

2024年 新年のご挨拶

謹んで新春のお慶びを申し上げます。

旧年中は格別のご高配を賜り厚く御礼申し上げます。

本年も皆様のお役に立てるよう一層の努力をもってご厚情にお応えしてまいります。

輝かしい新年を迎え、皆様のますますのご健康とご繁栄を心よりお祈り申し上げます。

アメリカ穀物協会 日本代表 浜本哲郎

アメリカ穀物協会 「2023/2024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13回目となる2023/2024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-2023-2024/)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の主要生産と輸出の上位12州から611件のイエローコーン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。

2023年米国産トウモロコシは、過去5年平均(5Y A¹)の各品質ファクターの平均と比較すると、容積重が高く、BCFMが低く、総損傷が低く、水分含量はほぼ同じです。

暖かく乾燥した天候に恵まれ、2023年産トウモロコシのタイムリーな作付けを可能にしました。このような天候は生育期にも続き、タイムリーな収穫を可能にし、2023年産トウモロコシの全体的な品質は保たれました。トウモロコシ収穫品質報告書のために試験されたサンプルの平均集計の品質は、米国No.1等級の等級要件を上回りました。また、88.0%のサンプルが米国No.1等級の要件を満たし、96.7%が米国No.2等級の要件を満たしています。しかし、生育期後半の高温で乾燥した天候が、今年のサンプルのストレスクラックの増加

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

等級ファクター 容積重 破損粒 異物 総損傷 熱損傷	物理的ファクター 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
水分含量	マイコトキシン アフラトキシン デオキシニバレノール (ポミトキシン) フモニシン オクラトキシンA T-2 ゼアラレノン
化学組成 タンパク質 デンプン 油分	

の一因となった可能性があります(表1)。

2023年の収穫ハイライト

天候はトウモロコシの作付けプロセス、生育状況、圃場での穀粒の発育に大きな役割を果たします。これらは、ひいては最終的な穀物収量と品質に影響を与えます。

全体として、2023年はタイムリーな出芽、受粉時期の少雨、穀粒充填期の暑さと干ばつ、急速な乾燥と収穫が特徴でした。作付けは平年より早く、全体的に乾燥した生育期を経験し、作柄のコンディション評価は、5年平均に比べシーズン初期に急速に低下しました。天候の影響により、作物の平均穀粒重とタンパク質レベルは5年平均と比較して増加しました。以下は、2023年生育期の主な出来事のハイライトしたものです。

温暖で乾燥した気象条件により作付けはタイムリーでしたが、継続的な干ばつが生育期にストレスを与え、作柄は急速に悪化しました。受粉(シルキングステージ)は5年平均よりやや早く、受粉した穀粒の数が少なかったため、穀粒重は増加しました。穀粒はほとんど温暖で乾燥した条件下で発育し、タンパク質と硬胚乳の濃度が高まりました。シーズン終盤の高温で乾燥した条件は、急速な圃場乾燥をもたらし、破損粒の少ないタイムリーな収穫となりました。

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。

2023年の播種と生育初期

2023年は全体的にトウモロコシの出芽が5年平均より数日早まりました。しかし、気温の上昇と干ばつが相まって出芽にばらつきとス

トレスを生じました。6月の生育後期には干ばつストレスが続きましたが、カナダの山火事の煙によって緩和され、高温ストレスは抑えられました。このような状況により、多くの株は1穂につく可能性のある穀粒が減少しました。しかし、この乾燥は根を深く伸ばして水に到達することを促し、それがシーズン後半に役立ちました。太平洋岸北西部のECA（輸出拠点地域）では、生長初期の株は主に温暖で乾燥した条件下で生育しました。メキシコ湾岸地域（Gulf ECA）では、生育初期に約85%の地域が異常乾燥または干ばつストレス下にあり、2012年よりも急速に干ばつが進行したため、作柄は急速に悪化しました。南部鉄道ECAの作物も主に干ばつ状態でありましたが、灌漑により多少緩和されました。

受粉と穀粒充填期

トウモロコシは通常7月に受粉しますが、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、一般的に穀粒数が減少します。7月と8月の登熟期初期の気象条件は最終的な穀粒の組成に決定的な影響を及ぼします。受粉期に、降雨量がほどほどで気温、特に夜間の気温が平均気温を下回ると、収量が増加することとなります。とりわけ登熟期の後半（8月から9月）に降雨量が少なく気温が高ければ、タンパク質が増加します。登熟期後半には窒素も葉から穀粒に再移動し、その結果穀粒のタンパク質と硬胚乳が増加します。

マイコトキシンの発生に関して、アフラトキシンの産生は、開花時期とそれに続く高温多湿期間中の高温ストレス、少雨および干ばつ状況によって誘発されます。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。

2023年の受粉と穀粒充填期

2023年は全体的に温暖な気温の下で受粉が行われ、ガルフおよび米国北西部ECAでは若干の降雨がありましたが、南部鉄道網ECAでは乾燥した条件でした。受粉前および受粉中のストレスにより、受粉した穀粒の数は少なかったですが、結果として受粉した穀粒容積はおおきくなりました。このような気象条件は光合成を制限し、その結果デンプンと油分の蓄積を減少させましたが、硬胚乳の蓄積を増加させました。穀粒充填の中期に、ガルフECAの南部と南部鉄道網 ECA で記録的な熱波と乾燥が重なり、早期の圃場乾燥とストレスクラックが発生した可能性があります。気になる気象条件でしたが、広範なアフラトキシンやDONの発生は見られませんでした。ガルフECAでは7月に東部と南部で降雨があり、受粉を助けました。しかし、西部はより暖かく乾燥していたため、タンパク質と硬胚乳の蓄積に有利でした。米国北西部および南部鉄道網ECAでは、南部地域で豊富な降雨があり、受粉および穀粒の発育に必要な干ばつストレスが緩和されました。受粉には好条件でありましたが、穀粒の生育初期から中期にかけては高温ストレスがありました。

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、湿度と土壤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。

2023年の収穫期

温暖で乾燥した天候は、葉の病害を抑制しましたが、穀粒の水分量にばらつきがあり、作物の乾燥は早くなりました。成熟後も乾燥が続いたため、生産者は雨による遅れや氷点下に下がることもなく、5年平均より1週間ほど早く収穫できました。生育期後期の温暖な気候はDON、フモニシン、オクラトキシンA、T-2、ゼアラレノンなどのカビ毒の主要な発生を抑制しました。

2023/2024年トウモロコシ収穫時品質報告書の意義と概要

13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。2023/2024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611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）。

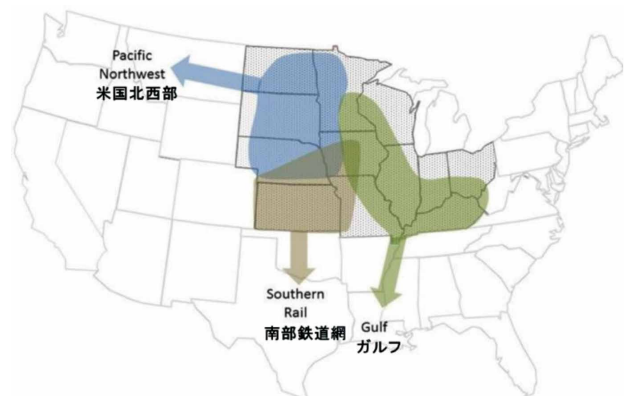


図1 3つの輸出拠点地域

- 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2023/2024年収穫時報告書の内容は、2024年前半に公表されるアメリカ穀物協会2023/2024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。

2023年の容積重の平均(58.4lb/bu、75.2kg/hl)は米国No.1等級の最小値(56.0lb/bu)を大きく上回りました。2022年(58.5lb/bu、75.3kg/hl)と2021年(58.3lb/bu、75.1kg/hl)とほぼ同じでしたが、5年平均(58.2lb/bu、75.0kg/hl)と10年平均(58.2lb/bu、74.9kg/hl)を上回りました。

- **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。2023年の破損粒と異物(BCFM)の平均は0.5%で、2022年(0.9%)、2021年(0.7%)、5年平均と10年平均(ともに0.8%)、米国No.1等級の最大値(2.0%)を下回りました。サンプルの98.5%のBCFMレベルは、米国No.2等級の限界値以下である3.0%以下でした。
- **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。2023年の総損傷平均値は0.9%で、2021年(0.7%)より高いものの、2022年(1.2%)、5年平均

均、10年平均(ともに1.5%)より低く、サンプルの95.1%が米国No.1等級の基準を大幅に下回っています。

- **熱損傷**の平均値は0.0%で、2022年、2021年、5年平均、10年平均と同じでした。
- **水分含量**の平均値は16.3%で、2022年および2021年と同じで、5年平均、10年平均(ともに16.4%)とほぼ同じでした。

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は乾物ベースで8.8%であり、5年平均(8.5%)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は乾物ベースで71.9%であり、5年平均(72.2%)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。油分含量の平均値は乾物ベースで3.8%であり、2022年と5年平均(ともに3.9%)を下回っています。

表4. 2023/2024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%)	611	8.8	0.56	6.9	12.8
デンプン (乾物ベース%)	611	71.9	0.61	68.4	73.7
油分 (乾物ベース%)	611	3.8	0.23	3.2	4.6

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)	596	58.4	1.23	46.4	63.0
容積重(kg/hl)	596	75.2	1.58	59.7	81.1
BCFM (%)	608	0.5	0.45	0.0	5.9
破損粒(%)	608	0.4	0.35	0.0	5.0
異物(%)	608	0.1	0.16	0.0	2.3
総損傷(%)	588	0.9	0.88	0.0	26.0
熱損傷(%)	588	0.0	0.00	0.0	0.0
水分含量(%)	571	16.3	1.95	7.4	25.7

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。

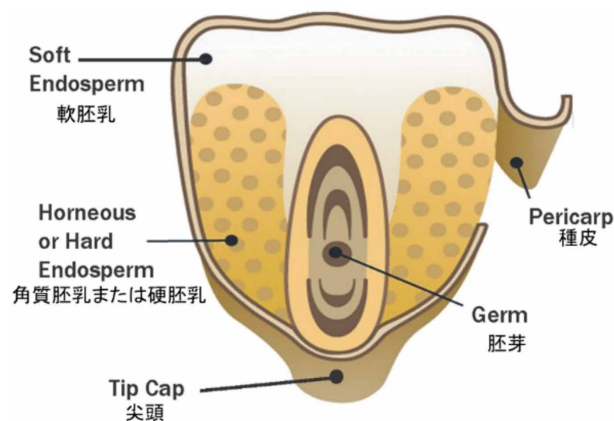


図2 トウモロコシ穀粒の構造

表5. 2023/2024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(%)	611	19.2	18.6	0	98
百粒重(g)	181	35.52	3.76	17.60	45.40
穀粒容積(cm ³)	181	0.28	0.03	0.15	0.36
真の密度(g/cm ³)	181	1.250	0.023	1.176	1.303
完全粒(%)	611	92.5	3.9	63.2	100.0
硬胚乳(%)	181	85	3	75	94

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。

- 2023年トウモロコシのストレスクラックの平均値は19.2%で、2022年(6.9%)および5年平均(6.3%)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。2023年の百粒重の平均値は35.52グラムで、2022年(33.94グラム)、5年平均(34.62グラム)を上回っています。
- **穀粒容積**は立方センチメートル(cm³)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。2023年の穀粒容積の平均値は0.28cm³で、5年平均(0.28cm³)を上回っています²。
- 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。2023年トウモロコシの真の密度の平均値(1.250g/cm³)は、2022年(1.253g/cm³)とほぼ同じであるが5年平均(1.255g/cm³)を下回っています。
- **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。2023年の完全粒の平均値は92.5%で、2022年(91.0%)および5年平均(91.9%)を上回っています。
- **硬胚乳**の平均値は85%で、5年平均(82%)を上回っています。

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

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。

- 1サンプルを除くすべてのサンプル(99.5%)が、アフラトキシンの米国食品医薬品局(FDA)の規制レベル(20.0ppb)未満でした。連邦穀物検査局(FGIS)のアフラトキシン低準拠限界値(5.0ppb)を下回るサンプルの割合は93.9%で、2022年(86.1%)を上回りました。
- 2023年の試験対象となったサンプルすべて(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 5.0ppmを下回りました。1.5ppm未満のサンプルの割合は93.4%で、2022年(94.4%)とほぼ同じでした。
- フモニンについてテストされたサンプルのうち、98.3%がFDAの最も厳しいガイダンスレベルである5.0ppm未満で、2022年(98.9%)とほぼ同じでした。
- オクラトキシンAについてテストされた181サンプルのうち180サンプル(99.4%)がEUが定めたオクラトキシンAの最大レベルである5.0ppbを下回りました。
- T-2についてテストされたすべてのサンプルが1.5ppmを下回りました。
- 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を下回りました。

- 1 5年平均は、2019/2020, 2020/2021, 2021/2022, 2022/2023, 2023/2024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 平均穀粒容積(0.284cm³)は、5年平均(0.276cm³)と統計的に異なる(高い)

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/>