

アメリカ穀物協会
トウモロコシ収穫品質報告書
2011/12



U.S. GRAINS
COUNCIL

謝辞



U.S. GRAINS
COUNCIL

これほど広範で大規模な報告書を時宜を得て作成するには、多くの個人および団体の協力が欠かせません。本報告書の作成にあたって監修および調整の労をお取り頂いたセントレック・コンサルティング・グループ（Centrec）のシャロン・バード博士とクリス・シュローダー氏に対し、アメリカ穀物協会は感謝の意を表します。両氏によるデータ収集、分析および報告書作成作業には社内スタッフおよびエキスパートチームの力添えを頂きました。社外チームのメンバーにはドン・ホワイト博士、ローウェル・ヒル博士、マービン・ポールセン博士およびフレッド・ベロー博士、ならびにイリノイ州穀物改良協会の分別流通管理穀物研究所（IPGL）が含まれています。

最後になりましたが、米国中のエレベーター業者の思慮深い時宜にかなった協力なくして、本報告書は作成し得ませんでした。収穫時という非常に忙しい時期に、試料採取および試料提供の時間と労力を割いて頂いたことに感謝いたします。





調査の概要	2
トウモロコシ品質の概要（2011年収穫時）	3
作物および気象条件.....	20
米国トウモロコシ生産量、消費量および展望	22
調査および統計分析の方法	26
試験分析の方法	28
等級要件および換算.....	31
USGC連絡先情報	32

アメリカ穀物協会は今般初めて 2011 年米国トウモロコシ品質収穫報告書を発表することになりました。当協会は貿易を通じて世界の食糧安全保障および経済面での相互利益を促進させることに力を注いでいます。貿易が拡大し続けるか否かは数多くの要素に左右され、穀物の品質や入手可能性に関し信頼性の高い情報を適時に得られるか否かといったこともそのような要素のひとつです。世界中のバイヤーと世界最大の最新農業生産システムとの橋渡し役を担う当協会は、現時点での米国穀物の品質に関するバイヤーからの疑問に答え、バイヤーが十分な情報を得た上で意志決定することができるようにとの思いで、本報告書を発表することにいたしました。

強調したいのは、本書は収穫報告書であり、今後世界中の流通経路へと向かうことになる米国穀物の現時点での収穫状況を評価したものであるということです。当初のトウモロコシの品質はその後の取扱い、ブレンドおよび保管状態による影響を受けることがあります。本報告書ではこうした川下の要素は評価対象とはしていません。現在収穫している穀物の当初の品質についてのみ記載しています。バイヤーは契約対象のトウモロコシの等級と品質について、出荷業者と積極的な意見交換をすることが推奨されます。この報告書はこうした踏み込んだ話し合いの手助けとなるよう、収穫時当初の品質について信頼性の高い情報をバイヤーに提供すること意図して作成したものです。

年次報告書の第一弾として発表するこの2011年報告書は、今後時間の経過とともに次第に有益になっていくと期待される長期データベースの基礎となるものです。従って、アメリカ穀物協会はユーザーからの信頼を得るだけでなく、過去の年度との比較分析が可能になるよう、首尾一貫した透明性の高い方法を用いるよう努めています。本報告書の構成および情報提示方法についてのユーザーからのご意見やご提案を歓迎いたします。

トウモロコシの世界市場では急速に競争が激化してきており、当協会では、長期的な観点からみれば、正確で首尾一貫した比較可能な情報が入手できるようになることが、すべての関係者の利益につながると考えております。情報のレベルが上げれば貿易拡大が促進され、貿易活動が進めば世界全体がその恩恵を受けることとなります。



ウエンデル・ショーマン
アメリカ穀物協会会長
2012年1月

収穫報告書のハイライト

現在流通経路へと向いつつある2011年のトウモロコシは次のような特徴を有しています。

- 良好な容積重（58.1 lb/buまたは 74.8 kg/hl）は穀粒の登熟度の高いことを示している。
- エレベーターでの試料水分試験の結果は平均15.6%で、ばらつきが少なかったため、トウモロコシ圃場の乾燥度合いが高く、保存性がよく、全体的に乾燥作業の必要性が少ない年となることを示唆している。
- 全損傷率は低く（1.1%）、熱損傷は報告されていない。
- トウモロコシ完全粒の割合は高く（93.8%）、BCFMのレベルは低く（1.0%）、恐らく保管リスクは低いものとなる。
- ストレスクラックの割合が低い（3%）ことから、トウモロコシ取扱時の破損率の低下、ウェットミリングでのデンプン回収率およびフレーキンググリッツのドライミリングでの良好な歩留まり率、並びに良好なアルカリ加工の可能性が示唆されている。
- 近年報告されているタンパク質含有率と比較して、米国集計の平均タンパク質含有率は8.7%（乾物比）と高い。
- 米国集計の平均デンプン含有率は73.4%（乾物比）で、比較的登熟度および成熟度が良好で、ウェットミリングに有利な結果となることを示している。
- 油分含有率の平均値は 3.7%（乾物比）
- 米国集計の真の密度の平均値は中程度の範囲で、ウェットミリングおよび飼料用途に適切と考えられるが、一方真の密度が高い試料はドライミリングおよびアルカリ加工に優れていることが示唆される。



2011年米国トウモロコシ品質収穫報告書は、米国トウモロコシの国外バイヤーが流通経路に参入する際に、米国一般イエローコーンの当初の品質を理解する手助けとなることを意図して作成したものです。収穫時に見極められるトウモロコシの品質特性は、最終的に輸出業者である顧客のもとに到着するトウモロコシの品質の基礎となるものです。トウモロコシは米国のマーケティングシステムを通過していく過程で、他の生産地のトウモロコシと一緒に、トラック、バージ船、貨物列車に混載され、保管、積み込み、積み卸しが何度も繰り返されます。従って、最初の販売地点から輸出倉庫に至るまでの間にトウモロコシの状態は変化していくことになります。そのため、2012年2月に発表される輸出貨物報告書とともに、本収穫報告書を注意深く検討する必要があります。

収穫時に米国トウモロコシの品質を調べる年次調査を実施する試みは今回が初めてです。2011年の結果を過去の年度と比較することができず、この収穫報告書だけを検討する場合には、本書の内容は慎重に解釈しなければなりません。しかし、今年の報告書は来年以降のトウモロコシとの比較には基準として用いることができるようになります。これから先何年にもわたってデータが蓄積していくことで、この収穫報告書はその価値を増し、トウモロコシ輸出先のバイヤーは何年もの期間にわたる生育条件を基にトウモロコシ品質のパターンを見分けることができるようになります。

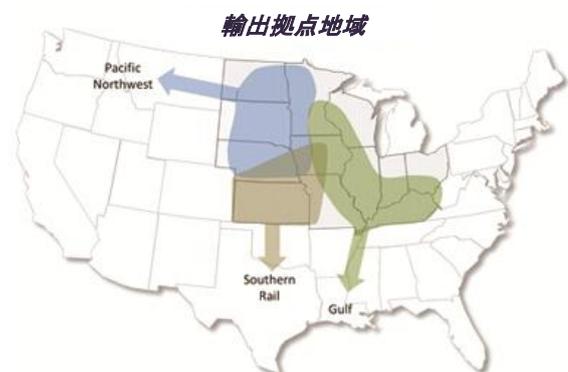
今年の品質結果は前年の結果と直接比較することはできませんが、トウモロコシの品質を長年観察してきた我々の経験に基づいて、2011年トウモロコシの当初品質についてある程度基本的な結論を引き出すことは可能です。2011年の生育期には米国トウモロコシ生産地の多くが困難な生育条件に見舞われましたが、米国は良好な品質のトウモロコシを生産することができました。公的な品質等級の要素および等級以外の要素について実施した当協会の品質検討の結果は、「エグゼクティブオーバービュー」にその要約を、また、次のセクション以降にその詳細を記載しています。

本収穫報告書の内容は、トウモロコシ生産および輸出のトップ12州内の地域から集めた474の一般イエローコーンの試料から得たものです。国内向け試料は、産地での品質を評価し、異なった地理的条件全体にわたりトウモロコシの品質特性の違いについて最も代表的な情報を提供できるよう、カンントリーエレベーターに送られてきたトウモロコシから試料を収集しました。

試料試験の結果は米国集計レベル（米国集計）で報告しています。加えて、12州のサンプリング地域は「輸出拠点地域」（ECA）と我々が名付けた3つの一般グループに分類しています。これら3種のECAを決定するのは次の輸出主要経路です。

- ガルフECAは通常米国メキシコ湾の港から輸出する地域
- 太平洋岸北西部（PNW）ECAはトウモロコシを太平洋岸北西地区の港およびカリフォルニアの港から輸出する地域
- 南部鉄道ECAは一般にトウモロコシを鉄道でメキシコに輸出する地域

サンプリングおよび統計分析の方法についての詳細は「調査および統計分析の方法」のセクションに記載しています。



2011 米国トウモロコシ品質収穫報告書プロジェクトチーム

トウモロコシ品質の概要 (2011年収穫時)

等級ファクター

米国農務省穀物検査局 (USDA/GIPSA) は様々な品質要素の測定に用いる等級、定義および基準を定めています。等級を決定する特性は容積重、熱損傷、総損傷、および破損粒&混入異物 (BCFM) です。トウモロコシ等級と等級要件については30ページの「等級要件および換算」のセクションにまとめています。公的な等級証明書には水分含有量が記載されていますが、試料の等級を決定する際に水分含有量は考慮しません。

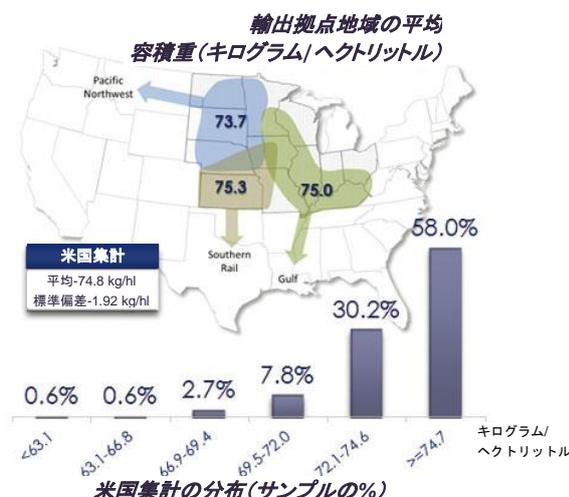
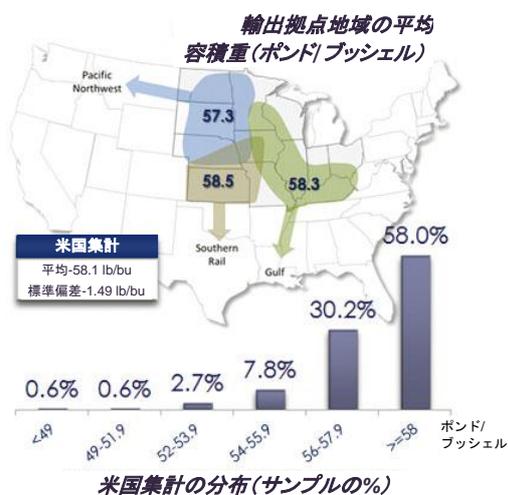
容積重

容積重 (テストウェイト) はかさ密度の指標であり、全体的な品質を示す一般的な指標として、また、アルカリクッカーおよびドライミリングで処理する場合の胚乳の硬度を示す目安としてよく用いられます。容積重が高いトウモロコシは容積重が低い同じ重量のトウモロコシよりも少ないスペースで保管することができます。最初に容積重に影響を及ぼす要素は遺伝子によるトウモロコシ粒構造の違いですが、水分含有量、乾燥方法、トウモロコシ粒の物理的損傷 (破損粒および擦損表面)、試料に混入した異物、トウモロコシ粒の大きさ、生育期のストレスおよび微生物被害も影響を及ぼします。農場から運ばれてきた時点で試料を採取し測定した場合、水分含有量が一定であれば、通常高い容積重は高品質、高い角質 (硬質) 胚乳率、および健康で破損や異物のないトウモロコシを示唆します。容積重は真の密度と密接な相関関係があり、トウモロコシ粒の硬さおよび成熟度を反映します。

ハイライト

- 米国集計の平均容積重は58.1 lb/bu (74.8 kg/hl) で、全体的に品質が良好であることを示し、No. 2のトウモロコシの等級限度値 (54 lbs) を4ポンド/bu上回る。
- 3つのECAグループの容積重は米国集計の平均値と大きな違いはなかった。
- トウモロコシは流通経路を移動する過程で混ざり合うため、各ECAの容積重の平均値から、すべてのECAがNo. 2の最低容積重を満たしていると考えられる。
- 試料の96%超がNo. 2の最低容積重を上回り、98%超がNo. 3 (52ポンド) の最低容積重を上回っている。

米国等級 最低容積重	
No. 1:	56.0 lbs
No. 2:	54.0 lbs
No. 3:	52.0 lbs





破損粒&混入異物 (BCFM)

破損粒&混入異物 (BCFM) は飼料や加工に用いることのできるクリーンなトウモロコシ粒の量を測る目安となります。BCFMの値が低いほど試料中に混入した異物や破損粒も少ないことを示しています。

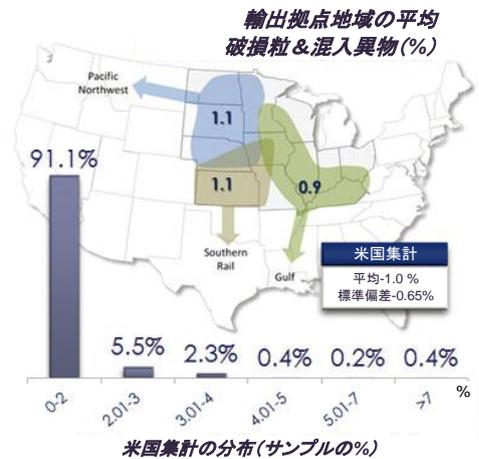
異物 (FM) とは、開き眼12/64インチの篩を通過しない大きな物質でトウモロコシ以外のもの、かつ、6/64インチの篩を通過する小さいすべての物質と定義されています。

破損粒 (BC) は開き眼12/64インチの篩を通過するほど小さく、6/64インチの篩は大きすぎて通過しないものすべてと定義されています。通常、農場から運ばれてきたトウモロコシから採取した試料の中でBCFMの値が高いものは、コンバインの設定または農場の雑草の種にその原因を見いだすことができます。

ハイライト

- 米国集計のBCFM平均値は1.0%で、いずれのECAの値もこの米国集計値と大差はない。
- エレベーターに運ばれてくるトウモロコシのほぼ全てのBCFMレベルが、No. 2のトウモロコシに認められる最低値である3%を大きく下回っている。この3%という値は商取引上のほとんどのディスカウントのベースとされる。
- 採用する方法やトウモロコシ粒の安定性によっても異なるが、通常BCFM値は乾燥過程や取扱中に上昇する。
- 米国集計の試料から、BCFM1%である場合には破損粒が0.8%で異物が0.2%であることがわかる。

米国等級 BCFM 限度値	
No. 1:	2.0%
No. 2:	3.0%
No. 3:	4.0%

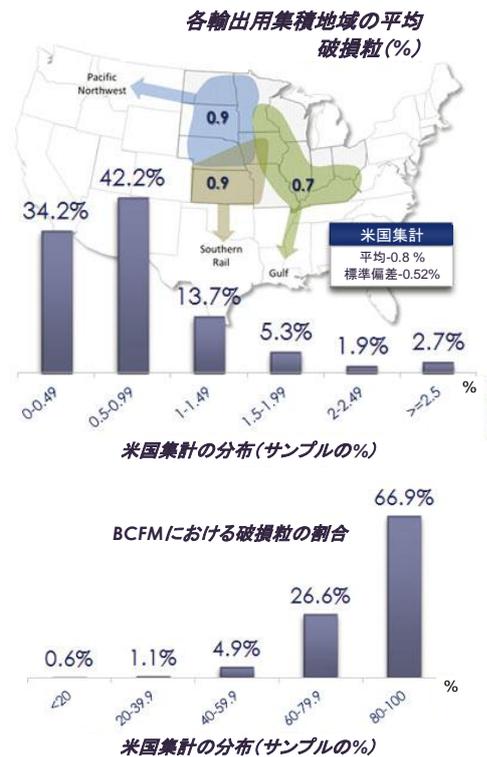


破損粒 (BC)

破損粒 (BC) は完全粒よりもカビや害虫の被害を受けやすく、取扱中や加工中に問題を引き起こすことがあります。貯蔵大型ビン内で拡散したりかき混ぜたりしない場合は、破損粒はビン内の中央にたまりやすく、完全粒は外縁に引き寄せられる傾向があります。この現象は穀物業界では「スパウトライン」として知られています。常にというわけではなくても多くの場合、このスパウトラインは中央の引き出し口から穀物を引き出すことで解消します。

ハイライト

- 米国集計のBC平均値は0.8%で、各ECAの値は0.7%から0.9%である。
- BC率はガルフECAが最も低く、わずかに水分含有量が高い状態で収穫したことがその一因である。
- いずれの地域でも農場から出荷されたトウモロコシのBCレベルは非常に低く、取扱および加工中に問題になることはないと考えられる。
- 右の分布グラフはBCFMにおけるBCの割合を示したものであるが、ほぼすべての試料で破損粒がBCFMの大半を占めていることがわかる。



トウモロコシ品質の概要 (2011年収穫時)



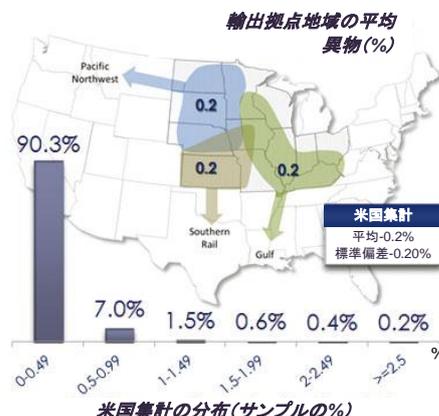
**U.S. GRAINS
COUNCIL**

異物 (FM)

異物 (FM) は飼料や加工ではほとんど価値がなく、一般にトウモロコシよりも水分含有量が高く、そのため保管中のトウモロコシを劣化させる可能性があるという点を重視する必要があります。FMはスパウトラインにも関与しており、上に述べたように水分量が多いためにBCよりもさらに深刻な問題となります。

ハイライト

- FMレベルが0.5%を下回ると取扱中の問題はほとんど発生しない。
- すべてのECAでFM平均値は0.2%である。
- 試料の中にはFMレベルの高いものが複数含まれていたが、容易に取り除くことができるため、重大な取扱上の問題はほぼ起こることがないと考えられる。



総損傷

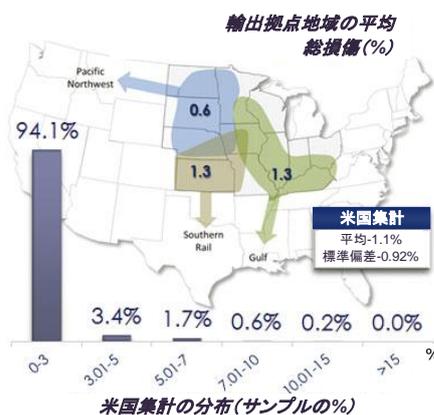
総損傷率とは、熱損傷、霜害、害虫穴、損傷芽、病害や気象による損傷、土による損傷、細菌による損傷、カビによる損傷を含め、どのようなかたちであれ、目視で見つけることのできる被害や損傷のあるトウモロコシ粒および穀粒のかけらの割合です。こうした損傷の大半は一種の退色や穀粒の質感の変化というかたちで現れます。割れていること以外に外見上の異常が見られない穀粒のかけらは損傷粒に含まれません。

一般に、生育期または保管期間中の水分含有量や温度が高いとカビによる被害が発生します。損傷要因の中でも、カビによる損傷およびそれに伴うマイコトキシンの可能性は最も深刻な問題です。カビによる損傷は収穫前にも発生することがありますが、出荷前の高温高湿下での一時的な保管期間中にも発生する可能性があります。

ハイライト

- すべてのECAで総損傷率はNo. 1のトウモロコシの限度値 (3.0%) を大幅に下回っており、農場での出荷に問題がないことを示している。
- 分布グラフから損傷率が3%以下のものは試料全体の94.1%であることがわかる。
- 総損傷率では、試料の97.5%がNo. 2 (5.0%) またはそれ以上に等級に相当する。

米国等級	総損傷率限度値
No. 1:	3.0%
No. 2:	5.0%
No. 3:	7.0%



米国等級	熱損傷率限度値
No. 1:	0.1%
No. 2:	0.2%
No. 3:	0.5%

熱損傷 (HD)

熱損傷 (HD) は総損傷の中のひとつの要素で、米国等級基準では個別の許容値が設定されています。暖かく湿ったトウモロコシの中で活動する微生物あるいは乾燥工程で晒される高温が熱損傷の原因になることがあります。収穫時に直接農場およびコンバインから運ばれてくるトウモロコシにHDが存在することは稀です。

ハイライト

- いずれの試料でも熱損傷は観察されなかった。
- 低熱による損傷の原因のひとつとして、試料が農場から直接エレベーターに送られてきた新鮮な状態にあり、最低限の乾燥をただけであったことが考えられる。

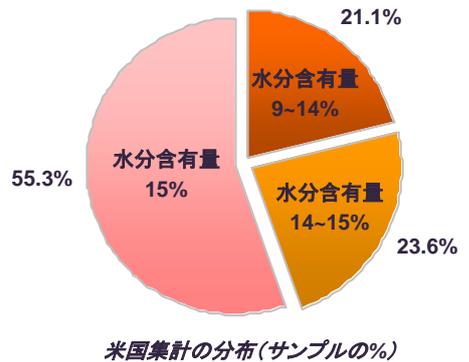
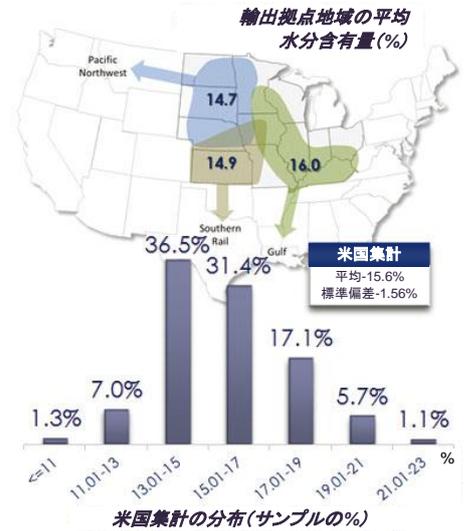


水分

水分含有量は売買される乾物の量に影響を与えます。水分含有量がわかれば乾燥工程の必要度がわかり、保管性が分かることもあります。水分含有量は容積重に影響を及ぼします。水分が多いと収穫時および乾燥時にトウモロコシ粒が損傷を受ける可能性が高まり、必要な乾燥の量がストレスクラック、破損および発芽に影響を及ぼします。トウモロコシ中の過剰な水分は後の保管期間や輸送期間中にカビによる多大な損傷の発生の温床となります。

ハイライト

- エレベーターで記録された水分含有率の米国集計平均は15.6%で、最も低い値は9.5%、最も高い値は22.0%¹である。
- 水分含有率が15%以下の試料は試料全体の44.8%である。この15%という値は大半のエレベーターにおいてディスカウントの判断ベースとして使われ、短期間の保管は可能とみなされる値である。
- ガルFECA、太平洋岸北西ECAおよび南部鉄道ECAの平均水分含有率はそれぞれ16.0%、14.7%および14.9%だった。いずれのECAでも最小値および最大値は似通った値である。
- 試料の1.3%は非常に水分含有率が低く (<11%)、こうした試料は干ばつに見舞われた地域と関係付けられる。
- 右のグラフからわかるように、エレベーターに送られてきた時点で、試料の21.1%の水分含有率がすでに14%以下である。これは一般に乾燥することなく安全に保管および輸送が可能なレベルと考えられる。



¹ 産地穀物倉庫には、輸送中に試料が劣化することを避けるため、水分含有率が22%以下の試料のみを提出してくれるよう依頼した(すべての試料が採取後ただちに研究所に郵送されてきたわけではない)。このため、結果として得られた水分含有量分布にわずかな歪みが生じた可能性はあるが、本年度のトウモロコシ分布は、2011年度トウモロコシが収穫時の水分含有量が高くないことを示している。

トウモロコシ品質の概要 (2011年収穫時)



**U.S. GRAINS
COUNCIL**

等級ファクターおよび水分についてのまとめ

ハイライト

- 米国集計試料の容積重は高く、平均は58.1 lb/bu (74.8 kg/hl) である。
- エレベーターに運び込まれたトウモロコシのBCFMは非常に低く、米国集計平均は1.0%で、その大半が破損トウモロコシ粒である。
- エレベーターに運び込まれたトウモロコシの平均総損傷率は極端に低く、ECA3地域の値は0.6%から1.3%の範囲で、いずれの試料についても熱損傷は報告されていない。
- 等級決定ファクターをすべて考慮すると（大半の輸出契約で採用されている基準）、国内向け穀物集積エレベーターに運び込まれたトウモロコシの試料のうち90.9%がNo. 2またはそれ以上に相当すると考えられる。時間の経過とともに、その後の取扱い、乾燥および保管により品質が低下すると考えられる。
- エレベーターで記録された水分含有率の米国集計平均は15.6%で、試料の約45%が水分含有率15%以下であった。こうした結果は、生産者が圃場乾燥の利点を活かすことができ、その結果として人工的な乾燥の必要性が低下し、2011年トウモロコシの全般的な品質向上につながったことを示している。

等級要素と水分含有量のまとめ

	サンプル数	平均	標準偏差	最小値	最大値
米国集計					
容積重 (lb/bu)	474	58.1	1.49	46.0	62.1
容積重 (kg/hl)	474	74.8	1.92	59.2	79.9
BCFM (%)	474	1.0	0.65	0.0	12.1
破損粒 (%)	474	0.8	0.52	0.0	10.1
異物 (%)	474	0.2	0.20	0.0	3.0
総損傷 (%)	474	1.1	0.92	0.0	12.0
熱損傷 (%)	474	0.0	0.00	0.0	0.0
水分 (%)	474	15.6	1.56	9.5	22.0
ガルフ					
容積重 (lb/bu)	364	58.3	1.48	46.0	62.1
容積重 (kg/hl)	364	75.0	1.91	59.2	79.9
BCFM (%)	364	0.9	0.62	0.0	12.1
破損粒 (%)	364	0.7	0.49	0.0	10.1
異物 (%)	364	0.2	0.19	0.0	3.0
総損傷 (%)	364	1.3	1.09	0.0	12.0
熱損傷 (%)	364	0.0	0.00	0.0	0.0
水分 (%)	364	16.0	1.67	9.5	22.0
米国北西部					
容積重 (lb/bu)	182	57.3	1.57	50.7	61.7
容積重 (kg/hl)	182	73.7	2.03	65.3	79.4
BCFM (%)	182	1.1	0.75	0.1	4.6
破損粒 (%)	182	0.9	0.58	0.1	3.6
異物 (%)	182	0.2	0.23	0.0	1.5
総損傷 (%)	182	0.6	0.36	0.0	5.3
熱損傷 (%)	182	0.0	0.00	0.0	0.0
水分 (%)	182	14.7	1.28	11.7	19.6
南部鉄道網					
容積重 (lb/bu)	149	58.5	1.39	46.0	61.7
容積重 (kg/hl)	149	75.3	1.79	59.2	79.4
BCFM (%)	149	1.1	0.67	0.0	12.1
破損粒 (%)	149	0.9	0.53	0.0	10.1
異物 (%)	149	0.2	0.18	0.0	2.1
総損傷 (%)	149	1.3	0.90	0.0	5.6
熱損傷 (%)	149	0.0	0.00	0.0	0.0
水分 (%)	149	14.9	1.42	9.5	20.2



化学組成

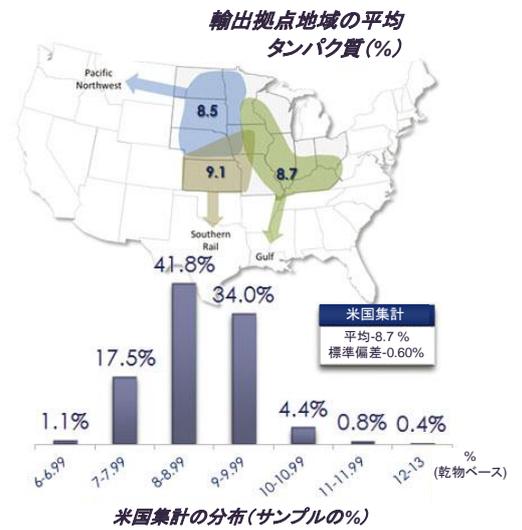
化学組成は等級ファクターではないものの、家畜および家禽用の飼料、ウェットミリング原材料およびその他加工原材料としての栄養的価値に関連した追加情報を提供してくれます。多くの物理的特質とは異なり、化学組成の値は保管中または輸送中に大幅に変化することは考えられません。トウモロコシは主として利用者にとって重要な栄養成分となるタンパク質、デンプンおよび油分で構成されています。

タンパク質

タンパク質は家禽および家畜用の飼料にとって非常に重要です。飼料効率に貢献し、硫黄含有必須アミノ酸を供給します。通常、タンパク質はデンプン含有量と反比例関係にあります。報告結果は乾物比の値です。

ハイライト

- 2011年の米国集計タンパク質平均値は8.7%である。
- タンパク質の範囲は6.7%から12.5%で、米国集計値の標準偏差は0.60%である。
- タンパク質の含有率は試料の41.8%が8.0%から8.99%の範囲、34.0%が9.0%から9.99%の範囲である。
- ガルフ、太平洋岸北西地域、および南部鉄道地域へと輸送されるトウモロコシのタンパク質含有率の平均値はそれぞれ8.7%、8.5%、9.1%である。

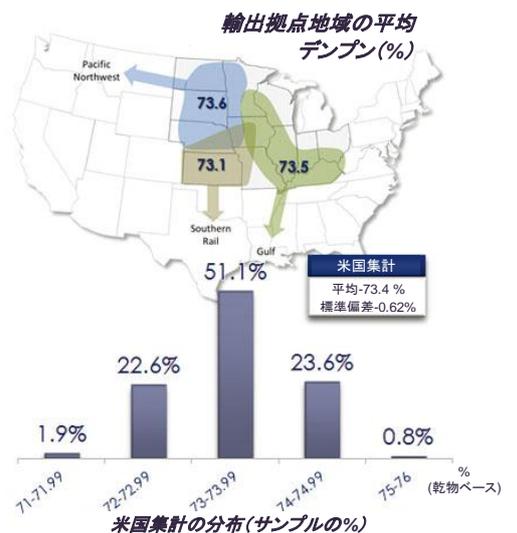


デンプン

デンプンはウェットミリングおよびエタノールのドライミリング製造業者がトウモロコシを用いる場合に重要な成分です。デンプンの多さは、しばしばトウモロコシの成熟度および登熟度の高さを示しており、当然のことながら穀粒密度も高いと考えられます。通常デンプンはタンパク質含有量と反比例関係にあります。報告結果は乾物比の値です。

ハイライト

- 米国集計デンプン平均値は73.4%である。
- デンプン含有率の範囲は71.5%から75.4%で、米国集計値の標準偏差は0.62%である。
- 試料の大半がデンプン含有率73.0%から73.99%の範囲である
- ガルフ、太平洋岸北西地域、および南部鉄道地域へと輸送されるトウモロコシのデンプン含有率の平均値はそれぞれ73.5%、73.6%、73.1%である。



トウモロコシ品質の概要 (2011年収穫時)



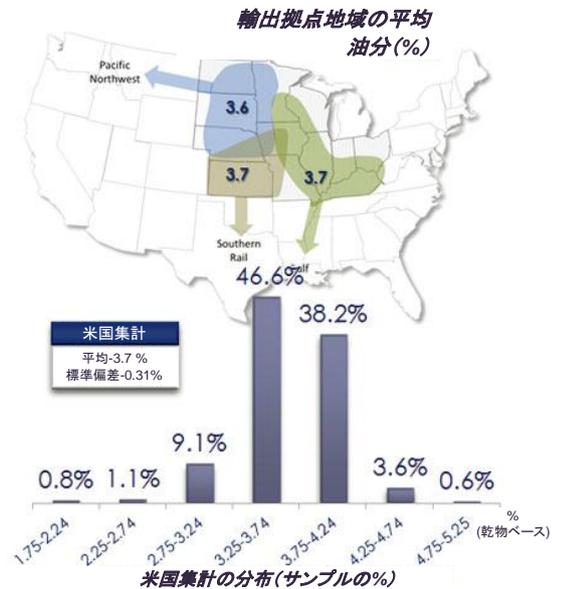
U.S. GRAINS
COUNCIL

油分

油分は家禽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るだけでなく、脂溶性ビタミンを利用可能にし、特定の必須脂肪酸も提供します。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副産物でもあります。報告結果は乾物比の値です。

ハイライト

- 米国集計油分含有率平均値は3.7%である。
- 油分含有率の範囲は2.0%から5.0%で米国集計値の標準偏差は0.31%である。
- 油分の含有率試料の46.6%が3.25%から3.74%の範囲、38.2%が3.75%から4.24%の範囲である。
- ガルフ、太平洋岸北西地域、および南部鉄道地域へと輸送されるトウモロコシの油分含有率の平均値はそれぞれ3.7%、3.6%、3.7%で、それぞれの輸出拠点地域に向かうと考えられるトウモロコシの間に油分含有量の大幅な違いはないと考えられる。





化学組成のまとめ

ハイライト

- 遺伝的な差によるものに加えて、タンパク質含有率の平均値 (8.7%) は単位当たり収量 (1エーカー当たりのブッシェル) および生育期の可給態窒素の影響をいくらか受けている。
- デンプン含有率 (73.4%) が比較的高く、同時に容積重の値も高いということは、登熟度が良好である証であるため、あらゆる加工原材料としてまた飼料原材料として適切と考えられる。
- すべての輸出拠点地域において、油分含有率 (3.7%) は比較的一定している。

化学組成まとめ

	サンプル 数	平均	標準 偏差	最小値	最大値
米国集計					
タンパク質 (乾物ベース、%)	474	8.7	0.60	6.7	12.5
デンプン (乾物ベース、%)	474	73.4	0.62	71.5	75.4
油分 (乾物ベース、%)	474	3.7	0.31	2.0	5.0
ガルフ					
タンパク質 (乾物ベース、%)	364	8.7	0.63	6.7	12.5
デンプン (乾物ベース、%)	364	73.5	0.64	71.5	75.4
油分 (乾物ベース、%)	364	3.7	0.32	2.0	5.0
米国北西部					
タンパク質 (乾物ベース、%)	182	8.5	0.52	6.7	11.0
デンプン (乾物ベース、%)	182	73.6	0.56	71.6	75.4
油分 (乾物ベース、%)	182	3.6	0.26	2.8	4.7
南部鉄道網					
タンパク質 (乾物ベース、%)	149	9.1	0.62	6.7	12.5
デンプン (乾物ベース、%)	149	73.1	0.65	71.5	74.6
油分 (乾物ベース、%)	149	3.7	0.33	2.0	5.0

トウモロコシ品質の概要 (2011年収穫時)

物理的要素

品質に影響を及ぼすものの、等級ファクターでも化学組成要素でもないこの他の物理的特性を見極めるための試験があります。こうした試験から、様々な用途で用いられるトウモロコシの加工性やその他保管性や取扱時の破損の可能性についての情報を得ることができます。トウモロコシの加工性、保管性、取扱時の破損耐性はトウモロコシの形状または構造の影響を受けます。トウモロコシの穀粒は胚芽、チップキャップ、種皮あるいは外皮、胚乳という4つの部分から構成されています。右の図に示しているように、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）と角質胚乳（硬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含まれており、胚芽には油分と多少のタンパク質が含まれています。種皮およびチップキャップの大半は繊維です。

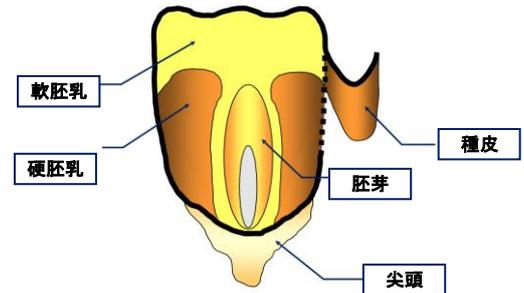


Illustration Courtesy of K.D. Rausch, University of Illinois

以下の試験では、トウモロコシの品質に影響を及ぼす生育期の条件および取扱条件以外に、穀粒固有の性質も反映されます。

ストレスクラック

ストレスクラックはトウモロコシ粒の角質（硬）胚乳内部の亀裂のことです。通常、ストレスクラックがあってもトウモロコシの外皮に損傷が見られず、一見するだけではトウモロコシの外観になんら問題はないように思われることがあります。

ストレスクラックの原因は穀粒の角質胚乳で起こる著しい水分変化および温度変化のプレッシャーの蓄積です。これは、ぬるい飲み物に氷を入れたときに氷に発生する内部亀裂に例えることができます。角質胚乳とは異なり、軟質粉状胚乳ではこうした内部ストレスが蓄積されることはありません。このため、角質胚乳の割合が大きいトウモロコシでは硬胚乳の割合が小さい柔らかなトウモロコシよりもストレスクラックを発生させやすくなります。亀裂が1本だけの場合も、2本または複数の亀裂がある場合もあります。最も一般的なストレスクラックの原因は高温乾燥です。強度のストレスクラックの影響を用途別にまとめると、以下のようになります。

全般

取扱中に破損する可能性が高まり、加工業者にとっては洗浄中に取り除く必要のある破損粒が増加する結果となり、等級・価値が下がる可能性がある。

ウェットミリング

デンプンとタンパク質とを分離させることが困難になるため、デンプン収率が低下する。ストレスクラックによって浸漬要件も変わってくることもある。

ドライミリング

大型フレーキンググリッツ（ドライミリングで製造される主製品）の収量が低下する。

アルカリ処理

不均一な水分吸収により、過剰または不十分な処理結果となり、処理上のバランスに影響を及ぼす。

生育条件は人工乾燥の必要性に大きな影響を及ぼすことになり、生産地域ごとにストレスクラックの程度が異なるという結果につながります。たとえば、降雨による作付けの遅れや冷温のような理由により成熟期や収穫期が遅れた場合には、人工的に乾燥させる必要性が高まり、そのためにストレスクラックの発生も増える傾向にあります。

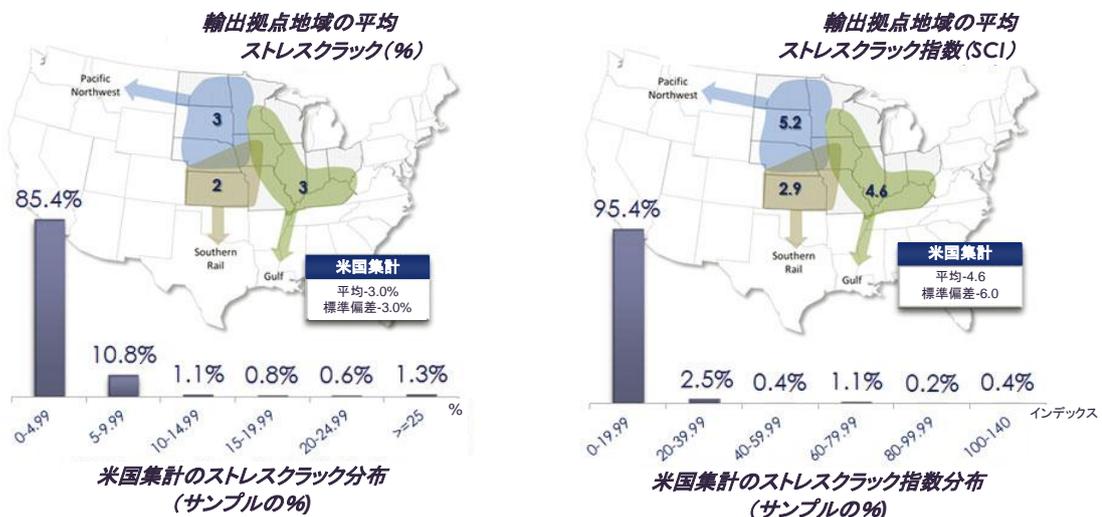
ストレスクラックの計測法には「ストレスクラック率」（1本以上の亀裂のあるトウモロコシ粒の割合）や、ストレスクラックが1本、2本および複数の亀裂の加重平均を示す「ストレスクラック指数」（SCI）などがあります。



ストレスクラック率ではストレスクラックのあるトウモロコシ粒の数のみを表しますが、SCIでは亀裂の程度を示します。例えば、トウモロコシ粒の半数にストレスクラックが1本だけある場合、SC%では50、SCIでも50となります。ところが、こうした亀裂のすべてが複数本のストレスクラックである場合は取扱上の問題が発生する可能性が高く、SC%では依然として50%となるのに対し、SCIは250となります。パーセンテージでも指数でも数値が低いほうが常に望ましい結果となります。ストレスクラックの割合が非常に高い年度ではSCIのほうが有効となります。というのは、SCIの数値が高ければ（恐らく300から500）、試料トウモロコシ中の複数ストレスクラック粒の割合が非常に高くなるからです。ストレスクラックが1本の場合よりも、複数のストレスクラックがある場合のほうが幾分か品質変化への悪影響が大きくなります。

ハイライト

- 米国集計のストレスクラック平均値は3.0%
- ストレスクラック値は0%から40%の範囲で、標準偏差は3.0%²
- ストレスクラック分布から、試料の96.2%がストレスクラック10%未満であることがわかる。
- ガルフ、太平洋岸北西地域、および南部鉄道地域を含むすべての地域のストレスクラック値は極めて低く、平均はわずか2.0%から3.0%である。
- ストレスクラック指数 (SCI) の米国集計平均は非常に低い4.6という値で、0から129の範囲であり、複数のストレスクラックを持つストレスクラック粒が非常に少なく、SCI値が高いものはごく僅かであることを示している。
- 試料トウモロコシの97%以上がSCI値40未満であり、2本またはそれ以上のストレスクラックを持つトウモロコシ粒はごく僅かであることを示している。これは最初の輸送ポイントでの数値として予測される一般的な値である。
- ストレスクラックの値が低いということは、トウモロコシの取扱時の破損率が低くなり、ウェットミリングでのデンプン回収率が向上し、ドライミリングでのフレーキンググリッツの収量が増加し、アルカリプロセス能力が良好であることを示している。



² 試料の中にストレスクラックの値が高いものが1件含まれており、結果としてストレスクラック77%、SCIが303となった。高いストレスクラック率とSCIは、トウモロコシ粒の急速な乾燥すること、通常は人工的な高温乾燥を示唆している。同じ農業統計地域 (ASD) の他の試料に基づいて判断すると、この試料の値は異常値と考えることができ、同じASDから得られた別の試料に置き換えた。

トウモロコシ品質の概要 (2011年収穫時)

百粒重、穀粒容積および真の穀粒密度

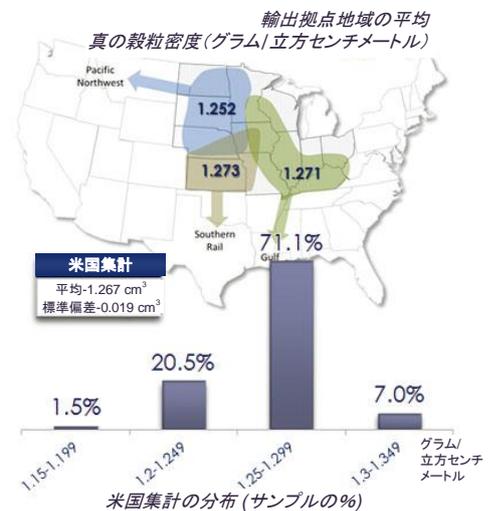
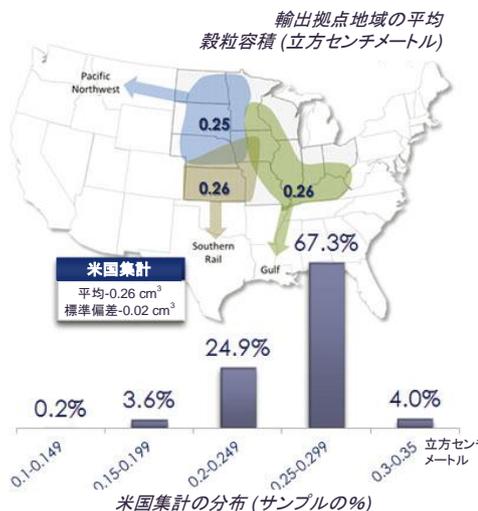
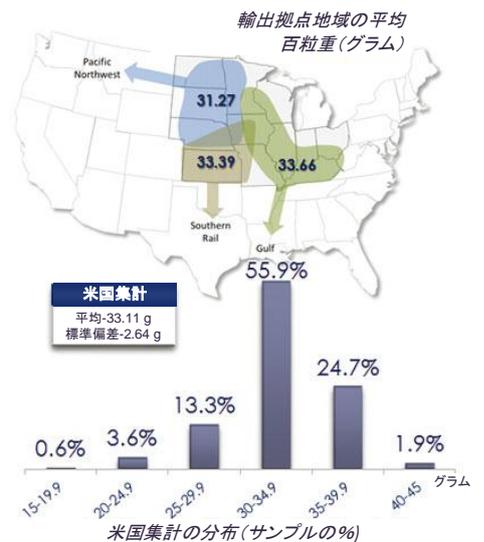
百粒重（百粒重量）をみると、百粒重が増加するに従ってトウモロコシ粒のサイズが大きくなるのがわかります。粒の大きさは乾燥率に影響を及ぼし、多くの場合、大きく均一なサイズのトウモロコシ粒はドライミリングでのフレーキンググリッツ収量の向上に貢献します。トウモロコシ粒の重量は角質胚乳の量が多い品種で高くなる傾向があります。

cm³単位で表示されるトウモロコシ粒の体積はしばしば生育条件を暗示します。乾燥した生育条件下にあったトウモロコシ粒の体積は平均を下回ることがあります。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あります。小さい粒や丸い粒では胚芽を取り除くことが困難になります。さらに、粒が小さいと加工時の洗浄損が高まり、繊維収率が高まる傾向にあります。

トウモロコシ粒の真の密度は百粒の重量を百粒の体積（押しのか容積）で除して求めます。真の密度は相対的にトウモロコシ粒の硬度を表し、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です。硬度を示す相対的指標としての真の密度はハイブリッド品種のトウモロコシの遺伝的要素および生育期の環境の影響を受けることがあります。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扱上の破損が発生し難いものの、高温乾燥が使用されるとストレスクラックが発生するリスクは高くなります。真の密度が1.30 g/cm³を超えると、ドライミリングやアルカリ工程に望ましい非常に硬質なトウモロコシと考えることができます。真の密度が1.275 g/cm³かそれ以下になるとトウモロコシは柔らかくなり、ウェットミリングや飼料原材料に適するようになります。

ハイライト

- 米国集計の百粒重平均値は33.11 gで、16.59から44.48 gの範囲である。このことから、地域を問わずトウモロコシ粒のサイズに大きな開きのあることがわかる。
- 百粒重の分布グラフから、米国集計試料の81%超が百粒重30.0 g以上であることがわかる。
- 米国集計の穀粒容積平均値は0.26 cm³で、0.14から0.34 cm³の範囲である。
- ECA間の穀粒容積の違いはほとんどない。
- 米国集計のトウモロコシ粒の真の密度の平均値は1.267 g/cm³で、数値の範囲は1.163から1.328 g/cm³である。
- 地域別にみると、太平洋岸北西地域の真の密度平均値は1.252 g/cm³で、平均値を僅かに下回る。
- 南部鉄道地域の真の密度平均値1.273 g/cm³で最も高い。





完全粒

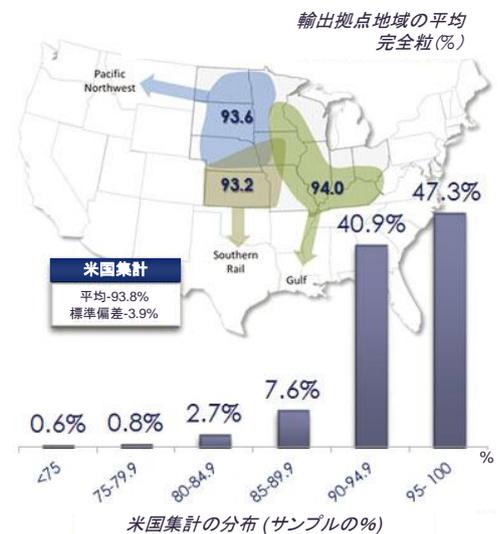
完全粒試験という名称は完全粒とBCFMとの間に何らかの関係のあることを示唆していますが、これはBCFM試験の破損トウモロコシの割合とは異なる情報を提供するものです。破損トウモロコシ粒（BC）は対象物のサイズのみで定義づけられます。その名が暗示するように、完全粒の値は試料トウモロコシに含まれる完全に無傷の粒の量を割合で示したものです。

主に二つの理由から、トウモロコシ粒の外観の完全性は非常に重要です。第一に、アルカリ処理での吸水状態に影響を及ぼすからです。トウモロコシ粒に割れ目または亀裂があると、水分は無傷の完全なトウモロコシよりも早く染み込んでいきます。処理中に水分が過剰に内部に取り込まれると、高額な費用のかかる運転停止という事態を招いたり、仕様から逸脱した製品ができあがりたりする結果となることがあります。指定したレベルを上回る完全粒のトウモロコシを受け取ることができるよう、契約に基づいたプレミアムを超えたプレミアムを支払う企業さえあります。

第二に、トウモロコシが保管や取り扱いを受ける場合には、粒が無傷で完全であるということは大切なことです。無傷で完全なトウモロコシ粒であれば保管中にカビが発生することや取扱中に破損する危険性が低くなります。軟質トウモロコシよりも硬胚乳の組織は完全粒の保存に適していますが、完全粒を提供するために最も重要な要素は収穫時および収穫後の取扱いです。これはコンバインの設定に始まり、次に農場からエンドユーザーに至るまでに必要とされる輸送の種類、回数および距離が関係します。その後の取扱い方のすべてがある程度まで更なる破損の発生を左右します。通常、水分含有率の高い状態（例えば25%超）で収穫すると、水分含有率の低い状態（例えば18%未満）で収穫する場合よりも損傷率が高まることになります。

ハイライト

- 米国集計の完全粒率の平均値は93.8%で、57.0%から99.8%の範囲である。³
- ガルフ、太平洋岸北西地域、および南部鉄道地域の完全粒率平均値はそれぞれ94.0%、93.6%および93.2%である。
- 米国集計試料の88%以上が完全粒率 > 90% である。
- 完全粒率は比較的高い。これはエレベーターに送られてくる農場トウモロコシの値を代表している。当初の完全粒率が高い場合には保管リスクが低くなり、ストレスクラックの少ないトウモロコシと組み合わせることで、取扱中の破損を低減させることができる。



³ 調査対象となったすべてのトウモロコシ試料の中で完全粒率が70%を下回ったのは、完全粒率57%の試料1件のみである。破損の原因はコンバインの設定不良または取扱い不良と考えられる。

トウモロコシ品質の概要 (2011年収穫時)

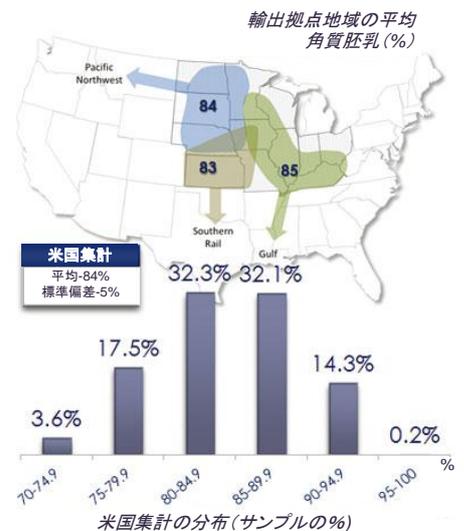
角質胚乳

角質胚乳率試験では70から100%になることが見込まれる角質または硬胚乳の割合を測定します。軟胚乳と比較した場合、角質胚乳率が高いほどトウモロコシ粒は硬くなると言われています。加工の種類によって硬度の重要性は異なります。ドライミリングで加工される大型フレーキンググリッツの収量を増加させるためには硬いトウモロコシが必要です。ウェットミリングや家畜飼料には中程度から軟質のトウモロコシが適しており、アルカリ処理には中程度から中の高程度の硬さのトウモロコシが求められます。

硬度は破損のしやすさ、飼料利用性や効率、およびデンプン消化率と相関関係があります。これは全体的な硬度を知るための試験であり、角質胚乳率に良いも悪いもありません。エンドユーザーそれぞれに望ましい特定の角質胚乳率の範囲が存在するだけです。一般に、ドライミリングおよびアルカリ処理を行う業者は角質胚乳率が90%を超えるトウモロコシを好み、ウェットミリングおよび飼料業者は70%から85%の範囲のトウモロコシを好むことができます。しかしユーザーの好みには例外も存在します。

ハイライト

- 全国集計の硬胚乳率の平均値は84%で、71%から95%の範囲。
- ECA間の硬胚乳率の違いはほとんどない。
- 試料全体のうちの78.9%が硬胚乳率80%を超えている。





物理的要素のまとめ

ハイライト

- 観察されたストレスクラック率の低さは、トウモロコシ取扱い時の損傷率の低下、ウェットミリング加工におけるデンプン回収率の増加、ドライミリング加工によるフレーキンググリッツの収量の増加、およびアルカリ加工における良好な適性を示していると考えられるが、こうした点についてはその後の乾燥や取扱いによって影響を受ける可能性がある。
- トウモロコシ粒の真の密度が中程度であると、ウェットミリングおよび飼料用にふさわしいが、真の密度が高い試料 (1.30 g/cm³超) であってもドライミリングおよびアルカリ加工用途に適合することを示している。
- 比較的高い当初の完全粒率 (93.8%) は低いストレスクラック率 (3%) とともに、保管性が良好で、取扱い時の破損率が低いトウモロコシであることを示している。

物理的要素まとめ

	サンプル数	平均	標準偏差	最小値	最大値
米国集計					
ストレスクラック (%)	474	3	3	0	40
ストレスクラック指数	474	4.6	6.0	0	129
百粒重 (g)	474	33.11	2.64	16.59	44.48
粒体積 (cm ³)	474	0.26	0.02	0.14	0.34
粒真密度 (g/cm ³)	474	1.267	0.019	1.163	1.328
全穀粒 (%)	474	93.8	3.9	57.0	99.8
角質胚乳 (%)	474	84	5	71	95
ガルフ					
ストレスクラック (%)	364	3	3	0	40
ストレスクラック指数	364	4.6	6.3	0	129
百粒重 (g)	364	33.66	2.63	16.59	44.48
粒体積 (cm ³)	364	0.26	0.02	0.14	0.34
粒真密度 (g/cm ³)	364	1.271	0.019	1.168	1.328
全穀粒 (%)	364	94.0	3.9	57.0	99.8
角質胚乳 (%)	364	85	5	71	95
米国北西部					
ストレスクラック (%)	182	3	3	0	35
ストレスクラック指数	182	5.2	6.6	0	129
百粒重 (g)	182	31.27	2.59	21.82	44.48
粒体積 (cm ³)	182	0.25	0.02	0.18	0.34
粒真密度 (g/cm ³)	182	1.252	0.021	1.163	1.314
全穀粒 (%)	182	93.6	3.9	74.8	99.6
角質胚乳 (%)	182	84	4	71	95
南部鉄道網					
ストレスクラック (%)	149	2	2	0	11
ストレスクラック指数	149	2.9	3.0	0	21
百粒重 (g)	149	33.39	2.80	16.59	44.48
粒体積 (cm ³)	149	0.26	0.02	0.14	0.34
粒真密度 (g/cm ³)	149	1.273	0.017	1.163	1.314
全穀粒 (%)	149	93.2	3.8	71.0	99.2
角質胚乳 (%)	149	83	4	71	95

トウモロコシ品質の概要 (2011年収穫時)



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。マイコトキシンが多く含まれる穀物を摂取すると、動物にも人間にも健康被害が発生します。トウモロコシ粒のマイコトキシンは複数の種類が発見されていますが、その中で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）が最も注視すべきマイコトキシンと考えられています。

2011年収穫報告書では、収穫時に測定可能なレベルで存在するこれら2種類のマイコトキシンについて評価します。米国の穀物流通経路には複数の段階があり、また業界に適用される法律や規制があるため、収穫時のトウモロコシのマイコトキシンのレベルは輸出貨物のトウモロコシから検出される可能性があるマイコトキシンのレベルとは異なります。このため、2011年収穫報告書の目的として、試料トウモロコシにアフラトキシンまたはDONが検出された場合のみに限定して報告します。個々のマイコトキシンのレベルについては報告しません。

この収穫報告書のマイコトキシンレビューは輸出される米国トウモロコシにマイコトキシンが存在するか否かを予測したり、その程度を予測したりすることを意図したものではありません。また、本報告書は調査対象とした全12州のマイコトキシンの事例全てをカバーする評価を意味するものではありません。本収穫報告書に記載される結果は、マイコトキシンが発生する可能性を示すひとつの目安としてのみ使用すべきものです。今後数年が経過すれば、収穫報告書には、トウモロコシが農場から出荷されるときにマイコトキシン発生パターンが年度別に反映されるようになります。輸出時のトウモロコシの報告書である「輸出貨物報告書」の方が、輸出輸送されるトウモロコシにおけるマイコトキシンの存在をより正確に示すことになります。

アフラトキシンおよびDONの存在評価

米国の穀物取り扱い業界はどのようなマイコトキシンレベルの上昇に対しても、市場対応するための厳格な保護対策を実施していますが、その一方で、各穀物年度の生育条件に起因して発生するマイコトキシンを早期に検知することにも力を注いでいます。2011年の生育条件がアフラトキシンおよびDONの発生に及ぼす影響を評価するため、全サンプリング地域の試料を対象とした抜き取り検査を実施しました。検査対象は、各ASDから採取した試料の総数に応じ、それぞれの地域につき1から4件としました（ASDの解説については「調査および統計分析の方法」のセクションを参照して下さい）。単一のASD内で2件以上の試料が対象となった場合には、異なるエレベーターから入手した試料を用いました。

検出限界（LOD）と呼ばれる基準値を適用して試料トウモロコシにマイコトキシンが存在するか否か見極めました。この報告で用いられるLODはアフラトキシンで2.5 ppb、DONで0.5 ppmです。アフラトキシンかDONのいずれかのマイコトキシンの値がそれぞれのLODの値を上回っている試料があった場合には、マイコトキシンレベルが高い場合には、追加的な検証試験として同じASDから入手した別の試料を対象として同種のマイコトキシンの試験を行いました。この試験で用いられた試験方法の詳細については、「試験分析方法」のセクションを参照して下さい。

試験結果

合計95の試料を対象としてアフラトキシンの分析を行いました。2件の試料を除き、すべての試料でLOD値の2.5 ppbを下回っていました。残りの2件の試料では、FDAの規制措置限界値である20 ppbを上回っていました。分析結果の値がLOD値を上回ったこれら2試料は非常に高温で乾燥した環境条件の地域から入手したもので、アフラトキシンの産生に好都合であったと思われます。

合計94の試料を対象としてDONの分析を行い、DONのLOD値である0.5 ppmを下回っていたのはそのうち74件でした。しかしながらFDAの勧告レベルである5.0 ppmはすべての試料が下回っていました。DONのLOD値である0.5 ppmを上回った試料の大半は絹糸抽出期に気温が低く雨が多かったトウモロコシ栽培地から入手したものでした。



マイコトキシンの背景：全般

菌が産生するマイコトキシンのレベルは菌の種類、およびトウモロコシの栽培条件と保管条件によって異なります。こうした要素の差異により、米国のトウモロコシ生産地域および年度ごとにマイコトキシン産生のばらつきが発生します。いずれの生産地域の生育条件下でもどのようなマイコトキシンのレベルも上昇しない年もあれば、特定地域の生育条件によって、特定のマイコトキシンが人間および家畜のトウモロコシ摂取に影響を及ぼすレベルにまで上昇する年もあります。人間および家畜は様々なレベルのマイコトキシンに敏感であるため、米国食品医薬品局（FDA）は使用目的別に、アフラトキシンには規制レベルを、DONには勧告レベルを設定しています。

規制レベルでは明確な汚染限度が設けられ、この限度値を超えるとFDAは規制措置を実施する準備を整えます。規制レベルとは、毒素や汚染物質の規制値を超えた存在について、FDAが規制措置や法的措置を取ることになった際に、その措置に関する科学的なデータを持っていることを産業界に示すシグナルの役割をしています。輸入品または国産の飼料サプリメントを妥当な方法で分析し、適用される規制レベルを上回っていることがわかった場合には、法的基準に適合していないと判断され、FDAにより、収去や州境を越えた取引が禁止される場合があります。

勧告レベルは、食品または飼料に含まれる物質について、FDAが人間または動物の健康を守る上で十分な余裕があると判断するレベルであり、業界を指導するために設けられたものです。FDAは規制実施措置を行う権利を留保していますが、勧告レベルの基本的な目的は措置を実施することではありません。

更に詳しい情報については、全米穀物飼料協会の「毒素と汚染のためのFDA規制ガイダンス」というタイトルの手引書を参照して下さい。以下のウェブサイトでご覧することができます。

http://www.ngfa.org/files/misc/Guidance_for_Toxins.pdf

マイコトキシンの背景：アフラトキシン

トウモロコシ粒に関わる最も重要なマイコトキシンの種類はアフラトキシンです。アスペルギルス属の様々な菌種によって産生されるアフラトキシンには複数の種類があり、中でも最も有名な菌種はアスペルギルス・フラバスです。菌およびアフラトキシンによる穀物汚染は収穫前の農場および貯蔵庫で広がります。なかでも、収穫前の汚染はアフラトキシンに付随する問題の大半の原因になると考えられています。アスペルギルス・フラバスは高温で乾燥した環境条件下や、干ばつが長引いた場合に発生し易くなります。通常高温で乾燥した状態にある米国南部の州では深刻な問題となっています。通常、菌が攻撃するのはトウモロコシの穂の中でもわずかに数粒に過ぎず、たいてい害虫が作った傷から穀粒の内部へと侵入していきます。干ばつ環境下では絹糸から個々のトウモロコシ粒へと進んでいくこともあります。

食品の中で自然に見つかるアフラトキシンはアフラトキシンB1、B2、G1およびG2の4種類です。一般にはこの4種類を「アフラトキシン」または「総アフラトキシン」と呼んでいます。アフラトキシンB1は食品で最も多く検出されるアフラトキシンで、最も毒性が高い種類です。研究からB1は動物の天然の発癌物質であり、人体での癌の発生にも深いつながりがあることがわかっています。さらに、乳牛はアフラトキシンを代謝してアフラトキシンM1という異なるアフラトキシンに変化させ、乳汁に蓄積することがあります。

アフラトキシンは人間および動物の体内で最初に肝臓を攻撃する毒素です。アフラトキシンの汚染レベルが非常に高い穀物を短期間摂取するか、汚染レベルの低い穀物を長期間摂取すると中毒作用が起こり、動物の中では最も敏感な種である家禽および家鴨では死に至ることがあります。家畜では飼料効率または繁殖力が低下します。アフラトキシンが体内に入ると、人間でも動物でも免疫系が抑制されます。

FDAは食品や穀物および家畜飼料製品についてはアフラトキシンの規制レベルを、また、食用の牛乳についてはアフラトキシンM1の規制レベルを設定しており、以下に示すレベルを超えると規制の対象となります。

トウモロコシ品質の概要 (2011年収穫時)



U.S. GRAINS
COUNCIL

アフラトキシンの規制レベル	判断基準
0.5 ppb (アフラトキシン M1)	食用および乳製品用の牛乳
20 ppb	生育期の動物（生育期の家禽類を含む）および乳畜用のトウモロコシ等の穀物、または動物の用途が未知の場合
20 ppb	トウモロコシ、綿実粕以外の動物用飼料
100 ppb	肉牛、豚、成鶏飼育用のトウモロコシ等の穀物
200 ppb	100ポンド以上の仕上豚用のトウモロコシ等の穀物
300 ppb	仕上期肉牛（飼養牛）用のトウモロコシ等の穀物、および肉牛、豚、鶏用の綿実粕

出典: FDA and USDA GIPSA, <http://www.gipsa.usda.gov/Publications/fgis/broch/b-aflatox.pdf>

FDAはこうした基準値を超えるアフラトキシンの検出されたトウモロコシの混合については、追加的な方針および法規定を設けています。現在のところ一般的に言って、アフラトキシンの汚染されたトウモロコシを汚染されていないトウモロコシと混ぜ合わせて、食品または動物用飼料に認められるアフラトキシンのレベルにまで引き下げることをFDAは認めていません。

米国から輸出されるトウモロコシについては、アフラトキシンの試験を実施しなければなりません。契約により外部の研究所での試験が認められている場合を除き、試験はUSDA/GIPSAの連邦穀物検査部（FGIS）で行う必要があります。FDAの規制レベルである20 ppbを超えている場合には、その他の厳格な条件を満たさない限り、輸出することはできません。結果として、輸出トウモロコシに含まれるアフラトキシンのレベルは比較的低いものになっています。

マイコトキシンの背景：DON（デオキシニバレノール）またはボミトキシン

DONはトウモロコシ輸入者が懸念するもうひとつのマイコトキシンです。DONはフザリウム属の特定の菌種から産生されます。こうした特定菌種の中で最も重要なものが、赤カビ病（Gibberella ear rotまたはred ear rot）の原因にもなる赤カビ病菌（Gibberella zeae）です。この菌はトウモロコシの穂の穀粒に疑わしい赤の変色がみられるため、容易に発見することができます。赤カビ病菌はほとんどの場合、開花時期の温暖多雨の気象条件下で発生した場合問題となります。菌は絹糸を経由して穂に入り、DONを産生するだけでなく、トウモロコシの検査過程ではっきりとわかる穀粒の損傷を招くこととなります。DONおよび赤カビ病は北部コーンベルト州で最も一般的に発生します。こうした地域で広く栽培されている成熟期の非常に早いハイブリッド品種のトウモロコシが菌に敏感であることが一因となっている可能性があります。

多くの場合、DONが問題になるのは口および喉の炎症の原因となる可能性のある単胃動物です。結果としてこうした動物はDONに汚染されたトウモロコシの摂食を拒否するようになり、増体率が低下し、下痢、倦怠および腸出血が引き起こされることがあります。免疫系が抑制される可能性もあり、そうなると様々な感染症にかかりやすくなります。

FDAはDONについては勧告レベルを設定しています。トウモロコシを含む製品の勧告レベルは以下のとおりです。

- 豚用の穀物および穀物副産物が5 ppm、飼料の20%を超えてはならない。
- 鶏および家畜の穀物および穀物副産物が10 ppm、飼料の50%を超えてはならない。
- 残りすべての動物用の穀物および穀物副産物が5 ppm、飼料の40%を超えてはならない。

FGISは輸出市場向けのトウモロコシについてはDON試験を求められていませんが、バイヤー側からの要請があれば定性試験または定量試験のいずれかを実施します。



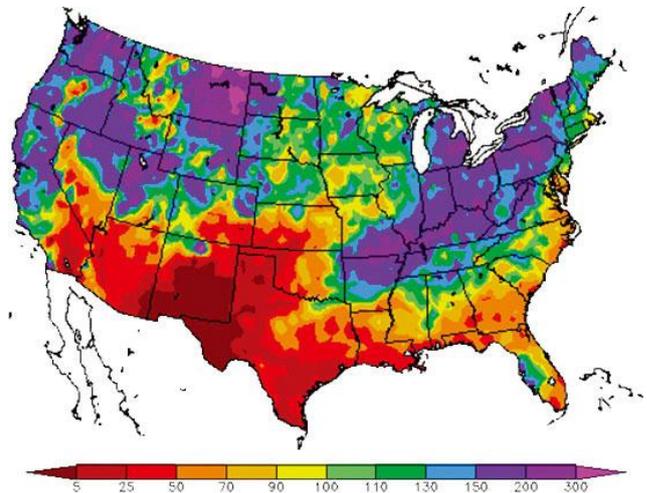
気象は作付けおよび穀物の生育に大きな役割を果たし、ひいては、穀物の単収や品質に最終的な影響を及ぼします。主要な気象要素にはトウモロコシの生育期直前および生育期間中の降雨量と温度が含まれます。これらの気象要素は、最終的な単収および品質に影響を及ぼすトウモロコシ品種および土壌の肥沃度と相互作用関係にあります。単収は1エーカー当たりのトウモロコシの株数、1株当たりの穀粒の数および1粒重量に応じて変化します。作付時期の温度が低いかまたは降雨量が多いと、株数が減ることや成長が阻害されることがあり、結果的に単収が減少します。受粉期に気温が平均を上回ったり雨量が不足したりすると、通常穀粒の数が減少します。最終的なトウモロコシの品質を決定的に左右するのは、7月および8月の登熟期の気象条件です。この期間に中程度の降雨量があり、特に夜間気温が平均を下回ると、デンプンの蓄積が促進され、単収が増加します。トウモロコシの乾燥状態は生育期の最終段階において温暖で湿気の少ない晴天の日が続くか否かによって変わってきます。トウモロコシの穀粒が十分に乾燥する前に早霜が降りると、亀裂が入り、穀物としての品質が低下します。

2011年のトウモロコシ生育期間の中でも、作付期と受粉期は気象条件に恵まれず、最終的な単収および品質に影響が及びました。2011年全体で見ると受粉期の条件が悪かったために1株当たりの穀粒数が減少し、すべてのECAで単収も減少しました（単収については「米国トウモロコシの生産量、消費量および展望」を参照してください）。しかしながら、ガルフECAおよび太平洋岸北西ECAでは、登熟すべき穀粒の数が減ったことで熱波と干ばつの影響が緩和され、比較的高い平均容積重値となりました。先立つ雨天がその後の干ばつと高温の影響を和らげたガルフ地域の単収が最も高い値となりました。南部鉄道地域は天候のために単収が最低位となりましたが、タンパク質含有量および容積重値では最高位となりました。平均水分含有量が低いことからわかるように、いずれのECAでもおおむね収穫前の農場乾燥期の天候に恵まれました。

次に、降雨量と気温が2011年トウモロコシ作付期に及ぼした影響、および気象が受粉期および生育期間中のその他の期間に及ぼした影響についてさらに詳しくみていきたいと思えます。

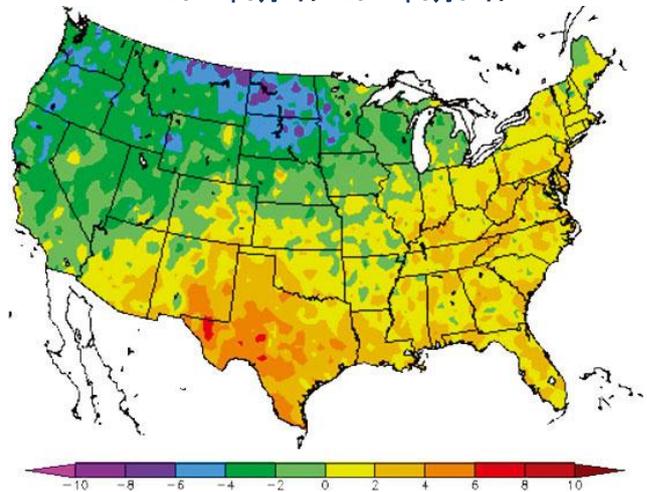
作付前および作付期間中、オハイオバレーおよび中西部（ガルフ地域および太平洋岸北西地域）の降雨量は平均を上回り、オハイオ州およびミシシッピー川で大規模な氾濫が発生しました。これとは対照的に、南部鉄道地域では例年の降水量を下回りました。

通常の降水量百分率
2011年3月1日 - 2011年5月31日
(作付前および作付初期)



Generated 6/1/2011 at HPRCC using provisional data.
出典: Regional Climate Centers

通常の気温からの逸脱 (°F)
2011年3月1日 - 2011年5月31日



Generated 6/1/2011 at HPRCC using provisional data.
出典: Regional Climate Centers

この同じ期間中、中西部の北側地域では例年の気温を大幅に下回りました。冷温と多雨が組み合わさったことで、米国全土で作付時期が平均1週間遅れました。下の表からわかるように、2006年から2010年の平均値では5月15日より後に作付けされたトウモロコシは僅か25%です。ところが、2011年ではその時点でまだ37%が作付けされていなかったのです。結局のところ、2011年のトウモロコシの多くが単収の観点から最適と考えられる時期を過ぎてから作付されることになりま

作物および気象条件

した。作付の遅れは一般に単収の低下に結びつき、しばしば穀粒の品質低下にも関わってきます。

作付日別トウモロコシ予測単収の比較
2011米国作付進捗状況
および2006-2010年の米国平均作付進捗状況

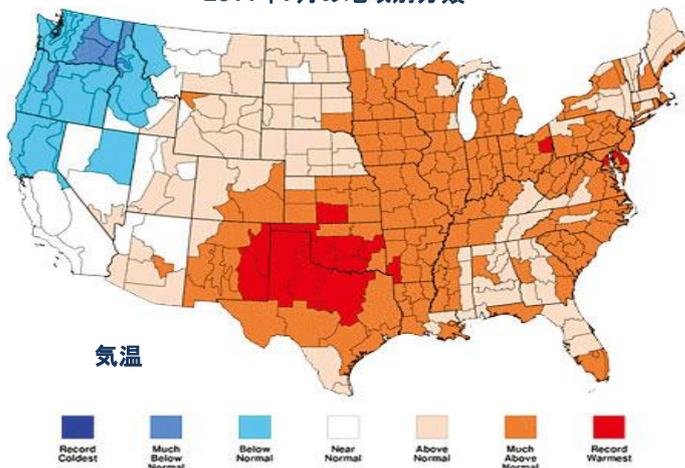
作付日	最適な単収 が得られる 割合 (%)	2011		2006-2010平均	
		総進捗率 (%)	週別 進捗率 (%)	総進捗率 (%)	週別 進捗率 (%)
4月10日	99	3	3	3	3
4月17日	100	7	4	8	5
4月24日	99	9	2	23	15
5月 1日	96	13	4	40	17
5月 8日	96	40	27	59	16
5月15日	91	63	23	75	12
5月22日	84	79	16	87	8
5月29日	84	86	7	95	8
6月 5日	74	94	8	98	3

出典：http://www.farmdocdaily.illinois.edu/2011/06/interpreting_recent_data_on_co.html

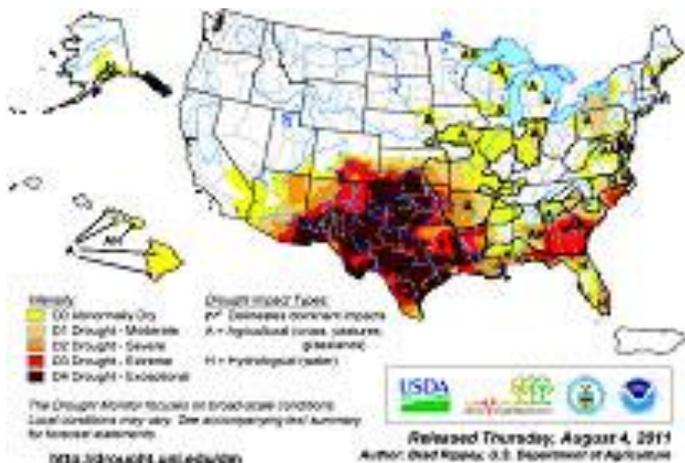
受粉期直前の2011年7月11日、直線風速が最大時速105mph、幅約20マイルにわたったと推測される大型の暴風が発生しました。デレーチョと呼ばれる暴風で、6州に影響を及ぼし、アイオワ州中部からデトロイト、ミシガンへと、ガルフECA内を550マイルも移動しました。その後倒伏したトウモロコシの大半が数日のうちに自らの力で立ち上がるという稀な出来事が起こりました。この暴風に見舞われた地域では単収と品質の低下の可能性が予測されました。

生育期間中に観察された主要な気象要素は、2011年7月地域別ランク表からわかるように、7月に米国中部および東部地域、主としてガルフECAと南部鉄道ECAを襲った長期の猛暑です。NOAAの国立気候データセンターの研究者によれば、この熱波は長らく破られることのなかった日別および月別の最高気温の記録を破り、全米の記録の中で4番目に熱い7月となりました。これにより干ばつ状況が悪化し、米国干ばつ監視所の12年間の観測史上最大規模の「異常」な干ばつ記録となりました。この熱波は受粉最盛期に発生し、受粉および結実の妨げとなりました。

2011年7月の地域別分類



米国干ばつモニター
(2011年8月2日) 東部夏時間午前8時測定

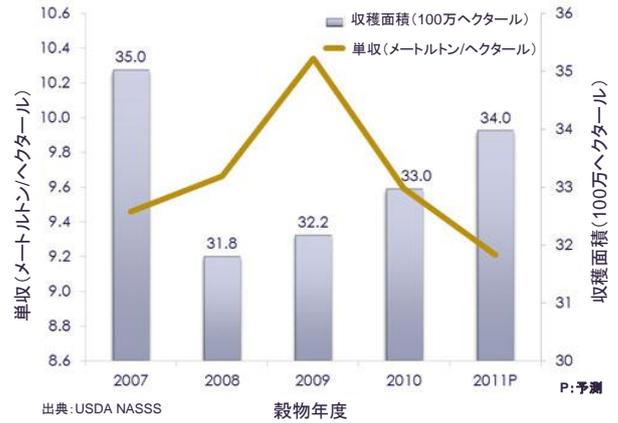




米国トウモロコシ生産量

米国平均生産量と単収

- 2011年穀物の米国単収平均は1ヘクタール当たり9.2メートルトン（146.7 bu/acre）と予測され、2010年を1ヘクタール当たり0.4メートルトン（6.1 bu/acre）下回り、過去5年の間で最低となる。
- 2011年の収穫面積は推定3,400万ヘクタール（8,390万エーカー）で、2010年を100万ヘクタール（250万エーカー）上回り、2007年以来最高の記録となる。
- 2011年の米国総生産量は3億1,270万メートルトン（123億1,000万ブッシェル）と予測され、2010年を約350万メートルトン（1億3,700万ブッシェル）下回るものの、史上4番目の記録となる。
- 2009年の米国トウモロコシ生産量の増加は平均単収の上昇によるもので、2011年の総生産量の減少は主として平均単収の低下による。

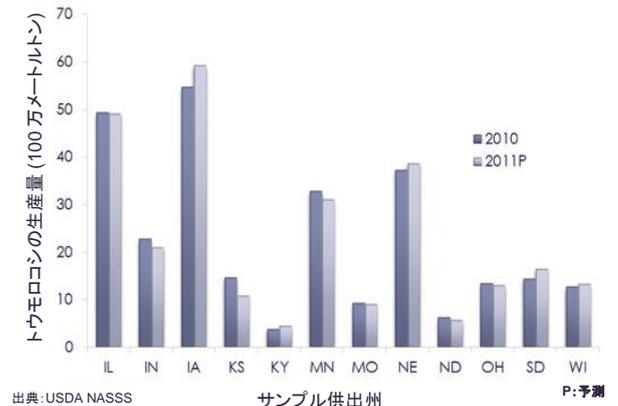
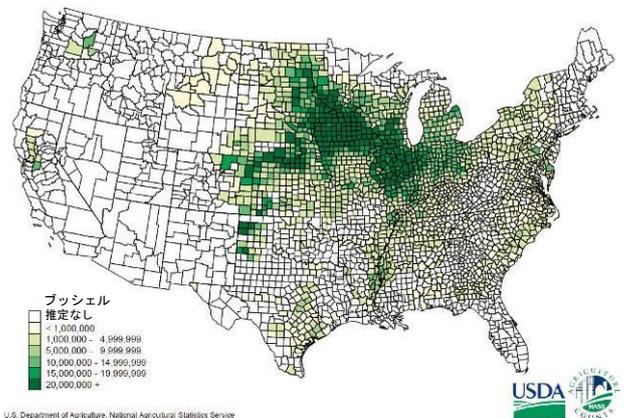


郡および州別生産量

収穫報告書のトウモロコシ品質調査の対象地域には米国有数のトウモロコシ生産郡が含まれています。2010年の郡別トウモロコシ生産量を示した米国地図を参照してください。

収穫報告書のトウモロコシ品質調査の対象となっている12州のうちの数州では、2011年の州別推定収穫量が2010年の値と以下の点で異なります。

- アイオワ州では収穫面積および単収の増加により、2011年のトウモロコシ生産量は2010年を460万メートルトン（1億8,100万ブッシェル）上回る。
- イリノイ州では2010年も2011年もいずれも生産量は4,930万メートルトン（約19億4,100万ブッシェル）程度で、生産量が比較的一定しているのは収穫面積および平均単収に著しい変化がないためである。
- ネブラスカ州では収穫面積の増加により、2011年の生産量は2010年を130万メートルトン（5,100万ブッシェル）上回る。
- ミネソタ州では収穫面積は増加したものの平均単収が減少したため、生産量は2010年を170万メートルトン（6,800万ブッシェル）下回る。
- その他2011年の生産量が2010年とは異なる主なものには、単収に影響を及ぼしたものに、カンザス州の数回の干ばつにより減少した単収（2010年の単収を20%下回る）、およびオハイオ州とインディアナ州の悪天候の結果減少した収穫面積と単収が含まれる。

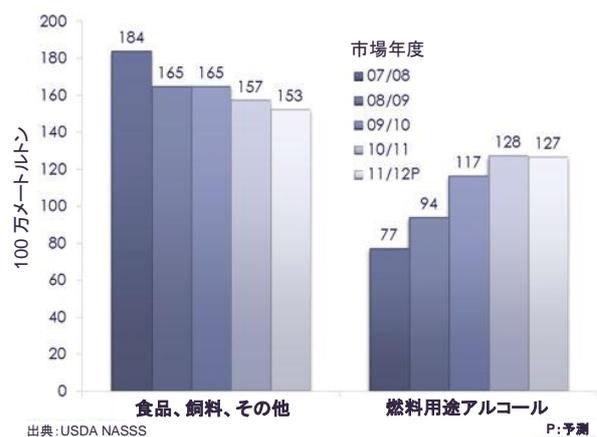
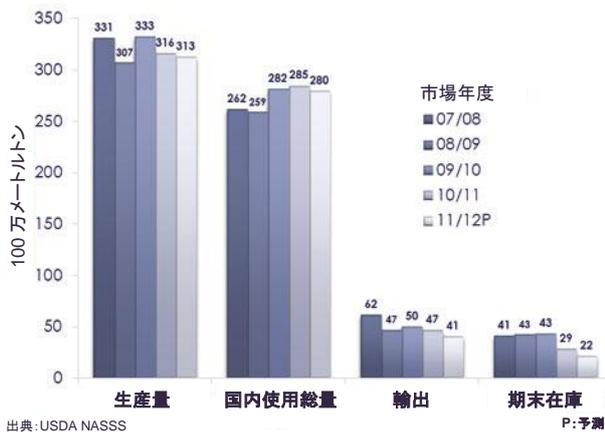


米国トウモロコシ生産量、消費量および展望



米国トウモロコシの消費量および最終在庫

- 国内家畜用飼料としての消費量は市場年度07/08以降減少しているが、その原因にはトウモロコシの供給が逼迫していること、価格が記録的に高騰していること、米国内で食肉需要が後退していることが含まれる。
- 米国トウモロコシの食品、種子およびその他非アルコール業界での消費量は市場年度07/08以降比較安定的に推移している。
- 再生可能燃料使用基準の導入により増加しているエタノール生産用トウモロコシ消費量は全面的に国内消費に支えられている。
- 輸出量は市場年度07/08以降大幅に減少している。米国の輸出は国内需要の伸びによるトウモロコシ価格の上昇および世界市場での競争激化の悪影響を受けている。
- 依然として需要が供給を上回っているため、市場年度10/11の最終在庫は大幅に減少する。





展望

米国トウモロコシの展望

消費量

11/12Pの米国のトウモロコシ国内総消費量は市場年度07/08の消費量を約7%上回る一方、飼料穀物全体の消費量減少が予測されることを主因に、10/11の消費量を1.8%下回ると予測されます。

飼料消費量予測は以下の状況を反映しています。

- 豚および牛の価格が高騰し、飼養場での初期頭数が増加し、飼料需要を支える。
- その一方で、ブロイラーの生産量が減少し、2012年は飼料を必要とする羽数が減少する見込みで、飼料需要の減退が示唆される。

USDAは市場年度11/12のハイフラクトースコーンシロップ（HFCS）の需要は10/11と同程度と予測しています。この需要予測では投入コストの上昇によるHFCS価格の上昇も見込んでいます。

米国のエタノール生産は過去数年間増加を続けていますが、市場年度11/12のエタノール生産用トウモロコシ消費量には変化がないものと予測されています。その理由として2011年12月31日に混合業者税減免プログラムが失効し、その更新が見込めないことがあげられます。2013年には15%エタノール混合燃料が広く利用可能になることから、今後はバイオ燃料生産のためのトウモロコシアルコール消費量の増加が予測されます。

市場年度11/12の米国トウモロコシ輸出量は10/11よりも減少すると予測されています。アルゼンチンやウクライナとの競争が激化するだけでなく、飼料用の高品質小麦との競合が予想されることがその一因です。この他に、世界経済や金融状況に不安材料があることや米国のトウモロコシ価格が高騰していることも米国トウモロコシの輸出需要を後退させる原因となります。

供給の減少が消費の減少を上回るため、市場年度11/12の最終在庫は2,150万メートルトンというこれまでになく逼迫した状況になるものと予測されます。

世界の展望

世界の生産量

- 市場年度11/12の米国以外の諸国のトウモロコシ生産量は前年度を上回る見込みである。
- 世界のトウモロコシ生産量の増加に貢献するものとして、アルゼンチンのトウモロコシ収穫面積の増加、中国の収穫面積および単収の増加による生産量増加、およびEU-27の黒海地域の収穫量増加をあげることができる。
- メキシコは作付期および生育期の気象条件が悪かったため、トウモロコシ供給量は減少する見込みである。
- アルゼンチンおよびEU-27からの輸出量は市場年度11/12を上回ると予測されている。

世界の需要

- 多くの国で食肉生産が増加するため、世界の需要は堅調に推移すると見込まれる。
- 工業用および飼料用としての需要が堅調であり、在庫維持という観点からも中国は今後もトウモロコシの輸入を継続する。

米国トウモロコシ生産量、消費量および展望



U.S. GRAINS
COUNCIL

市場年度別米国トウモロコシ供給量および使用量のまとめ

メートル単位	07/08	08/09	09/10	10/11	11/12P
栽培面積 (百万ヘクタール)					
作付面積	37.9	34.8	35.0	35.7	37.2
収穫面積	35.0	31.8	32.2	33.0	34.0
単収 (トン/ヘクタール)	9.5	9.7	10.3	9.6	9.2
供給量 (百万メートルトン)					
期首在庫	33.1	41.3	42.5	43.4	28.7
生産	331.2	307.1	332.6	316.2	312.7
輸入	0.5	0.3	0.2	0.7	0.4
総供給量	364.8	348.7	375.3	360.2	341.7
使用量 (百万メートルトン)					
食品・種子・アルコール以外の産業用	35.4	33.4	34.8	35.7	35.8
燃料用途アルコール	77.5	94.2	116.6	127.5	127.0
飼料そのほか	148.8	131.6	130.2	121.7	116.8
輸出	61.9	47.0	50.3	46.6	40.6
全使用量	323.5	306.2	331.9	331.6	320.2
期末在庫	41.3	42.5	43.4	28.7	21.5
農家出荷時平均価格 (ドル/メートルトン*)	165.35	159.83	139.76	203.93	232.27 - 271.64
米英単位					
栽培面積 (百万エーカー)					
作付面積	93.5	86.0	86.4	88.2	91.9
収穫面積	86.5	78.6	79.5	81.4	83.9
単収 (ブッシェル/エーカー)	150.7	153.9	164.7	152.8	146.7
供給量 (百万ブッシェル)					
期首在庫	1,304	1,624	1,673	1,708	1,128
生産	13,038	12,092	13,092	12,447	12,310
輸入	20	14	8	28	15
総供給量	14,362	13,729	14,774	14,182	13,453
使用量 (百万ブッシェル)					
食品・種子・アルコール以外の産業利用	1,393	1,316	1,370	1,407	1,405
燃料用途アルコール	3,049	3,709	4,591	5,021	5,000
飼料そのほか	5,858	5,182	5,125	4,792	4,600
輸出	2,437	1,849	1,980	1,835	1,600
全使用量	12,737	12,056	13,066	13,055	12,605
期末在庫	1,624	1,673	1,708	1,128	843
農家出荷時平均価格 (ドル/ブッシェル*)	4.20	4.06	3.55	5.18	5.90 - 6.90

*WASDE12月の予測価格に基づく11/12Pの平均農家出荷時価格を出荷量ベースで加重平均したもの
P=予測

出典：USDA/ERS



流通経路の最初の段階で米国トウモロコシの統計的サンプリングを正しく確実に実施するため、**層別比例無作為抽出法**を採用しました。この手法の重要な3つの特徴はサンプリング対象の母集団の**階層化**、階層別の**サンプリング比**、および**無作為試料**の抽出手順です。



階層化サンプリングは調査対象母集団を地域、すなわち階層（ストレータム）と呼ばれる重複のない部分母集団に分割します。この試験では、調査母集団はトウモロコシを海外市場に輸出する可能性の高い地域で生産されたトウモロコシです。米国農務省（USDA）は各州を複数の農業統計地域（ASD）に分割し、各ASD別のトウモロコシ生産の予測を行っています。2010年の米国トウモロコシ輸出量（USDA）の98%を占める12の主要トウモロコシ生産州の調査対象母集団を定義する目的で、この海外輸出予測を伴うUSDAのトウモロコシ生産データを用いています。当協会ではこうしたデータから、各ASDの総生産量および海外輸出量の割合を計算して**サンプリング比**を求め、最終的には各

ASDから収集すべきトウモロコシ試料の数を決定しました。ASDごとに予測される生産量や海外輸出レベルがそれぞれ異なるため、収穫報告書のために採取する試料の数はASDによって異なるものになりました。

無作為抽出のプロセスは、郵便、ファックス、電子メールおよび電話を使用して12州のエレベーターに依頼することから始まりました。2,050から2,250グラムの試料用トウモロコシを提供することに同意してくれたエレベーター宛に返送料金前払いの試料キットを郵送しました。トウモロコシ収穫が30%以上終了した後にその地域の穀物倉庫から試料を入手するようにしました。この収穫30%という基準は、生産者が今年のトウモロコシの搬入またはエレベーターのインセンティブプレミアムなどの理由により通常より早い時期に収穫した新しいトウモロコシの搬入のために農家が保管サイロをクリーンアップする際に出てくる古いトウモロコシ試料を受け取ってしまうようなことがないようにするため定めました。個々の試料は、農場からのトラックがエレベーターの通常の試験を受けている時に抽出したものです。さらに穀物倉庫には水分が22%以下のものだけを提出してもらうよう依頼しました。この基準は輸送中の試料の変質を防ぐために設けました。各エレベーターから本試験用として入手した試料の数は、試料提出を快く引き受けてくれた倉庫の数と当該ASDで必要とされる試料の総数にあわせて決定しました。1個所から最大で4件の試料を入手しました。

統計分析

等級ファクター、化学組成および物理的要素についての試料試験の結果は米国集計としてまとめ、その他に3大輸出経路それぞれにトウモロコシを供給する3つの地域別の数値もとりました。当協会が「輸出拠点地域」(ECA)と名付けたこれら3つの地域は、通常トウモロコシを米国ガルフポートから輸出する地区から構成されるガルフECA、太平洋岸北西地区の港およびカリフォルニアの港から輸出する区域から構成される地域太平洋岸北西地域、および通常鉄道でメキシコに輸出する区域から構成される南部鉄道ECAです。

試料試験結果の分析にあたっては、加重平均および標準偏差を含め、層別比例試料抽出に用いられる標準的な統計手法に従いました。(場合によってはASDIに試料過剰が発生しましたが、統計処理時にはこれを考慮して調整を加えました。)米国集計の加重平均および標準偏差に加え、それぞれの複合ECAの加重平均および標準偏差も推計しました。利用できる輸送手段の問題から、これらECAへと輸出用トウモロコシを運ぶ地域が重複しました。そのため、各ECAの複合統計値は各ECAへと運ばれるトウモロコシの推定比率に基づいて算定しました。こうした推定作業は業界の情報および米国のトウモロコシ流通について研究したデータに基づいて実施しました。





トウモロコシ試料はエレベーターからイリノイ州シャンペーンのイリノイ州穀物改良協会の分別流通管理穀物研究所 (IPGL) に直接届けられました。IPGLに到着次第、試料はBoernerのディバイダーを用いて2つのサブサンプルに分割しました。片方のサブサンプルは等級付けのためにシャンペーンダンビル穀物検査所 (CDGI) に送りました。CDGIは米国農務省穀物検査局 (GIPSA) の指定を受けている、イリノイ州中部一東部担当の公的な穀物検査サービスセンターです。等級試

験の手順はGIPSAの連邦穀物検査部 (FGIS) が発行している穀物検査ハンドブックに従って実施されました。残りのサブサンプルは水分含有率が約15%になるまで乾燥させ、化学組成およびその他の物理的要素について、業界の基準または長年にわたり実際に用いられている確立した方法に従ってIPGLで分析を行いました。IPGLは国際規格ISO/IEC 17025:2005の認証を受けています。

トウモロコシ等級ファクター

容積重

容積重は比容積を満たすために必要とされる量を計る単位です (ウィンチェスター・ブッシェル)。容積重は穀物等級基準のためのGIPSA公式米国規格の一部です。

この試験では、予め容積が分かっているテストカップに、その上方の一定の高さに設置された漏斗からトウモロコシがテストカップの両側からこぼれ始めるまで注ぎ入れます。ストライクオフ・スティックと呼ばれるすりきりへらでテストカップのトウモロコシを平らにし、カップに残ったトウモロコシの重量を計測します。この重量を伝統的な米国の単位である1ブッシェル当たりのポンド重量 (lb/bu) の値に変換して報告書に用います。

破損粒&混入異物 (BCFM)

破損粒&混入異物は穀物等級基準のためのGIPSA公式米国規格の一部です。

この試験では目開き12/64インチの丸孔篩を通過するすべての物質およびこの篩の表面に残るトウモロコシ以外のすべての物質の量を見極めます。目開き12/64インチの丸孔篩を通過し、目開き6/64の篩の表面に残るすべての物質を破損トウモロコシと定義します。目開き6/64インチの丸孔篩を通過するすべての物質と目開き12/64篩の表面に残るトウモロコシ以外の粗い物質全てを異物と定義します。BCFMは当初試料の重量パーセントで表します。

総損傷/熱損傷

総損傷は穀物等級基準のためのGIPSA公式米国規格の一部です。

損傷粒の内容を調べるため、適切な訓練を受けた担当者がBCFMフリーのトウモロコシの作業試料250グラムの目視検査を行います。損傷の種類にはブルーアイモールド、コプロット、乾燥機損傷粒 (熱損傷粒とは異なる)、胚芽損傷粒、熱損傷粒、害虫損傷粒、カビ損傷粒、カビ様物質、絹糸切断粒、表面カビ (葉枯れ病)、カビ (ピンク・エピコッカム) および芽損傷粒などがあります。総損傷率は作業試料中の総損傷粒の重量比 (パーセント) で表します。

熱損傷は総損傷の中のひとつの要素で、熱損傷粒には熱による明らかな変色や損傷のあるトウモロコシ粒およびトウモロコシ粒のかけらが含まれます。熱損傷粒は適切な訓練を受けた担当者がBCFMフリーのトウモロコシ試料250グラムを対象として検査します。熱損傷が発見された場合には、総損傷とは別に報告します。

水分

トウモロコシがエレベーターに到着した時点で、倉庫の電子水分計を用いて計測された水分が記録されます。電子水分計は水分に応じて変化する誘電率と呼ばれる穀物の電気特性を検知します。水分が多いほど誘電率が上昇します。水分は総湿重量に占める割合で表します。



化学組成

NIR近似分析－トウモロコシ

NIR近似分析では穀物の一般組成を分析します。トウモロコシの場合は油分、タンパク質およびデンプン（または総デンプン）の含有量が含まれます。この方法でトウモロコシを破壊することなく分析することができます。

タンパク質、油分およびデンプンについては、400から450gの試料を対象として、完全粒Foss Infratec 1229近赤外透過測定器（NIT）を用いて化学組成試験を行いました。NITは化学試験に適合するよう較正し、タンパク質、油分およびデンプンの予測標準誤差はそれぞれ約0.2%、0.3%および0.5%でした。結果は乾物比で表します。

物理的要素

百粒重、穀粒容積および真の穀粒密度

百粒重試験では、1群百粒とした2反復群を対象として、最低でも小数点4位まで計測可能な化学天秤を用いて平均重量を求めます。平均百粒重はグラムで表します。

穀粒容積試験では、ヘリウム比重瓶を用いて2反復群の体積（押しのけ容積）を計測し、それを $\text{cm}^3/100$ で表しています。トウモロコシ1粒の体積は通常0.18から0.30 cm^3 の範囲にあり、それぞれの値は小型および大型トウモロコシ粒の体積です。

真密度は、極めて完全なトウモロコシ百粒を1群とした2反復群を用い、その質量（または重量）を同じ百粒の体積（押しのけ容積）で除して求めます。2反復群のそれぞれの結果を平均化します。真密度は1立方センチメートル当たりのグラム数（ g/cm^3 ）で表します。トウモロコシ粒の真密度は、現状水分値が12から15%の状態、通常1.20から1.35 g/cm^3 です。

ストレスクラック分析

ストレスクラック率は亀裂が際だって見えるようバックライトの付いた観察板の上で評価します。外見上の損傷がない無傷のトウモロコシ百粒について、1粒ずつ調べていきます。各トウモロコシ粒のストレスクラックの程度を評価できるよう、光線が硬胚乳を通過するように配置します。トウモロコシ粒は（1）亀裂無し（2）亀裂1本（3）亀裂2本（4）亀裂3本以上の4つのカテゴリーに分類します。ストレスクラック率は亀裂1本、亀裂2本または亀裂3本以上を持つすべてのトウモロコシ粒を百粒で除して求めます。ストレスクラック率が高いと取扱い時に破損しやすいため、どのような場合でも低い値ほど良いということになります。ストレスクラックの数については、亀裂が1本である方

が2本またはそれ以上よりも良好と言えます。中には、使用目的に応じて容認できる亀裂の程度を指定するトウモロコシのエンドユーザーもいます。

ストレスクラック指数（SCI）はストレスクラックの加重平均値です。この数値はストレスクラックの程度を示します。SCIは以下の数式を用いて求めることができます。

$$SCI = [SSC \times 1] + [DSC \times 3] + [MSC \times 5]$$

ここで、

*SSC*は亀裂が1本だけのトウモロコシ粒の割合

*DSC*は亀裂が2本のトウモロコシ粒の割合

*MSC*は亀裂が3本以上のトウモロコシ粒の割合

SCIの値は0から500の範囲内で、高い値は試料トウモロコシ中のストレスクラックの数が非常に多いことを示しています。これはどのような用途でも望ましくない状態です。

完全粒／亀裂&破損

完全粒試験では、50gのクリーンな（すなわちBCFM粒が含まれていない）のトウモロコシを1粒ずつ調べます。亀裂、破損または割れのある粒だけでなく、種皮の損傷が顕著な粒も取り除き、残った完全粒の重量を計測します。結果は当初50gの試料に占める割合で表します。同じ試験を実施して、「亀裂&破損」率として報告している企業もあります。完全粒の値が97%であれば、亀裂&破損率は3%になります。



角質胚乳率 (%)

角質（または硬質）胚乳試験では、照明付きの台の上で胚芽が上方に立ち上がっている、外見上良好なトウモロコシ20粒を目視で等級付けします。各トウモロコシ粒の等級の基礎となるのは推定される全胚乳中の角質胚乳の割合です。軟胚乳は不透明なので光を遮断しますが、角質胚乳は透明です。トウモロコシ粒の先端部の軟胚乳がどの程度胚芽の方に向かって広がっているかを見極め、標準ガイドラインに照らし合わせて格付けを行います。外見上良好な20粒の平均角質胚乳等級を報告します。70から100%の範囲で角質胚乳の等級を定めます。ただし大半の値は70から95%の範囲になります。

マイコトキシン試験

トウモロコシのマイコトキシンの検出は複雑です。多くの場合、マイコトキシンを産生する菌は農場単位または地域単位で均一に広がるわけではありません。そのため、かりにマイコトキシンが存在するとしても、トウモロコシのマイコトキシンの検出はトウモロコシのロット別のマイコトキシン濃度および分布に決定的に左右されることとなります。このトウモロコシのロットというのはトラック輸送の場合のロット、保管時のロットまたは鉄道貨物としてのロットなど様々です。

GIPSAのプロトコルでは、アフラトキシン試験のための粉砕用として、バージやサブロットのような大型のロットから4,540グラム（10ポンド）以上の試料を採取するよう要求しています。定量試験の結果がppbで表示される当該トウモロコシ・ロット全体の平均マイコトキシン濃度が反映されるよう、このように大量の試料が使用されるのです。トウモロコシ輸出には正確な結果が不可欠であるため、GIPSAのサンプリング手順はマイコトキシンの真の濃度から逸脱した過剰評価および過小評価を最小限に抑えることを目的としています。一方、収穫報告書のアフラトキシン評価の目的は、トウモロコシ輸出におけるマイコトキシンレベルを特

定することではなく、現年トウモロコシのマイコトキシン発生頻度を報告することに尽きます。本収穫報告書のアフラトキシン試験のために1試料につき4,540グラムものトウモロコシを集めることは現実的ではないため、ここでは少量の試料を用いました。アフラトキシン試験に少量の試料を用いると、アフラトキシンが検出された場合でも、そのアフラトキシンレベルが過大評価されたものであったり、過小評価されたものであったりする可能性が増します。それでも、収穫報告書では特定の基準値を超えた件数のみを報告します。

この試験ではアフラトキシン分析のために、外皮のついたトウモロコシ粒2 kg分の調査試料からラボ用試料として200 gを取り分けました。試料トウモロコシは20番のメッシュスクリーンを通過するようにミルでひいて粉にしよく混ぜ、そこから試験用に40 gを取り分けました。分析にはEnviroLogix AQ 109 BGテストキットを使用しました。このテストキットの製造業者であるEnvirologixはアフラトキシンの抽出を20から50グラム量の試験試料から行うようにと指定しています。アフラトキシンの抽出には50%エタノール（2:1）を用いました。抽出物はEnvirologix QuickTox™側方流動ストリップ法を用いて試験しました。アフラトキシンの定量化にはQuickScan™システムを用いました。GIPSAはトウモロコシに含まれるアフラトキシンの定量用として、QuickScan™のためのEnviroLogix QuickTox™キットに適合認証を与えています。

DON試験にはUSDA/GIPSAが承認しているRomer AgraQuant試験法を採用しました。約1,350グラム量に取り分けた試験試料をRomer Millで挽き、20番のワイヤーメッシュの篩を通過する大きさの粒子にしました。これをリフル・ディバイダーでさらに50グラム量の試料に分割しました。その後USDA/GIPSA DON（ポミトキシン）ハンドブックの要件に従って処理しました。DONの抽出には250 mlの蒸留水を用い、抽出物はRomer AgraQuantのマイクロウエル・テストキットを用いて試験しました。DON試験の結果はStatFax Readerを使用して読み取りました。

等級要件および換算



U.S. GRAINS
COUNCIL

トウモロコシの等級と要件

等級	1ブッシェルあたりの 最低容積重 (ポンド)	被害粒率限度値		
		熱損傷 (%)	全損傷 (%)	破損粒と異物 (%)
U.S. No. 1	56.0	0.1	3.0	2.0
U.S. No. 2	54.0	0.2	5.0	3.0
U.S. No. 3	52.0	0.5	7.0	4.0
U.S. No. 4	49.0	1.0	10.0	5.0
U.S. No. 5	46.0	3.0	15.0	7.0

米国の等級外のトウモロコシは、(a) 上記1、2、3、4、5の各等級の要件を満たさない、(b) 総重量がサンプル重量の0.1%を超える小石、2片以上のガラス、3個以上のタヌキマメ (Crotalaria spp.の種子)、2個以上のトウゴマ (Ricinus communis L.) の種子、4個以上の未知の異物もしくは一般に有毒とみなされる物質の粉体、1種であるか複数であるかを問わず8個以上のオナモミ (Xanthium spp.) 等の種子、または1,000グラム中0.20%を超える動物の汚物が混ざっている、(c) 商業上好ましからぬかびもしくは酸性的異臭がある、または(d) 熱損傷などで明らかに品質が低い。

出典：Code of Federal Regulations, Title 7, Part 810, Subpart D, United States Standards for Corn

米国単位およびメートル単位の換算表

トウモロコシ換算値	メートル法換算値
1ブッシェル = 56ポンド (25.40キログラム)	1ポンド = 0.4536キログラム
39.368ブッシェル = 1メートルトン	100粒重 = 100ポンドまたは45.36キログラム
15.93ブッシェル/エーカー = 1メートルトン/ヘクタール	1メートルトン = 2204.6ポンド
1ブッシェル/エーカー = 62.77キログラム/ヘクタール	1メートルトン = 1000キログラム
1ブッシェル/エーカー = 0.6277キントナル/ヘクタール	1メートルトン = 10キントナル
56ポンド/ブッシェル = 72.08キログラム/ヘクタール	1キントナル = 100キログラム
	1ヘクタール = 2.47エーカー



アメリカ穀物協会
20 F Street, NW Suite 600
Washington, DC 20001
電話: (202) 789-0789
Fax: (202) 898-0522
Eメール: grains@grains.org
ウェブサイト: <http://www.grains.org>



国外事務所	担当地域	電話	Fax	Eメール
パナマ市	中南米およびカリブ海地域	011-507-282-0150	011-507-282-0151	LTA@grains.org
メキシコシティ	メキシコ	011-52-55-5282-0244	011-52-55-5282-0969	mexico@grains.org
チュニス	地中海およびアフリカ	011-216-71-908-622	011-216-71-906-165	tunis@usgrains.net
カイロ	エジプト	011-202-3-749-7078	011-202-3-760-7227	cairo@grains.org
アンマン	中東および亜大陸	011-962-6585-1254	011-962-6585-4797	usgc_jo@orange.jo
北京	中華人民共和国	011-86-10-6505-1314	011-86-10-6505-0236	grainsbj@grains.org.cn
ソウル	韓国	011-82-2-720-1891	011-82-2-720-9008	seoul@grains.org
東京	日本	011-81-3-3505-0601	011-81-3-3505-0670	tokyo@grains.org
台北	台湾	011-886-2-2508-0176	011-886-2-2502-4851	taipei@grains.org
クアラルンプール	東南アジア	011-60-3-2273-6826	011-60-3-2273-2052	grains@grainsea.org