

アメリカ穀物協会
トウモロコシ輸出貨物品質報告書
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り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お力添えを頂きました。社外チームにはローウェル・ヒル博士、マービン・ポールセン博士およびトム・ウィッテカー博士が含まれています。イリノイ州穀物改良協会の分別流通管理穀物研究所（IPGL）およびシャンペーンダンビル穀物検査所（CDGI）が採取した試料の分析を行いました。

とりわけ、米国農務省の連邦穀物検査局（FGIS）、穀物検定梱包貯蔵管理局の何物にも代えがたい尽力に感謝いたします。FGISは輸出貨物からサンプリングを行うだけでなく、等級付けおよびアフラトキシン試験の結果も提供してくれました。FGIS国際業務部はサンプリング・プロセスでの調整役を担ってくれました。FGISの現地職員およびワシントン州農務局には本報告書の根幹を成す試料を採取し、提供して頂きました。こうした皆様方には、それぞれ多忙な中、

時間を割いて頂いたことに謝意を表します。





アメリカ穀物協会からのご挨拶	1
報告書ハイライト	2
調査の概要	3
トウモロコシ品質の概要（2011/12 輸出貨物）	5
米国トウモロコシ輸出システム	25
調査および統計分析の方法	29
試験分析の方法	33
等級要件および換算	36
USGC 連絡先情報	37

アメリカ穀物協会からのご挨拶



このたび、アメリカ穀物協会は海外バイヤーおよびその他関係者の便宜を図るため、2011/12市場年度のトウモロコシ輸出貨物品質報告書を発表することとなりました。

トウモロコシ輸出貨物品質報告書は、海外輸送のための船積み時点での輸出用米国イエロー・コモディティ・コーンの客観的調査書です。本書は2011年度トウモロコシの品質に関するアメリカ穀物協会の2種類の新たな報告書のうち、2番目に発表するものです。本年初頭、当協会は農場出荷時点でトウモロコシ品質を調査したトウモロコシ収穫品質報告書を発表しました。トウモロコシ収穫品質報告書およびトウモロコシ輸出貨物品質報告書では、透明性のある首尾一貫した方法を用いて、米国トウモロコシの品質について信頼性の高い情報を提供します。両報告書を併用することで、現市場年度の米国トウモロコシについて十分な情報をするためにこれらの報告書を作成しています。

(米国穀物検査局FGISより毎年提供されている)等級と基準ファクター、水分について早期の概観を提供するとともに、これまで報告されていなかった追加の品質に関する情報を、これらの報告書は提供しています。

品質は種子会社、トウモロコシ生産者、商社、トウモロコシ取扱い業者、出荷者、加工業者、そして最終の利用者といった、トウモロコシのバリューチェーンにかかわるすべての関係者が非常に高い関心を持っています。2011/12年トウモロコシ収穫品質報告書およびトウモロコシ輸出貨物品質報告書は、今後毎年発表されることになるすべての関係者向けの年次報告書の第一弾です。アメリカ穀物協会では、関係者が記載情報および米国生産流通現場で予期される年度別の変化に馴染むにつれ、時間の経過とともにこれらの報告書の価値が増していくものと期待しています。

アメリカ穀物協会は互惠原則に基づき、継続的な輸出拡大および貿易による食糧安全保障の向上に尽力するとともに、信頼されるパートナーとなり、また米国生産者と世界中のバイヤーとの橋渡し役となるよう努めます。信頼性の高い時宜にかなった情報はこうした取り組みの基礎を成すものです。当協会はトウモロコシ収穫品質報告書およびトウモロコシ輸出貨物品質報告書が世界中のパートナーに有益な情報源として認められるものと確信しています。ユーザーからのご意見、批判、質問を歓迎しますので、ぜひお寄せくださるようお願いいたします。貿易活動が進めば世界全体がその恩恵を受けることになります。

A handwritten signature in black ink that reads "Wendell Shawnee".

ウェンデル・ショーマン
アメリカ穀物協会会長
2012年5月



輸出貨物品質のハイライト

2011/2012年トウモロコシの試料ロットは、良好な状態で輸出用外航船積み込みのために港に送られてきました。一般に、トウモロコシは流通経路を移動していくに従って品質特性が均一化します。主要な品質特性には以下のものが含まれます。

- 大半のサブロット試料の等級ファクター（容積重、BCFMおよび総損傷）は米国等級限度値とUSDA穀物検査局（FGIS）による前年までの分析値と比較して同じ化それを上回っている。
- 試料の95%は容積重が米国 No. 1 の等級限度を上回っており、これはクリーンで健全なトウモロコシであることを示唆している。
- トウモロコシが流通経路を移動していくに従ってBCFMは増加するが、依然としていずれの契約等級の上限も下回っている。
- 総損傷率は保管および輸送中に増加するが、依然としてすべての等級の試料のほぼ90%が米国No. 2トウモロコシの等級限度値を下回っている。

両契約等級（「U.S. No. 2 またはそれ以上」および「U.S. No. 3 またはそれ以上」）の平均水分含有率は外航船輸送において安全に保管できるレベルで、収穫時品質報告書と比較すると、サブロット間での均一性が増している。75%以上が水分含有率14.5%以下である。

本報告書にある追加の品質ファクターに関する試験結果も、2011年産トウモロコシの良好な品質を反映している。

- タンパク質含有率は8.7%（乾物比）で収穫時品質報告書の値と変化がなく、近年の報告値を上回っている。この含有率が最も高かったのは南部鉄道ECA（9.1%）である。
- デンプン含有率は収穫時品質報告書の試料の値をわずかに上回り、試料の60%が74%（乾物比）以上である。
- 油分含有率は収穫時品質報告書の値を0.1パーセントポイント下回るものの、全試料の23%が3.75%（乾物比）以上である。
- 輸出試料ではストレスクラック率が低く（10%）、完全粒率が比較的高い（87.5%）が、このことはトウモロコシ取扱い時の破損粒率が低下し、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する可能性や、優れたアルカリ適性がある可能性を示している。
- 輸出試料の約60%が角質胚乳率85%未満で、ウェットミリング業者および飼料業者にとって望ましい柔らかさを持つ利用し易いトウモロコシであることを示している。
- 試験対象のサブロット試料のすべてがアフラトキシンに関するFDAの規制措置レベルである20 ppb、およびDONIに関するFDAの勧告レベル（鶏および牛は10 ppm、豚およびその他動物が5ppm）を下回っている。

アメリカ穀物協会のトウモロコシ輸出貨物品質報告書2011/12は、輸出用に送られた米国イエロー・コモディティ・コーンの品質に関する正確で公正な情報を提供します。本報告書のトウモロコシ試料の試験結果は、米国産トウモロコシの外洋輸出貨物に対するサンプリングと検査プロセスによって集められたものです。購入契約に関し、あるいは飼料、食品または工業用として用いるトウモロコシの処理ニーズに関して意思決定を行う海外のバイヤーにとって、この情報は重要となります。この情報は、種子会社、トウモロコシ生産者、商社、トウモロコシ取扱い業者、出荷業者、加工業者、そして最終利用者といった、バリューチェーンすべての関係者にとって重要なものです。

先に発表したアメリカ穀物協会のトウモロコシ収穫品質報告書2011/12は、米国の流通システムの入口へと運ばれるトウモロコシの品質を評価しました。こうしたトウモロコシは国内流通システムの経路を移動する過程で、他の地域のトウモロコシと混ざり合い、トラック、バージ船、貨物列車でまとめられ複数回の積み降ろしを経て、その状態が変化していきます。このため、収穫から輸出に至るまでに発生するトウモロコシ品質の変化を理解する上で、収穫品質報告書と輸出貨物品質報告書を併せて検討する必要があります。「トウモロコシ輸出システム」のセクションでは、圃場から外航船に至るまでにトウモロコシの品質がどのように変化していくかを解説しています。

収穫品質報告書と同様に、この報告書は、当該市場年度初期における米国輸出トウモロコシの年次品質調査書の第一弾となるものです。この2つの報告書は、等級ファクターと基準、水分について毎年出版されているFGISによる「米国産輸出穀物品質報告書 (U.S. Grains Exports: Quality Report)」と同様のものであるといえます。それに加えて、過去に系統だって調査されてこなかったほかの重要な品質ファクターについての情報も提供しています。2011/12年度の結果をそれ以前の結果と比較することができないため、これらの収穫報告書を単独で検討する場合は、内容を慎重に解釈しなければなりません。しかしながら、この報告書は今後の初期の輸出トウモロコシ（2011年産のトウモロコシは11月から翌年8月までの期間に出荷されます）との比較に用いることのできる基準を提供することになります。種子会社から消費者に至るトウモロコシのバリューチェーンのすべての関係者が、何年にもわたる栽培、乾燥、取扱い、保管および輸送の各条件に基づき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るため、この輸出貨物品質報告書は長年編纂されることでその重要性を増していくことでしょう。

2011/12年輸出用トウモロコシの本年の調査結果は、輸出港では容積重が高く、水分含有率が低く、比較的良好な品質であることを示しています。トウモロコシは流通経路を移動するに従って品質特性が均一化していきます。ストレスクラック率および総損傷率の低さは、輸出貨物としてのトウモロコシの輸送中の容易な品質維持に反映されます。当協会には比較可能な過去年度のデータはありませんが、長年トウモロコシの品質を観察してきた経験から、こうしたトウモロコシは品質が高いと考えます。

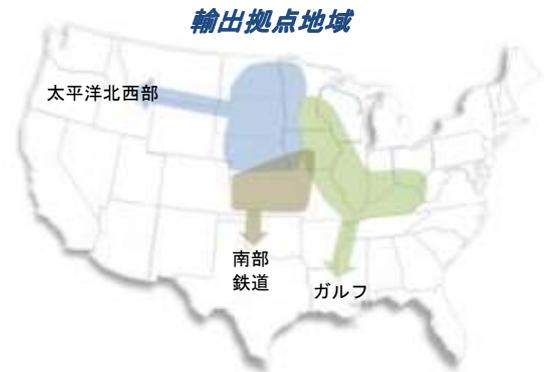
この輸出貨物品質報告書の内容は、主要輸出地域で採取された379のイエロー・コモディティ・コーン試料から得たものです。試料は米国農務省穀物検定梱包貯蔵管理局 (GIPSA) の穀物検査局 (FGIS) により標準的な連邦検査および等級付けが行われているトウモロコシ輸出貨物から採取しました。

本書の目的は輸出トウモロコシの品質を調査し、主要輸出地域内の品質のばらつきに関する情報を提供することにあります。



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、主要輸出港を「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。

1. ガルフECAは通常米国メキシコ湾の港からトウモロコシを輸出する地域
2. 太平洋北西部ECAはトウモロコシを太平洋北西地区およびカリフォルニアの港から輸出する地域
3. 南部鉄道ECAは一般にトウモロコシをメキシコに輸出する地域



試料試験の結果については、「契約等級」カテゴリ別の要約も記載しています。公式等級品質特性（容積重、総損傷率など）の限度値がすべて同時に満たされるとは限らず、ファクター値のなかには特定の等級の限度値を上回っているものもありますが、下回るものは一切ありません。このため、多くの場合契約書には「米国No.2またはそれ以上」と記載され、当該等級の限度値に近い等級ファクターと、等級仕様による要求レベルを上回るファクターとが混在することもあります。輸出貨物品質報告書では以下の2種類の契約等級カテゴリについて記載しています。

- 「米国No.2」あるいは「米国 No.2またはそれ以上」の契約では、トウモロコシは少なくとも米国No.2のファクター限度値を満たしているか、米国No.2のファクター限度値を上回っていなければならないと定められている。このカテゴリは米国 No. 2 o/bと指定される。
- 「米国No.3」あるいは「米国 No.3 またはそれ以上」の契約では、トウモロコシは少なくとも米国No. 3のファクター限度値を満たしているか、米国No.3のファクター限度値を上回っていなければならないと定められている。このカテゴリは米国 No.3 o/bと指定される。

輸出貨物品質報告書の作成にあたり、米国集計およびECA別に統計的に有効な結果を得るために379のトウモロコシ試料を2011年1月から3月の間に採取しました。品質ファクターのような生物学的データを対象とする場合に適切と考えられる相対許容誤差（Relative ME） $\pm 10\%$ 以下で輸出トウモロコシの品質ファクター平均値を推定することができるよう、各ECAにとって十分な数の試料を入手することを目標としました。統計サンプリング法および分析法の詳細は「調査および統計分析法」のセクションに記載しています。

本報告書の限界：本報告書はいかなる貨物やトウモロコシロットのひんしつを予測するものではありません。また、バリューチェーンのどのプレーヤーも地震の契約上のニーズと義務を理解することが重要です。本報告書は収穫時試料報告書から輸出貨物報告書間の品質の変化を説明するものではありません。天候、遺伝形質、穀物取扱いによって品質は複雑に変化します。サンプル試験結果は、供試されるトウモロコシのロットやサンプリング法に大きく左右されます。FGISのサンプリング法は27ページ以降に説明があります。異なるサンプリング法は異なる試験結果を生み出す可能性があります。FGISのサンプリング法は真に代表的な資料を採集できますが、他の方法はトラックや本船のホールドでのトウモロコシの不均一な分布により、全体を代表しない試料を採取する可能性があります。

アメリカ穀物協会トウモロコシ輸出貨物品質報告書2011/12 プロジェクトチーム

トウモロコシ品質の概要 (2011/12 輸出貨物)



等級ファクターおよび水分含有量

USDAの連邦穀物検査局（FGIS）は様々な品質ファクターを測定するための等級、定義および標準値を設けています。等級を決定する特性は容積重、破損粒&混入異物（BCFM）、総損傷、および熱損傷です。「米国公式トウモロコシ等級と等級要件（U.S. Official Corn Grades and Grade Requirements）」は「等級要件および換算」のセクションに示しています。米国の法律は等級と等級要件を4年ごとに見直すことを義務付けられており、その際のインプットはすべての関係者に門戸が開かれています。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

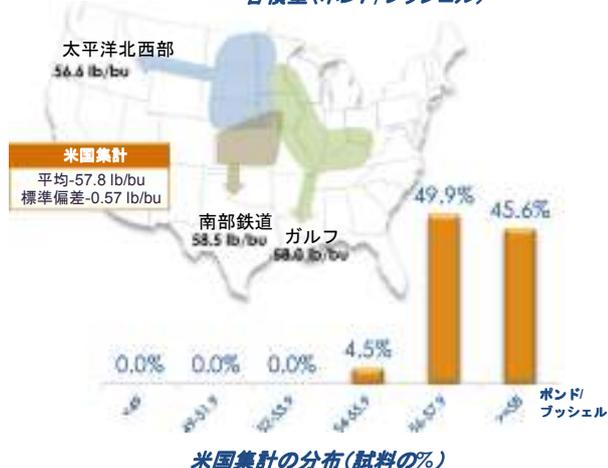
容積重（テストウェイト）はかさ密度の指標であり、全体的な品質を示す一般的な指標として、また、アルカリクッカーおよびドライミリングで処理する場合の胚乳の硬度を示す目安としてしばしば用いられます。容積重は真密度と深く関わっており、トウモロコシ粒の硬さおよび成熟度を反映します。容積重に影響を及ぼす第一の要素は遺伝子による穀粒構造の違いですが、水分含有率、乾燥方法、穀粒の物理的損傷（破損粒および擦損表面）、試料に混入した異物、穀粒の大きさ、生育期のストレスおよび微生物被害も影響を及ぼします。港での高い容積重は一般に高品質、高い角質（硬質）胚乳率、および健康でクリーンなトウモロコシを示唆します。加えて、船倉の限られた容積空間に保管する場合、容積重の高いトウモロコシは同じ重量の容積重が低いトウモロコシよりも多くの量を保管することができます。

ハイライト

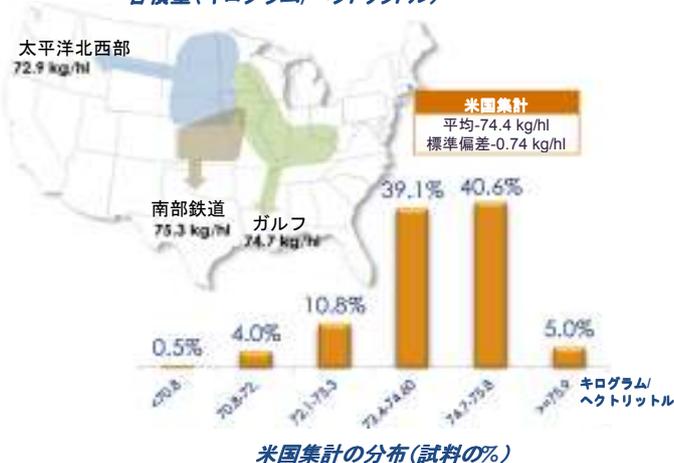
- 米国集計の平均容積重は57.8 lb/bu（74.4 kg/hl）で、全体的に品質が良好であることを示し、米国No.1のトウモロコシの等級限度値（56 lb）を2 lb/bu上回っている。
- 輸出貨物品質報告書の米国集計の容積重は収穫時品質報告書の容積重を下回っている。
- トウモロコシは流通経路を移動する過程で混ざり合うため、容積重はより均一化し、標準偏差値は低下し、最大値から最小値まで範囲が狭くなっていく。
- すべての試料のうち95%超が米国No. 1の最低容積重と同じかこれを上回り、100%が米国No. 2を上回っている。
- すべての南部鉄道試料が米国No. 2 o/bとして船積みされるトウモロコシから採取されたものであることが、南部鉄道ECAは他よりも容積重が高い理由の一つである。
- すべての平均値が米国No. 2の値を上回るため、米国No. 2 o/b および米国No. 3 o/b として船積みされるサブロット間の容積重の差は小さい。

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

輸出拠点地域の平均容積重(ポンド/ブッシェル)



輸出拠点地域の平均容積重(キログラム/ヘクトリットル)





破損粒 & 混入異物 (BCFM)

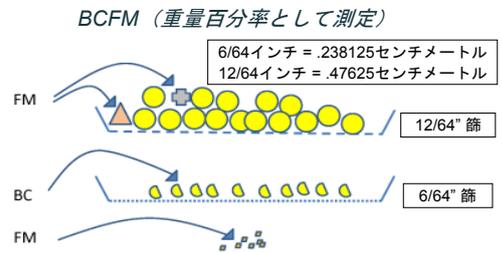
破損粒 & 混入異物 (BCFM) は飼料や加工に用いることのできるクリーンで健康なトウモロコシ粒の量を測る目安となります。BCFMのパーセンテージ値が低いほど試料中に混入した異物や破損粒も少なくなります。トウモロコシが流通経路を移動していくに従って、取扱いおよび輸送により生じる破損粒は増加します。結果として、輸送されて港に到着したトウモロコシの大半の平均BCFMがカントリー・エレベーター時点でのBCFMを上回ります。

破損粒 (BC) は12/64インチの丸孔篩を通過するほど小さく、6/64インチの丸孔篩には大きくて通過しないトウモロコシおよびトウモロコシ物質と定義されています。

異物 (FM) とは、丸孔篩開き眼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。

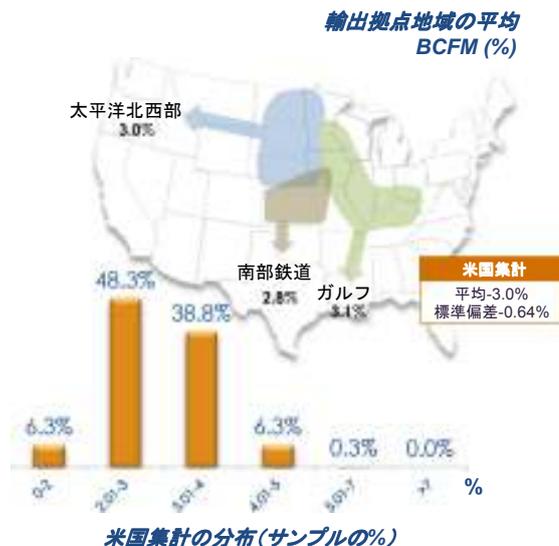
右の図は米国トウモロコシ等級標準における破損粒 & 混入異物の測定を図示したものです。

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



ハイライト

- 収穫 (1.0%) と輸出 (3.0%) との間でBCFMが増加しているのは、乾燥および取扱いの過程で破損が増加する結果である。
- 輸出地点に到着するトウモロコシは等級限度値を満たすようクリーニングおよび混合が行われる。
- 南部鉄道ECAの輸出時BCFMは大幅に他のECAの値を下回るが、これは恐らく南部鉄道地域では米国No.2 o/bのみが船積みされるためである。
- 各等級の米国集計のBCFMは対応する契約等級の限度を下回っている (米国No. 2 o/bで2.7%、米国No. 3 o/bで3.4%)
- 米国No. 2 o/b試料のBCFMは米国No. 3 o/bで要求される等級限度を大幅に下回っている。



トウモロコシ品質の概要 (2011/12 輸出貨物)



U.S. GRAINS
COUNCIL

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被害粒に含まれません。カビによる損傷およびそれに伴いマイコトキシン発生の可能性が高まることが最も深刻な損傷ファクターです。通常カビによる損傷は生育期の高い水分含有率と高温または保管条件が関係しています。

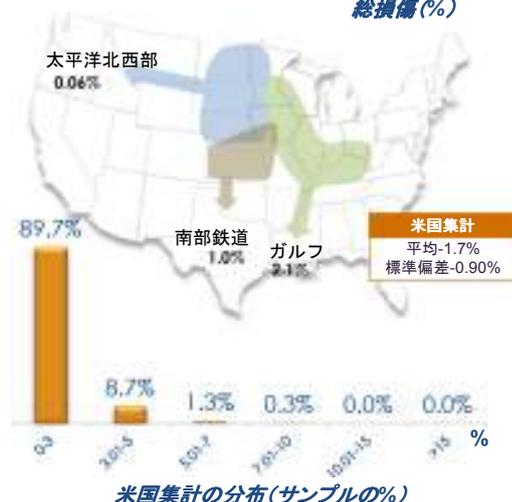
総損傷率の低いトウモロコシは、総損傷率の高いトウモロコシよりも目的地到着時の状態が良好である可能性が高くなります。総損傷率の高いトウモロコシは輸送中に水分が増加し、微生物の活動が活発になる可能性があります。

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

ハイライト

- 農場収穫時品質報告書 (1.1%) と輸出貨物品質報告書 (1.7%) との間での平均総損傷率の増加がわずか- 越冬保管が良好であったことに特に大きく影響されている。
- 輸出試料の89.7% が総損傷率3%以下- 米国 No.3の限度値 (5%) を大幅に下回っている。
- 輸出時の総損傷率が最も高いのはガルフECAで、おそらく収穫時の水分含有率が高いトウモロコシが保管されたことが原因。
- 米国集計の総損傷率は各契約等級の限度値 (米国No 2 o/bで1.6%、米国No. 3 o/bで1.9%) を下回っている。
- 米国U.S. No. 2 o/b 試料の総損傷率は、米国 No. 3 o/bで要求される限度値を大幅に下回っている。

輸出拠点地域の平均
総損傷 (%)



熱損傷 (HD)

トウモロコシの等級では熱損傷は総損傷に含まれる下位要素ですが、米国の等級基準では別途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熱が熱損傷の原因になることがあります。熱損傷率が低い場合は、港へと運ばれる前にトウモロコシが適切な湿度および温度で保管されていたことが示唆されます。

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

ハイライト

- いずれの試料でも熱損傷はほとんど報告されていない。これは保管時の穀物管理が良好であったことを示している。

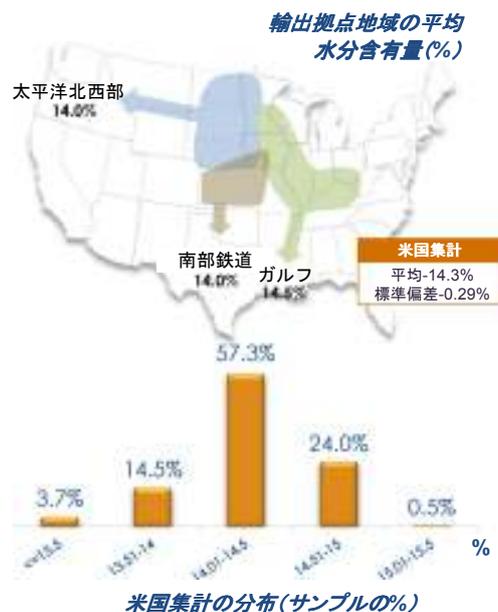


水分

水分含有量は売買される際の乾物量に影響を及ぼします。加えて、輸送中のトウモロコシの平均水分含有率およびそのばらつきは到着地でのトウモロコシの品質に影響を及ぼします。通常、海上輸送中のトウモロコシはほぼ密閉状態の閉鎖空間である船倉に保管され、輸送中に大量のトウモロコシに通気する能力を備えたバルク船はほとんどありません。こうした通気の欠如が湿度の高いポケットが生まれる理想的な環境をつくりだし、微生物に活動のきっかけを与えます。更に、大量のトウモロコシ間に温度差があると水分移動の原因になることがあり、その結果として、側壁近辺またはハッチカバー下側の比較的低温のトウモロコシの表面上に暖かく湿った空気が凝結するため、腐敗やホットスポットを生じることになりかねません。従って、サブロット間で水分含有量を均一化し、平均湿度を14.5%未満に抑えて、輸送中に「ホットスポット」が発生するリスクを最小限に抑えることが重要になります。「ホットスポット」とは、湿度および温度が貨物の平均値を極端に上回ったトウモロコシが作るポケットの部分のことをいいます。

ハイライト

- 米国集計では収穫時品質報告書（15.6%）から輸出貨物品質報告書（14.3%）の間で水分含有率が減少しているが、これは収穫配送後の流通経路での乾燥および調整が主な原因である。
- 試料間の水分含有率のばらつきはトウモロコシが流通経路を移動していくに従って減少し、ばらつきの幅が狭くなり、変動が小さくなっている。これは輸出契約仕様値を満たすための乾燥および管理の結果である。
- 試料の75.5% 超が水分含有率14.5%以下で、トウモロコシ貨物の大半が微生物を活動させることなく輸送されるであろうことを示唆している。
- ガルフ地域の港での平均水分含有率が最も高く、おそらくこのECAの収穫時水分含有率が高かった結果と考えられる。
- 太平洋北西ECAおよび南部鉄道ECAでは水分含有率がわずかに低く、おそらく収穫時により乾燥した状態であったためと考えられる。
- バイヤーによって契約で水分含有率が指定されるため、等級間の水分含有率の差は0.5パーセントポイント未満（14.0から14.4%までの範囲）となっており、特に低温期間では安全に輸送できるレベルを依然として下回っている。



トウモロコシ品質の概要 (2011/12 輸出貨物)



**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

- 輸出時のトウモロコシの品質は良好で、全体的に平均値は等級限度値および契約仕様値よりも優れている。加えて、輸出貨物品質報告書の品質は収穫時品質報告書よりも均一化されている。
- 容積重は高く、米国集計では試料の平均値は57.8 lb/bu (74.4 kg/hl) である。
- 輸出時の平均 BCFMは各等級の限度値を下回っている。
- 平均総損傷率および熱損料率は船積トウモロコシの等級限度を大幅に下回っている。
- 水分含有率は契約仕様値に見合うよう流通経路内で引き下げられ、おおむね安全に輸送できるレベルである。

等級ファクターおよび水分についてのまとめ

	輸出時品質報告					収穫時品質報告					
	試料数	平均	標準 偏差	最小値	最大値	試料数	平均	標準 偏差	最小値	最大値	
米国集計						米国集計					
容積重 (lb/bu)	379	57.8	0.57	54.4	59.9	474	58.1	1.49	46.0	62.1	
容積重 (kg/hl)	379	74.4	0.74	70.0	77.1	474	74.8	1.92	59.2	79.9	
BCFM (%)	379	3.0	0.64	0.9	5.2	474	1.0	0.65	0.0	12.1	
総損傷 (%)	379	1.7	0.90	0.0	7.1	474	1.1	0.92	0.0	12.0	
熱損傷 (%)	379	0.0	0.02	0.0	0.2	474	0.0	0.00	0.0	0.0	
水分 (%)	379	14.3	0.29	13.1	15.4	474	15.6	1.56	9.5	22.0	
ガルフ						ガルフ					
容積重 (lb/bu)	261	58.0	0.51	56.6	59.9	364	58.3	1.48	46.0	62.1	
容積重 (kg/hl)	261	74.7	0.65	72.9	77.1	364	75.0	1.91	59.2	79.9	
BCFM (%)	261	3.1	0.71	0.9	5.2	364	0.9	0.62	0.0	12.1	
総損傷 (%)	261	2.1	1.08	0.0	7.1	364	1.3	1.09	0.0	12.0	
熱損傷 (%)	261	0.0	0.02	0.0	0.2	364	0.0	0.00	0.0	0.0	
水分 (%)	261	14.5	0.26	13.7	15.4	364	16.0	1.67	9.5	22.0	
太平洋北西部						太平洋北西部					
容積重 (lb/bu)	83	56.6	0.82	54.4	58.2	182	57.3	1.57	50.7	61.7	
容積重 (kg/hl)	83	72.9	1.05	70.0	74.9	182	73.7	2.03	65.3	79.4	
BCFM (%)	83	3.0	0.57	1.2	4.2	182	1.1	0.75	0.1	4.6	
総損傷 (%)	83	0.6	0.54	0.0	2.9	182	0.6	0.36	0.0	5.3	
熱損傷 (%)	83	0.0	0.01	0.0	0.1	182	0.0	0.00	0.0	0.0	
水分 (%)	83	14.0	0.31	13.2	14.7	182	14.7	1.28	11.7	19.6	
南部鉄道						南部鉄道					
容積重 (lb/bu)	35	58.5	0.50	57.5	59.6	149	58.5	1.39	46.0	61.7	
容積重 (kg/hl)	35	75.3	0.65	74.0	76.7	149	75.3	1.79	59.2	79.4	
BCFM (%)	35	2.8	0.30	1.8	3.3	149	1.1	0.67	0.0	12.1	
総損傷 (%) ¹	35	1.0	0.50	0.5	2.9	149	1.3	0.90	0.0	5.6	
熱損傷 (%)	35	0.0	0.04	0.0	0.2	149	0.0	0.00	0.0	0.0	
水分 (%)	35	14.0	0.44	13.1	14.7	149	14.9	1.42	9.5	20.2	

¹ 輸出貨物の母集団平均値を予測するための相対許容誤差 (Relative ME) は±10%を超えている



等級ファクターおよび水分についてのまとめ

米国等級 No. 2 o/b 契約品						米国等級 No.3 o/b 契約品					
試料						試料					
	試料数	平均	標準偏差	最小値	最大値	試料数	平均	標準偏差	最小値	最大値	
米国集計						米国集計					
容積重 (lb/bu)	188	57.8	0.51	55.5	59.6	188	57.7	0.57	54.4	59.5	
容積重 (kg/hl)	188	74.4	0.66	71.4	76.7	188	74.3	0.74	70.0	76.6	
BCFM (%)	188	2.7	0.39	1.1	3.6	188	3.4	0.70	0.9	5.2	
総損傷 (%)	188	1.6	0.65	0.0	4.9	188	1.9	1.11	0.1	7.1	
熱損傷 (%)	188	0.0	0.00	0.0	0.2	188	0.0	0.02	0.0	0.2	
水分 (%)	188	14.3	0.23	13.1	15.0	188	14.4	0.30	13.2	15.4	
ガルフ						ガルフ					
容積重 (lb/bu)	122	57.9	0.48	56.9	59.4	136	58.1	0.48	56.6	59.5	
容積重 (kg/hl)	122	74.5	0.62	73.2	76.5	136	74.8	0.62	72.9	76.6	
BCFM (%)	122	2.7	0.41	1.1	3.6	136	3.5	0.73	0.9	5.2	
総損傷 (%)	122	2.0	0.79	0.0	4.9	136	2.3	1.26	0.5	7.1	
熱損傷 (%)	122	0.0	0.00	0.0	0.0	136	0.0	0.03	0.0	0.2	
水分 (%)	122	14.4	0.19	13.9	15.0	136	14.5	0.29	13.7	15.4	
米国北西部						米国北西部					
容積重 (lb/bu)	31	56.9	0.63	55.5	58.0	52	56.4	0.87	54.4	58.2	
容積重 (kg/hl)	31	73.3	0.81	71.4	74.7	52	72.6	1.12	70.0	74.9	
BCFM (%)	31	2.7	0.35	1.8	3.2	52	3.2	0.61	1.2	4.2	
総損傷 (%)	31	0.5	0.30	0.0	1.3	52	0.7	0.63	0.1	2.9	
熱損傷 (%)	31	0.0	0.00	0.0	0.0	52	0.0	0.01	0.0	0.1	
水分 (%)	31	14.0	0.24	13.5	14.5	52	14.0	0.34	13.2	14.7	
南部鉄道						南部鉄道					
容積重 (lb/bu)	35	58.5	0.50	57.5	59.6	0	0.0	0.00	0.0	0.0	
容積重 (kg/hl)	35	75.3	0.65	74.0	76.7	0	0.0	0.00	0.0	0.0	
BCFM (%)	35	2.8	0.30	1.8	3.3	0	0.0	0.00	0.0	0.0	
総損傷 (%) ¹	35	1.0	0.50	0.5	2.9	0	0.0	0.00	0.0	0.0	
熱損傷 (%)	35	0.0	0.04	0.0	0.2	0	0.0	0.00	0.0	0.0	
水分 (%)	35	14.0	0.44	13.1	14.7	0	0.0	0.00	0.0	0.0	

トウモロコシ品質の概要 (2011/12 輸出貨物)

化学組成

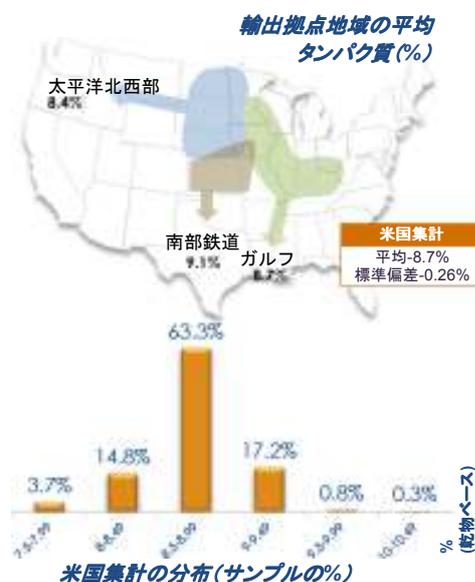
タンパク質、デンプンおよび油分は業界が重視する成分であるため、トウモロコシの化学組成は重要です。化学組成は等級ファクターではありませんが、家畜および家禽用の飼料、ウェットミリング原材料およびその他加工原材料としての栄養価値に関連した追加情報を提供してくれます。多くの物理的特質とは異なり、化学組成の値は保管中または輸送中に大幅に変化することはないものとみなされました。

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年度トウモロコシの試料から得られた米国集計のタンパク質含有率は収穫時品質報告書から輸出貨物品質報告書までの間に変化していない (8.7%)。
- 輸出貨物品質報告書でのトウモロコシの米国集計のタンパク質含有率は収穫時品質報告書よりも均一化しており、範囲は7.6%から10.0%と狭くなり、標準偏差値は0.26%と小さい。
- 米国集計のタンパク質含有率は63.3%が8.5%から8.99%の範囲にあり、18.3%が9.0%超である。
- ガルフECA、太平洋北西ECA、南部鉄道ECAのタンパク質平均値はそれぞれ8.7%、8.4%、9.1%で、大幅な差がある。輸出貨物品質報告書のタンパク質平均値が最大である南部鉄道ECAは収穫時品質報告書の値も最大であった。
- 米国 No.2 o/b または No.3 o/b の契約で船積されたトウモロコシのタンパク質含有率はいずれも8.7%である。

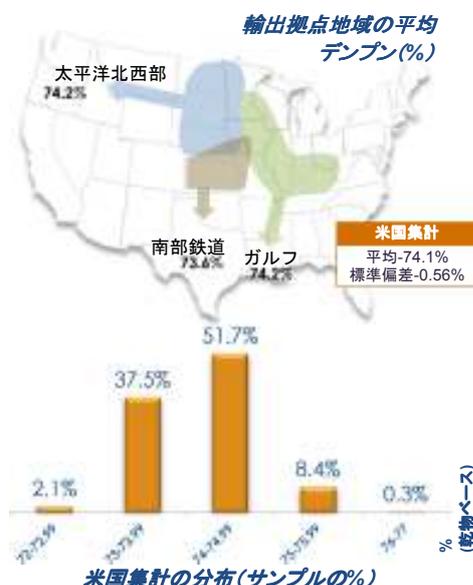


デンプン

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

- 輸出貨物品質報告書の米国集計のデンプン含有率は平均74.1%で、収穫時品質報告書の値をわずかに上回っている。
- 輸出時の米国集計のデンプン含有率の範囲は72.8 から76.2%で、標準偏差値は0.56%である。収穫時品質報告書試料の値と比較すると、範囲はわずかに狭くなり、標準偏差は小さくなり、均一化している。
- すべての試料のうち、60.4%がデンプン含有率74%以上である。
- ガルフECA、太平洋北西ECA、南部鉄道ECAのデンプン平均値はそれぞれ74.2%、74.2%、73.6%で、ガルフECAと太平洋北西ECAのデンプン含有率に大幅な差はない。
- 米国 No.2 o/b (74.1%) および No.3 o/b (74.2%) の契約で船積されたトウモロコシのデンプン含有率に実質的な差は認められない。



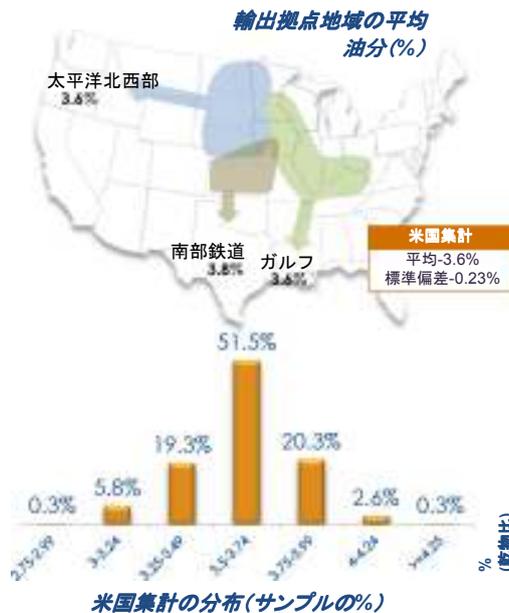


油分

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

- 輸出貨物品質報告書の米国集計の油分含有率は3.6%で、収穫時品質報告書の値である3.7%を下回っている。
- 輸出貨物品質報告書の試料の油分含有率の範囲は2.9から5.0%、標準偏差値は0.23%で、収穫時品質報告書よりも均一化している。
- 米国集計の油分含有率は試料の51.5%が3.5%から3.74%の範囲で、試料の23.2%が3.75%以上である。
- ガルフECA、太平洋北西ECA、南部鉄道ECAの油分平均値はそれぞれ3.6%、3.6%、3.8%である。
- 米国No. 2 o/bの契約で船積されたトウモロコシの平均油分含有率は米国No. 3 o/b契約のトウモロコシの値をわずかに上回っている（小数点以下第二位までの数値で表すとそれぞれ3.62%対3.57%）。



トウモロコシ品質の概要 (2011/12 輸出貨物)



**U.S. GRAINS
COUNCIL**

化学組成のまとめ

ハイライト

- 米国集計のタンパク質含有率平均値は輸出貨物品質報告書も収穫時品質報告書も8.7%であるが、収穫時品質報告書よりも輸出貨物品質報告書の方が均一化している。
- ガルフECA、太平洋北西ECA、南部鉄道ECAのタンパク質平均値はそれぞれ8.7%、8.4%、9.1%で、大幅な差がある。
- 輸出貨物品質報告書の米国集計のデンプン含有率平均値は74.1%で、収穫時品質報告書は73.4%である。ガルフECAおよび太平洋北西ECAのデンプン含有率は74.2%で、南部鉄道ECAではこれを下回っている（73.6%）。
- 輸出貨物品質報告書の米国集計の油分含有率は収穫時品質報告書の3.7%を大きく下回り（3.6%）、南部鉄道ECAの値はガルフECAおよび太平洋北西ECAの値を大幅に上回っている。
- 米国No.2 o/bの契約で船積されたトウモロコシと 米国No.3 o/bの契約で船積されたトウモロコシとの間で、タンパク質、デンプンおよび油分の含有率差は認められない。

化学組成まとめ

	輸出時品質報告					収穫時品質報告				
	試料数	平均	標準 偏差	最小値	最大値	試料数	平均	標準 偏差	最小値	最大値
米国集計						米国集計				
タンパク質（乾物ベース、%）	379	8.7	0.26	7.6	10.0	474	8.7	0.60	6.7	12.5
デンプン（乾物ベース、%）	379	74.1	0.56	72.8	76.2	474	73.4	0.62	71.5	75.4
油分（乾物ベース、%）	379	3.6	0.23	2.9	5.0	474	3.7	0.31	2.0	5.0
ガルフ						ガルフ				
タンパク質（乾物ベース、%）	261	8.7	0.21	8.0	9.4	364	8.7	0.63	6.7	12.5
デンプン（乾物ベース、%）	261	74.2	0.56	72.8	76.2	364	73.5	0.64	71.5	75.4
油分（乾物ベース、%）	261	3.6	0.24	2.9	5.0	364	3.7	0.32	2.0	5.0
米国北西部						米国北西部				
タンパク質（乾物ベース、%）	83	8.4	0.42	7.6	9.5	182	8.5	0.52	6.7	11.0
デンプン（乾物ベース、%）	83	74.2	0.61	72.9	75.6	182	73.6	0.56	71.6	75.4
油分（乾物ベース、%）	83	3.6	0.19	3.1	4.0	182	3.6	0.26	2.8	4.7
南部鉄道						南部鉄道				
タンパク質（乾物ベース、%）	35	9.1	0.29	8.8	10.0	149	9.1	0.62	6.7	12.5
デンプン（乾物ベース、%）	35	73.6	0.45	72.8	74.8	149	73.1	0.65	71.5	74.6
油分（乾物ベース、%）	35	3.8	0.24	3.2	4.2	149	3.7	0.33	2.0	5.0



化学組成まとめ

米国等級 No. 2 o/b 契約品

米国等級 No. 3 o/b 契約品

	米国等級 No. 2 o/b 契約品					米国等級 No. 3 o/b 契約品				
	試料数	平均	試料 標準 偏差	最小値	最大値	試料数	平均	試料 標準 偏差	最小値	最大値
米国集計						米国集計				
タンパク質 (乾物ベース、%)	188	8.7	0.23	7.6	10.0	188	8.7	0.27	7.7	9.5
デンプン (乾物ベース、%)	188	74.1	0.51	72.8	75.6	188	74.2	0.60	72.8	76.2
油分 (乾物ベース、%)	188	3.6	0.23	3.1	5.0	188	3.6	0.22	2.9	4.1
ガルフ						ガルフ				
タンパク質 (乾物ベース、%)	122	8.8	0.19	8.1	9.4	136	8.7	0.21	8.0	9.3
デンプン (乾物ベース、%)	122	74.1	0.53	72.8	75.4	136	74.2	0.59	72.8	76.2
油分 (乾物ベース、%)	122	3.6	0.25	3.1	5.0	136	3.6	0.23	2.9	4.1
米国北西部						米国北西部				
タンパク質 (乾物ベース、%)	31	8.2	0.31	7.6	8.8	52	8.5	0.45	7.7	9.5
デンプン (乾物ベース、%)	31	74.5	0.46	73.6	75.6	52	74.1	0.65	72.9	75.4
油分 (乾物ベース、%)	31	3.5	0.17	3.1	3.8	52	3.6	0.20	3.1	4.0
南部鉄道						南部鉄道				
タンパク質 (乾物ベース、%)	35	9.1	0.29	8.8	10.0	0	0.0	0.00	0.0	0.0
デンプン (乾物ベース、%)	35	73.6	0.45	72.8	74.8	0	0.0	0.00	0.0	0.0
油分 (乾物ベース、%)	35	3.8	0.24	3.2	4.2	0	0.0	0.00	0.0	0.0

トウモロコシ品質の概要 (2011/12 輸出貨物)

物理的ファクター

等級づけのファクターや化学的ファクターではない他の品質特性の試験があり、そのような試験から、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追加的な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、尖頭、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。種皮および尖頭の大半は繊維です。

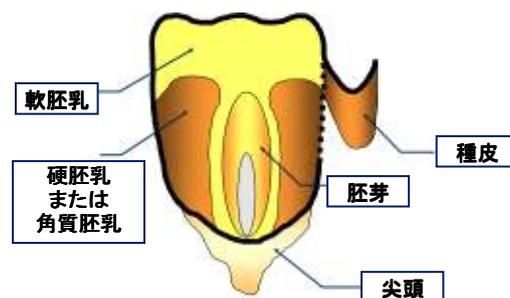


Illustration Courtesy of K.D. Rausch, University of Illinois

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、穀粒固有の性質が影響します。

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による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。軟質粉状胚乳では角質胚乳ほどにはこうした内部ストレスは蓄積されません。従って、角質胚乳の割合が大きいトウモロコシでは角質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。1つの穀粒に1本だけ亀裂がある場合も、2本以上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が、取扱い時の衝撃によりストレスクラックが増えることもあります。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るため、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。また、発芽も抑制される。

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。

トライミリング

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。

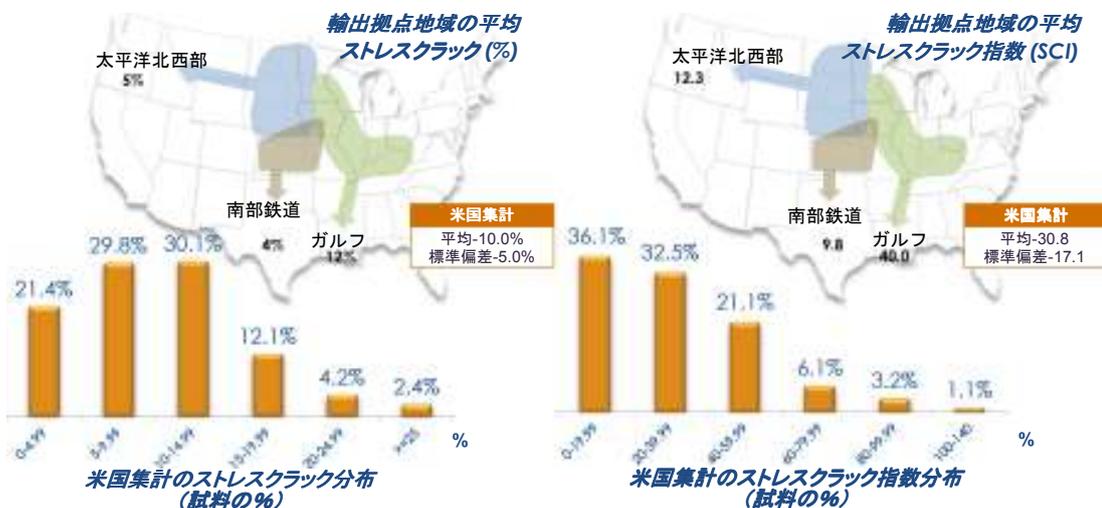
生育条件は人工乾燥の必要性に大きな影響を及ぼし、生産地域ごとにストレスクラックの程度を左右します。トウモロコシが流通経路を移動するに従って、ストレスクラックのある穀粒の中には破損するものが出てくるため、破損粒の割合が増加することになります。同時に、取扱い中に他の穀粒または金属と衝突することにより、新たに亀裂が発生することもあります。ストレスクラックのあるトウモロコシが破損粒になり、それまでストレスクラックが発生していなかったトウモロコシ粒が取扱い中にストレスクラック粒となった結果、流通経路内での移動に従って全体的なストレスクラック粒の割合が増加することも、あるいは一定の割合が維持されることもあります。ストレスクラック粒の割合が一定のまま維持されるか否かは衝撃の程度に依存します。



ストレスクラックの計測法には「ストレスクラック率」（1本以上のクラックのあるトウモロコシ粒の割合：SC）や、1本、2本およびそれ以上のストレスクラックの加重平均を示す「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ではクラックの程度を示します。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。一般に、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

- 米国集計のトウモロコシのストレスクラック率は輸出時の値が収穫時品質報告書の値を上回るが（10%対3%）、依然として非常に低いレベルである。
- ストレスクラック率の範囲は0から33%で、標準偏差値は5.0%である。
- ストレスクラック率の分布を見ると、輸出時では試料の93.4%が20%未満であることが分かる。この値は収穫時の98.1%を下回っているが、依然として比較的破損粒が少なく、トウモロコシの取扱い方が非常に良好であることを示唆している。
- ガルフECA、太平洋北西ECAおよび南部鉄道ECAのストレスクラック率は低く、それぞれ12%、5%、4%である。ガルフECAのストレスクラック率の平均値は他の2 ECAの値を大幅に上回っている。
- 米国 No.2 o/b の契約で船積みするトウモロコシのストレスクラック率は 9.0%で、米国No.3 o/bの11.0%をわずかに下回っている。当然のことながら、米国No.2 o/b の契約で船積みするトウモロコシのBCFM値（2.7%）は米国No.3 o/bのBCFM値である3.4%をわずかに下回っている。従って、高めのBCFM値で契約したトウモロコシではストレスクラック率もわずかに高くなるのがわかる。
- 輸出時の米国集計のSCI平均値は30.8と低く、積み降ろしによる損傷が最小限に抑えられている。
- 輸出貨物品質報告書の試料の68.6%がSCI値40未満で、2本または複数のストレスクラックを持つ穀粒が比較的少ないことを示唆している。
- 米国No. 2 o/bの契約で船積みするトウモロコシの米国集計のSCI値は28.8で、米国 No. 3 o/bで船積みするトウモロコシの値である34.9をわずかに下回っている。
- 2011年度トウモロコシのストレスクラックの値が比較的低いということは、トウモロコシの積み降ろし時の低い破損粒率、ウェットミリングでの高いデンブン回収率、ドライミリングでのフレーキンググリッツの高い収量、優れたアルカリ処理適性を示している。



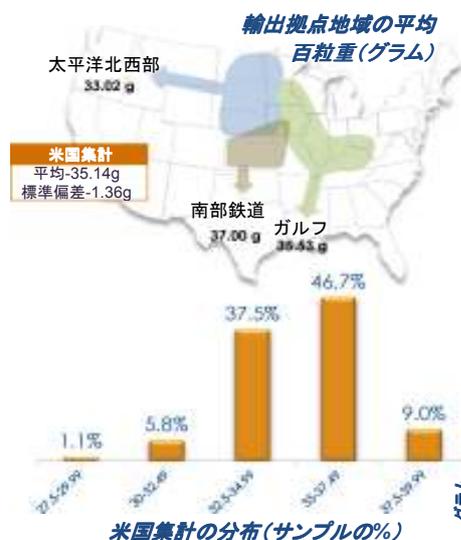
トウモロコシ品質の概要 (2011/12 輸出貨物)

百粒重、粒体積および粒真密度

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多くの場合生育条件を反映しています。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。

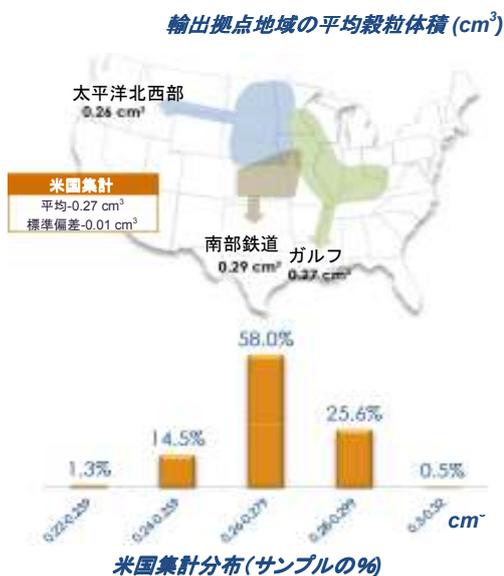
トウモロコシ粒の真密度は百粒の重量を百粒の体積（押しかけ容積）で除して求めます。真密度は相対的にトウモロコシ粒の硬度を表すため、アルカリ処理やドライミリングを行う際に有用です。硬度を示す相対的指標としての真密度はハイブリッド品種のトウモロコシの遺伝的要素および生育期の環境の影響を受けることがあります。一般に、密度の高いトウモロコシは密度の低いトウモロコシよりも取扱上の破損が発生し難いものの、高温乾燥が使用されるとストレスクラックが発生するリスクは高くなります。真密度が1.30 g/cm³を超えると、ドライミリングやアルカリ工程に望ましい非常に硬質なトウモロコシと考えることができます。真密度が1.275 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

- 輸出貨物品質報告書の米国集計の百粒重平均は35.14 gで、28.24から39.30 gの範囲である。範囲が狭く、標準偏差値が低くなっていることから分かるように、輸出貨物品質報告書の試料は収穫時品質報告書よりも均一化している。
- 太平洋北西ECAの百粒重が最も低い値である。
- 百粒重の分布から全国集計試料の55.7%が35 g以上であることがわかる。

- 輸出トウモロコシの全国集計の穀粒体積平均値は0.27cm³で、0.22から0.30cm³の範囲である。収穫時品質報告書よりも輸出貨物品質報告書の方が分布範囲は狭く標準偏差も小さいことから、より均一であることが示されている。
- ECAの中では太平洋北西ECAの穀粒体積が最も小さい(0.26 cm³)。
- 穀粒体積は米国集計試料の約84.1%が0.26 cm³以上である。





- 輸出時の米国集計穀粒の真密度平均値は 1.291 g/cm³、範囲は1.244から1.327 g/cm³で、収穫時品質報告書の値をわずかに上回っている。真密度のこの見かけの増加は、輸出貨物品質報告書の水分含有率が低い（収穫時の全国集計平均値は15.6%で輸出時は14.3%）ことや、無傷で完全な穀粒のみを対象として真密度の試験を実施したことが一因と考えられる。
- 真密度は輸出時試料の88.2%が1.275 g/cm³以上である。
- ECA別では、輸出時試料の真密度の平均値は太平洋北西ECAが他の2 ECA地域よりも低い1.276 g/cm³で、収穫時試料の真密度平均値も同様に最も低かった。

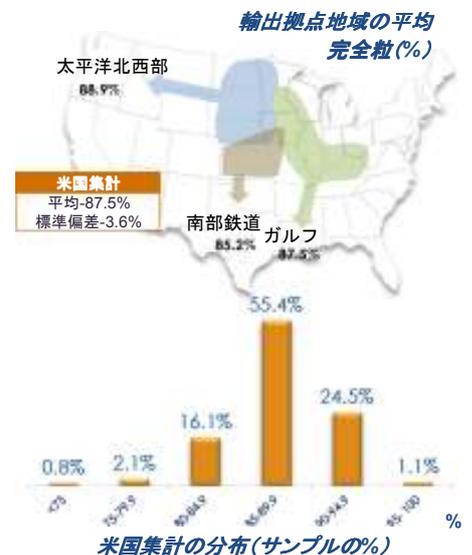
完全粒

完全粒試験という名称により完全粒率とBCFM率とが反比例の関係にあるように思われますが、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。その名が示すように、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、穀粒の種皮に存在するどのような傷も、アルカリ処理工程での吸水状態に影響を及ぼします。穀粒に傷や亀裂があると、水分は無傷な完全粒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、運転停止で多額の費用がかかる事態を招いたり、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。第二に、無傷で完全な穀粒であれば、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。契約で指定したレベルを上回る完全粒のトウモロコシが納入された場合には、追加のプレミアムを支払う企業さえあります。

ハイライト

- 輸出時の米国集計の完全粒率の平均値は87.5%である。
- ガルフ、太平洋北西地域、および南部鉄道地域の完全粒率平均値はそれぞれ87.5%、88.9%、85.2%で、相当な差がある。
- 完全粒率は輸出時試料の25.6%が90%を上回り、他の輸出試料の55.4%は85から89.9%の範囲である。
- 米国No. 2 o/b の契約で船積みされるトウモロコシの完全粒率は87.6%で、米国No. 3 o/bの場合の87.8%とほぼ同じである。
- 輸出時でも完全粒率は依然として比較的高い値であり、保管時の品質維持が容易になり、取扱い時の破損粒率を比較的低く抑えることが可能になると考えられる。



トウモロコシ品質の概要 (2011/12 輸出貨物)

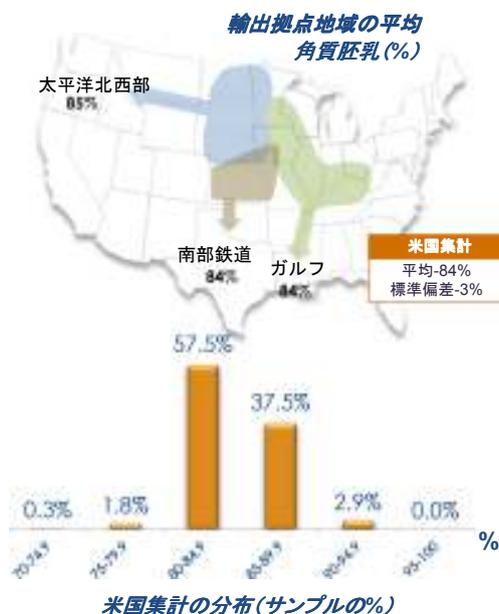
角質胚乳

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（硬質）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の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の業者は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

- 米国集計の角質胚乳率の平均値は輸出時も収穫時も84%だった。71%から95%という範囲は基本的に収穫時から変化しなかった。
- ガルフECAと南部鉄道ECAとでは角質胚乳率にほとんど差はないが、太平洋北西ECAの値はそれらを大幅に上回っている。
- 角質胚乳率は米国No.2 o/bの契約で船積みするものと米国No.3 o/bの契約で船積みするものとの間にほとんど差はない。
- 輸出貨物品質報告書の米国集計トウモロコシ試料の97.9%が角質胚乳率80%を超えているが、収穫時品質報告書では80%を上回った試料は78.9%でしかなかった。





物理的ファクターのまとめ

ハイライト

- 輸出貨物品質報告書の試料の低いストレスクラック率（10%）は、トウモロコシ取扱い時の破損粒率が低下し、ウェットミリング加工におけるデンプン回収率が向上し、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が増加し、アルカリ処理の加工性が優れている可能性を示している。
- 穀粒の真密度（1.291 g/cm³）は輸出貨物品質報告書の試料の値が収穫時品質報告書の試料の値を上回っている。輸出時の水分含有率がわずかに低いこと、および無傷で完全なトウモロコシ粒のみを対象として真密度の試験を実施したことがこの増加の一因と考えられる。真密度が最も低いのは太平洋北西ECAである。
- 輸出時の比較的高い完全粒率（87.5%）と低いストレスクラック率（10%）は、貨物積み降ろし時の破損粒率が低いトウモロコシであることを示している。
- 輸出貨物品質報告書の試料の約60%が角質胚乳率85%未満で、これはウェットミリング業者および飼料業者にとって望ましい柔らかさを持つ利用し易いトウモロコシであることを示している。

物理的ファクターのまとめ

	輸出貨物品質報告					収穫時品質報告					
	試料数	平均	標準偏差	最小値	最大値	試料数	平均	標準偏差	最小値	最大値	
米国集計						米国集計					
ストレスクラック (%)	379	10	5	0	33	474	3	3	0	40	
ストレスクラック指数	379	30.8	17.1	0	125	474	4.6	6.0	0	129	
百粒重 (g)	379	35.14	1.36	28.24	39.30	474	33.11	2.64	16.59	44.48	
粒体積 (cm ³)	379	0.27	0.01	0.22	0.30	474	0.26	0.02	0.14	0.34	
粒真密度 (cm ³)	379	1.291	0.009	1.244	1.327	474	1.267	0.019	1.163	1.328	
完全粒 (%)	379	87.5	3.6	66.6	96.0	474	93.8	3.9	57.0	99.8	
角質胚乳 (%)	379	84	3	71	94	474	84	5	71	95	
ガルフ						ガルフ					
ストレスクラック (%)	261	12	5	1	33	364	3	3	0	40	
ストレスクラック指数	261	40.0	20.9	2	125	364	4.6	6.3	0	129	
百粒重 (g)	261	35.53	1.32	31.99	38.37	364	33.66	2.63	16.59	44.48	
粒体積 (cm ³)	261	0.27	0.01	0.24	0.30	364	0.26	0.02	0.14	0.34	
粒真密度 (cm ³)	261	1.295	0.009	1.268	1.327	364	1.271	0.019	1.168	1.328	
完全粒 (%)	261	87.5	3.7	66.6	96.0	364	94.0	3.9	57.0	99.8	
角質胚乳 (%)	261	84	3	71	94	364	85	5	71	95	
太平洋岸北西部						太平洋北西部					
ストレスクラック (%)	83	5	3	0	13	182	3	3	0	35	
ストレスクラック指数	83	12.3	8.5	0	37	182	5.2	6.6	0	129	
百粒重 (g)	83	33.02	1.50	28.24	35.71	182	31.27	2.59	21.82	44.48	
粒体積 (cm ³)	83	0.26	0.01	0.22	0.28	182	0.25	0.02	0.18	0.34	
粒真密度 (cm ³)	83	1.276	0.011	1.244	1.296	182	1.252	0.021	1.163	1.314	
完全粒 (%)	83	88.9	3.0	79.2	95.4	182	93.6	3.9	74.8	99.6	
角質胚乳 (%)	83	85	2	78	91	182	84	4	71	95	
南部鉄道						南部鉄道					
ストレスクラック (%)	35	4	3	0	12	149	2	2	0	11	
ストレスクラック指数	35	9.8	10.2	0	44	149	2.9	3.0	0	21	
百粒重 (g)	35	37.00	1.29	34.36	39.30	149	33.39	2.80	16.59	44.48	
粒体積 (cm ³)	35	0.29	0.01	0.26	0.30	149	0.26	0.02	0.14	0.34	
粒真密度 (cm ³)	35	1.295	0.006	1.284	1.310	149	1.273	0.017	1.163	1.314	
完全粒 (%)	35	85.2	4.1	76.8	92.4	149	93.2	3.8	71.0	99.2	
角質胚乳 (%)	35	84	2	80	88	149	83	4	71	95	

¹ 輸出貨物の母集団平均値を予測するための相対許容誤差（Relative ME）は±10%を超えている。

トウモロコシ品質の概要 (2011/12 輸出貨物)



**U.S. GRAINS
COUNCIL**

物理的ファクターのまとめ

米国等級 No. 2 o/b 契約品 試料

米国等級 No. 3 o/b 契約品 試料

	試料数	平均	標準 偏差	最小値	最大値		試料数	平均	標準 偏差	最小値	最大値
米国集計						米国集計					
ストレスクラック (%)	188	9	4	0	26	188	11	5	0	33	
ストレスクラック指数	188	28.8	15.0	0	97	188	34.9	19.3	0	125	
百粒重 (g)	188	34.98	1.20	31.10	39.30	188	35.11	1.35	28.24	38.37	
粒体積 (cm ³)	188	0.27	0.01	0.24	0.30	188	0.27	0.01	0.22	0.30	
粒真密度 (cm ³)	188	1.292	0.007	1.265	1.313	188	1.289	0.010	1.244	1.322	
完全粒 (%)	188	87.6	3.2	72.6	96.0	188	87.8	3.9	66.6	95.6	
角質胚乳 (%)	188	84	3	71	93	188	85	2	78	93	
ガルフ						ガルフ					
ストレスクラック (%)	122	11	5	2	26	136	12	6	1	33	
ストレスクラック指数	122	37.4	18.5	2	97	136	41.8	22.4	2	125	
百粒重 (g)	122	35.18	1.29	32.13	38.18	136	35.84	1.23	32.19	38.37	
粒体積 (cm ³)	122	0.27	0.01	0.25	0.29	136	0.28	0.01	0.25	0.30	
粒真密度 (cm ³)	122	1.295	0.007	1.275	1.313	136	1.294	0.009	1.268	1.322	
完全粒 (%)	122	87.5	3.2	72.6	96.0	136	87.5	4.2	66.6	95.6	
角質胚乳 (%)	122	84	3	71	93	136	85	2	80	93	
米国北西部						米国北西部					
ストレスクラック (%)	31	5	2	1	9	52	5	3	0	13	
ストレスクラック指数	31	11.0	6.4	1	28	52	13.0	9.5	0	37	
百粒重 (g)	31	33.38	0.88	31.10	34.95	52	32.81	1.74	28.24	35.71	
粒体積 (cm ³)	31	0.26	0.01	0.24	0.27	52	0.26	0.01	0.22	0.28	
粒真密度 (cm ³)	31	1.281	0.008	1.265	1.296	52	1.273	0.012	1.244	1.296	
完全粒 (%)	31	89.0	2.9	83.4	93.8	52	88.8	3.0	79.2	95.4	
角質胚乳 (%)	31	85	2	81	90	52	85	2	78	91	
南部鉄道						南部鉄道					
ストレスクラック (%)	35	4	3	0	12	0	0	0	0	0	
ストレスクラック指数	35	9.8	10.2	0	44	0	0.0	0.0	0	0	
百粒重 (g)	35	37.00	1.29	34.36	39.30	0	0.00	0.00	0.00	0.00	
粒体積 (cm ³)	35	0.29	0.01	0.26	0.30	0	0.00	0.00	0.00	0.00	
粒真密度 (cm ³)	35	1.295	0.006	1.284	1.310	0	0.000	0.000	0.000	0.000	
完全粒 (%)	35	85.2	4.1	76.8	92.4	0	0.0	0.0	0.0	0.0	
角質胚乳 (%)	35	84	2	80	88	0	0	0	0	0	



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。

先に発表した収穫品質報告書には、収穫時試料からアフラトキシンまたはDONが検出された事例の概要を記載していますが、この輸出貨物品質報告書でも再度、輸出トウモロコシ試料からアフラトキシンまたはDONが検出された事例について報告します。個々のアフラトキシンおよびDONのレベルについては報告しません。今後さらに輸出貨物品質報告書が発表されていくに従って、輸出時のトウモロコシに存在するマイコトキシンの年度別変化パターンの知識が得られるようになります。

アフラトキシンおよびDONの存在評価

米国の穀物の生産・流通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、市場で対応するための厳格な保護対策を実施しています。種子会社、トウモロコシ生産者、穀物販売者、取扱い業者そして米国トウモロコシの輸出顧客が、トウモロコシが米国の輸出システム内を移動していく間に、生育条件、その後の保管、乾燥、取扱いおよび輸送がマイコトキシン汚染にどのように影響を与えるのかということも理解したいという希望も持っていることが明らかになりました。輸出システム内の諸条件がアフラトキシンおよびDONの拡大に及ぼす影響を評価するため、本報告書では今回の試験の一環として、採取した輸出試料のすべてを対象としたFGIS公式のアフラトキシン試験及び別に実施したDON試験の結果をまとめています。

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

輸出貨物品質報告書のための379の試料すべてについて、FGIS承認テストキットを用いてアフラトキシンおよびDONの分析を実施しました。そのうちの332の試料はアフラトキシンに関する定量的な結果を得るための試験に用いました。残りの47試料は、輸出契約で要求される定量的結果を得るための試験に用いました。アフラトキシン試験結果については、米国集計では試料の68.6%が2 ppb以下で、試料の残り31.4%は2から20 ppbの範囲でした。すべての試料がFDAの規制レベルである20 ppbを下回っていました。

DON

総試料に占める割合

	< 0.5 ppb	> 0.5 to < 5.0 ppb*	> 5.0 ppb*	合計
ECA 別米国集計	84.2%	15.8%	0.0%	100.0%
ガルフ	87.4%	12.6%	0.0%	100.0%
太平洋北西部	98.8%	1.2%	0.0%	100.0%
南部鉄道	25.7%	74.3%	0.0%	100.0%

アフラトキシン

総試料中の割合

	< 2 ppb	> 2 to < 20 ppb*	> 20 ppb*	合計
ECA 別米国集計	68.6%	31.4%	0.0%	100.0%
ガルフ	71.6%	28.4%	0.0%	100.0%
太平洋北西部	45.8%	54.2%	0.0%	100.0%
南部鉄道	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%

*このカテゴリーには、ガルフおよび北西部からの定量キットで試験された47試料の結果が含まれる。(379試料のうちの12.2%)によって、このカテゴリーで≤ 20 ppb または > 20 ppb と報告された定量試験結果の中には、実際は≤ 2 ppb であった可能性があるものも存在する。

379試料を対象としたDONの定量試験では、全国集計で84.2%が0.5 ppm未満という結果になりました。残りの試料は0.5から5.0 ppmの範囲で、すべての試料がFDAの勧告レベルである5.0 ppm（鶏および牛では10 ppm）を下回っていました。

トウモロコシ品質の概要 (2011/12 輸出貨物)



U.S. GRAINS
COUNCIL

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、特定のマイコトキンが人間や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。人間や家畜は様々なレベルのマイコトキ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ことがあります。

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」と呼び、全種類をまとめて「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や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。

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、または動物の用途が未知の場合のトウモロコシ等の穀物
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 ポンド以上の仕上げ豚用のトウモロコシ等の穀物
300 ppb	仕上げ期肉牛（飼育牛）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、連邦法に従ってアフラトキシンの試験を実施しなければなりません。契約によりこの要件が免除されている場合を除き、FGISによる試験が求められます。FDAの規制レベルである20 ppbを超えるトウモロコシは、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。こうした要件が効を奏し、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、そうす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。

トウモロコシ輸出システム

このアメリカ穀物協会の輸出トウモロコシ品質報告書 2011/12 は、輸出のために船積みされようとしているトウモロコシの品質を調査することにより、トウモロコシの最新の情報を提供します。トウモロコシの品質には以下のように分類することのできる一定の範囲の特性が含まれています。

- 固有品質特性- タンパク質、油分およびデンプンの含有率、硬度および密度はいずれも固有品質特性で、エンドユーザーにとって非常に重要である。こうした特性は目で確認することはできず、分析試験でのみ見極めることが可能である。
- 物理的品質特性- 物理的品質特性は穀粒の目視可能な外観または穀粒特性の測定に関わるものである。こうした特性には穀粒のサイズ、形状、色、水分、容積重、総損傷粒、熱損傷粒、破損粒、ストレスクラックおよび潜在的破損粒が含まれる。こうした特性の大半は、公的な USDA 等級を受ける時に測定する。
- 衛生品質特性- 衛生品質特性はトウモロコシの清浄性を示すものである。こうした特性には異物の存在、臭気、粉塵、ネズミの排泄物、虫、

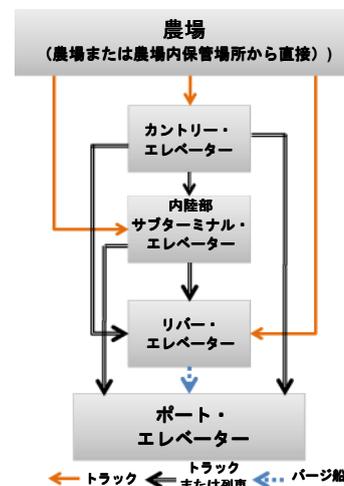
残滓、菌汚染およびミリング不適合物質が含まれる。

固有品質特性は遺伝的要素および生育期の条件から大きな影響を受け、トウモロコシが流通システム内を移動していても、通常こうした特性は米国集計レベルでは変化しません。一方物理的および衛生面での特性は流通経路内を移動していくに従って変化することがあります。トウモロコシ販売および流通関係者は物理的および衛生上の品質の低下を予防し、あるいはこれを最小限に抑えるため、流通経路の各段階で乾燥や調整などの技術的介入を行います。収穫品質報告書では 2011年度トウモロコシの品質を流通システムの入口で評価し、良好である旨を報告しました。この輸出貨物品報告書では、その後の作業、つまり輸出貨物として船積みされる時点までの乾燥、取扱い、混合、保管および輸送がトウモロコシに及ぼす影響に関する情報を提供しています。こうした評価の背景について理解して頂くために、以降のセクションには輸出までのトウモロコシの流れ、流通経路の移動中に行われる作業、こうした作業がトウモロコシの品質に及ぼす影響について記載します。最後に、米国政府による検査および等級付けについて検討します。

米国トウモロコシの輸出までの流れ

収穫されたトウモロコシは、生産者によって農場内の保管場所、エンドユーザーまたは穀物用の商業施設へと運ばれます。多くの生産者が生産したトウモロコシを自分たちの家畜の飼料に用いますが、トウモロコシの大部分は他のエンドユーザー（飼料工場または加工業者）あるいはカントリー・エレベーター、内陸部のサブターミナルまたはリバー・エレベーター、ポート・エレベーターなどの穀物取扱商業施設へと輸送されます。カントリー・エレベーターは通常取扱う穀物の大部分を生産者から直接受け取ります。サブターミナル・エレベーター（内陸部または河川）は内陸部への輸送のため輸送専用の貨物列車またはバージ船に積載するのに適切な量単位でトウモロコシを集荷します。

サブターミナル・エレベーターは取扱量の半分以上を他のエレベーター（通常はカントリー・エレベーター）から受け取ります。多くの場合、こうしたエレベーターは貨物列車やバージ船に大量の穀物を容易に積載できるような場所に位置しています。カントリー・エレベーター、内陸部のサブターミナル・エレベーターおよびリバー・エレベーターのいずれもが、トウモロコシの乾燥、クリーニング、混合、保管および取扱いの業務を行っています。大型の内陸部サブターミナルやリバー・エレベーターでは取扱うトウモロコシの大半を輸出市場用のポート・エレベーターへと送ります。右図は輸出市場向けトウモロコシの流れを示しています。





トウモロコシ流通経路が品質に及ぼす影響

米国トウモロコシ業界はトウモロコシが農場から輸出港へと移動する間の物理的および衛生上の品質特性の変化を最小限に抑える努力をしていますが、トウモロコシ輸出システムの中にはこうした品質特性が変化する様々な段階が存在します。トウモロコシの生物学的性質の観点からも、生産地から輸出港へとトウモロコシを輸送するとき求められる物理的な取扱いや調整という観点からも、こうした変化を回避することは不可能です。続くセクションでは、何故トウモロコシの品質が農場から外航船に至るまでの間に変化する可能性があるのかを知っていただくために、米国トウモロコシ流通システム内での様々な活動を紹介します。

乾燥および調整

一般に、生産者は水分含有率が18から30%の状態です。トウモロコシを収穫します。収穫したトウモロコシの大半は安全に保管できる水分含有率である14から17%を上回っています。従って、水分を多く含んだ収穫時のトウモロコシを乾燥させ、安全に保管、輸送することができると考えられるレベルまで水分含有率を引き下げなければなりません。調整には温度と水分含有率を制御するための通気ファンを用います。温度と水分含有率はいずれも保管安定性を監視する上で重要な要素です。乾燥および調整は農場または商業施設で実施します。トウモロコシの乾燥には自然の空気をを用いた装置、あるいは低温または高温の乾燥装置を用います。高温乾燥法では自然の空気をを用いた方法または低温乾燥法を用いた場合よりもトウモロコシにストレスクラックが発生しやすく、ひいては取扱い中の破損が起こりやすくなります。しかしながら、手配上の都合により、高温乾燥が唯一の選択肢となる場合があります。

保管および取扱い

米国のトウモロコシの保管方法は、縦型金属貯蔵容器、コンクリート製サイロ、平屋貯蔵庫（建屋）、直置きに大別されます。床に組み込んだ通気ダクトまたは床上の空気ダクトによって穀物に均一な空気が流れ続けるため、床一帯に孔の開いた縦型貯蔵容器とコンクリート製サイロが最も管理し易い保管方法です。平屋貯蔵庫や直置きは収穫量が通常量を上回り、追加的な保管場所が必要な場合に、短期間の保管用として用いられます。ただし、こうした保管方法では通気ダクトの取り付けが困難で、多くの場合均一な通気は得られません。さらに、直置きではカバーがないこともあり、

気象要素の影響を受ける可能性があり、その結果カビによる損傷が発生することがあります。

取扱い装置にはバケット・エレベーター方式の垂直昇降機、あるいは多くはベルトコンベヤやフローコンベヤ方式の水平コンベヤなどがあります。ある程度の損傷は、トウモロコシの取扱い方法のいかに問わず発生します。損傷率は使用する装置の種類、穀物衝撃の程度、穀物温度、水分含有率、およびストレスクラックや硬胚乳といったトウモロコシの品質ファクターによって変化します。

損傷率が増加するに従って、より多くの微粉（トウモロコシのかげら）が発生し、通気の均一性がさらに損なわれることになり、最終的に菌や虫がはびこるリスクが高まります。

クリーニング

トウモロコシのクリーニングでは、大型の非トウモロコシ物質を分離または除去し、篩にかけてしなびた小さなトウモロコシ粒、穀粒の破片や微細物質の除去が行われます。この過程で破損粒およびトウモロコシに混入している異物の量を減らします。契約仕様を満たすために必要とされるクリーニング量は、破損粒発生の可能性、当初の破損粒率、目的とする等級ファクターによって決まります。クリーニングは、洗浄装置が利用できる限り、流通経路のいずれの段階でも実施される可能性があります。

トウモロコシの輸送

米国の穀物輸送・流通システムはおそらく世界で最も効率的なシステムです。通常、生産者が自分の農場のトラクターワゴンまたはトラックでトウモロコシを農場にある貯蔵庫かカントリー・エレベーターに運ぶことからシステムは始まります。その後トウモロコシはトラックまたは鉄道でカントリー・エレベーターから内陸部サブターミナル・エレベーターへと運ばれ、バージ船でリバー・エレベーターから次の目的地に輸送されます。輸出港に到着すると、トウモロコシは外航船に積み込まれます。この複雑かつ柔軟な流通システムの存在により、トウモロコシは何度も積み降ろしを経験することになり、破損粒の量、ストレスクラックが増加し、破損が多く発生する結果となります。

トウモロコシの品質が保管中に変化するように、輸送中にも品質は変化します。

こうした変化の原因として水分含有率のばらつき（均一性の欠如）、温度差による水分移動、高い湿度や気温、カビの発生、虫の侵入が挙げられます。

一方、一般に固定的な保管施設での品質管理よりも輸送中の品質管理を困難にするいくつかの要因が穀物輸送には存在します。

第一に、通気装置を備えた輸送手段がほとんどないため、輸送中の熱移動や水分移動に対処することができません。この他の要素として、バージ船や外航船に積み込むと中央近くに微細物質が集積する（スパウトライン）現象を挙げることができます。このため、完全粒は両端に移動しがちになり、微細物質は中央部に分離することになります。最終目的地に到着するまでの各段階で行われる荷卸しで、同様の分離が発生します。

米国政府による検査および等級付け

目的

世界のトウモロコシのサプライチェーンには、あらゆるエンドユーザーからの幅広いニーズを満たす、検証と予測が可能な一貫性のある管理手段が求められます。標準的な検査手順および等級付け基準に基づいて実施される管理手段は以下を目的としています。

1. 穀物の到着に先立ち、バイヤーに品質に関する情報を提供すること
2. エンドユーザーの食料・飼料の安全を保護すること

米国は穀物輸出で広く用いられ、輸出契約で言及される公的な基準と業界基準の双方を組み合わせで使用していることが世界的に認められています。等級別に販売され、海外に外航船で輸出される米国のトウモロコシは、少数の例外を除き、公的な検査を受け、USDAの連邦穀物検査局（FGIS）による評価を受けなければなりません。

資格を有する州立および私立の検査機関がFGISにより公的代理機関として認定され、内陸部の所定の場所でトウモロコシの検査および評価を行っています。加えて、特定の州立検査機関はFGISからの委託を受け

品質への影響

タンパク質をはじめとする固有品質特性はトウモロコシ粒の内部で変化することはありません。ところが、トウモロコシが米国トウモロコシ流通経路を移動するに従って、複数の出所のトウモロコシが混ぜ合わされ、その結果、固有品質特性の平均値は出所の異なるトウモロコシの品質の影響を受けることとなります。

しかしながら、すでに述べた販売および流通活動による物理的および衛生面での品質特性の変化を避けることはできません。影響を受ける可能性のある特性には、容積重、被害粒、破損粒、粒径、ストレスクラックの程度、水分含有率とそのばらつき、異物およびマイコトキシンレベルが含まれます。

て、所定の輸出施設で公的な検査および評価を行うことができます。FGISの現地事務所の職員がこうした代理機関の業務および実施方法を監督しています。

検査およびサンプリング

輸出用の積み込みを行うエレベーターはFGISまたはFGISが委託した州立機関に対し、輸出契約に従って積み込むトウモロコシの契約品質を記載した船積み指示書を提出します。この船積み指示書には海外のバイヤーと米国のサプライヤーとの間で合意されたトウモロコシの米国等級契約要件とともに、タンパク質含有率の下限、水分含有率の上限、その他の特殊要件など、バイヤーから特別に要求される事項が記載されています。公的検査官は荷積みされたトウモロコシが船積み指示書の要件を実際に満たしているか否かを検査し、認証します。FGISによる検査が義務付けられていない品質ファクターに関する試験や、FGISが当該地域では試験することができない品質ファクターについては、独立系検査機関による試験が認められ、実際にこうした機関が試験を実施しています。



トウモロコシの輸送単位または「ロット」は「サブロット」に分割されます。等級付けのための代表試料は、FGISの承認を受けたサンプリング装置であるディバーターを用いて、こうしたサブロットから採取します。最終的な出荷のために送られている途中で、このサンプリング装置を用いて流れている状態のトウモロコシから500ブッシェル（約12.7メートルトン）単位で試料を採取します。この単位ごとに採取した試料をサブロット別にまとめ、有資格検査官がこれを評価します。結果は統計手法を用いてログに入力し、契約仕様に基づいて各ファクターの可否を判断します。いずれのファクターであれ、要件を満たさないものがあるサブロットはエレベーターに戻されるか、別途証明書が発行されます。契約要件を満たすすべてのサブロットの各試験対象ファクターの平均値を最終的な証明書に記載します。

等級付け

イエローコーンは5種類の米国数値等級および米国試料等級に分別されます。各等級には容積重、破損粒&異物混入（BCFM）、総被害粒、および総被害粒の低位要素である熱損傷粒の限度値が設けられています。各等級の限度値については36ページの「等級要件および換算」セクションの表にまとめています。要請があった場合には、FGISはこの他にストレスクラック、タンパク質、油分、マイコトキシンなどの水分およびその他の特性に関する証明書も発行します。場合によっては契約内容に応じて、独立系検査機関が非公式FGIS試験を実施することがあります。

トウモロコシの輸出契約書では契約等級だけでなく、貨物に関係する様々な条件が規定されます。等級ファクターの限度値をすべて同時に満たすことは必ずしも可能でないため、等級ファクターによっては当該等級を上回るものもありますが、いずれのファクターも当該等級限度を下回ることはありません。例えば、容積重はほぼすべてのサブロットで米国No. 1を上回っていると考えられます。こうした柔軟性が認められよう、契約書ではしばしば「米国No. 2以上」あるいは「米国No. 3以上」と記載されています。こうした指定方法を用いることにより、等級の限度値に近い等級ファクターと、等級仕様による要求レベルを上回るファクターとが混在することが可能になります。



調査設計およびサンプリング

概要

本輸出貨物品質報告書のための統計試料設計およびサンプリング・プロセスの要点を以下に示します。

- 先般、収穫品質報告書のために開発したプロセスを踏襲し、ガルフ地域、太平洋北西地域、南部鉄道地域という輸出拠点地域（ECA）ごとに試料を階層化した。
- 95%の信頼水準で、最大の相対許容誤差（Relative ME）10%を達成し、各 ECA からの比例抽出を確実化するための目標試料総数を 394 とし、内訳はガルフ地域から 261、太平洋北西地域から 83、南部鉄道地域から 50 とした。
- 南部鉄道 ECA の試料はテキサス州ガルベトン港で採取した。理由は、内陸部鉄道輸送貨物の検査試料は USDA の連邦穀物検査局（FGIS）ではなく、FGIS から委託を受けた複数の公式代理機関が採取および検査を担当しており、検査データは FGIS コンピュータシステムに保存されておらず、従って内陸部鉄道輸送試料を用いる手配が実行不可能であったためである。FGIS および業界専門家の判断では、テキサス州から船で輸出されるトウモロコシは南部鉄道 ECA からのトウモロコシと比較的よく似ているものとする事ができる。
- 5年間の平均的な輸出ペースを基に、試料は4週間で採取できると計算したが、予想に反し、この季節の輸出向け出荷ペースが落ちていたため、サンプリング・プロセスを修正し、サンプリング頻度を倍に変更した。
- テキサスの輸出検査は非常にゆっくりとしており、本報告書用の目標数の試料を期限内に採取することができなかった。結果として、南部鉄道地域用としては 35 の試料を採取した。各品質ファクターの全国集計平均値は、目標としていた ECA 比に応じて加重平均とした。
- 試料の統計的妥当性を評価するため、米国集計および ECA3 地域別にそれぞれの品質特性の相対許容誤差（Relative ME）を算出した。太平洋北西 ECA および南部鉄道 ECA の 3 種類の品質ファクター、すなわち総損傷率、ストレスクラック率およびストレスクラック指数を除き、すべての品質ファクター結果の相対許容誤差は $\pm 10\%$ を下回った。

調査設計

本輸出貨物品質報告書の目標母集団は、米国 2010 年の輸出量の約 98% を占める米国主要トウモロコシの 12 生産州のイエロー・コモディティ・コーンです。米国から輸出されるイエローコーンの適切な統計サンプリングを確実化するため、**層別比例サンプリング手法**を採用しました。本報告書のサンプリング手法を規定するふたつの主要特性は、サンプリング対象母集団の階層化と部分母集団または階層別のサンプリング比です。

階層化サンプリングでは調査対象母集団を階層と呼ばれる明確かつ重複のない部分母集団に分割します。収穫・輸出貨物トウモロコシ品質報告書では、トウモロコシ輸出 12 州を我々が「輸出拠点地域」（ECA）と呼ぶ 3 つのグループに大まかに分類しています。これら 3 種の ECA を決定するのは次の 3 つの主要輸出経路です。

1. 通常米国メキシコ湾の港から輸出する地域から構成されるガルフ ECA
2. トウモロコシを太平洋北西地区およびカリフォルニアの港から輸出する地域を含む太平洋北西部 ECA
3. 通常鉄道によりトウモロコシをメキシコに輸出する地域で構成される南部鉄道 ECA





FGIS輸出穀物情報システム（EGIS）のデータを用い、2008年から2010年のイエローコーン年間総輸出量に占める各ECA輸出量の割合を算出し、3年の平均値を求めました。

この平均輸出比は**サンプリング比**（総試料に占める各ECA試料のパーセンテージ）および最終的に各ECAから入手するイエローコーン試料の数に反映させました。3ECA地域のサンプリング比は以下のとおりです。

ガルフ	太平洋 北西部	南部 鉄道	合計
67.9%	21.6%	10.5%	100.0%

一定の精度で各種の品質ファクターの真の平均値を推定することができるよう各ECA内で採取する**試料の数**を決定しました。輸出貨物品質報告書用として定めた精度は信頼水準95%で、相対許容誤差（Relative ME）±10%です。相対許容誤差±10%はこうしたトウモロコシ品質ファクターのような生物学データを取扱う際の妥当な目標値です。

目標とした相対許容誤差範囲になるように試料数を決定するためには、各品質ファクターの母分散（例えば、輸出トウモロコシの品質ファクターのばらつき）を用いることが理想的です。品質ファクターのレベルや値のばらつきが大きくなるほど、任意の信頼限度で真の平均値を推定するためにより多くの試料が必要となります。加えて、品質ファクターの母分散は通常個々に異なり、その結果、同一の精度を維持するためには、各品質ファクター別に異なる数の試料が必要とされます。

本年の輸出トウモロコシに用いる15種の評価対象品質ファクターのいずれについても、母分散は不明でした。母分散が不明の場合には、同様のデータセットまたは研究から引き出した分散推定値を用います。本年の研究では代替的に2010年EGISトウモロコシ輸出データを用い、母分散を計算して最終的に容積重、水分、破損粒&混入異物（BCFM）、総損傷の4種の品質ファクターそれぞれについて、相対許容誤差±10%で必要とされる試料数を推計しました。これら4種の品質ファクターの中で、相対誤差が最も大きかったのは総損傷です。こうしたデータに基づいて、望ましい精度で総損傷率の真の平均値を推定するためには、最低でも50の試料が必要ということになりました。

	ガルフ	太平洋 北西部	南部 鉄道	合計
目標	261	83	40	384
追加分			10	10
合計	261	83	50	394

残る相対許容誤差を得るために必要とされる試料数や母分散を推定するためのデータがありませんでした。そのため、我々は今後の収穫および輸出貨物品質報告書では、品質特性15種すべてについて母分散および相対許容誤差の推定に今年の結果を用いることにしています。今後数年にわたり、サンプリングの精度を向上させ、15種すべての品質ファクターについて相対誤差±10%を確保することができるよう、サンプリング・プロトコルに調整を加えていく予定です。

ガルフECA、太平洋北西ECAおよび南部鉄道ECAのサンプリング比を67.9%、21.6% および10.5%とし、総試料数を384とすることで、ひとつの例外を除き、米国総計およびECA別の4種類の品質特性の真の平均値を望ましい精度レベルで推定することができると思われました。この例外は南部鉄道ECAの総損傷率で、これはこのECAの試料数がわずか40となっていたためです。そのため、相対許容誤差±10%内で総損傷率を推計できる試料数にするため、南部鉄道ECAで追加的に10試料を採取することにしました。南部鉄道ECAでは10試料の追加を決めましたが、米国集計平均値については本来のサンプリング比での加重平均とすることにしました。



サンプリング

内陸部鉄道輸送のトウモロコシ試料はFGISではなく、FGISから正式な指定を受けた機関が採取および検査を担当しており、FGISは直接そうした試料や検査データにアクセスすることができません。このため、手配上の問題が発生し、輸出貨物品質報告書用に内陸部鉄道輸送貨物から試料を採取することが不可能となりました。

FGIS担当者および米国中南部から運び出される穀物の流れについて精通している業界関係者に相談し、FGISリーグシティー現地事務所を介して、南部鉄道ECAの適切な代替試料を港湾に向かう貨物から採取することに決めました。理論的には、列車であろうと船であろうとテキサス州を經由して運び出されるトウモロコシの原産地は同じとまでは言えなくともほぼ同じと言えます。従って、GIPSAリーグシティー現地事務所経由（具体的にはガルベストン港）で採取された試料が南部鉄道ECAを代表する試料となりました。

サンプリングはFGISが検査業務の一環として実施しました。2012年1月30日にFGISによって指示書が現地事務所に送付され、サンプリング期間は2012年2月6日に始まりました。管轄地域内のサンプリング作業を監督した各ECAのFGIS現地事務所は、ガルフECAがルイジアナ州ニューオーリンズ、太平洋北西ECAがワシントン州オリンピア（ワシントン州農務局）、南部鉄道ECAがテキサス州リーグシティーに所在します。

港でのサブロット代表試料は荷積み時に採取し、アフラトキシン定量試験を行ったロット試料のみを採取しました。（ただし、輸出契約によって要求される場合には、実施されるアフラトキシン定質試験用の試料も採取）。等級付けのための試料はFGISが承認したサンプリング装置であるディバーターを用いて採取しました。ディバーター・サンプラーは流れているトウモロコシ粒から一定の間隔で代表試料を「切り取り」（または迂回させ）ます。この「切り取り」は積み込みに送られている途中で数秒に1回、または500ブッシェル（約12.7メートルトン）ごとに行われます。頻度は公的検査官が電動タイマーを用いて制御します。検査官は定期的にこの機械式のサンプラーが正常に作動しているかどうかを確認します。

サンプリング・プロセスが積み込み中継続される一方で、トウモロコシの1回分の積み荷またはロットは品質の均一性を見極めるために「サブロット」に分割されます。サブロットのサイズはエレベーターの1時間当たりの積載量および船舶の載貨容積に基づいて決定します。サブロットのサイズは60,000から100,000ブ

ッシェルの範囲です。1回の積荷分全体の品質が均一であることを確認するため、すべての試料を検査します。

サブロットのサンプリングの頻度は希望するサンプリング間隔に基づいて決めました。当初目標としたサンプリング期間は4週間でした。ECA3地域からの輸量の5年平均に基づいて、3および7で終わるサブロットからサンプリングすることで、目標とする数の試料を各ECAから4週間以内に採取することができると考えました。ところが、サンプリング期間に入って2週間経つと、いずれのECAでも輸出用の出荷頻度が予測を下回っていることが明らかになりました。結果として、2012年3月1日にすべてのECAでのサンプリング頻度を2倍に増やすことになりました。0、3、5および7で終わるサブロット試料の採取はこの時点から実施しました。

FGISの現地事務所担当者およびワシントン州農務局が採取した最低2,700グラムの試料は現地事務所に集められ、イリノイ州穀物改良協会の分別流通管理穀物研究所（IPGL）に郵送されました。

IPGLに到着後、IPGL用とFGISが指定した公的検査機関であるシャンペーン・ダンビル穀物検査所（CDGI）用とに試料を分割しました。

太平洋北西ECAでは2012年3月6日、ガルフECAは2012年3月17日に目標試料数に達し、サンプリング期間が終了しました。2012年3月28日時点で、リーグシティー地域において今後しばらくの間、サンプリングできる輸出向けトウモロコシが期待できず、また遅滞なく輸出貨物品質報告書の発表が行えるよう、南部鉄道ECAのサンプリング期間を2012年3月28日で終了しました。



統計上の留意点

サンプリング期間中の輸出量が少なかったため、南部鉄道ECAでは目標とした50試料を下回る35試料しか採取することができませんでした。試料数が減少したことで、米国集計の統計値および南部鉄道ECAの平均総損傷率の推計精度に影響がありました。米国集計平均値および標準偏差値は当初のECAサンプリング比に応じた加重調整を行いました。

今回の調査で試験した米国集計および各ECAの品質ファクターそれぞれについて相対許容誤差を算出しました。太平洋北西ECAおよび南部鉄道ECAの総損傷率、ストレスクラック率、ストレスクラック指数を除き、米国集計および各ECAのすべての品質特性の相対許容誤差は±10%の範囲内でした。総損傷率、ストレスクラック率、ストレスクラック指数の相対許容誤差は以下のとおりです。

ECA	相対許容誤差		
	総損傷	ストレスクラック	SCI
太平洋北西部	19%	11%	15%
南部鉄道	14%	23%	36%

これらECA2地域の3種類の品質ファクターの精度は目標を下回るレベルですが、相対許容誤差は求めた推定値が無効になるほど下回っていたわけではありません。

「等級ファクターおよび水分」ならびに「物理的ファクター」についてとりまとめた表の脚注では、相対許容誤差±10%を超える特性を明らかにしています。2011年の試料を基準として、今後の報告書では本年の結果から得た母分散を用いて、これらのファクター、試料数を算出しサンプリング・プロトコルを調整して、10%以下の相対誤差を達成していきます。

「トウモロコシ品質概要（2011/12輸出貨物）」セクションの統計差の参照値はいずれも、以下の結果について我々が算出した95%精度で両側t検定による検証を行っています。

- 収穫品質報告書と輸出貨物品質報告書のファクター間の結果
- 輸出貨物品質報告書のECA（ガルフ、太平洋北西、南部鉄道）のファクター間の結果
- 輸出貨物品質報告書の契約等級（米国 No.2 o/b、米国 No.3 o/b）のファクター間の結果



USDAの連邦穀物検査局（FGIS）は同部の通常の検査・試験手順に基づき、採取した各サブロットのトウモロコシ試料を用いた公式の等級付けおよびアフラトキシン試験を行いました。トウモロコシ試料は、化学的ファクター、物理的ファクターおよびDON試験のため、FGIS現地事務所から直接イリノイ州シャンペーンに所在するイリノイ州穀物改良協会の分別流通管理穀物研究所（IPGL）に送られました。IPGLに到着した試料はBoernerのディバイダーを用いて2つのサブサンプルに分割されました。一方のサブサンプルは

DON試験のためにシャンペーン-ダンビル穀物検査所（CDGI）に送られました。

CDGIはFGISの指定を受け、イリノイ州中部—東部担当の公的な穀物検査サービスを提供しています。もう一方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ファクターについて、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で分析が行われました。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

容積重はウィンチェスター・ブッシェル（2,150.42立方インチ）を満たすために必要とされる量を重量で表したものです。容積重は穀物等級基準のためのFGIS公認米国規格の一部です。

この試験では、上方の一定の高さに設置された漏斗を通して、テストカップの両側からトウモロコシがこぼれ始めるまで、予め容積が分かっているテストカップにトウモロコシを注ぎ入れます。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FGIS公式米国規格の一部です。

BCFM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測定します。BCFMの計測では、破損粒と混入異物とを分けることができます。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。要請があった場合にはFGISは破損粒と混入異物を分けて報告しますが、BCFMとしてまとめて計測することが基本となっているため、輸出貨物品質報告書ではこちらを採用しています。BCFMは当初試料の重量比として報告します。

総損傷／熱損傷

総損傷率は穀物等級基準のためのFGIS公式米国規格の一つです。

被害粒の内容を調べるため、訓練を受けた有資格検査官がBCFMの存在しないトウモロコシの代表的な作業試料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、コブロット、乾燥機被害粒（熱損傷粒とは異なる）、胚芽被害粒、熱損傷粒、害虫被害粒、カビ被害粒、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）および芽被害粒などがあります。総損傷率は作業試料中の総被害粒の重量比（パーセント）で表します。

熱損傷は総損傷の中の一つの要素で、熱損傷粒には熱による明らかな変色や損傷のある穀粒およびトウモロコシ粒のかけらが含まれます。熱損傷粒は訓練を受けた有資格検査官がBCFMの存在しないトウモロコシの試料250グラムを目視検査して見極めます。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

水分は、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する電子水分計によって記録された

値が報告されます。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）の含有量を含めます。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（NIRT）を用いて化学組成試験を行いました。NIRTは化学試験に適合するよう校正し、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（無水物質）。

物理的ファクター

百粒重、粒体積および粒真密度

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。

粒体積試験では、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、光線が角質胚乳または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

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&破損粒率は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

輸出貨物品質報告書の公式アフラトキシン試験の結果はFGISから入手しました。アフラトキシン試験では、FGISの公式手順に従って最低10ポンドの外皮付きトウモロコシを使用しました。この10ポンドの試料はFGISが承認したグラインダーを用いて粉碎します。この粉碎段階の後、リフル・ディバイダーを用いて10ポンドの粉碎試料から500g量の2試料を取り分けます。さらにこの500g試料から試験用として無作為に50g量の試料を取り分けます。適切な化学薬品をこの50g試料に加え、アフラトキシンの定性試験または定量試験を実施します。定量試験で用いられたのは、FGISが承認したテストキットである、Aflatest、Fluoroquant、Veratox-AST、Myco、RIDASCREEN Fast Aflatoxin Total、RIDASCREEN Fast Aflatoxin SC test のいずれかです。定性試験ではFGIS承認テストキットである、Rosa Aflatoxin P/N 20 ppb、ROSA Aflatoxin P/N 10 ppb、ROSA BEST Aflatoxin P/N、Reveal for Aflatoxin (MeOH or EtOH)、Romer AgraStripのいずれかが使用されました。

DON試験ではFGISが承認したRomer AgraQuant試験法が用いられます。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FGIS DON（ボミトキシン）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のマイクロウェル・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

トウモロコシの等級と要件

等級	1 ブッシェルあたりの 最低容積量 (ポンド)	被害粒率限度値		
		熱損傷 (%)	総損傷 (%)	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.)、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、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 キンタル/ヘクタール	1 メートルトン = 10 キンタル
56 ポンド/ブッシェル = 72.08 キログラム/ヘクタール	1 キンタル = 100 キログラム
	1 ヘクタール = 2.47 エーカー

USGC 連絡先情報



**U.S. GRAINS
COUNCIL**

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