

## アメリカ穀物協会 「2019/2020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9年目となる2019/2020年トウモロコシ収穫時品質報告書を公表しました。ここでは、その概要を報告します。さらに詳しい内容は2020年1月末に刊行された和訳をウェブサイト(<https://grainsjp.org/>)にてご参照ください。

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623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、2019年の米国産トウモロコシの全体的な品質は作付けの遅れや成熟・登熟の遅れ、さらに収穫条件が整うのが遅れたことの影響を受け、トウモロコシ水分含量の上昇、密度の低下が見られています。また、水分が多いため熱風乾燥の必要性が増大し、ストレスクラックの可能性が高まりました。アメリカ穀物協会の2019/2020年トウモロコシ収穫時品質報告書用(2019/2020収穫時レポート)として試験した代表的なサンプルの品質に関してのこの報告によると、サンプルの54.6%が米国No.1等級に求められる等級ファクター要件を満たしており、81.7%が米国No.2等級トウモロコシの等級ファクター要件を満たしています。過去5年のトウモロコシの各品質ファクターの平均値と比較して(5YA<sup>1</sup>)、流通経路に向かう2019年米国産トウモロコシの平均値は容積重、完全粒およびタンパク質濃度が低く、破損粒&異物(BCFM)、水分含量、総損傷、ストレス

クラックおよび油分濃度が高くなっています(表1)。

### 2019年のトウモロコシ生育期の天候とその影響

米国の主要トウモロコシ産地では、4月と5月に湿潤な天候に見舞われたことから、2019年はこれまでにない生育期の始まりを迎えることになりました。2019年の作付けは非常に遅れ、ベンチマークとなるトウモロコシの50%が作付けられた時期は、過去40年で最も遅くなりました。その後の天候は生育期を通じておおそ好ましいものでしたが、作付けの遅れによる生育の遅れは5YAのレベルには回復しませんでした。すでに遅れていた成熟に加え、10月の天候がさらに収穫を遅らせることになりました。過去40年間で、50%のトウモロコシ収穫ベンチマークが2019年より遅い年は2回しかありませんでした。

2019年の厳しい生育状況により、「良い」と「とても良い」指標を合わせた作柄は、全生育期を通じて55%かそれ以下であり、過去5年の各平均作柄より若干低いレベルになりました。さらに、平均単収も過去5年のどの年よりも低くなると予測されています。

9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そうです。2019/2020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623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)。

- 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

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

<b>等級ファクター</b>	<b>物理的ファクター</b>
容積重 破損粒・異物 総損傷 熱損傷	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>
タンパク質 デンプン 油分	アフラトキシン DON フモニシン

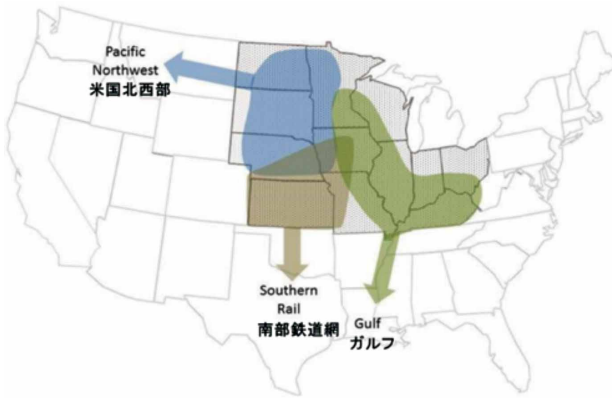


図1 3つの輸出拠点地域

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み、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2019/2020年収穫時報告書の内容は、2020年前半に公表されるアメリカ穀物協会2019/2020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1ブッシェル当たり57.3ポンド(lb/bu)で、2018年および5YAを下回っています。サンプルの89.9%が米国No.2等級の最低要件を上回っていますが、この割合はそれぞれ98.2%と99.9%が米国No.2等級の最低要件と同じかまたは上回った2018年および2017年に及んでい

ません。

- 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。BCFMの平均値(1.0%)は2018年および5YAを上回っています。その平均値は過去年の値を上回るものの、96.8%のサンプルが米国No.2等級の限度を下回っています。
- 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。その平均値(2.7%)は2018年および5YAを上回っています。この平均値は過去年のトウモロコシの値を上回るものの、91.5%のサンプルが米国No.2等級の限度を下回っています。2019年の総損傷のばらつき(標準偏差=2.43%)もまた過去年を大幅に上回っています。
- 受領したいずれのサンプルでも熱損傷は観察されませんでした。
- 水分含量の平均値(17.5%)およびばらつき(標準偏差=2.35%)は2018年および5YAを上回っています。これは本報告書9年の歴史の中で最も高い平均水分含量で、2019年のトウモロコシの作付けが記録的に遅れた結果と考えられます。分布をみると、水分含量17%を上回るサンプルは45.7%で、これに対し2018年および2017年はそれぞれ24.7%と36.2%でした。この分布は2019年では人工的な乾燥が必要とされるサンプルの数が過去2年のサンプルを上回ることを示しています。

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 2019年/2020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)	623	57.3	1.41	42.6	61.9
Test Weight容積重(kg/hl)	623	73.8	1.81	54.8	79.7
BCFM(%)	623	1.0	0.67	0.0	8.2
破損粒(%)	623	0.7	0.47	0.0	5.3
異物(%)	623	0.2	0.28	0.0	3.3
総損傷(%)	623	2.7	2.43	0.0	50.5
熱損傷(%)	623	0.0	0.00	0.0	0.0
水分含量(%)	613	17.5	2.35	11.0	30.0

## 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。タンパク質は土壤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。2019年のタンパク質含有率(乾物比8.3%)は2018年および5YAを下回っています。
- 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。2019年のデンプン含有率(乾物比72.3%)は2018年および5YAをわずかに下回っています。
- 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。2019年の平均油分含有率(乾物比4.1%)は2018年および5YAを上回っています。

表4 2019年/2020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)	623	8.3	0.54	6.2	10.4
デンプン(乾物ベース)	623	72.3	0.58	69.8	74.4
油分(乾物ベース)	623	4.1	0.23	3.2	5.0

## 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

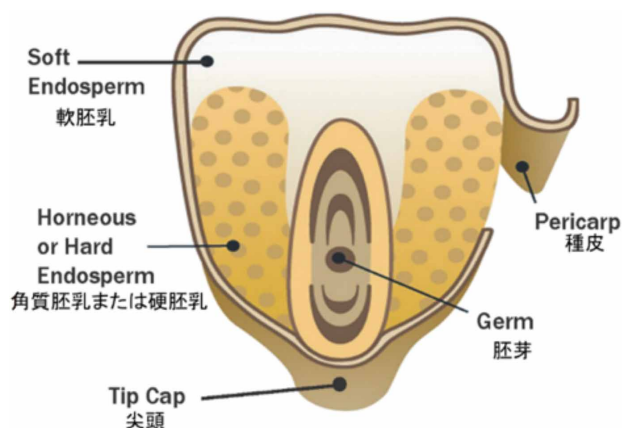


図2 トウモロコシ穀粒の構造

表5 2019年/2020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	標準偏差	最小値	最大値
ストレスクラック(%)	623	9	7	0	95
百粒重(g)	623	34.60	2.48	25.11	43.93
穀粒容積(cm <sup>3</sup> )	623	0.28	0.02	0.22	0.34
真の密度(g/cm <sup>3</sup> )	623	1.247	0.021	1.116	1.322
完全粒(%)	623	90.8	4.2	25.4	99.6
硬胚乳(%)	180	81	3	71	96

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んら問題はないように見えることがあります。

ストレスクラックの計測法には「ストレスクラック率」(1本以上の亀裂のある穀粒の割合)や、1本、2本およびそれを超える複数のストレスクラックの加重平均値を示す「ストレスクラック指標」(SCI)などがあります。「ストレスクラック率」ではストレスクラックのある穀粒の数のみを測定しますが、SCIはストレスクラックの深刻度を示します。例えば、穀粒の半数にストレスクラックが1本だけある場合、「ストレスクラック率」は50%で、SCIは50(50×1)です。ところが、半数の穀粒に複数(2本超)のストレスクラックがある場合には、取扱中に破損が発生する可能性が高くなり、「ストレスクラック率」は50%のままであるのに対し、SCIは250(50×5)となります。「ストレスクラック率」およびSCIのいずれも常に数値が低い方が望まれます。

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。

- 2019年トウモロコシのストレスクラック率(9%)は2018年および5YAを上回り、サンプルの10.8%がストレスクラック率20%を超え、2018年および2017年よりも破損し易いことが示唆されています。2019年のストレスクラック率の上昇は、トウモロコ

シの成熟の遅れ、多雨となった収穫時の条件、また、比較的高かった収穫時の水分含量を保管上安全なレベルにまで引き下げるために用いられた追加的な人工乾燥の結果と考えられます。

- 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。2019年の百粒重(34.60グラム)は2018年および5YAを下回りますが、これは過去2年と比較して粒が小さいことを示唆しています。
- 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。2019年の穀粒容積の平均値(0.28立法センチメートル(cm<sup>3</sup>)は2017年を下回りますが、2018年および5YAと同じです。
- 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。2019年トウモロコシの真の密度の平均値(1立方センチメートル当たり1.247グラム(g/cm<sup>3</sup>)は2018年および5YAを下回っています。これはおそらく2019年の作付けの遅れ、成熟および登熟の遅れ、収穫条件が整う時期の遅れによるものと考えられます。
- 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。2019年の完全粒の平均値(90.8%)は2018年および5YAを下回っています。
- 硬胚乳の平均値は81%で、2018年および2017年と同じです。

## 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。

- 1件のサンプルを除き、すなわち2019年の試験対象サンプルの99.4%が米国食品医薬品局(FDA)のアフラトキシンの規制レベルである20.0ppbを下回り、サンプルの97.8%が5.0ppbを下回っています。
- 2019年試験対象となったサンプルの100%がFDAのデオキシニバレノール(DON)の勧告レベルである5.0ppmを下回り、これは2018年および2017年と同じでした。加えて、試験サンプルの59.9%が米国農務省(USDA)の連邦穀物検査部(FGIS)の「低準拠レベル」を下回ったが、この割合は2018年および2017年を上回っています。2019年が2018年および2017年よりもDONの発生を招きやすい気象条件であったことがこの増加の原因と考えられます。
- フモニシン試験対象の182サンプルのうち156件、すなわち85.7%がフモニシンに対するFDAの最も厳格な指導レベルである5.0ppmを下回っています。

## 脚注

- 1 5YAは2014/2015、2015/2016、2016/2017、2017/2018および2018/2019の収穫報告書の品質ファクターの平均値または偏差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/>