8.7
プロファット(%)	37.1	31.4	32.4	35.5	34.4
粗繊維(%)	6.9	6.7	6.7	7.2	7.1
灰分(%)	4.5	5.2	4.3	4.9	4.8

出典:アイオワ州メーンソンシティ所在Nutriquest社のDr. Rob Musser

表2. 生育-仕上期豚用飼料に配合する5種類の市販DDGSのエネルギー、標準回腸消化(SID)アミノ酸、有効リンの含有値<sup>1</sup>

	A	B	C	D	E
ME(kcal/kg)	3,237	3,073	3,180	3,182	3,001
NE(kcal/kg)	2,302	2,190	2,278	2,256	2,141
SIDリジン(%)	0.58	0.65	0.63	0.60	0.45
SIDメチオニン(%)	0.48	0.49	0.58	0.46	0.42
SIDトレオニン(%)	0.79	0.80	0.86	0.76	0.62
SIDトリプトファン(%)	0.16	0.16	0.17	0.16	0.14
有効リン(%)	0.60	0.69	0.65	0.70	0.66
経済的価値 <sup>2</sup> (\$/トン)	266	252	279	240	219

1 ME、NEおよびSIDアミノ酸含有値は、化学組成に基づき、DDGS専用に開発された予測式を用いて求めた。

2 経済的価値は次の原材料価格(DDGS=\$182/トン、トウモロコシ=\$138/トン、大豆粕=\$343/トン)で、最小コスト調製ソフトウェアにおいて「シャドープライシング」を用いて決定した。

出典:アイオワ州メーンソンシティ所在Nutriquest社のDr. Rob Musser

## まとめ

世界のコモディティ飼料市場は、飼料原料の価格を決定するために粗タンパク質と粗脂肪の数値を使用し続けているが、この方法では動物用飼料に含まれるDDGSの実際の経済的価値を適切に把握することはできない。実際には、他のほとんどの飼料原料と比較して、DDGSには豊富なエネルギーやアミノ酸、リンが含まれており、DDGSの経済的価値を正確に決定することが難し

い場合が多い。というのも、DDGSの価格は、トウモロコシ粕・大豆粕市場の価格競争によって決定されるため、動物種や生産段階、飼料配合率、市場状況によって異なるものの、メートル当たり通常\$40から\$100過小に見積もられている。新たに開発されたエネルギーと可消化アミノ酸の式を用いることにより、栄養や飼料調製の専門家は様々な飼料調製において「シャドープライス」を決定する時に正確な値を得ることができる。DDGSの価格と実際の経済的価値との間に存在する「ずれ」をなくすことで、最大限の経済的価値を得て、供給元の異なるDDGSのばらつきを管理し、エネルギーや栄養成分の過小または過大給与を回避しようとするなら、購入者は不正確なDDGSの粗タンパク質と粗脂肪含有量に頼るのではなく、この新たな方法を採用すべきである。

**References**

Cromwell, G.L., C.C. Calvert, T.R. Cline, J.D. Crenshaw, T.D. Crenshaw, R.A. Easter, R.C. Ewan, C.R. Hamilton, G.M. Hill, A.J. Lewis, D.C. Mahan, E.R. Miller, J.L. Nelssen, J.E. Pettigrew, L.F. Tribble, T.L. Veum, and J.T. Yen. 1999. Variability among sources and laboratories in nutrient analyses of corn and soybean meal. *J. Anim. Sci.* 77:3262-3273.

Fiene, S.P., T.W. York, and C. Shasteen. 2006. Correlation of DDGS IDEA™ digestibility assay for poultry with cockerel true amino acid digestibility. In: *Proc. 4th Mid-Atlantic Nutrition Conference*, University of Maryland, College Park, MD. pp. 82-89.

(次号に続く)

**米国農務省「世界農業需給予測(WASDE)」による 飼料穀物 (トウモロコシ、ソルガム、大麦) 需給概要の抜粋**

2018年9月12日米国農務省発表の世界農業需給予測の米国産飼料穀物に関する部分の抜粋の参考和訳を以下に掲載いたします。WASDE のフルレポートについては (<http://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/>) よりご確認ください。また、数値や内容については、原文のレポートのものが優先いたします。各項目の詳細、注釈についても原文をご参照ください。

今月の2018/19年度の米国産トウモロコシの見通しは、生産の増大、国内利用の増加、輸出の拡大と期末在庫の積み増しとなっています。トウモロコシの生産は、単収予測の上昇により、先月より2億4,100万ブッシェル上方修正されて148億2,700万ブッシェルと予測されています。このまま生産量が推移すれば、史上第二の豊作となります。主要生産州の中では、イリノイ州、アイオワ州、ネブラスカ州、インディアナ州、オハイオ州とサウスダコタ州で史上最大の単収が予測されています。2017/18年度の輸出量が先月より高く推定されていることによって、期首在庫が若干減少していますが、トウモロコシ生産量の増大がその減少を上回っていることから、トウモロコシの供給量は先月より上方修正されています。2018/19年度の飼料そのほかへの利用は、生産量の拡大と低い価格が期待されることから、5,000万ブッシェル引き上げられています。エタノール生産に利用されたトウモロコシは2,500万ブッシェル引き上げられています。利用より供給の増加が上回るため、期末在庫は先月より9,000万ブッシェル上方修正されています。トウモロコシの年間平均農家出荷価格は、10セント引き下げられて中央値で1ブッシェル当たり\$3.50となっています。

世界の2018/19年度の粗粒穀物生産見通しは、510万トン引き上げられて13億4,720万トンと予測されています。2018/19年度の米国外の粗粒穀物の見通しは、先月と比較して生産量の低下、利用量の増大、貿易の拡大と在庫の減少となっています。米国外でのトウモロコシ生産予測量は、EU、アンゴラ、パラグアイ、トルコとセルビアでの予測される増加が、カナダ、南アフリカとグアテマラでの減少を上回るため、先月より上方修正されています。EU

のトウモロコシ生産量は、主にルーマニア、ハンガリー、ブルガリア、フランスでの増加を反映して引き上げられています。ブルガリアとルーマニアの両国では、史上最高の単収が期待されています。世界の小麦の生産量は、カザフスタンとロシアでの増加よりEU、オーストラリア、ウクライナでの減少が上回っていることから、減少しています。

2018/19年度のトウモロコシの輸出は、ウクライナ、セルビアとパラグアイで引き上げられている一方、カナダと南アフリカで引き下げられています。輸入はEU、日本、ブラジルとグアテマラでの増加が、アルジェリアとサウジアラビアでの増加によって一部相殺されています。2017/18年の輸出量は、期待されたより遅いこれまでの貿易を反映してブラジルとアルゼンチンで下方修正されています。2018/19年度の米国外のトウモロコシ期末在庫は、アルゼンチン、南アフリカ、ウクライナ、カナダとセルビアでの減少が、アンゴラ、パラグアイ、EU、ブラジル、トルコとインドでの増加を上回っているため、先月に比べて若干引き下げられています。世界のトウモロコシ在庫量は、先月より150万トン上方修正されて、1億5,700万トンとなっています。

ネットワークに関するご意見、ご感想をお寄せ下さい。



〒105-0001 東京都港区虎ノ門1丁目2番20号  
第3虎の門電気ビル11階  
Tel: 03-6206-1041 Fax: 03-6205-4960  
E-mail: [grainsjp@gol.com](mailto:grainsjp@gol.com)

本部ホームページ (英語) :<http://www.grains.org>  
日本事務所ホームページ (日本語) :<http://grainsjp.org/>