

## 2022年 新年のご挨拶

新年あけましておめでとうございます。

旧年中は格別の御厚情を賜り、厚く御礼を申し上げます。

皆様のご健勝と益々のご発展をお祈り申し上げますとともに、本年も旧年と変わらぬご厚情を賜りますようお願い申し上げます。

アメリカ穀物協会 日本代表 浜本哲郎

## アメリカ穀物協会「2021/2022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11回目となる2021/2022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-2021-2022/](https://grains.org/corn_report/corn-harvest-quality-report-2021-2022/))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610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、2021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90.0%が米国No.1等級の等級ファクター要件を満たし、98.0%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2021年の米国のトウモロコシは、過去5年平均(5YA<sup>\*</sup>)の各品質ファクターの平均と比べて、平均容積重がより高く、破損粒異物(BCFM)、総損傷、ストレスクラックが低く、水分含量はほぼ同水準でした(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対象品質ファクター

<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>マイコトキシン</b> アフラトキシン デオキシニバレノール (ボミトキシン) フモニシン オクラトキシンA T-2 ゼアラレノン
<b>化学組成</b> タンパク質 デンプン 油分	

### 2021年のトウモロコシ生育期の天候とその影響

#### 播種と生育初期

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、単位面積当たりに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、生育後期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。

#### 2021年の播種と生育初期

2021年はトウモロコシの播種は全般的に5YAよりも約1週間早く行われ、出芽も同様に早くなりました。生育初期は冷涼で、5月には遅霜や凍結がありましたが、広範な被害はなく、生育初期の良好な成長を促しました。6月の生育後期は、全体的に平均以上の気温で成長が急速に進み、米国北西部と南部鉄道網の輸出拠点地域(ECA)では乾燥していましたが、ガルフECAでは高湿度でした。

米国北西部ECAでは、気温が高く乾燥していたため、早い時期に播種が行われました。生育後期には高温・乾燥状態が続き、植物にストレスがかかりました。

ガルフECAでは、4月は暖かく乾燥していたため、早い時期に播種が行われました。5月の生育初期は気温が低く、平均的な雨量で優れた生育を促しました。6月は平均よりも暖かく、非常に乾燥していたECAの北西部を除いて、雨が多く降りました。

南部鉄道ECAでは、播種の時期は涼しく乾燥していましたが、初期生育は雨が多く涼しい状態が続きました。6月の生育期に暑さが訪れても、土壌に余分な水分が供給されたため、植物のストレスを最小限に抑えることができました。

#### 受粉と穀粒充填期

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、開花期が高湿ストレス、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に関連しますが、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。

## 2021年の受粉と穀粒充填期

2021年は全体的に、良好な早期の受粉と穀粒生育期の冷涼な天候と、時宜を得た降雨のバランスが取れました。米国西部とカナダで発生した山火事の煙により、受粉期と穀粒充填初期の日射量が減少したため、7月は平年より涼しくなりましたが、同時に穀物油の蓄積量も減少しました。これらの気象条件は、アフラトキシンやDONの発生を助長するものではありませんでした。

米国北西部ECAでは、米国北部地域が受粉時に温暖であり、ECA全体的に順調な生育でした。7月の気温が穀粒数を良好に伸ばし、穀粒の充填中期の温暖湿潤な気候条件によって、タンパク質レベルの上昇を導きました。極端な干ばつに見舞われた一部の地域では受粉できなったり、穀物としてではなく牧草として早期に収穫されたりしましたが、それらの地域は本レポートに含んでいません。

ガルフECAは受粉期の7月は相対的に冷涼で湿潤、穀粒充填中期の8月中旬は温暖で乾燥していました。穀粒充填後期の9月は温暖な気温で、西部地域では干ばつ条件を伴っていましたが、ECA東部地域では湿潤な気候が続きました。

南部鉄道ECAでは、受粉後の7月は冷涼乾燥な気候で、その後の8月と9月は時期を得た降雨を伴う温暖な気候でした。南部鉄道ECAの生育状況は優れた容積重と良好なたんぱく質蓄積をもたらすものでした。

## 収穫期

登熟したトウモロコシの穀粒の水分含量は25%から35%です。生育期の最後に、穀粒の乾燥度が15%から20%という理想的な水分含量になるかどうかは、日照、気温、湿度と土壌水分の条件によります。トウモロコシは日照があり温暖で乾燥した日々によって、品質への悪影響が最小な状況でもっとも効率的に乾燥します。生育期最後の悪天候の一つが、氷点下の気温です。穀粒が十分に乾燥する前の早い時期に気温が氷点下に下がることによって、単収、真の密度と容積重の低下を招くことがあります。登熟前に収穫すると、穀粒の水分含量が高いため、乾燥している穀粒よりストレスクラックが発生し破損しやすくなります。

## 2021年の収穫期

9月は比較的温暖で、その前の山火事の煙と病害のために茎の生育が悪かったことと相まって、収穫が早まり、穀粒サイズと百粒重

が大きくなりました。収穫の半分は5YAより早い10月中旬までに終わりましたが、その後の降雨によって米国コーンベルトの多くの地域で収穫が遅れました。

生育期最後に温暖な気候であったことは、DON、フモニシン、オクラトキシンA、T-2、ゼアラレノンといったアフラトキシンの発生を導くことはありませんでした。この気候条件によって、登熟も早まり、早い収穫に結び付いたことは、さらにこれらのマイコトキシンの発生を防ぎました。

## 2021/2022年トウモロコシ収穫時品質報告書の意義と概要

11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。2021/2022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610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)。

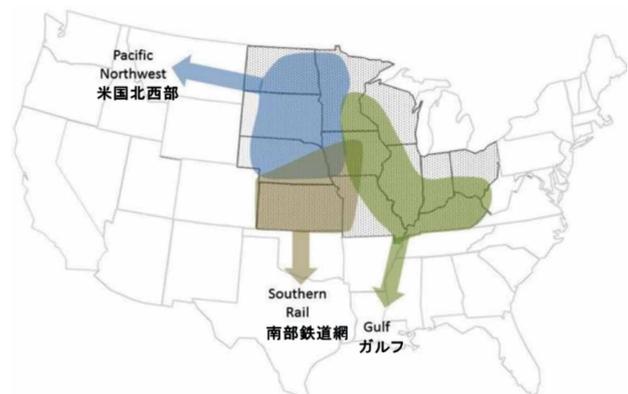


図1 3つの輸出拠点地域

- ▶ 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、貨車に混ざられて積まれ、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2021/2022年収穫時報告書の内容は、2022年前半に公表されるアメリカ穀物協会

2021/2022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。容積重の値は58.3ポンド/ブッシェルまたは75.1キログラム/ヘクトリットルで、2020年より低く、5YAよりも高く、サンプルの約99.5%は、米国No.2等級トウモロコシの最低要件(54.0ポンド/ブッシェル、69.5キログラム/ヘクトリットル)以上であり、2020年(99.3%)、2019年(89.9%)を上回っていました。
- 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0.7%で、2020年(0.8%)、5YAと10YA<sup>\*\*2</sup>(ともに0.8%)を下回りました。サンプルの99.6%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。2021年の総損傷平均値は0.7%で、2020年(1.1%)および5YA(1.9%)、10YA(1.5%)より低く、今年全サンプルの97.9%が米国No.2等級の基準を満たしています。
- 熱損傷の平均値0.0%**は2020年、2019年、5YA、10YAと同水準でした。調査で0.0%を超えたサンプルはありませんでした。
- 水分含量の平均値(16.3%)**は、2020年(15.8%)より高く、5YA(16.4%)、10YA(16.2%)とはほぼ同水準でした。

表2. 米国のトウモロコシ等級と等級要件

等級	最小容積重		損傷粒の最大限界値		BCFM (%)
	(ポンド/ブッシェル)	(キログラム/ヘクトリットル)	熱損傷率 (%)	総損傷率 (%)	
米国No. 1等級	56.0	72.1	0.1	3.0	2.0
米国No. 2等級	54.0	69.5	0.2	5.0	3.0
米国No. 3等級	52.0	66.9	0.5	7.0	4.0
米国No. 4等級	49.0	63.1	1.0	10.0	5.0
米国No. 5等級	46.0	59.2	3.0	15.0	7.0

表3. 等級ファクターおよび水分含量

	サンプル数	平均	標準偏差	最小値	最大値
容積重(lb/bu)	610	58.3	1.18	53.3	62.1
容積重(kg/hi)	610	75.1	1.51	68.6	79.9
BCFM (%)	610	0.7	0.46	0.0	3.4
破損粒(%)	610	0.6	0.33	0.0	2.3
異物(%)	610	0.2	0.18	0.0	1.8
総損傷(%)	610	0.7	0.59	0.0	13.4
熱損傷(%)	610	0.0	0.00	0.0	0.0
水分含量(%)	605	16.3	1.79	8.5	27.3

### 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(8.4% 乾物ベース)は2020年(8.5%)、5YA(8.5%)、10YA(8.6%)とはほぼ同水準でしたが、2019年(8.3%)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、2020年と同水準でしたが、2019年(72.3%)、5YA(72.4%)、10YA(72.9%)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(3.8% 乾物ベース)は、2020年(3.9%)、2019年(4.1%)、5YA(4.0%)、10YA(3.9%)を下回っています。

表4. 2021/2022年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%)	610	8.4	0.53	6.4	11.8
デンプン(乾物ベース%)	610	72.2	0.54	68.8	74.0
油分(乾物ベース%)	610	3.8	0.23	3.0	4.5

### 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。

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

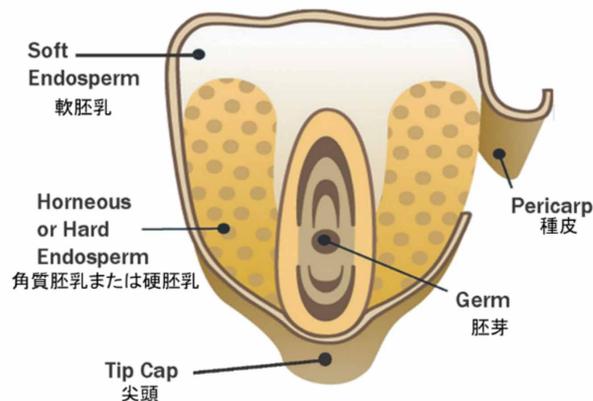


図2 トウモロコシ穀粒の構造

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。

- 2021年トウモロコシの**ストレスクラック**の平均値(5.1%)は、2020年(5.8%)、2019年(8.6%)および5YA(5.7%)を下回っていますが、10YA(5.5%)とはほぼ同水準です。
- 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。2021年の**百粒重**の平均値(34.98グラム)は、2020年(34.53グラム)、2019年(34.60グラム)、5YA(35.09グラム)、10YA(34.49グラム)とはほぼ同水準の値でした。
- 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。2021年の**穀粒容積**の平均値(0.28 cm<sup>3</sup>)は、2020年(0.27 cm<sup>3</sup>)とはほぼ同水準で、2019年と5YA(0.28 cm<sup>3</sup>)と同水準でしたが、10YA(0.27 cm<sup>3</sup>)を上回っていました。
- 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。2021年トウモロコシの**真の密度**の平均値(1.252g/cm<sup>3</sup>)で、2020年(1.255g/cm<sup>3</sup>)とはほぼ同水準で、2019年(1.247g/cm<sup>3</sup>)より高く、5YA(1.257g/cm<sup>3</sup>)を下回っていました。
- 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。2021年の完全粒の平均値(92.3%)は、2020年(92.5%)、5YA(92.3%)とはほぼ同水準でしたが、10YA(93.0%)を下回りました。
- 硬胚乳**の平均値(81%)は2020年、2019年、5YA(それぞれ81%)と同水準で10YA(82%)を下回りました。

表5. 2021/2022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(%)	610	5.1	6.0	0	82
百粒重(g)	180	34.98	3.50	23.52	43.87
穀粒容積(cm <sup>3</sup> )	180	0.28	0.03	0.19	0.35
真の密度(g/cm <sup>3</sup> )	180	1.252	0.021	1.196	1.305
完全粒(%)	610	92.3	3.7	72.0	99.4
硬胚乳(%)	180	81	4	72	90

## 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。

- 2021年の試験対象となったサンプルの98.9%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、2020年と2019年はそれぞれ99.4%と99.5%でした。アフラトキシンの連邦穀物検査局(FGIS)の「低準拠限界値」(5.0ppb)未満のサンプルの割合も98.3%で、2020年と2019年(それぞれ99.4%と97.8%)とはほぼ同水準です。
- 2021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。また、97.2%のサンプルが1.5ppm以下となり、2020年をやや下回りましたが、2019年を上回りました。2021年には、97.2%のサンプルが、フモニシンに関するFDAの最も厳しいガイダンスレベルである5.0ppmを下回りました。この割合は、2020年をわずかに下回りましたが、2019年を上回りました。
- フモニシン**についてテストされたサンプルのうち、97.2%がFDAの最も厳しいガイダンスレベルである5.0ppm未満で、2020年(98.9%)を下回っています。
- オクラトキシンA**についてテストされたサンプルのうち、95.6%がEUによる最大レベルである5.0 ppb未満で、2020年(100.0%)を下回っていて、5.0ppb以上10.0ppb未満が3.9%、10.0ppb以上が0.6%でした。
- T-2**についてテストされたすべてのサンプルが1.5ppm未満でした。
- ゼアラレノン**についてテストされたすべてのサンプルが1.5ppm未満で、2020年(99.4%)と同レベルでした。

脚注: ※1 5YAは、2016/2017、2017/2018、2018/2019、2019/2020 および 2020/2021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。

※2 10YAは、2011/2012から2020/2021まで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。

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** アメリカ穀物協会  
COUNCIL

〒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/>