

米国と世界のDDGS (ドライド・ジスチラーズ・グレイン・ウィズ・ソリュブル)の現状と展望

アメリカ穀物協会では2017年11月6日に東京でDDGS(ドライド・ジスチラーズ・グレイン・ウィズ・ソリュブル)の市場の現状と展望について、アメリカ穀物協会本部のグローバルトレード・マネージャーのアルバロ・コルデロ(Alvaro Cordero)によるセミナーを開催しましたので、以下にその概要をまとめました。

燃料用エタノールの現状と展望

DDGSはトウモロコシからエタノールを生産した残渣なので、エタノール市場の動向がその現状と将来に大きな影響を与える。そこでまず、エタノールの市場動向を見てみよう。エタノールの米国内市場はガソリンに10%混合するE10と呼ばれる義務量が満たされていることから、過去に見られた大きな増加は近年見られない(図1)。一方、エタノールの輸出が拡大している。2016/17年度の最初の9ヶ月間の輸出は33%増加するなど輸出状況は予想より良く、今年度の終わりには18%増加すると予測される。上位10か国のうち6か国への出荷は、前年度よりも増加し、通年の輸出は45億リットル(12億ガロン)を超えると予想されている(図2)。特に昨年のペースからの大幅な増加が、カナダ、ブラジル、インド、ナイジェリア、アラブ首長国連邦(UAE)で見られている。一方、中国では政府が関税をそれまでの5%から30%~40%に引き上げたことにより、エタノールの輸入が大幅に減少した。

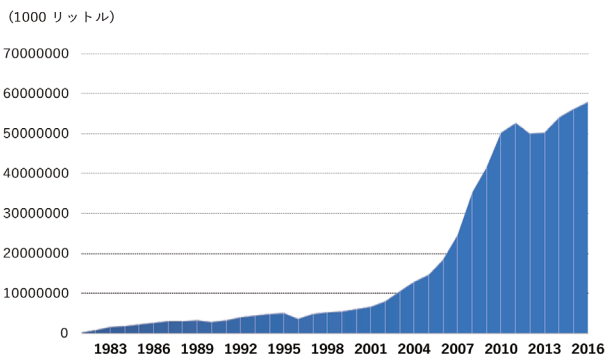


図1 エタノールの市場動向

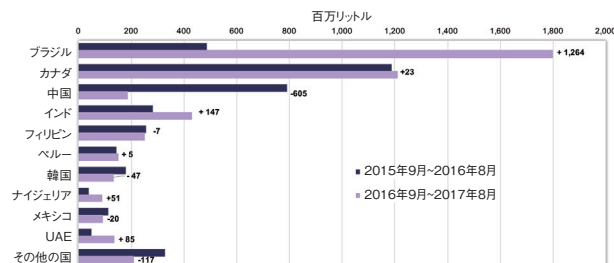


図2 米国のエタノール輸出先上位10か国

燃料用エタノールのメリットと将来展望

米国のエタノールは平均してサントスでのブラジル製品より安価であり、競争力があるといえる。さらにMTBE、芳香族化合物、ガソリン自体と比較しても競争力を持っている。世界のエタノール輸出における米国のシェアは2016年には50%であり、2017年にはブラジルの15%に対して、65%に達すると予測されている。今後5~10年の間を視野に置く

と、米国とブラジルはともに輸出が伸びる可能性を持っている。しかし、ブラジルの近年の問題は砂糖価格が高いためサトウキビはエタノールよりもその市場に流れていることである。この高値が継続するかどうかによって、輸出市場でのブラジルの地位は左右されるであろう。

燃料用のエタノールは、温室効果ガス排出削減による環境への好影響、人間の健康への影響が少ないガソリン添加剤として、また、経済性の良いオクタン価向上剤として、優れた化合物である。今後の世界的なエネルギー需要を見てみると、新興

市場の中産階級世帯の急増による自動車所有率(図3)と走行距離の大幅な上昇に伴い、特に輸送燃料が引き続き増加すると考えられる。さらに、エネルギー源のミックス(エネルギーミックス)は今後10年間で著しく変化する。輸送用燃料と発電用の再生可能エネルギー利用は増加し、石油とガスの合計量は安定して推移することにより、炭素排出量の増大は急激に減速すると考えられる。しかし、まだ再生可能エネルギー利用は十分ではなく、さらなる政策変更による輸送燃料の炭素強度を下げるバイオ燃料の役割が、世界的に大きく拡大されるべきである。

進化するエタノール併産物

このようにさらに将来に向けて拡大するエタノール生産とともに、併産物であるジスチラーズ・グレイン(DG)の生産も拡大していくと予想される。また、最近ではジスチラーズ・グレインからコストのかからない遠心分離によってトウモロコシ油を抜き取って、別途飼料原料やバイオディーゼル用の付加価値商品として販売が始まっている。ジスチラーズ・グレインから精製や分離を行って付加価値商品を製造することは、それ以外にも広く研究されるようになってきている。ここでは、そのいくつかを紹介する。

まず、抜き取られたトウモロコシ油はコーン・ジスチラーズ・オイル(CDO)とも呼ばれ(写真1)、いくつかの色素を含んでいる(図4)。こ

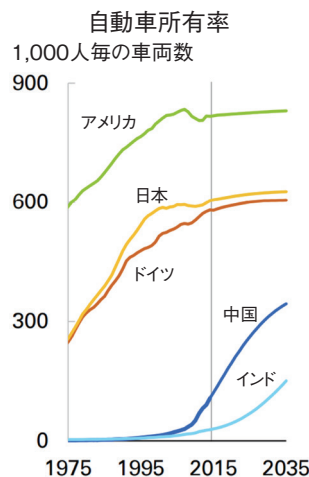


図3 世界の自動車所有率

Figure 3: Average Carotenoid content of CDS oil, expressed as a percentage of total carotenoids. Total carotenoid content is 230 ± 48 mg/kg of CDS oil (n = 11 ethanol plants).

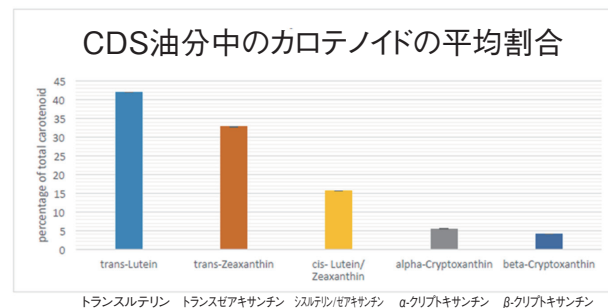


図4 コーン・ジスチラーズ・オイルの色素



写真1 コーン・ジスチラーズ・オイル

これらの赤黄色の色素は家禽の肉や卵黄の色を濃くするために有効で、黄色いプロイラー肉や濃い黄色の卵黄が好まれる地域での飼料原料として有効である。また、たんぱく質の濃度を高めた高たんぱく質DGも生産されるようになった。これはエタノール発酵後の過程でたんぱく質を濃縮して作るもので、たんぱく質含量約50%の商品である。その仕様は、粗タンパク質-最小50%、粗脂肪-最小2.5%、粗繊維-最小3%、灰分-最小5%、水分-最大2%である。

さらに、ジスチラーズ・グレインをトウモロコシ茎葉の残渣を組み合わせて、新たなたんぱく質と繊維分が豊富な半粗飼料原料の開発が進んでいる。トウモロコシ収穫後の茎や葉は残渣として農地上に放置され、自然の分解によって後年の農産物栽培のための肥料となる。近年盛んに行なわれるようになった農地を耕さない栽培法の不耕起栽培では、増えつつある単収(単位面積当たりの収穫量)と相まって、農地の上に過剰な茎葉が残されるようになってきた(写真2)。そこでこれらの



写真2 農地の上の茎葉



写真3 農地上で茎葉を回収



写真4 ベイルの作成



写真5 ベイル



写真6 飼料工場

の茎葉の回収利用が研究され始めている。その一つは、これらの茎葉(ストバー)をセルロース系のエタノール生産原料とすることであるが、セルロースが水に不溶性であることもあり、まだコスト面や技術面での問題が山積している。一方で、ストバーを粉砕してジスチラーズ・グレインと混ぜ合わせた養牛用の飼料原料が開発された。その製造過程では、まず農地上でストバーを回収し、ベイルを作成する(写真3~5)。ベイルは工場(写真6)に運ばれ、図5の製造工程によって、

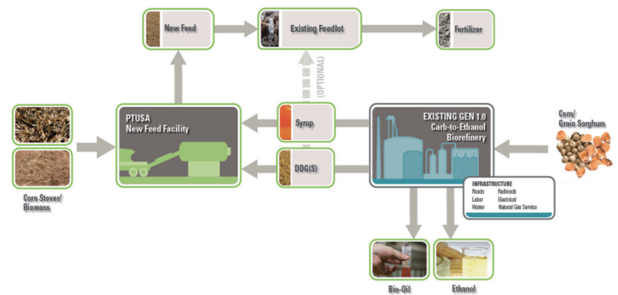


図5 製造工程

レインとシロップと混合し、ペレット状に成型して製造される。成分混合の割合やペレットの形状によって、写真7のような多様なバリエーションの製品ができる。これらの製品は粗飼料と濃厚飼料の中間のような新しい飼料原料で、TMRでの利用にとって有望である。



写真7 飼料原料の様々な種類

DDGSの輸出市場

米国からのDDGS輸出量を表1に示す。この表からもわかるように、中国の輸入量が大きく変動している。この変動による価格の上下も激しくなっている。日本は年間おおよそ20万トンから50万トン輸入していて、輸出先としてはトップ10に入っている。輸入量の変動の一つの要因はDDGSの価格であり、この2年のDDGSとトウモロコシの価格の比較のチャートを示す(図6)。

DDGSの国際市場での価格は輸入国の政策などによって大きく左右されているのが現状といえる。一方で、エタノール併産物のバリエーションや機能はたゆみなく進化している。米国エタノール業界では、併産物を家畜飼料原料のみならず人間の食品やファインケミカルの原料として利用する研究もされ、さらに広い分野での利用が期待されている。

表1 米国からのDDGS輸出量

COUNTRY	2014 YR	2015 YR	2016 YR	Jan/Aug 2016	Jan/Aug 2017	% Change	Net Change
World Total	11,283,749	12,694,806	11,314,435	7,530,118	7,303,038	-3	-227,080
China	4,333,451	6,461,071	2,341,646	1,932,265	329,831	-83	-1,602,434
Mexico	1,577,727	1,650,235	1,907,573	1,297,490	1,451,096	12	153,606
Vietnam	638,396	650,336	1,156,394	667,492	6,062	-99	-661,430
Korea, South	690,046	635,197	889,319	511,328	601,287	18	89,959
Turkey	498,412	207,914	789,613	516,630	1,091,533	111	575,003
Thailand	363,092	396,356	751,041	416,700	456,839	10	40,139
Canada	456,538	512,229	518,265	341,512	490,435	44	148,923
Indonesia	282,941	229,315	355,383	244,777	400,910	64	156,133
Japan	488,178	241,031	315,082	208,673	321,612	54	112,939
Ireland	260,518	248,281	255,958	163,407	210,693	29	47,286
Taiwan	243,138	196,053	220,789	136,418	179,786	32	43,368
Spain	84,154	150,743	195,132	89,167	229,187	157	140,020
Colombia	141,320	123,892	181,762	111,290	138,536	24	27,246
Israel(*)	179,558	124,148	176,902	124,540	197,999	59	73,459
Morocco	94,422	110,080	165,841	111,157	159,539	44	48,382
United Kingdom	130,386	152,177	162,250	93,931	146,462	56	52,531
Philippines	116,517	106,483	161,590	98,790	89,944	-9	-8,846
Egypt	167,919	95,482	141,440	77,369	84,684	9	7,315
Costa Rica	71,778	83,258	84,896	62,183	60,009	-3	-2,174
New Zealand(*)	72,003	26,922	71,408	27,249	106,916	292	79,667
Pakistan	4,153	3,912	65,239	59,351	42,510	-28	-16,841

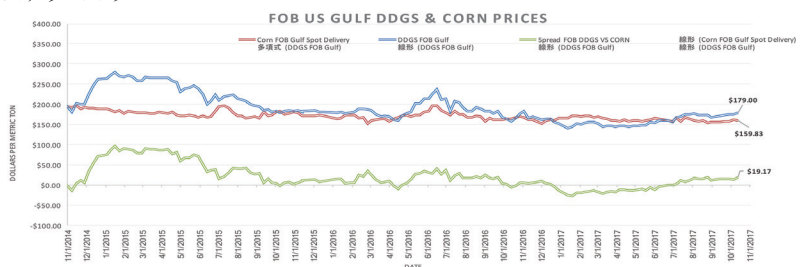


図6 DDGSとトウモロコシの価格の比較

米国の養豚農家におけるDDGSの利用の現状

アメリカ穀物協会DDGSコンサルタント 米持千里

アメリカ穀物協会では、毎年、米国におけるトウモロコシDDGSの製造や利用状況の視察を行なっている。本稿では、2017年を含め、最近行った視察で訪れたアイオワ州内の3か所の養豚農家で聞き取りしたDDGSの利用の具体的な状況を紹介する。

Dean Mayer(ディーン・メイヤー)農場(アイオワ州ロック・ラビッツ)

メイヤー農場は21,000頭の肥育豚(離乳～出荷)を飼育している養豚農家で、過去には繁殖まで含めた一貫経営を行っていたが、現在は、200Kmほど離れた場所に繁殖農場を移動し、そこで生産された子豚を21日齢で移動して、肥育を行っている。なお、繁殖農場は母豚5,500頭規模であり、1分娩あたりの離乳子豚頭数は12頭、1母豚あたりの年間離乳子豚頭数は30.5頭(分娩回数:年間2.45回)とのことである。

離乳～出荷までに使用する飼料は、マッシュで自家配合している。その配合例を表1に示した。飼料は、体重別に9つのフェーズに分けて設計されており、いずれのフェーズにおいてもトウモロコシ、大豆粕および粗脂肪含量:7~9%のDDGS(わが国でも「燃料用アルコールの副産物を乾燥したものであって、粗脂肪含量が7~11%となるようにシンスチレージから油分を除去したものであること」として公定規格の別表に記載されている)を主体として、必須アミノ酸の不足分は結晶アミノ酸で補っている。DDGSの使用量は最大20%で、肥育後期には軟脂防止のために配合量を徐々に低下させている。なお、これらの飼料の配合割合は、農場で契約している管理栄養士が設計している。ちなみに、米国ではわが国とは異なり、既成の配合飼料を用いるのではなく、自家配合しない場合でも、管理栄養士が設計した配合割合で委託製造する例が多いようである。原料のNE(正味エネルギー)値についてはNRC(2012年版)の値より、トウモロコシでは若干高目、大豆粕では若干低目に多少アレンジしていたが、DDGSはほぼ同じに見ていた。アミノ酸のSID(標準化した回腸末消化率)についてはNRCの値と味の素アメリカが示している値を参考にして設計されており、現在の成績は、肥育豚の増体日量は0.73kg、飼料要求率は2.5である。

DDGSを利用する際の考え方としては、リジン含量は低いものの、その分は安価な結晶リジンで補うことが出来ること、DDGSにはメチオニンとトレオニンが比較的多く含まれていること、さらに、リンの利用性がトウモロコシに比べて高まっていることから、使いやすい原料であると考えていた。ただ、工場によって栄養価にバラツキがある場合が考えられることから、供給工場を変える場合には必ずNIR(近赤外分光光度計)により成分値を確認する必要があるとしていた。また、DDGSの配合量を高めた場合には

フィーダーの滞留が懸念されることから、フィーダーの形状を若干変えている。



写真1: Dean Mayer農場の豚舎(外観)

表1 Dean Mayer農場における配合組成(例、%)

フェーズ	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX ^{※1}
トウモロコシ	64.750	62.600	65.500	63.300	66.050	69.050	73.150	77.950	73.300
大豆粕	25.600	22.550	18.550	13.150	10.400	7.400	5.900	5.900	15.050
DDGS ^{※2}	5.000	10.000	12.500	20.000	20.000	20.000	17.500	12.500	7.500
動物性油脂	1.450	1.800	1.000	1.100	1.250	1.300	1.300	1.600	1.900
炭酸カルシウム	0.875	0.970	1.010	1.120	1.090	1.090	1.050	0.985	0.880
リン酸二石灰	0.665	0.465	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
食塩	0.500	0.500	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450
塩酸Lリジン	0.530	0.530	0.500	0.480	0.445	0.420	0.390	0.335	0.365
Lトレオニン	0.155	0.135	0.105	0.075	0.060	0.045	0.040	0.035	0.100
DLメチオニン	0.180	0.155	0.100	0.040	0.010	0.000	0.000	0.000	0.050
微量ミネラルプレミックス	0.100	0.100	0.125	0.125	0.100	0.100	0.100	0.100	0.090
ビタミンプレミックス	0.125	0.125	0.090	0.090	0.075	0.075	0.075	0.075	0.085
その他のプレミックス	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
塩酸ラクタミン	-	-	-	-	-	-	-	-	0.025

※1 ステージIXは、出荷前3~4週間に給与(なお、塩酸ラクタミンはわが国では飼料添加物として使用されていない)
 ※2 粗脂肪含量7~9%

Daug Carter(ダグ・カーター)農場(アイオワ州オーデュボン)

カーター農場は養豚とトウモロコシ、大豆を生産している農家で、養豚経営では2,800頭の肥育豚を2頭の豚舎(1,400頭×2頭)で飼育している。また、導入豚は近隣のミズーリ州から購入している。

給与飼料は管理栄養士が導入豚の管理マニュアルに準じて設計した6フェーズのマッシュ飼料を委託製造している。いずれのフェーズにおいてもトウモロコシ、

大豆粕および粗脂肪含量:4~5%のごく低脂肪のDDGSに結晶アミノ酸を補足しており、DDGSの配合量はフェーズI~IVでは20%、フェーズVでは15%、フェーズVIでは6%である。

導入(約22kg)から出荷(約127kg)までの目標飼料要求率は2.8である。

同農場で使用している肥育前期用飼料の配合設計例を表2に示したが、前述のディーン・メイヤー農場とはほぼ同様の配合設計であるが、フィターゼを添加することにより、無機リン源の添加を行っていないこと、セレンや生菌剤(表中ではその他のプレミックス中には含まれている)を用いているのが特徴的であった。

表2 Daug Carter農場における配合組成(例、%)

	例1	例2
トウモロコシ	60.935	64.135
大豆粕	16.055	12.887
DDGS ^{※1}	20.000	20.000
炭酸カルシウム	0.728	0.772
食塩	0.750	0.750
塩酸Lリジン	0.756	0.725
Lトレオニン	0.079	0.075
DLメチオニン	0.060	0.028
トリプトファン	0.018	0.018
微量ミネラルプレミックス	0.089	0.083
セレン	0.034	0.034
ビタミンプレミックス	0.030	0.028
その他のプレミックス	0.449	0.449
フィターゼ	0.020	0.020

※1 粗脂肪含量4~5%



写真2: Daug Carter農場の豚舎(外観)



写真3: Daug Carter農場の豚舎(内部)

Dennis Friest(デニス・フリースト)農場(アイオワ州ラドクリフ)

フリースト農場は、養豚とトウモロコシ、大豆を生産している農家で、母豚200頭(LW)を飼育している。スワインジェネティクス社から購入したデュロック種の精液を用いて人工授精しており、約28日毎に40頭の母豚が分娩している。平均受胎率は90%で、産子頭数は平均14頭とのことであった。離乳頭数は平均11.5頭、21日齢で離乳(体重6.5kg)し、以降、出荷時体重(130kg、枝肉重量97~100kg)まで肥育している。出荷までの所要日数は185日、離乳～出荷までの飼料摂取量は0.7kg/日、飼料要求率は2.6~2.7である。

給与飼料は管理栄養士が作成した配合設計に基づいて自家配合している。飼料のフェーズは10段階あり、哺乳期子豚用飼料(フェーズIおよびII)を除き、トウモロコシ、大豆粕および



写真4: Dennis Friestの豚舎(外観)

粗脂肪含量:9%の
中程度に低脂肪の
DDGSに結晶アミノ
酸を補足している。ト
ウモロコシは自農場
で生産したものをハ
ンマーミルにより粉
砕して使用している
が、大豆粕およびDD
GSは購入している
のであった。DDGS
の配合量は体重80
kgまでのフェーズ
では徐々に増加さ
せて最大30%とし
、以降は10%まで
徐々に配合率を
下げていく。



写真5: Dennis Friest農場の豚舎(内部)



写真6: Dennis Friest農場の配合工場

DDGSを利用する
にあたっては、不
溶性繊維が多く
含まれているた
め、ある程度多
く配合すると発
育成績に悪影響
を及ぼすことは
把握しているが
、価格的には安
価な原料である
ことから、経済
性と生産性のバ
ランスに注目を
しながら使用し
ているとのこと
である。

まとめ

以上のように、米国の養豚農家では、わが国の養豚用飼料に比べてかなり多くのDDGSを配合している様子が見られる。DDGSには原料となるトウモロコシ由来のリノール酸が多く含まれていることから、多給により軟脂の発生要因となることが知られているが、いずれの農家においても、出荷前の3~4週間はDDGSの配合量を低下させることで対応している。また、DDGSと他の原料(基本的にはトウモロコシと大豆粕)の価格差に注目しながら使用しており、DDGSが相対的に安価であった時期には、DDGSを60%程度配合し、これに結晶アミノ酸を加えるというような極端な例もあったようであるが、現在では最高でも30%程度までの配合割合となっている。

なお、DDGSに関しては現在も様々な研究が行われているようである。一例として、2017年10月にサウスダコタ州立大学を訪問した際に紹介された一つの研究内容を記しておく。この研究では、DDGS中に含まれる繊維の利用性が低く、多給すると豚の発育成績が低下することが知られているが、含まれる繊維の構造的な問題や、消化管通過速度の関係からDDGSを配合した飼料にキシラナーゼ、β-グルカナーゼ等の飼料用酵素を添加しても明確な改善効果は見られないことが多い。この対策として、現在、ホールストレージ(エタノール蒸留後の固形物と液体が混ざっている状態)の段階でクエン酸などを添加して過熱することで繊維の構造を変化させ、その後DDGSを製造するというものである。この手法が実用化されるまでには時間を要すると思われるが、この工程を組み込むことで、粗繊維の人工消化率は10%近く改善され、これにキシラナーゼ、β-グルカナーゼ、セルラーゼを含む複合酵素を添加することでさらなる消化性の改善が期待できることから、今後の研究動向に注目したい。

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1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2017/18年度の米国産トウモロコシの予測は、生産の拡大、食品・種子・産業用(FSI)利用の拡大、飼料そのほかへの利用の減少と期末在庫の増大となっています。トウモロコシの生産量は、176.6ブッシェル/エーカーに引き上げられた単収が収穫面積の40万エーカー減少に一部相殺された結果、先月より2,600万エーカー増の146億400万ブッシェルと推算されています。主な生産州のうちで、イリノイ州、ミネソタ州とオハイオ州で、史上最高の単収が予想されています。FSI利用は、9月/11月期のグルコースとデキストロースの生産に使われたトウモロコシの量が予想を上回っていることを反映して1,000万ブッシェル引き上げられています。飼料そのほかへの利用は、12月1日時点の在庫に反映されている9月/11月期の利用量から、2,500万ブッシェル減の55億5千万ブッシェルとなっています。供給量の上昇と利用量の減少を受けて、トウモロコシの在庫は先月より4,000万ブッシェル増となっています。トウモロコシの予測年間平均農家出荷価格は、現時点での価格に基づいて、中央値で先月より5セント高い1ブッシェル当たり\$3.25と予測されています。

2017/18年度のソルガム生産は、72.1ブッシェル/エーカーへの単収増が収穫面積の若干の減少を補って800万ブッシェル増となっています。グレイン・ソルガムの価格は、中央値で5セント高い1ブッシェル当たり\$3.15と予測されています。

世界の2017/18年度の粗粒穀物生産予測は30万トン増の13億2,420万トンとなっています。今月の米国外の2017/18年度の粗粒穀物予測は、先月に比べ生産量と消費量の減少と旺盛な貿易により、先月より減少が予測されています。米国外のトウモロコシの生産予測では、

ロシア、ベトナム、フィリピンでの減少が、パキスタンでの増加を上回っています。ロシアのトウモロコシ生産は現時点までの収穫実績に基づき引き下げられています。ベトナムのトウモロコシ生産量は、北部生産地域での生育時期の大雨の影響が以前の予想より大きいことから、引き下げられています。大麦の生産量は、ロシアでの減少がアルゼンチンでの増大を上回っているため引き下げられています。

2017/18年度の世界の貿易では、ロシアのトウモロコシ輸出の減少と、それを部分的に補うタイでの増大が見られています。ブラジルの2016/17年のトウモロコシの輸出は、2017年3月に始まった現地の市場年度における現時点までの出荷実績に基づいて引き下げられています。2017/18年度の輸入に関しては、イランで減少となっていますが、ベトナムとフィリピンで引き上げられています。米国外のトウモロコシ期末在庫は、主にブラジルとパキスタンでの増大を反映して先月より引き下げられています。世界のトウモロコシ期末在庫は、2億660万トンと先月より250万トン上方修正されています。

ネットワークに関するご意見、
ご感想をお寄せ下さい。



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: 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/>