

# アメリカ穀物協会「2020/2021年トウモロコシ収穫時品質レポート」の概要

アメリカ穀物協会では今年で10回目となる2020/2021年トウモロコシ収穫時品質報告書を発表しました。ここでは、その概要を報告します。さらに詳しい内容はアメリカ穀物協会本部のウェブサイト ([https://grains.org/corn\\_report/corn-harvest-quality-report-2020-2021/](https://grains.org/corn_report/corn-harvest-quality-report-2020-2021/)) にて報告書(英語)をご参照ください。和訳版は完成次第日本事務所ウェブサイトに掲載いたします。

このレポートのために、米国産トウモロコシ輸出の90%以上を占める12州から601件のサンプルを採取しました。これらのサンプルは農家から最初の集荷地点であるエレベーターの協力を得て収集したものです。これらのサンプルの分析結果では、2020年の良好な生育期の条件が、生育期を通じた作物の全体的な品質に好影響を与えたことがわかります。本報告書では収穫時トウモロコシの全体を代表するサンプルが試験に供されました

<b>等級ファクター</b> 容積重 破損粒・異物 総損傷 熱損傷	<b>物理的ファクター</b> ストレスクラック 百粒重 穀粒容積 真の密度 完全粒 硬胚乳
<b>水分含量</b>	
<b>化学組成</b> タンパク質 デンプン 油分	<b>マイコトキシン</b> アフラトキシン DON フモニシン

が、その平均値は、米国 No.1 等級の等級要件を上回っていました。また、サンプルの 84.7%が米国 No.1 等級の等級ファクター要件を満たし、94.5%が米国 No.2 等級の等級ファクター要件を満たしていることも示されました。市場に流通している 2020 年の米国のトウモロコシは、過去 5 年平均(5YA<sup>1</sup>)の各品質ファクターの平均と比べて、より高い平均容積重とより低い水分含量と総損傷を持っています(表 1)。

表 1 アメリカ穀物協会トウモロコシ収穫時品質レポートでの試験項目

## 2020年のトウモロコシ生育期の天候とその影響

トウモロコシの単収と品質に及ぼす天候条件として、その生育期の直前から期間中の雨量と気温が挙げられます。また、作付けされたトウモロコシの品種や土壌の肥沃度も天候条件に絡んで影響します。穀物の単収は、単位面積当たり植えられる植物体の数、一本の植物体に実る穀粒の数と、各穀粒の重量によって決まります。低温や湿潤な天候は、植物体の数を減少させ、また植物の生育に阻害をもたらす可能性があります。播種時と発芽初期に若干乾燥していることは、生育に好影響を与えます。根圏が深く進み、生育期後期での水分へのアクセスを良くし、その後の生育中の窒素肥料を利用可能にし続けるからです。

2020年は全般的にトウモロコシの播種は5YAより約1週間早く播種が始まりましたが、気温が低かったため、早期に作付けられた農地での発芽がほぼ5YAと同じ時期にまで遅れました。低温は5月まで続いたため、成長が若干遅くなりましたが、コーンベルトの多くの地域で5月のタイムリーな降雨までの生育へのストレスを減らす結果となり、良好な栄養増殖初期を得ることができました。6月には気温の上昇が見られました。

トウモロコシの受粉は主に7月に起こりますが、この受粉期に気温が平均気温以上に上がったたり降雨が不足したりすると、一般的に穀粒数が少なくなります。7月から8月にかけての穀粒の充填の初期の天候は、最終的な穀物組成に大きな影響を与えます。受粉期の適切な降雨と、気温、特に夜間気温が平均気温以下であることが、単収の向上をもたらします。特に穀粒充填の後半(8月から9月)の降雨が少なく気温が高いとタンパク質が多く成ります。穀粒充填の後期には、窒素も葉から穀粒に再移動し、タンパク質含量の上昇と硬胚乳がもたらされます。

マイコトキシンについては、アフラトキシンの生産は、開花期が高温ストレス、低降水量、干ばつになり、その後温暖な高湿度条件になることによって誘導されます。DON の生産は収穫の遅れや高水分含量のトウモロコシの保管と関連しますが、DON を生産するカビは、受粉後 3 週間以内に低温（26℃から 28℃）、または高湿度の条件になることによって、トウモロコシの雌花のシルクを介して感染します。

2020 年は全般的に、トウモロコシ生産地域全体で受粉期前は高温でほぼ乾燥した状況でした。暖かくて高湿度の天候は受粉を促進しましたが、穀粒充填期は主に冷涼で乾燥した天候でした。この天候条件はアフラトキシンや DON の発生を誘導するものではありませんでした。受粉中に十分な水分がありましたが、温暖な気温と降雨期間が短かったことから、DON を生産する感染が避けられたと考えられます。

10 年にわたって蓄積されたデータによって、トウモロコシの品質に影響を及ぼすファクターやその傾向を評価することが可能になっています。さらに、収穫時報告書での継続的な調査結果を使って、各生産年度のトウモロコシの品質の比較や、天候などによる品質への影響のパターンを推し量ることができます。2020/2021 年収穫時報告書は、トウモロコシの生産と輸出のトップ 12 の州の決められた地域で採集された 601 のイエローコーンのサンプルを用いています。地域の穀物エレベーターに集荷されたトウモロコシのサンプルについて、その品質を計測、解析して生産地の品質としました。そのようにして、異なる地域での異なる品質を代表する情報が得られます。

12 州のサンプル最終地域は 3 つの輸出拠点地域（ECAs）ごとにグループ化されています。この ECAs は、以下の輸出市場への流通経路に基づいて分けられています（図 1）。

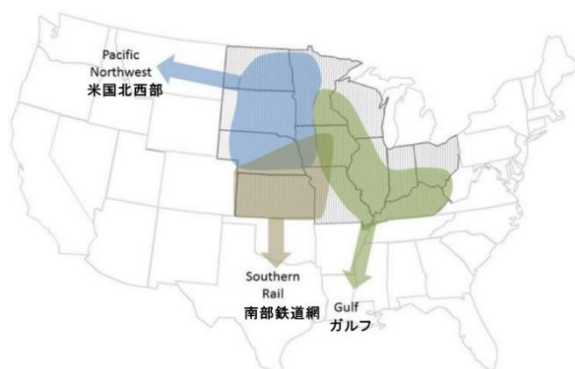


図 1 3 つの輸出拠点地域

- ガルフ ECA : 主に米国メキシコ湾岸から輸出される地域
- 米国北西部 ECA : ワシントン州、オレゴン州、カリフォルニア州の港から輸出される地域
- 南部鉄道網 ECA : 鉄道によって内陸サブターミナルからメキシコに輸出される地域

サンプルの試験結果は、全米全体のレベルとこれら 3 つの ECAs それぞれについて報告され、各地域の米国産トウモロコシの品質の違いについて全体的な観点からの情報を提供しています。

収穫時の品質は、最終的に海外のお客様に届けられる穀物の品質の基礎になるものです。しかし、トウモロコシが米国内の市場を流通していく際に、いろいろな地域で生産されたトウモロコシが、トラック、はしけ、貨車に混ぜられて積まれ、さらに何回か保管、積み込み積み下ろしを経ていきます。そのため、トウモロコシの品質や状態が市場に入った時から輸出エレベーターに至るまでの間に変化していきます。そのような理由から、この 2020/2021 年収穫時報告書の内容は、2021 年前半に公表されるアメリカ穀物協会 2020/2021 年米国産トウモロコシ輸出貨物品質報告書と突き合わせて慎重に吟味する必要があります。通常、輸出される米国産トウモロコシの品質は売り手と買い手の間の契約によって決められ、両者にとって重要な品質ファクターがあれば、それらについて交渉することは自由です。

## 等級ファクター（表 2、3）および水分含量

- **容積重**（容積当たりの重量）はかさ密度を表すもので、全体的な品質を示す一般的な指標としてよく用いられます。水分含量が一定であれば、高い容積重の値は通常高品質、かつ、健康で破損や異物のないトウモロコシであることを示唆します。容積重は2019年および5YAよりも高く（58.7 ポンド/ブッシェルまたは 75.5 キログラム/ヘクトリットル）、サンプルの約94.8%は、米国No.1等級トウモロコシの最低要件（56.0ポンド/ブッシェル、72.1キログラム/ヘクトリットル）以上であり、全体的に良好な品質を示しています。
- **破損粒と異物（BCFM）**の値は飼料や加工に用いることのできる清浄で健全なトウモロコシ粒の量を測る目安となります。BCFMの割合が低いほどサンプル中の異物や破損粒が少ないことを示しています。破損粒と異物（BCFM）の平均は2019年（1.0%）より低く（0.8%）、5YAと同じでした。サンプルの98.5%は米国No.2等級の限界値を下回っていました。
- **総損傷**とは、熱や霜、害虫、発芽、病害、天候、土壌、細菌、カビに起因する損傷を含め、目視検出可能な被害や損傷のある穀粒とそのかけらの割合で、熱損傷は総損傷の中で、乾燥工程の高熱などを原因とするものです。総損傷平均値（1.1%）は、2019年（2.7%）および5YA（1.9%）より低い値でした。今年の米国No.1等級の上限を下回るサンプルの割合（91.5%）は、この上限以下のサンプルがそれぞれ73.5%と88.5%であった2019年と2018年よりも高くなっています。
- **熱損傷の平均値0.0%**は2019年と5YAと同じでした。調査で0.0%を超えたサンプルは1つだけで、そのサンプルは熱損傷が0.1%でした。
- **水分含量の平均値（15.8%）**は、2019年および5YA（それぞれ17.5および16.4%）よりも低い値でした。

表 2 米国のトウモロコシ等級とその基準

等級 (Grade)	ブッシェル当たりの容積重最小値 (ポンド)	損傷した穀粒の最大限界値		BCFM (%)
		熱損傷率 (%)	総損傷率 (%)	
米国No. 1等級	56.0	0.1	3.0	2.0
米国No. 2等級	54.0	0.2	5.0	3.0
米国No. 3等級	52.0	0.5	7.0	4.0
米国No. 4等級	49.0	1.0	10.0	5.0
米国No. 5等級	46.0	3.0	15.0	7.0

表 3 2020年/2021年収穫時トウモロコシの等級ファクターと水分含量の値

	サンプル数	平均	標準偏差	最小値	最大値
容積重 (lb/bu)	601	58.7	1.22	52.6	62.5
容積重 (kg/hl)	601	75.5	1.57	67.7	80.4
BCFM (%)	601	0.8	0.49	0.1	8.8
破損粒 (%)	601	0.6	0.34	0.0	2.8
異物 (%)	601	0.2	0.22	0.0	8.3
総損傷 (%)	601	1.1	1.06	0.0	18.3
熱損傷 (%)	601	0.0	0.00	0.0	0.1
水分含量 (%)	585	15.8	1.97	9.2	29.0

## 化学組成（表 4）

- タンパク質は必須含硫アミノ酸を供給し、飼料要求効率の改善に寄与するという点で、家禽類および家畜用の飼料にとって非常に重要です。タンパク質は土壌中の可給態窒素が減ったときや収量の高い年には減少する傾向があり、タンパク質の含有率は、通常、デンプンの含有率と負の相関関係にあります。**タンパク質含量の平均値**（8.5% 乾物ベース）は2019年および5YA（それぞれ8.3および8.4% 乾物ベース）を上回っています。
- デンプンはウェットミリング業者や乾式粉碎エタノール製造業者が用いるトウモロコシには重要なファクターです。デンプン含有率の高さは、多くの場合、穀粒の生育・登熟状態が良好であり、穀粒密度も適度であることを示唆します。通常、デンプン含有率はタンパク質含有率と負の相関関係にあります。**デンプン含量の平均値**（72.2% 乾物ベース）は、2019年および5YA（それぞれ72.3および72.6% 乾物ベース）を下回っています。
- 油分は家禽類および家畜用の飼料にとって必須の成分です。油分はエネルギー源であり、脂溶性ビタミンを利用可能にし、特定の必須脂肪酸をもたらします。油分はトウモロコシのウェットミリングおよびドライミリング工程の重要な併産物でもあります。**油分含量の平均値**（3.9% 乾物ベース）は、2019年および5YA（それぞれ4.1および4.0 乾物ベース）を下回っています。

表 4 2020年/2021 収穫時トウモロコシの化学組成の値

	サンプル数	平均値	標準偏差	最小値	最大値
タンパク質（乾物ベース）	601	8.5	0.58	6.1	10.7
デンプン（乾物ベース）	601	72.2	0.61	69.7	74.5
油分（乾物ベース）	601	3.9	0.22	3.2	4.8

## 物理的ファクター（表 5）

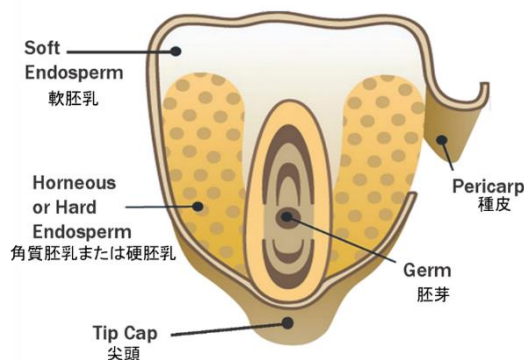


図2のように、トウモロコシの穀粒は胚芽、尖頭、種皮または外皮、胚乳という4つの部分から構成されています。穀粒の約82%を占める胚乳は軟胚乳（粉状または不透明胚乳とも呼ばれる）と硬胚乳（角質胚乳またはガラス質胚乳とも呼ばれる）に分かれています。胚乳には主にデンプンとタンパク質が、胚芽には油分と多少のタンパク質が含まれており、種皮および尖頭の大半は繊維です。

図2 トウモロコシ穀粒の構造

ストレスクラックはトウモロコシ粒の硬胚乳内部の亀裂を意味します。通常、ストレスクラックのある穀粒の種皮（外皮）には損傷が見られず、ストレスクラックが存在していたとしても、一見するだけでは穀粒になんら問題はないように見えることがあります。

物理的ファクターは等級ファクターや化学組成以外の品質特性です。物理的ファクターにはストレスクラック、穀粒重量、穀粒容積、真の密度および完全粒の割合や硬胚乳の割合が含まれます。こうした物理的ファクターの試験を実施することで、保管性や取り扱い中の破損の可能性だけでなく、トウモロコシを様々な用途で使用する際の加工特性に関する追加情報を得ることができます。こうした品質特性はトウモロコシ穀粒の物理組成の影響を受けますが、物理組成自体は遺伝形質、生育・取り扱い条件の影響を受けます。

- 2020年トウモロコシの**ストレスクラック**の平均値（6%）は、2019年（9%）よりも低い値でしたが、5YA（5%）を上回っています。
- 百粒（100-k）の重量（グラム表示）である百粒重の値は、大きくなるに従って穀粒のサイズが大きくなることを表しています。2020年の**百粒重**の平均値（34.53グラム）は、2019年および5YA（それぞれ34.60および35.06グラム）よりも低い値でした。
- 穀粒容積は立方センチメートル（cm<sup>3</sup>）単位で表示され、生育状況の指標となります。乾燥した条件下では穀粒の体積は平均値を下回り、特にシーズン後半で干ばつに見舞われると登熟度が低下する可能性が高くなります。そのような小さい粒では胚芽を取り除くことが困難になります。2020年の**穀粒容積**の平均値（0.27 cm<sup>3</sup>）は、2019年および5YA（両方とも0.28 cm<sup>3</sup>）を下回っています。
- 穀粒の真の密度は穀粒の硬度を相対的に示す指標で、アルカリ処理およびドライミリングを行う業者にとって有用な数値です。一般に、密度の高いトウモロコシは密度の低いトウモロコシよりも取り扱い中に破損が発生し難いものの、高温乾燥が用いられると**ストレスクラック**を発生させるリスクが上昇します。2020年トウモロコシの**真の密度**の平均値（1.255 g/cm<sup>3</sup>）は、5YA（1.257グラム/立方センチメートル）とほぼ同様でした。
- 完全粒は、サンプルに含まれる完全に無傷で、種皮に損傷がなく、欠損のない穀粒のことです。2020年の**完全粒**の平均値（92.5%）は、2019年（90.8%）を上回っていますが、5YA（92.8%）をわずかに下回っています。
- **硬胚乳**の平均値（81%）は2019年と同じで、5YA（80%）よりも高い値です。

表5 2020年/2021年収穫時トウモロコシの物理的ファクターの値

	サンプル数	平均値	標準偏差	最小値	最大値
ストレスクラック (%)	601	6	5	0	80
百粒重 (g)	180	34.53	3.64	22.32	43.18
穀粒容積 (cm <sup>3</sup> )	180	0.27	0.03	0.19	0.33
穀粒容積 (cm <sup>3</sup> )	180	1.255	0.023	1.171	1.312
完全粒 (%)	601	92.5	3.9	35.8	99.6
硬胚乳 (%)	180	81	4	72	92

## マイコトキシン

マイコトキシンは穀物に自然発生する菌類から産生される毒性のある化合物です。マイコトキシンを多量に摂取した場合には、動物にも人間にも健康被害が発生する可能性があります。トウモロコシ粒には数種のマイコトキシンが発見されていますが、中でもアフラトキシンとデオキシニバレノール (DON) またはボミトキシン、フモニシンが最も注視すべきマイコトキシン3種であると考えられているため、それらについて試験を実施しました。

このマイコトキシンに関するレビューは、輸出用の米国産トウモロコシにマイコトキシンが存在するか否かまたはそのレベルを予測することを意図して行うものではありません。また、本報告書の趣旨は、マイコトキシン事例の全ての評価を示すことではなく、圃場から出荷されたばかりのトウモロコシにマイコトキシンが存在する可能性について、ひとつの目安としてのみ使用されるべきものです。品質報告書のデータの蓄積で、トウモロコシ収穫時の年度別マイコトキシン発生パターンがさらに明確になっていくと考えられます。

- 検査したサンプルのうち1つを除くすべてのサンプル (99.4%) が、米国食品医薬品局 (FDA) のアフラトキシンの規制値 (20.0ppb) 未満でした。アフラトキシンの連邦穀物検査局 (FGIS) の「低準抛限界値」 (5.0ppb) 未満のサンプルの割合も99.4%で、2019年と2018年 (それぞれ98.9%と97.8%) を上回っています。
- 2020年試験対象となったサンプルの100%がデオキシニバレノール (DON またはボミトキシン) のFDA 勧告レベルの5.0ppm 未満でした。FGISの規定するDONの「低準抛限界値」 (0.5 ppm) より低いサンプルの割合は82.2%で、2019年と2018年 (それぞれ59.9%と74.6%) を上回っています。
- フモニシンについてテストされたサンプルのうち、98.9%がFDAの最も厳しいガイダンスレベルである5.0 ppm未満で、2019年 (85.7%) を上回っています。

## 脚注

1 5YA は、2015/2016、2016/2017、2017/2018、2018/2019 および 2019/2020 のトウモロコシ収穫時品質報告書の品質ファクターの平均値の単純平均を示している。