

## 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。

(No.190からの続き)

## 第11章-vol.2

## DDGSと飼料の安全性

## 潜在的な微生物学的な危害要因

## 飼料および飼料原料におけるコロナウイルス感染

コロナウイルス(TGEV(豚伝染性胃腸炎ウイルス)、PDCoV(豚デルタコロナウイルス)、PEDV(豚流行性下痢ウイルス))は、世界の養豚業に壊滅的な影響を及ぼした。これらのウイルスは糞中に排泄され、汚染された機器、ヒトやその他の媒介によって感染が拡大する可能性があり、豚に深刻な下痢、高い斃死率、罹患後の発育成績の低下を引き起こし、収益性を低下させる。PEDVは、2013年に米国で壊滅的な影響を及ぼしたが、感染には飼料および飼料原料が関与している可能性が浮上したため、飼料から豚への感染を最小限に抑えるための戦略を明確にするために、飼料および飼料原料中のコロナウイルスの生存性に関する調査が行われた。Deeら(2015)は、PEDVの生存日数は飼料原料によって異なり、大豆粕で最も長く生き残るが、ホルムアルデヒドを主成分とした薬剤処理により、すべての飼料原料でウイルスが不活化された。同様に、Trudeauら(2017)は、粗脂肪含量が異なるDDGSを含む様々な飼料原料におけるPEDV、TGEV、PDCoVの生存性を評価した(図1)。PEDウイルスは大豆粕中で最も長く生存し、TGEVとPDCoVも他の飼料原料に比べて高い生存率を示した。興味深いことに、中程度の粗脂肪含量のDDGS(TGEV:1.7日、PEDV:7.3日)に比べて粗脂肪含量が低いあるいは高いDDGSでは、ウイルスの生存日数は非常に短かった(TGEV:1.0および0.8日、PEDV:0.7および0.6日)。対照的に、PDCoVは、中程度の粗脂肪含量のDDGS、血粉、配合飼料、肉粉、血漿たん白に比べて、粗脂肪含量が低いあるいは高いDDGSではより長く生存した。すべてのウイルスのDDGS中での生存日数は、大豆粕に比べて著しく短く、DDGSでのTGEVおよびPDCoVの生存日数はトウモロコシに比べてもはるかに

短かった。これらの結果は、大豆粕がDDGSやその他の一般的な飼料原料よりも、飼料を介したコロナウイルス感染の大きなリスク要因ではないことを示唆している。残念ながら、鳥インフルエンザウイルスなどの他の病原体の飼料原料を介した伝染の可能性、または輸送および保管中の飼料原料中での生存の可能性については調査されていない。

## 飼料および飼料原料中のサルモネラ感染

DDGSにおけるサルモネラ汚染に関するデータや当局による規制はないが、ヒトにおけるサルモネラ症の発生率低減を目的として、飼料にサルモネラ陰性の基準を設けることの実現可能性と有効性に関して、長期的な科学的議論が行われている(Daviesら、2004)。飼料中のサルモネラの抑制による、食品を媒介したヒトのサルモネラ症のリスクに及ぼす影響の評価は困難である。飼料に対する規制導入を疑問視する要因としては、以下が考えられる。

- 自家配農家が多数ある
- 飼料の処理工程中での不完全な除染
- 飼料工場における処理工程後の汚染
- 飼料輸送中または農場での保管中の汚染
- 飼料以外の多数な媒介の存在
- 出荷後、屠殺までの間の感染
- 畜産物となった後の汚染

## DDGS給与時のサルモネラ、大腸菌O157:H7およびウェルシュ菌の排泄の潜在的なリスク

家畜の消化管内には大腸菌(E.coli)O157:H7とサルモネラが自然に存在する。これらは食品由来の病原体であり、家畜の糞便由来で食品が汚染され、ヒトに疾病を引き起こす可能性がある。肉用牛に対してDDGSを給与した場合、一般的にE.coli O157:H7排泄率が低いことを示す一連の研究がJacobら(2008a、b、c)によって行われている。他の研究(Petersonら、2007;Nagarajaら、2008)でも、肉牛ではE.coliが排泄され

るが、DDGSの給与量を高めても排泄状況への影響はなかった。さらに、DDGSとドライ・ロール・コーンとの間でE.coli O157:H7またはサルモネラの排泄率には差はなかった (Jacobら、2009)。これらの結果は、DDGSの給与によるE.coli O157:H7やサルモネラ排泄量の増加のリスクは非常に少ないことを示している。成長期の豚にDDGSを配合した飼料を給与しても、ネズミチフス菌の感受性やコロニー形成には影響がないことが示されており (Rostagno ら、2013)、ブロイラーにDDGSを配合した飼料を給与しても、盲腸内容物におけるウェルシュ菌およびE.coli数には影響がないことを示されている (Loarら、2010)。これらの結果は、肉牛、豚、ブロイラーへのDDGSの給与が食肉由来の病原菌の食肉製品への伝染リスクの増加と関連しているとしても、そのリスクは非常に少ないものと思われる。

カビ毒

DDGS由来の飼料安全に関するリスクの中で、カビ毒汚染の可能性が最大の懸念事項であると思われる。カビ毒は、真菌の生育により保管中の特定の環境条件下で産生される。発がん性等、食品安全上の観点から、FDAによって規制値が設定されているのはアトキシンのみであるが、飼料原料中に高濃度の様々なカビ毒が含まれている場合、栄養素の利用性、免疫機能およびその他のいくつかの有害な生理機能に影響を

及ぼし、家畜の健康と発育成績に悪影響を及ぼす可能性がある。一般に、豚や家禽は反芻動物に比べてもカビ毒への感受性が高く、幼動物は成長が進んだ動物より感受性が高い。カビ毒は特定の菌株によって産生されるが、飼料原料のカビ数を測定してもカビ毒の存在やその濃度を把握することは出来ない。

トウモロコシや他の穀物およびDDGSにおけるカビ毒の汚染率と濃度は、原産国によって異なっている (Biomin、2014)。米国産DDGSのカビ毒の汚染率と濃度は、中国産の飼料原料に比べてはるかに低い (Biomin、2014; Guanら、2011; Li、2014)。米国産DDGSのカビ毒汚染に関する広範囲な調査が Zhangら (2009) および Khatibiら (2014) により行われており、DDGSにおける様々なカビ毒の濃度は、現在設けられているガイドラインによる規制値に比べて比較的低いことが示している。Zhangら (2009) は、2006年から2008年までに米国のエタノール工場20カ所から収集したDDGS 235試料と、輸出用のコンテナから収集したDDGS 23試料の分析を行った結果を、以下のとおり報告している。

1. すべての試料のアフラトキシンおよびデオキシニバレノール含有量は、飼料での使用に関するFDAによるガイドラインの値以下だった。
2. 全体の10%において、フモニシンに最も敏感な種であるウマ

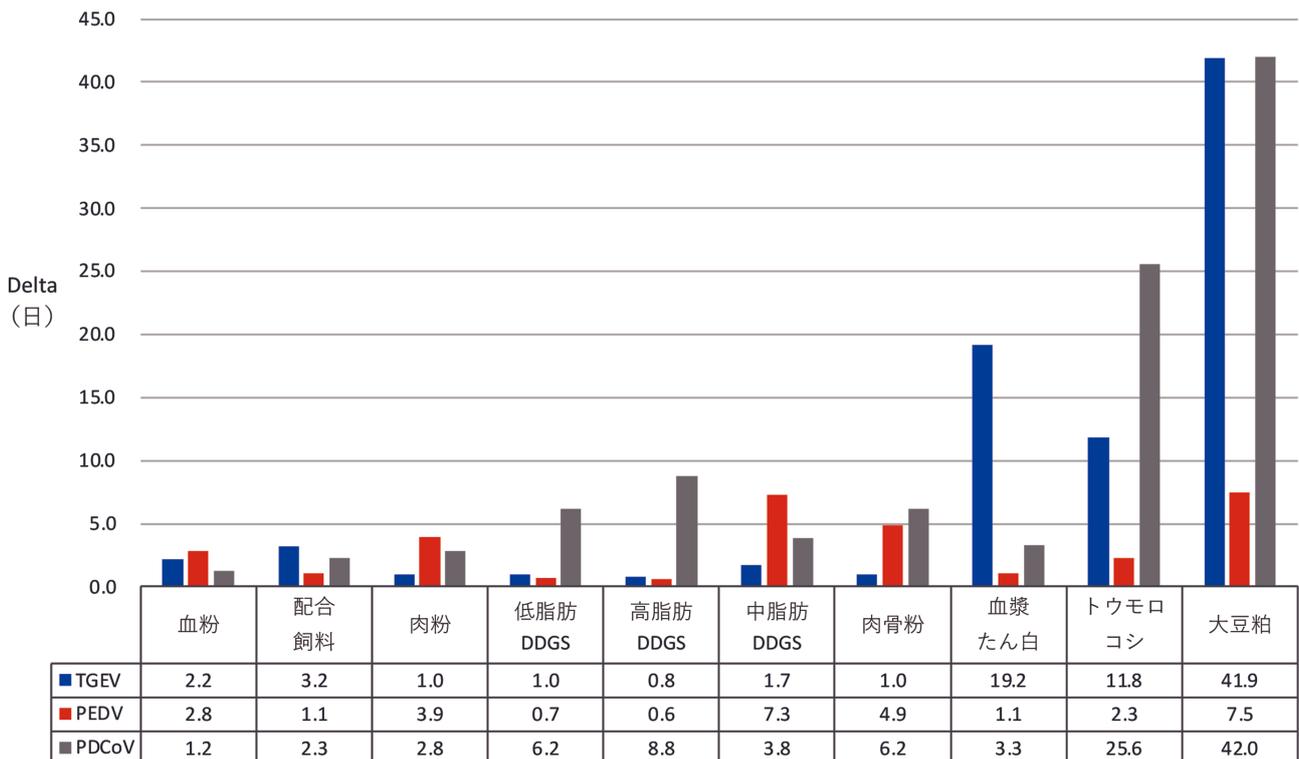


図1. コロナウイルス (TGEV: 豚伝染性胃腸炎ウイルス)、PDCoV: 豚デルタコロナウイルス)、PEDV: 豚流行性下痢ウイルス) の配合飼料および一般的な飼料原料中での生存日数 (Trudeauら2017)

およびウサギ用飼料での推奨最大濃度を超えるフモニシンが検出されたが、これらを含むすべての試料中のフモニシン濃度は乳製品、牛肉、豚、家禽および養殖水産動物用飼料におけるFDAのガイドライン値以下だった。

3. すべての試料で、T-2トキシンは検出限界以下であり、ゼアラレノンもほとんどの試料で検出限界以下だった。
4. 輸送用コンテナ内でのカビ毒濃度の増加はなかった。

最近、Khatibiら(2014)は、様々なトリコテセンの存在と濃度について、米国の12州にあるエタノール工場78カ所からトウモロコシDDGS 141試料を収集して分析し、2011年にはトウモロコシの栽培期間中に悪天候に見舞われたため、フザリウム属のカビ毒の汚染率が非常に高かったことを報告している。このような極端なケースにおいても、収集した試料の69%ではデオキシニバレノールは検出限界以下であり、FDAの豚における勧告値を超えていたものは5%のみであった。また、ゼアラレノンも19%で検出されたのみであった。これらの結果は、トウモロコシDDGSにはカビ毒が存在する可能性があるものの、米国産DDGSにおける汚染率と濃度は、中国産DDGSよりもはるかに低い。したがって、その製造地域と栽培年におけるトウモロコシのカビ毒の発生率と濃度に応じて、配合割合を勘案することで、全給与飼料中でのカビ毒濃度が推奨レベルを超えるリスクを最小限に抑えることができる。

## 潜在的な化学的有害要因

### 抗生物質の残留

エタノール生産における発酵中の微生物汚染を制御するために、少量ではあるが、数種類の抗生物質が使用されることがある。FDAは、エタノール生産に際に使用する抗生物質の使用を規制しておらず、主に使用されているバージニアマイシンはGRAS(Generally Recognized As Safe:一般に安全と認められる)物質と認定されている。米国およびEUでは、発育促進目的での抗生物質の使用は認められておらず、これ以外の国でも畜産分野での使用量は減少している。抗生物質の使用による主なリスクは、肉、乳、卵への残留の潜在的な懸念と、家畜およびヒトにおける薬剤耐性菌の出現である。FDAは、多成分分析法(de Alwis and Heller, 2010; Kaklamanosら, 2013)を用いたDDGS中の抗生物質の検出と濃度に関する調査を行っているが、その結果は公表されていない。一部の抗生物質(たとえば、バージニアマイシン)の残留は、バイオアッセイを使用してのみ正確に定量化できるため、分析手順

の選択は非常に重要となる。

米国の9つの州にあるエタノール工場43カ所から四半期ごとに収集したDDGS 159試料からの抗生物質の検出率、濃度および生物活性に関して報告されたのは1報のみである(Paulus-Compartら, 2013)。この報告では、全試料の13%で低濃度の抗生物質(1.12mg/kg未満)が含まれていたが、バイオアッセイを行った結果、E.coliの発育を阻害したものは1試料だけだった。このことは、DDGSから抗生物質の残留物が検出される可能性は非常に低く、たとえ検出された場合でも、生物学的な活性が残存しているリスクは非常に少ないものと思われる。この調査が行われて以降、エタノール生産における抗生物質の使用は大幅に減少している。これは、発酵工程での微生物汚染を制御するための衛生改善と、非抗生物質添加剤の利用の拡大によるもので、実際に、一部のエタノール工場では、現在、抗生物質を含まないDDGSを製造している。

### ダイオキシン

DDGSの潜在的なダイオキシン汚染に関する調査は行われておらず、規制も設けられていない。ダイオキシンは、210以上の異なる化合物のグループであり、環境のいたる所に存在している。これらの化合物のうち、毒性の懸念があるのは17種類であり、いずれも、意図的に生成されたものではないことから、それらを単純に禁止することはできない。ダイオキシンは化学的なプロセス中で副産物として発生する非水溶性で、脂溶性の物質であり、生分解性がないことから、フード・チェーン内で蓄積する可能性がある。柑橘類の残渣とカオリン質粘土ではダイオキシンの最大濃度基準が設けられており、ダイオキシン汚染がある最も一般的な飼料原料は魚油と魚粉である。動物性油脂にもダイオキシンが含まれている可能性があるが、穀物や種子、乳製品副産物、肉骨粉におけるダイオキシン汚染例は少ない。

### 遺伝子組換えトウモロコシ(GM)

米国とは異なり、いくつかの国では遺伝子組換え(GM)作物の安全性に懸念を抱いており、その結果、すべてではないにしても、一部のGM穀物と副産物の生産または輸入を禁止または制限している。世界の多くの国では、食料安全保障のために家畜への給与制限が設けられているが、これには引き続き議論がなされる余地がある。2015年には、米国内のトウモロコシ耕作地の約92%でGM品種が作付けされている(USDA-

NASS, 2015)。したがって、米国産のトウモロコシDDGSの大部分は、原料としてGM品種が使用されていることになる。

米国では、トウモロコシと大豆を含む19の作物で165以上の遺伝子組換え品種が承認され (James, 2013)、すべてがFDAによる包括的な安全リスク評価を受けており、過去20年間にFDAおよび日本の規制当局によって評価されたすべての遺伝子組換え品種は、従来の品種と同等の安全性を持つことが示されている (Herman and Price, 2013)。さらに、コーデックス委員会 (www.codexalimentarius.org) による国際的なガイドラインが、遺伝子組換え生物のリスク評価に使用されている。

GM作物が安全であるという科学的証拠は多く、バイオテック情報普及会は「FDAは、バイオテクノロジー食品および作物は非バイオテクノロジー食品と同様に安全であるとしている。アメリカ医師会、アメリカ栄養士協会および全米科学アカデミーも、バイオテクノロジー食品は人間および家畜にとって安全であるとしている。さらに、遺伝子組換え食品が1996年に米国市場に導入されて以来、この摂取が原因でヒトや家畜に疾病が発生した事例はない。バイオテクノロジー食品と作物が安全であると結論付けている国際的なグループには、上記のほかに、FAO (国連食糧農業機関)、WHO (世界保健機関)、ISCU (国際科学会議)、フランス食品庁および英国医師会がある。EFSA (欧州食品安全機関) もまた、いくつかのバイオテクノロジー品種がヒトや家畜にとって安全であることを確認している。」としている。フード・チェーンにおけるGM作物の安全性の詳細な分析に関する関連リンクは、以下のとおりである。

- アメリカ栄養士協会: 農業および食品バイオテクノロジー (http://download.journals.elsevierhealth.com/pdfs/journals/0002-8223/PIIS0002822305021097.pdf)
- WHO: 現代の食品バイオテクノロジー、ヒトの健康と開発: 証拠に基づく研究 (http://www.who.int/foodsafety/publications/biotech/biotech\_en.pdf)
- 国連: 人の健康と環境への影響 (http://www.fao.org/newsroom/en/news/2004/41714/index.html)
- 全米科学アカデミー: 遺伝子組換え食品の安全性 (http://books.nap.edu/catalog/10977.html?onpi\_newsdoc07272004)

家畜は、15年以上にわたって遺伝子組換え作物とその副産物の70~90%を摂取している (Flachowsky ら, 2012)。最近の包括的なレビュー (van Eenennaam and Young, 2014

年) では、遺伝子組換え作物とその副産物を給与した1,000億を超える家畜からのデータを分析し、家畜の健康と生産性への悪影響を示す証拠はないとしている。残念なことに、悪影響がないにもかかわらず、一部の国では、米国産トウモロコシとDDGSの飼料としての輸入と使用に対して貿易障壁と輸入制限を設けている。

## 潜在的な物理的危害要因

DDGSの物理的な汚染物質のリスクは非常に低い。穀物と飼料原料に含まれる最も一般的な物理的汚染は、石、金属、ガラス、木材、プラスチックの破片等の異物の混入である。物理的な危害要因は、食品の「固いまたは尖った」または「窒息」の危険性として分類されている。農業生産および積み込み施設には、飼料原料を意図せずに汚染する可能性がある砂利や石が存在している。コンベアや積載装置の金属同士の接触により、摩擦による金属の破片が生じる可能性があり、これらは輸送用コンテナやビンの中で発見されることがある。ガラスやプラスチック製の容器を使用して材料を保管する施設では、これらの破片が飼料原料に混入する可能性もある。これらの潜在的な危害要因のすべては一般的なものではないが、飼料原料の生産、積み込み、輸送に使用される設備やその工程中で発生する可能性がある。

第11章の引用文献リストにつきましてはこちらをご覧ください。  
<https://grains.org/buying-selling/ddgs/user-handbook/>

ネットワークに関するご意見、ご感想をお寄せ下さい。

 **U.S. GRAINS COUNCIL** アメリカ穀物協会  
 〒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: Japan@grains.org

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