



U.S. GRAINS  
COUNCIL



2015/2016

CORN HARVEST  
QUALITY REPORT

2014/2015 年  
トウモロコシ収穫時品質報告書



## 謝辞

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、多くの個人や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 LLC (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（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トム・ホワイテーカー博士、ローウェル・ヒル博士、マービン・R・ポールセン博士およびフレッド・ベロー博士が含まれます。さらに、トウモロコシの品質検査を担当したイリノイ州穀物改良協会の分別流通管理穀物研究所 (IPG ラボ) とシャンペーン-ダンビル穀物検査 (CDGI) に感謝いたします。

最後になりましたが、全米各地域の穀物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。収穫期という非常に忙しい時期に、試料の収集および提供にお時間を割いてご尽力頂き心よりお礼申し上げます。



## 目次

アメリカ穀物協会からのご挨拶	1
I. 収穫時品質のハイライト	2
II. はじめに	3
III. 品質検査結果	5
A. 等級ファクター	5
B. 水分	13
C. 化学組成	15
D. 物理的ファクター	21
E. マイコトキシン	31
IV. 作物状況および気象状況	36
A. 作付および初期生育状況- 春 (3月~5月)	37
B. 受粉および登熟の状況-夏 (6月から8月)	38
C. 収穫の状況 (9月から10月+)	39
D. 2015年平均と2014年、2013年および4YAとの比較	40
V. 米国産トウモロコシの生産量、消費量および見通し	41
A. 米国産トウモロコシの生産量	41
B. 米国産トウモロコシの消費量および期末在庫	43
C. 見通し	44
VI. 調査および統計分析の方法	46
A. 概要	46
B. 調査デザインとサンプリング	46
C. 統計分析	48
VII. 試験分析方法	49
A. トウモロコシ等級ファクター	49
B. 水分	50
C. 化学組成	50
D. 物理的ファクター	50
E. マイコトキシン試験	52
VIII. 米国産トウモロコシ等級および換算	53

## アメリカ穀物協会からのご挨拶

アメリカ穀物協会は協会の顧客および会員の皆様に 5 度目の年次報告書である 2015/16 年トウモロコシ収穫時品質報告書をご案内申し上げます。

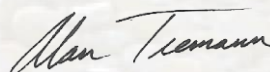
農作物の品質に関する正確で時宜を得た情報を提供することにより、バイヤーが十分な情報に基づきよりよい意思決定を行えるようにし、米国市場の信用や能力に対する信頼性を高め、世界中の国々による貿易を通じた食糧安全保障の実現に寄与します。当協会の目的は、この収穫時報告書を通じて、農場で収穫されたばかりの最新の米国穀物についての率直な見解をお知らせすることにあります。

5 月下旬および 6 月に多雨に見舞われたことを除き、米国コーンベルトはほぼ理想的な生育・収穫条件に恵まれました。その結果、2 年連続の豊作が期待されています。

これまでの収穫時報告書同様、本 2015/2016 年収穫時報告書はこれから世界中の流通経路へと流れていく米国穀物の収穫時点の品質に関する情報を、過去の品質との比較が可能な一貫性のある方法で提供するものです。

バイヤーが注目するトウモロコシの品質はさらに、その後の取扱い、ブレンドおよび保管条件の影響を受けることとなります。当協会が作成する報告書の第二弾、「2015/2016 年トウモロコシ輸出貨物品質報告書」は海外出荷のための積み地である輸出ターミナルでのトウモロコシの品質を分析するもので、2016 年初頭に発行が予定されています。

アメリカ穀物協会は貿易を通じて世界の食糧の確保および経済的相互利益のために力を尽くします。世界中のトウモロコシのバイヤーと世界最大かつ最も高度な農業生産・輸出システムとの橋渡し役を担う当協会は、「市場を開発し、貿易を可能にし、生活を改善する」という当協会のミッション遂行の一環として、世界中の協会パートナーに本報告書をお届けします。



アラン・ティエマン  
アメリカ穀物協会  
2015年12月

## I. 収穫時品質のハイライト

2015年トウモロコシの全体的な品質は、大半の特性で過去4年間の穀物年度の平均値（4YA<sup>1</sup>）を上回り、サンプルの94%が米国等級No.2以上に相当します。等級ファクターの平均レベルが良好であることに加え、これから市場に向かう2015年米国産トウモロコシは、平均水分含有率およびストレックラックの割合が4YAの値を下回り、デンプン、油分含有率および完全粒の割合が4YAを上回る等の特徴を備えています。

このように品質が優れているのは主として、例年よりも早く作付けすることができたことで、トウモロコシの生育がシーズン中順調に進み、涼しく降雨量の多い夏、さらに温暖で降雨量の少ない秋を迎えることができたためです。米国産トウモロコシ生産者の2015年の単収は記録的な高さとなり、結果として米国のトウモロコシは記録史上3番目の生産量となります。2015年米国産トウモロコシ総生産量は3億4,680万メートルトン（136.5億ブッシェル）になると予測され、これは2014年トウモロコシ生産量を4%下回る値です。米国は最大のトウモロコシ輸出国で、2015/2016年市場年度の世界トウモロコシ輸出量の38%を占めると予測されています。

### 等級ファクターおよび水分

- 容積重は58.2 lb/bu (74.9 kg/hl) で、94.2%がNo.1等級トウモロコシの限度値を上回り、99.4%がNo.2等級の限度値を上回っている。2014年および4YAを上回るこの容積重は穀粒の登熟度および成熟度が良好であることを示唆している。
- 破損粒&混入異物(BCFM)の割合は低く(0.8%)、95.3%がNo.1等級の限度値を下回っており、クリーニングの必要がほとんどないことを示唆している。
- 総損傷率(1.4%)は2014年を下回るが、4YAを上回る。ただし、サンプルの96.1%はNo.2等級の限度値を下回り、保存性が良好であることを示唆している。
- エレベーターでの水分含有率(15.7%)は2014年および4YAを下回る。分布を見ると、サンプルの40.7%が水分含有率15%を下回り、水分含有率17%を上回るのはサンプルのわずか19.1%に過ぎない。この分布は2014年よりも乾燥を必要とするサンプルが少ないことを示唆しており、従ってストレックラックの可能性も減少する。

### 化学組成

- タンパク質含有率(乾物比8.2%)は2014年、2013年および4YAを下回る。タンパク質含有率の低下は、2015年の単収が増加し、生育・登熟状況が優れていたことによりデンプン濃度が上昇したことに起因すると考えられる。
- デンプン含有率(乾物比73.6%)は2014年、過去数年および4YAを上回る。これは生育状況が良好で、登熟度および成熟度が優れていたことを示唆しており、ウェットミリング業者にとって朗報となる。
- 油分含有率は3.8%(乾物比)で2014年と同じであるが、2013年および4YAを上回る。

### 物理的ファクター

- ストレックラック率(3%)およびトレスクラック指標(6.6)は極端に低く、2014年、2013年および4YAを下回り、サンプルの93%がストレックラック率10%未満である。ストレックラックの値の低さは、収穫時の圃場乾燥状態が優れており、人工的な乾燥がほとんど不要だったためと考えられる。損傷し易さは過去数年を大幅に下回ることになる。
- 2014年、2013年および4YAと同じく、穀粒容積(0.27 cm<sup>3</sup>)は大きい。
- 百粒重(34.34 g)は2014年、2013年および4YAを上回り、過去数年よりも粒が大きいことを示している。
- 真の密度(1.254 g/cm<sup>3</sup>)および角質胚乳(79%)は2014年および4YAを下回り、穀粒が2014年および4YAよりも柔らかいことを示唆している。
- 完全粒(95%)は2014年、2013年および4YAを上回る。完全粒の割合が多いということは過去数年よりも損傷粒が少なく、カビに対する耐性が高いことを示唆している。

### マイコトキシン

- アフラトキシンが検出された件数は2014年および2013年トウモロコシを下回り、2015年トウモロコシの試験サンプルでは、その100%がFDAの規制レベルである20 ppbを下回っている。
- FDAのDON勧告レベル(豚およびその他の動物では5 ppm、鶏および牛では10 ppm)についても100%の試験サンプルがこれを下回っている(2014年および2013年と同じ)。2015年トウモロコシでDONが検出された件数(DON陽性を示した試験サンプルの割合)は2014年の割合を下回っている。

<sup>1</sup> 4YAは2011/12年、2012/13年、2013/14年および2014/15年の収穫時報告書の品質ファクターの平均値または標準偏差の単純平均を意味する。



## II. はじめに

アメリカ穀物協会の 2015/16 年トウモロコシ収穫時品質報告書は、流通経路に入る時点の米国イエロー・コモディティー・コーンの初期品質を、米国産トウモロコシの国外バイヤーに理解しやすくするために作成したものです。毎年実施しているこの収穫時の米国産トウモロコシの品質計測調査も今回で 5 度目となりました。5 年間の結果が明らかになっただけでなく、圃場から出荷される時点の米国産トウモロコシの品質に気象・生育状況が及ぼす影響のパターンが浮かび上がってきました。

スタートは遅れたものの、その後大半のトウモロコシが 4 年平均よりも早い時期に作付けを終えることができました。栽培シーズンは早く始まりましたが、その後の生育期後半や受粉期に多雨・低温に見舞われ、窒素肥料が流出し、窒素吸収量が制限されました。しかしながら、登熟期は好天に恵まれ、トウモロコシの成長にとって良好な状況となり、2015 年トウモロコシの多くが「良好」または「優良」に格付けされる結果となりました。生育期の天候のお蔭で、過去 2 番目の単収（2014 年に次ぐ）、デンプン・油分含量の増加、および百粒重・穀粒容積の増加がもたらされ、穀粒のサイズも大きいと予測されます。2015 年トウモロコシに単収の増加やデンプンの増加をもたらした状況は、過去数年を下回るタンパク質量や真の密度、柔らかな胚乳の要因にもなっています。

暖かく雨の少ない天候が、トウモロコシの成熟や圃場での自然な乾燥を早めることになりました。そのため、過去 4 年よりも収穫が早まり、結果として人工的に乾燥させることがほとんどなくなり、ストレスクラックの割合は過去 5 年を下回りました。水分含量も少なく、完全粒の割合は過去数年を上回ったため、取扱い中の損傷感受性は低くなり、保管性の向上が見込まれます。容積重は過去 3 年および 4YA を上回り、BCFM および総損傷率は低く、平均値は米国等級 No.1 の限界値内に十分おさまっています。

このように観察していくと、この 5 年間の各年の品質の差異が見えてきますが、全体的にみると 2015/2016 年収穫時品質報告書は、2015/2016 年市場経路に流通するトウモロコシの品質が平均を上回ることを示唆しています。サンプルの 79% が No.1 等級の要件のすべてを満たしており、94% が No.2 等級の要件を満たしているかまたはそれを上回っています。水分含有率および総損傷の平均値は、輸出に至るまでの市場経路での保管・取扱いが容易であることを示唆しています。

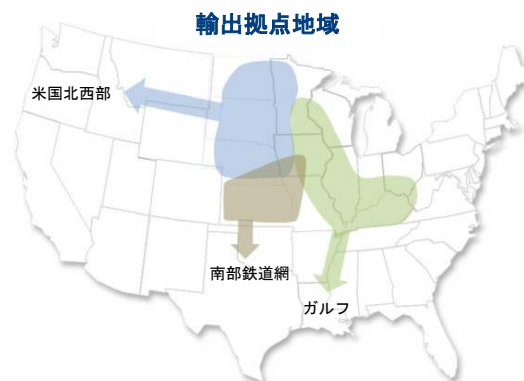
5 年間のデータはトウモロコシの品質に影響を及ぼす傾向やファクターを評価するための基盤を提供してくれます。さらに、収穫時報告書のための計測調査の積み重ねにより、輸出バイヤーは年度別の比較を行うことができるようになり、こうした複数年の栽培状況に基づいてトウモロコシ品質のパターンを評価することが可能になり、ひいては報告書としての価値が向上していきます。

本 2015/16 年収穫時品質報告書の内容は、トウモロコシ生産および輸出のトップ 12 州の特定の地域から入手した 620 件のイエロー・コモディティー・コーンのサンプルに基づいています。それぞれの生産地で品質を観察し、異なる地域による品質特性のばらつきを示す情報を提供できるよう、国内向けのサンプルは各地域の穀物エレベーターから入手しました。

12 州のサンプル採取地域を 3 グループに分け、「輸出拠点地域」（ECA）と名付けました。輸出市場までの 3 つの主要輸出経路で区別された 3ECA は以下のとおりです。

1. 通常米国ガルフの港からトウモロコシを輸出する地区群から構成されるガルフ ECA
2. 太平洋岸北西部やカリフォルニアの港からトウモロコシを輸出する地区群から構成される米国北西部（PNW）ECA
3. メキシコにほとんどのトウモロコシを輸出する地区群から構成される南部鉄道網 ECA

米国産トウモロコシの品質の地域によるばらつきを全体的に把握することができるよう、サンプル試験の結果は米国集計の値と 3ECA 地域それぞれの値を報告しています。



## II. はじめに (続き)

収穫時に特定されるトウモロコシの品質特性は、トウモロコシが最終的に輸出顧客の手元に到着した時点の品質の基礎となります。ただし、トウモロコシは米国のマーケティングシステムの経路を進むに従って、他の地域のトウモロコシとブレンドされたり、トラックやバージ船、貨物列車に混載されたり、保管、積み込み、積み卸しが何度も繰り返されます。そのため、市場投入当初から輸出エレベーターに至るまでの間にトウモロコシの品質や状態は変化していくことになります。従って、2015/16年収穫時報告書は、2016年前半に発表される予定のアメリカ穀物協会発行 2015/2016年トウモロコシ輸出貨物報告書と併せて、注意深く検討する必要があります。従来通り、輸出トウモロコシの品質は買い手と売り手との契約に基づくものであり、買い手側は自らにとって重要な品質要素のいずれについても自由に交渉することができます。

本報告書には、試験を実施した品質ファクターについて、サンプルの米国集計と3箇所のECA別の平均および標準偏差を含む詳細な情報を掲載しています。「品質試験結果」のセクションでは以下の品質ファクターについてまとめています。

- 等級ファクター：容積重、破損粒&混入異物（BCFM）、総損傷および熱損傷
- 水分含量
- 化学組成：タンパク質、デンプンおよび油分
- 物理的ファクター：ストレスクラック/ストレスクラック指標、百粒重、穀粒容積、真の密度、完全粒および角質（硬）胚乳
- マイコトキシン：アフラトキシンおよびDON

これらに加えて、本収穫時報告書には米国穀物の状況および気象の状況、米国産トウモロコシの生産量、消費量および見通しについての簡単な説明、調査方法、統計分析方法および試験方法についての詳細な説明を記載しています。

本 2015/16年収穫時報告書では、過去4年の収穫時報告書（2011/12年、2012/13年、2013/14年および2014/15年）の品質ファクター平均値および標準偏差の単純平均を新たに採用しました。この単純平均は米国集計と3ECAそれぞれについて求めたもので、本報告書では「4YA」と表示しています。





### III. 品質検査結果

#### A. 等級ファクター

米国農務省連邦穀物検査部（FGIS）は様々な品質要素の測定に用いる等級や定義、基準を定めています。トウモロコシの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。「米国産トウモロコシの等級および等級要件」の表は本報告書の53ページに掲載しています。

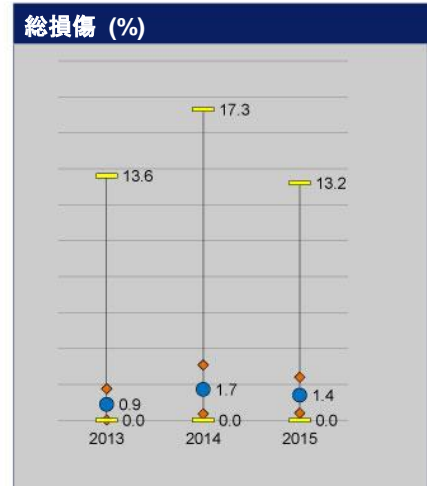
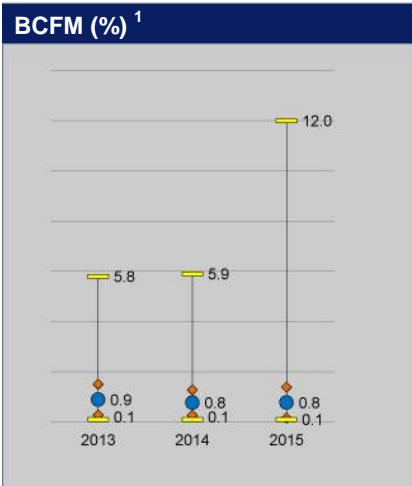
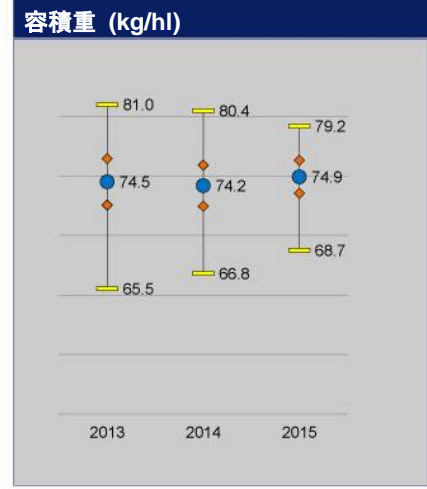
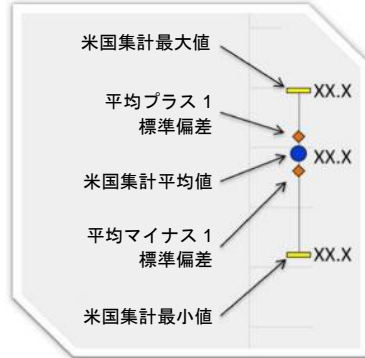
#### まとめ：等級ファクターおよび水分含有率

- 2015年の容積重の米国集計値平均（58.2 lb/bu または 74.9 kg/hl）は2014年および4YAを上回っている。この値はNo.1等級トウモロコシの限界値を大幅に上回っている。
- 過去数年と同様に、容積重の米国集計平均はいずれのECAでもNo.1等級の下限値を上回っている。
- 破損粒&混入異物(BCFM)の米国集計平均(0.8%で主に破損トウモロコシから成る)は2014年と同じで、2013年および4YAを下回り、No.1等級の上限値を大幅に下回っている。BCFMの値が低いということは、最初の取扱業者の手元に届くトウモロコシに必要なクリーニングが最低限で済み、保管時の十分な通気が促進されるであろうことを示唆している。
- トウモロコシのサンプルのほぼすべて（98.0%）で、BCFMのレベルはNo.2等級に認められる上限値3%以下である。
- BCFM（破損粒&異物混入）の平均値は3ECA間で僅かしか異なっていない。
- 米国集計サンプルの破損粒平均（0.6%）は4YAを下回っている。
- 異物混入率の米国集計平均（0.2%）は過去数年および4YAと同じである。
- 2015年の総損傷率の米国集計平均は1.4%で、2014年を下回り、4YAを上回っている。No.1等級の限界値（3%）を引き続き大幅に下回っている。サンプルの大半（88.2%）に含まれる損傷粒の割合は3%以下で、こうしたトウモロコシの品質が良好で保管性に優れていることを示唆している。
- 総損傷率は2015年、2014年、2013年および4YAのいずれでも、常に米国北西部ECAの値がガルフおよび南部鉄道網ECAを下回っている。いずれのサンプルでも熱損傷は報告されていない。
- 2015年の水分含有率の米国集計平均（15.7%）は2014年、2013年および4YAを下回っている。
- 2015年の水分含有率の平均値はいずれのECAでも似通っており、15.6%から15.7%である。
- 2015年の水分含有率の分布は15%以下のサンプルが2014年よりも多く、17%を上回るサンプルは2014年よりも少ない。こうした分布は、2015年のトウモロコシを安全に保管するための人工的な乾燥の必要性が2014年よりも低いこと、および保管性が高いことを示唆している。

III. 品質検査結果 (続き)



グラフの見方



<sup>1</sup> 2015年のサンプルのひとつに損傷粒 (7.5%) および異物混入 (4.5%) の割合が高いものがあり、そのためにBCFMが12%になった。破損粒の値が高いのは、スパウトライン分離 (投入口から排出される時に完全粒と損傷粒が分離する) が発生していることを証明している。2015年調査で次に高かったBCFM値は6.7%である。収穫時品質報告書の対象となった過去5年間に試験された2,970件のサンプルの値を考慮すると、BCFMの値が12%というのは異常であると考えられる。しかしながら、ありのままをお知らせするという本報告書の方針に従い、このサンプルの値も結果に含めることとした。

III. 品質検査結果 (続き)

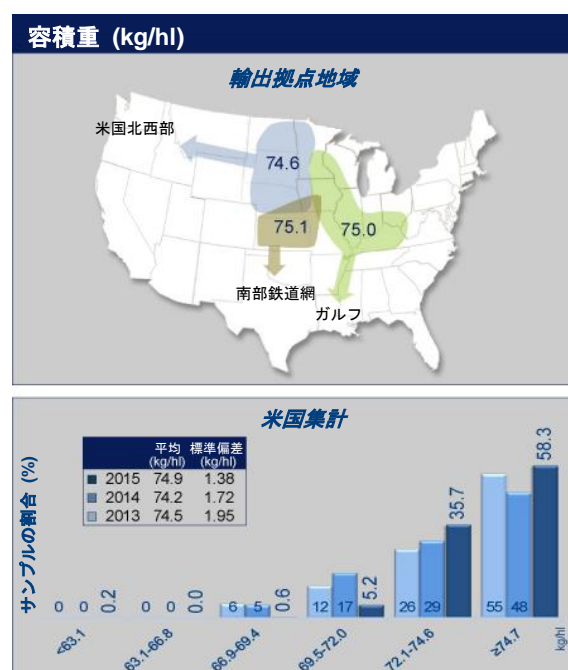
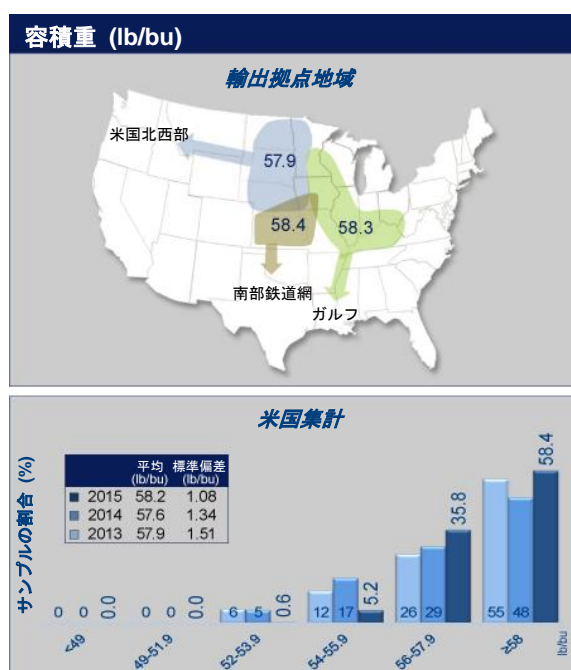
1. 容積重

容積重(容積当たりの重量)はかさ密度を表すもので、全体的な品質を示す一般的な指標として、また、アルカリ処理やびドライミリング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。容積重は、主に遺伝子による穀粒の構造の違いの影響を受けますが、水分含有率や乾燥方法、トウモロコシ粒の物理的損傷(破損粒および表面擦損)、サンプルに混入した異物、穀粒の大きさ、生育期間中のストレス、微生物被害の影響も受けます。圃場から輸送されてきた地点でサンプルを採取し測定した場合、水分含量が一定であれば、高い容積重は通常高品質、高角質(硬)胚乳率、かつ、健康で破損や異物のないトウモロコシであることを示唆します。容積重は真の密度と正の相関関係があり、穀粒の硬さと成熟度を反映します。

米国等級別 容積重 最小限度
No. 1: 56.0 lbs
No. 2: 54.0 lbs
No. 3: 52.0 lbs

結果

- 2015年の容積重の米国集計平均(58.2 lb/bu または 74.9 kg/hl)は2014年(57.6 lb/bu または 74.2 kg/hl)、2013年(57.9 lb/bu または 74.5 kg/hl)および4YA(58.1 lb/bu または 74.8 kg/hl)を上回っている。
- 2015年の容積重の米国集計平均はNo.1等級の下限値(56 lb/bu)を大幅に上回っている。
- 2015年の容積重の米国集計の標準偏差(1.08 lb/bu)は2014年(1.34 lb/bu)、2013年(1.51 lb/bu)および4YA(1.39 lb/bu)を下回り、過去数年と比較すると2015年はばらつきが小さいことを示している。
- 2015年の収穫時サンプルの値のばらつき幅は過去2年より小さく、2014年が10.6 lb/bu、2013年が12.0 lb/buであるのに対し、2015年は8.1 lb/buである。
- 2015年の容積重はサンプルの94.2%がNo.1等級ファクターの限度値(56 lb/bu)以上であり、対して2014年は77%、2013年は81%である。2015年のトウモロコシのサンプルではNo.2等級の容積重の限界値を上回っているのは99.4%で、2014年は94%だった。
- いずれのECAの容積重の平均値もNo.1等級の限界値を上回っている。ガルフECA(58.3 lb/bu)、南部鉄道網ECA(58.4 lb/bu)の平均容積重が高い。2015年、2014年、2013年および4YAのいずれでも、米国北西部ECA(57.9 lb/bu)の容積重が最も低い。
- 2015年の容積重が最も低かったのは米国北西部ECAであるが、ガルフECA(1.10 lb/bu)および南部鉄道網ECA(1.08 lb/bu)と比較すると標準偏差の値が低く(1.02 lb/bu)、このことからばらつきは小さいと言える。





### III. 品質検査結果 (続き)

#### 2. 破損粒&混入異物 (BCFM)

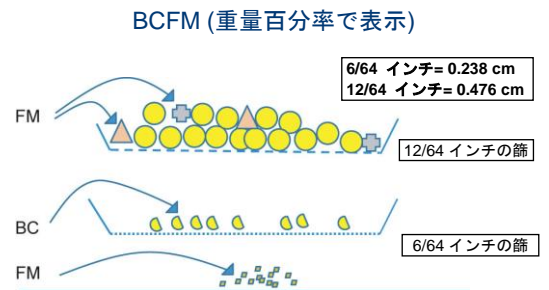
破損粒&混入異物 (BCFM) の値は飼料や加工に用いることのできるクリーンで健全なトウモロコシ粒の量を測る目安となります。BCFM のパーセント値が低いほどサンプルに混入した異物や破損粒が少ないことを示しています。通常、圃場から運ばれてきたトウモロコシのサンプルの中で BCFM の値が高いものについては、収穫方法や圃場の雑草の種にその原因を見いだすことができます。採用する方法や穀粒の健全性によって変化するものの、一般に BCFM の値は乾燥や取扱いの過程で増加します。収穫時にストレスクラックが増加した場合も、その後の取扱い過程で破損粒&BCFM の値が上昇する結果となります。

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

破損粒は目開き 12/64 インチの丸孔篩を通過するほど小さく、目開き 6/64 インチの丸孔篩は大きすぎて通過しないトウモロコシ粒等のすべての物質 (雑草の種等) と定義されています。

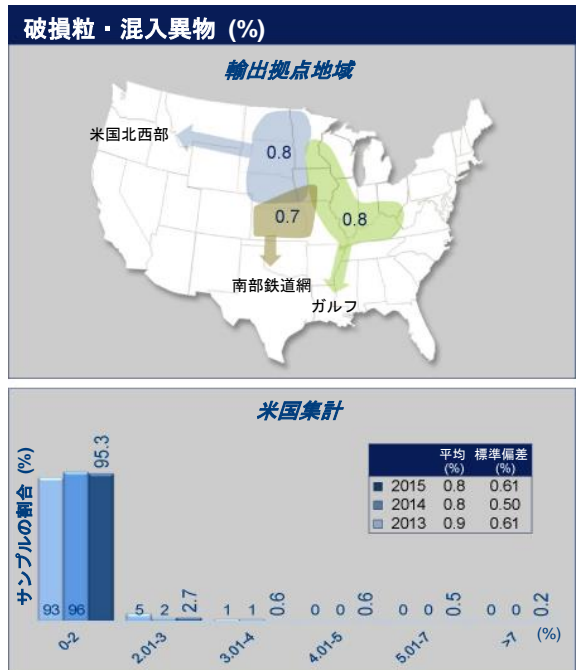
異物は目開き 12/64 インチの丸孔篩を通過しない大きな物質でトウモロコシ以外のものや、目開き 6/64 インチの丸孔篩を通過するすべての小さな物質と定義されています。

右図は米国産トウモロコシ等級で用いられる破損粒および混入異物を測定するための方法を示したものです。



#### 結果

- 2015 年トウモロコシの全国集計 BCFM 平均 (0.8%) は 2014 年 (0.8%) と同じで、2013 年 (0.9%) および 4YA (0.9%) を下回り、米国 No.1 等級の上限値 (2.0%) を大幅に下回っている。
- 標準偏差 (2015 年は 0.61%、2014 年は 0.50%、2013 年は 0.61%、4YA は 0.58%) から分かるように、2015 年トウモロコシの BCFM のばらつきは過去数年および 4YA とほぼ同じである。
- 2015 年の BCFM の最大値と最小値の幅 (11.9%)<sup>1</sup> は 2014 年 (5.8%) および 2013 年 (5.7%) を上回っている。
- 2015 年のサンプルでは米国 No.1 等級の BCFM の上限値 (2%) を下回っているのは 95.3% で、対して 2014 年サンプルでは 96%、2013 年では 93% である。サンプルのほぼすべて (98.0%) が No.2 等級の BCFM の上限値である 3% 以下である。
- 2015 年の ECA 地域間の BCFM 平均値の差はわずか 0.1% にすぎず、4YA はわずか 0.2% である。



<sup>1</sup> 2015 年のサンプルのひとつに損傷粒 (7.5%) および異物混入 (4.5%) の割合が極めて高いものがあり、そのために BCFM が 12% になった。破損粒の値が高いのは、スパウトライン分離 (投入口から排出される時に完全粒と損傷粒が分離する) が発生していることの証拠である。2015 年調査で次に高かった BCFM 値は 6.7% である。収穫時品質報告書の対象となった過去 5 年間に試験された 2,970 件のサンプルの値を考慮すると、BCFM の値が 12% というのは異常であると考えられる。しかしながら、ありのままをお知らせするという本報告書の方針に従い、このサンプルの値も結果に含めることとした。

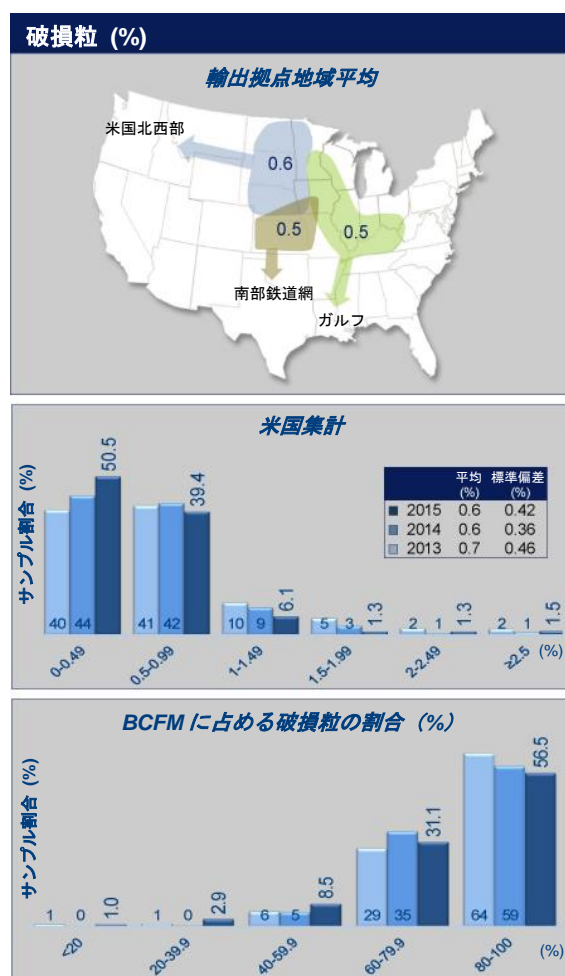
III. 品質検査結果 (続き)

3. 破損粒

米国等級では破損粒は穀粒のサイズに基づいて測定され、通常わずかな割合ながらトウモロコシ粒以外の物質が含まれます。破損粒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させたりかき混ぜたりすることがない場合には、破損粒はビン内の中央にたまりやすく、完全粒は外縁へと引き寄せられる傾向があります。破損粒が集まりやすい中央部分は「スパウトライン」として知られています。必要に応じて、ビン中央からこうしたトウモロコシ粒を引きだすことでスパウトラインを低減することができます。

結果

- 2015年の全国集計サンプルでは破損粒平均は0.6%で2014年と同じであり、2013年(0.7%)および4YA(0.7%)をわずかに下回っている。
- 2015年のトウモロコシの破損粒の値のばらつきは、標準偏差からわかるように過去数年および4YAと同程度である。2015年、2014年、2013年および4YAの標準偏差はそれぞれ0.42%、0.36%、0.46%、および0.44%である。
- 2015年の破損粒の値の変動幅(7.5%)は2014年(3.2%)および2013年(3.8%)を上回っている。
- 2015年のサンプルでは破損粒0.5%未満が50.5%、1.0%未満が89.9%という分布になっている。2015年を過去2年と比較すると、破損粒の値が小さいサンプルの数が多い。
- ガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA 間の破損粒の値(それぞれ0.5、0.6 および0.5%)の差異は0.1%未満である。
- BCFMに占める破損粒の割合を示した右の分布図は、ほぼすべてのサンプルでBCFMが主として破損粒から構成されていることを示しており、これは過去数年とほぼ同じである。



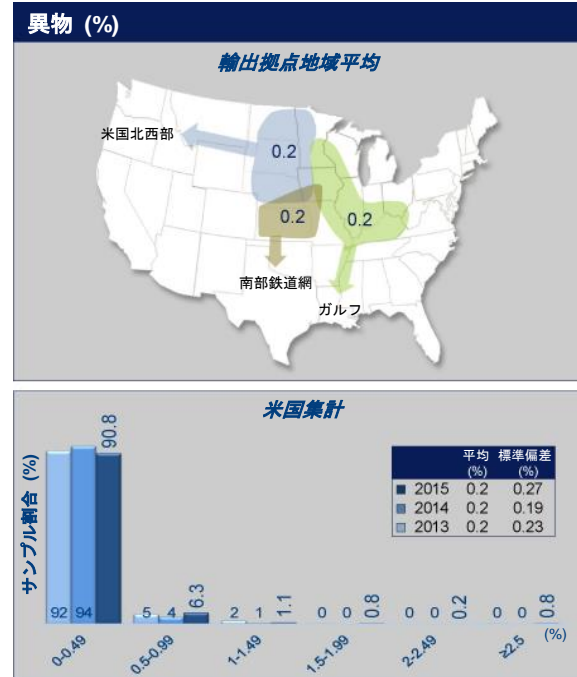
### III. 品質検査結果 (続き)

#### 4. 異物

異物は飼料や加工用としての価値を落とすことになるため重要視されます。一般に、異物はトウモロコシよりも水分含有率が高く、そのため保管中のトウモロコシの質を低下させる可能性があります。異物はスパウトラインに参与しているだけでなく、上述したように、水分が多いために破損粒よりも一層質の問題を引き起こす可能性が高くなります。

#### 結果

- 2015年の米国集計サンプルの異物の割合は平均0.2%で、2014年、2013年および4YAと同じである。コンバインは非常に小さな物質の大半を除去するよう設計されており、混入異物の割合がこの数年一貫して小さくなっていることから判断して、このコンバインの機能が十分に発揮されていると考えられる。
- 標準偏差の値で示されるばらつきについては、2015年(0.27%)の集計サンプルは2014年(0.19%)、2013年(0.23%)および4YA(0.20%)を上回っている。
- 2015年の異物の値のばらつき幅は0.0~4.5%で、これに対し2014年は0.0~5.5%、2013年は0.0~2.5%である。
- 2015年トウモロコシでは異物の値が0.5%未満のサンプルは90.8%で、これは2014年(94%)および2013年(92%)をわずかに下回っている。
- いずれのECA地域でも、2015年、2014年および4YAの異物の平均値は0.2%である。





## 5. 総損傷

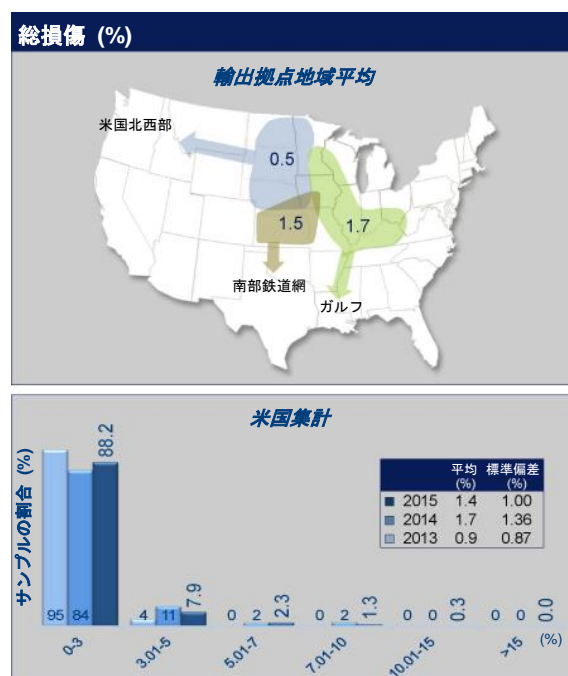
総損傷率とは、熱や霜、害虫、発芽、病害、天候、畑地、細菌、カビに起因する損傷を含め、どのようなかたちであれ、目視検出可能な被害や損傷のある穀粒とそのかけらの割合です。こうした種類の損傷の大半は結果的に一種の退色や穀粒の質感に変化をきたします。割れてかけらになっていること以外に外観上の異常が見られない穀粒のかけらは損傷粒に含めません。

米国等級別 総損傷 最大限度	
No. 1:	3.0%
No. 2:	5.0%
No. 3:	7.0%

一般に、生育期間中または保管期間中の水分含量の多さや高温はカビによる被害と関係付けられます。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。カビによる損傷は出荷前の高湿高温下での一時的な保管期間中に発生するだけでなく、収穫前にも発生することがあります。

### 結果

- 米国集計の総損傷平均値 (1.4%) は 2014 年 (1.7%) を下回っているが、2013 年 (0.9%) および 4YA (1.1%) を上回っている。4YA を上回るものの、2015 年の総損傷値は No.1 等級の限界値 (3%) を依然として大幅に下回っている。
- 2015 年の総損傷値のばらつき (1.00%) は 2014 年 (1.36%)、2013 年 (0.87%) および 4YA (0.97%) の標準偏差と同程度である。
- 2015 年の総損傷値のばらつき幅 (0.0~13.2%) は 2014 年 (0.0~17.3%) および 2013 年 (0.0~13.6%) と同程度である。
- 2015 年のサンプル中の総損傷では、損傷粒の割合が 3% 以下のものは 88.2% で、5% 以下のものは 96.1% である。
- ECA 別に総損傷平均値を見ると、ガルフ ECA が 1.7%、米国北西部 ECA が 0.5%、南部鉄道網 ECA が 1.5% で、過去 3 年および 4YA では米国北西 ECA の総損傷平均値が最も低い。
- すべての ECA で総損傷の平均値が米国 No.1 等級の限界値 (3.0%) を大幅に下回っている。



### III. 品質検査結果 (続き)

#### 6. 熱損傷

熱損傷は総損傷を構成するひとつの要素で、米国等級基準では個別に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曝される高熱が熱損傷の原因になることがあります。収穫時に圃場から直接運ばれてくるトウモロコシに熱損傷が存在することは稀です。

米国等級別  
熱損傷  
最大限度

No. 1: 0.1%

No. 2: 0.2%

No. 3: 0.5%

#### 結果

- 2014年、2013年および4YA同様、2015年のいずれのサンプルでも熱損傷は報告されていない。
- 熱損傷が存在しない理由のひとつとして、サンプルは圃場から直接エレベーターに送られてきており、送付する前に最低限の乾燥しか行われていなかったことが考えられる。



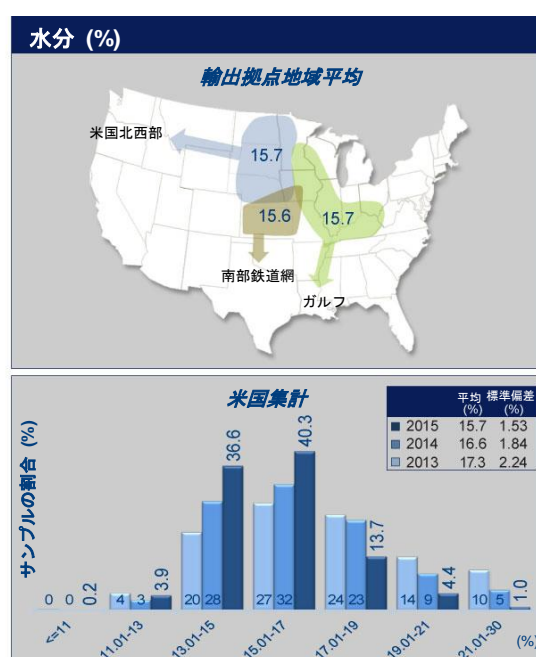
III. 品質検査結果 (続き)

B. 水分

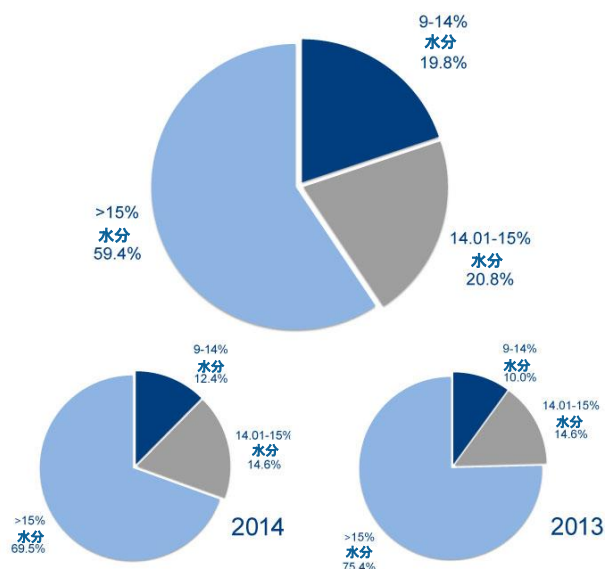
水分含有率は公的な等級証明書に記載されますが、サンプルの等級付けには影響を及ぼしません。水分含有率は売買時の乾物量に影響を与えるため重要視されます。水分含有率は乾燥の必要性の指標であり、保管性に関係する可能性があり、また容積重にも影響を及ぼします。収穫時に水分が多いと収穫作業中や乾燥時に穀粒が損傷を受ける可能性が高まります。水分含有率および必要とされる乾燥の程度がストレスクラックや破損、発芽にも影響を及ぼします。極端に水分が多く含まれるトウモロコシでは、後の保管期間および輸送期間中にカビによる多大な損傷が発生しやすくなることがあります。生育期間中の天候はトウモロコシの単収、穀粒の組成および成長に影響を及ぼし、一方、収穫時のトウモロコシの水分は主に作物の成熟度や収穫のタイミング、収穫時の気象条件の影響を受けます。

結果

- 2015年サンプルのエレベーターにおいて記録された米国集計水分含有率の平均は15.7%で、2014年(16.6%)、2013年(17.3%)および4YA(16.2%)を下回っている。
- 2015年米国集計の標準偏差(1.53%)は2014年(1.84%)、2013年(2.24%)および4YA(1.84%)を下回っている。
- 2015年サンプルの水分含有率のばらつき幅(11.0~23.5%)は2014年(10.9~29.9%)および2013年(10.9~28.2%)を下回っている。
- 2015年は水分含有率15%以下のサンプルが40.7%を占める。この値は大半のエレベーターにおいてディスカウントの基礎として用いられ、冬季低温下の短期間の保管は安全であるとみなされるレベルである。17%を上回る水分を含有するサンプルはわずか19.1%で、これに対し2014年は37%、2013年は48%である。2015年のこの分布は2014年および2013年よりも乾燥の必要性が低いことを示唆している。
- 2014年の12.4%、2013年の10.0%に対し、2015年のトウモロコシでは水分含有率が14%以下のものはサンプル全体の19.8%である。一般に、水分含有率14%以下というのは長期間の保管および輸送にも安全なレベルと考えられている。
- ガルフ ECA、米国北西部 ECA、南部鉄道網 ECA から採取した2015年のトウモロコシの水分含有率平均値はほぼ同じで、それぞれ15.7%、15.7%および15.6%である。
- 過去数年および4YAではガルフ ECAの水分含有率平均値が他のECAを上回っていた。これとは対照的に、2015年ではいずれのECA地域でも早期収穫および優れた圃場乾燥状況があてはまったため、ガルフ ECAの水分含有率平均値は米国北西部 ECAと同じになり、南部鉄道網 ECAをわずか0.1%上回っているにすぎない。



2015年 米国集計分布 (サンプルの割合 (%))





### III. 品質検査結果 (続き)

#### まとめ：等級ファクターおよび水分

	2015年収穫					2014年収穫			2013年収穫			4年平均 (2011年-2014年)		
	サンプル 数 <sup>1</sup>	平均	標準 偏差	最小	最大	サンプル 数 <sup>1</sup>	平均	標準 偏差	サンプル 数 <sup>1</sup>	平均	標準 偏差	平均	標準 偏差	
<b>米国集計</b>						<b>米国集計</b>			<b>米国集計</b>			<b>米国集計</b>		
容積重 (lb/bu)	620	58.2	1.08	53.4	61.5	629	57.6*	1.34	610	57.9*	1.51	58.1	1.39	
容積重 (kg/hl)	620	74.9	1.38	68.7	79.2	629	74.2*	1.72	610	74.5*	1.95	74.8	1.79	
BCFM (%)	620	0.8	0.61	0.1	12.0	629	0.8	0.50	610	0.9*	0.61	0.9	0.58	
破損粒 (%)	620	0.6	0.42	0.0	7.5	629	0.6	0.36	610	0.7*	0.46	0.7	0.44	
混入異物 (%)	620	0.2	0.27	0.0	4.5	629	0.2*	0.19	610	0.2	0.23	0.2	0.20	
総損傷 (%)	620	1.4	1.00	0.0	13.2	629	1.7*	1.36	609	0.9*	0.87	1.1	0.97	
熱損傷 (%)	620	0.0	0.00	0.0	0.0	629	0.0	0.00	610	0.0	0.00	0.0	0.00	
水分 (%)	620	15.7	1.53	11.0	23.5	629	16.6*	1.84	610	17.3*	2.24	16.2	1.84	
<b>ガルフ</b>						<b>ガルフ</b>			<b>ガルフ</b>			<b>ガルフ</b>		
容積重 (lb/bu)	577	58.3	1.10	53.4	61.5	583	57.8*	1.34	557	58.1	1.49	58.3	1.39	
容積重 (kg/hl)	577	75.0	1.41	68.7	79.2	583	74.5*	1.73	557	74.8	1.91	75.0	1.78	
BCFM (%)	577	0.8	0.63	0.1	12.0	583	0.8	0.48	557	0.8*	0.59	0.8	0.55	
破損粒 (%)	577	0.5	0.41	0.0	7.5	583	0.6*	0.37	557	0.7*	0.45	0.7	0.43	
混入異物 (%)	577	0.2	0.30	0.0	4.5	583	0.2*	0.15	557	0.2*	0.22	0.2	0.19	
総損傷 (%)	577	1.7	1.17	0.0	13.2	583	2.2*	1.72	556	0.9*	0.95	1.3	1.15	
熱損傷 (%)	577	0.0	0.00	0.0	0.0	583	0.0	0.00	557	0.0	0.00	0.0	0.00	
水分 (%)	577	15.7	1.51	11.0	23.3	583	16.9*	1.93	557	17.7*	2.38	16.6	1.95	
<b>米国北西部</b>						<b>米国北西部</b>			<b>米国北西部</b>			<b>米国北西部</b>		
容積重 (lb/bu)	329	57.9	1.02	53.4	61.2	262	56.6*	1.36	259	56.5*	1.60	57.3	1.42	
容積重 (kg/hl)	329	74.6	1.31	68.7	78.8	262	72.9*	1.75	259	72.8*	2.06	73.8	1.83	
BCFM (%)	329	0.8	0.66	0.1	12.0	262	0.9	0.62	259	1.1*	0.70	1.0	0.66	
破損粒 (%)	329	0.6	0.48	0.0	7.5	262	0.6	0.38	259	0.8*	0.49	0.8	0.48	
混入異物 (%)	329	0.2	0.25	0.0	4.5	262	0.2	0.31	259	0.3*	0.28	0.2	0.25	
総損傷 (%) <sup>2</sup>	329	0.5	0.53	0.0	4.9	262	0.4*	0.39	259	0.6	0.64	0.5	0.45	
熱損傷 (%)	329	0.0	0.00	0.0	0.0	262	0.0	0.00	259	0.0	0.00	0.0	0.00	
水分 (%)	329	15.7	1.55	11.0	23.5	262	16.1*	1.75	259	16.4*	2.08	15.2	1.63	
<b>南部鉄道網</b>						<b>南部鉄道網</b>			<b>南部鉄道網</b>			<b>南部鉄道網</b>		
容積重 (lb/bu)	402	58.4	1.08	53.4	61.5	371	58.0*	1.30	313	58.3	1.56	58.4	1.36	
容積重 (kg/hl)	402	75.1	1.38	68.7	79.2	371	74.7*	1.67	313	75.1	2.00	75.1	1.75	
BCFM (%)	402	0.7	0.46	0.1	12.0	371	0.7	0.45	313	0.9*	0.63	0.9	0.57	
破損粒 (%)	402	0.5	0.32	0.0	7.5	371	0.5	0.31	313	0.7*	0.46	0.7	0.43	
混入異物 (%)	402	0.2	0.20	0.0	4.5	371	0.2	0.20	313	0.2	0.25	0.2	0.20	
総損傷 (%)	402	1.5	1.01	0.0	11.1	371	1.3*	1.00	313	1.0*	0.74	1.0	0.81	
熱損傷 (%)	402	0.0	0.00	0.0	0.0	371	0.0	0.00	313	0.0	0.00	0.0	0.00	
水分 (%)	402	15.6	1.57	11.0	23.3	371	16.0*	1.54	313	16.6*	1.74	15.5	1.61	

\* 有意水準 95%での両側t検定に基づき、2014年の平均値が2015年と有意に異なり、2013年の平均値が2015年と有意に異なることを示している。

<sup>1</sup> ECAの結果は複合統計によるものであるため、ECA 3地域のサンプル数を合計すると米国集計を上回る。

<sup>2</sup> 2015年の収穫密度平均を予測するための相対MEは±10%を超えている。

## C. 化学組成

トウモロコシの化学組成は主としてタンパク質やデンプン、油分から構成されています。化学組成は等級ファクターではありませんが、エンドユーザーは非常に強い関心を持っています。化学組成は、家畜および家禽用飼料の栄養価値や、ウェットミリング等トウモロコシを加工するための追加的な情報となるものです。多くの物理的特性とは異なり、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。

### まとめ：化学組成

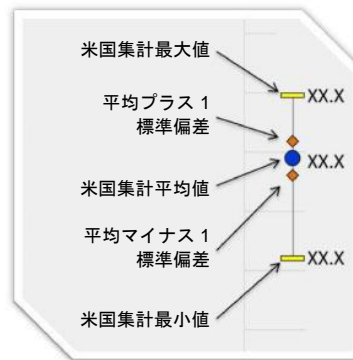
- 2014年および2015年の米国集計タンパク質含有率平均値（乾物比8.2%）が4YAを下回っているのは、過去3年のいずれの年よりも2014年および2015年の単収が高いことに起因していると考えられる。2014年および2015年の生育期間中、1エーカー当たりの可給態窒素の分布に対するトウモロコシ（ブッシュェル）（あるいはヘクタール当たりメートルトン）が増えており、タンパク質含有率が2013年を下回った原因となっている。
- ガルフECAのタンパク質含有率は、2015年、2014年、2013年および4YAのいずれでも他のECA地域を下回っている。
- 2015年の米国集計デンプン含有率平均値（乾物比73.6%）は2014年、2013年および4YAを上回っている。2015年のデンプン量の増加は生育条件および登熟条件が良好であったことにも起因する。デンプン量の増加はウェットミリングには望ましい。
- ガルフECAのデンプン含有率は、2015年、2014年、2013年および4YAのいずれでも他のECA地域を上回っている。
- 米国集計油分含有率平均値（乾物比3.8%）は2014年と同じであるが、2013年および4YAを上回っている。
- ガルフECAおよび南部鉄道網ECAの平均油分含有率は、2015年、2014年、2013年および4YAのいずれでも米国北西部ECAを上回っている。
- 過去2年と比較すると2015年の化学組成のばらつきは小さい（タンパク質、デンプンおよび油分の標準偏差が低いことに基づく）。



III. 品質検査結果 (続き)



グラフの見方





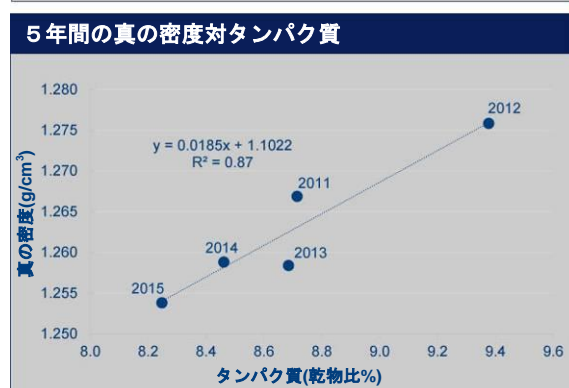
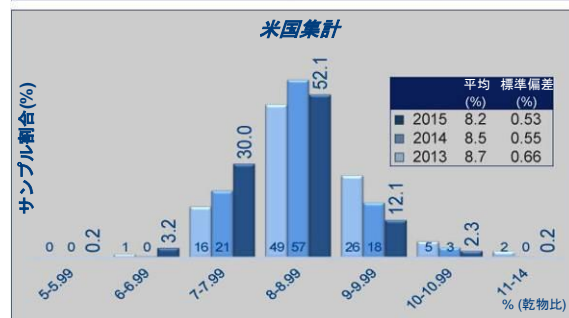
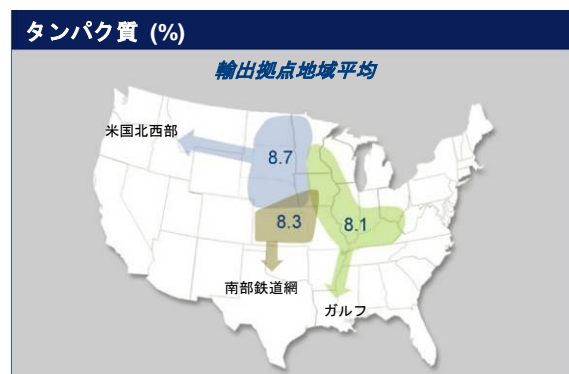
### III. 品質検査結果 (続き)

## 1. 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。必須含硫アミノ酸を供給し、飼料要求率の改善に寄与します。タンパク質は土壌中の可給態窒素の減少にともない、また単収が増えた年には減少する傾向があります。タンパク質の含有率は通常デンプンの含有率と負の相関関係にあります。報告結果は乾物比の値です。

### 結果

- 2015年の米国集計タンパク質含有率平均は8.2%で、2014年(8.5%)、2013年(8.7%)および4YA(8.8%)を下回っている。
- 2015年の米国集計タンパク質含有率の標準偏差(0.53%)は2014年(0.55%)、2013年(0.66%)、および4YA(0.62%)を下回っている。
- 2015年のタンパク質含有率のばらつき幅(5.6~11.3%)は2014年(6.4~11.3%)のばらつき幅と2013年(6.5~13.3%)のばらつき幅の間に位置する。
- 2015年のタンパク質含有率の分布では、8.0%未満のものが33.4%、8.0%から8.99%のものが52.1%、9%以上のものが14.6%を占めている。2015年のタンパク質含有率分布は、2014年あるいは2013年よりもタンパク質含有率の高いサンプル数が少ないことを示している。
- ガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA のタンパク質含有率平均値はそれぞれ8.1%、8.7%、8.3%である。2015年、2014年、2013年および4YAのいずれでもガルフ ECA のタンパク質の値が最も低い。
- 過去5年の米国集計平均に基づくと、右図(相関係数は0.93)に示すように、タンパク質含有率は真の密度の増加に従って上昇する傾向がある。数年単位で見るとタンパク質含有率は真の密度の減少にともなって低下し(2015年)、真の密度の増加にともなって上昇(2012年)すると見られる。
- 過去5年の穀物年度を通じて、調査対象12州のうち11州でそれぞれの州のトウモロコシ単収の平均値とタンパク質含有率の平均値との間に負の相関関係がみられる。一般に、平均単収が増加すると平均タンパク質含有率は低下する。



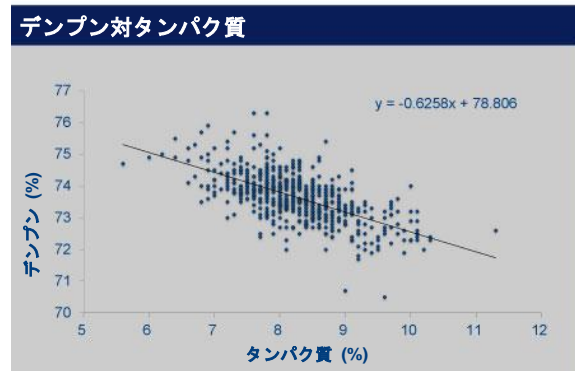
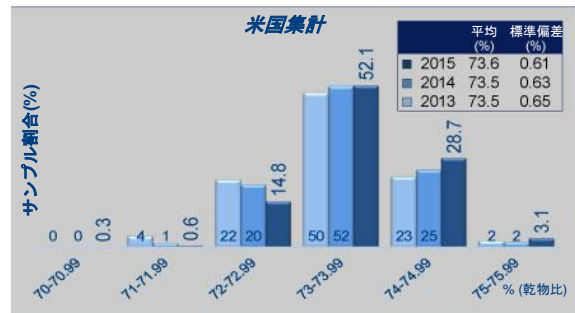
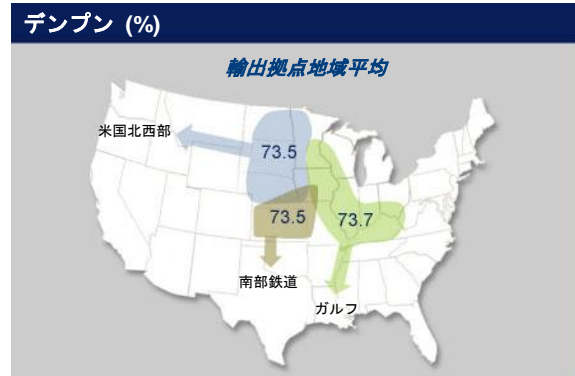
### III. 品質検査結果 (続き)

## 2. デンプン

デンプンはウェットミリングやドライミリングのエタノール製造業者が用いるトウモロコシで重要視されるファクターです。デンプン含有率の高さは、多くの場合穀粒の生育／登熟状態が良好であり、穀粒密度も適度であることを示唆します。通常、デンプン含有率はタンパク質含有率と負の相関関係にあります。報告結果は乾物比の値です。

### 結果

- 2015年の米国集計デンプン含有率の平均は73.6%で、2014年と2013年の73.5%および4YAの73.3%を上回っている。
- 2015年の米国集計デンプン標準偏差の値(0.61%)は2014年(0.63%)、2013年(0.65%)、および4YA(0.64%)を下回っている。
- 2015年のデンプン含有率のばらつき幅(70.5~76.3%)は2014年(71.7~76.1%)および2013年(71.1~75.9%)と同程度である。
- 2015年のデンプン含有率の分布では、72.99%以下のものがサンプルの15.7%を占め、73.0~73.99%のものが52.1%、74.0%以上のものが31.8%を占めている。2015年の分布は、2014年および2013年よりも高デンプン含有率のサンプル数が多いことを示している。2015年のデンプン含有率が増加した理由として、ほぼ75%が良好から優良な生育状況に恵まれたトウモロコシの割合が非常に大きかったこと、および登熟期に植株が受けたストレスが少なかったこと等が考えられる。
- ガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA のデンプン含有率平均値はそれぞれ 73.7%、73.5%、73.5%である。ガルフ ECA のデンプンの平均値は 2015 年、2014 年、2013 年および 4YA のいずれでも最も高い。従って、過去 3 年および 4YA のいずれでもガルフ ECA のデンプン含有率が最も高く、タンパク質含有率が最も低いということになる。
- デンプンとタンパク質はトウモロコシの 2 大栄養成分であるため、通常一方の割合が上昇すると他方が低下する。この関係を示したものが横の図で、デンプンとタンパク質とは弱いものの負の相関関係(-0.62)にあることが分かる。



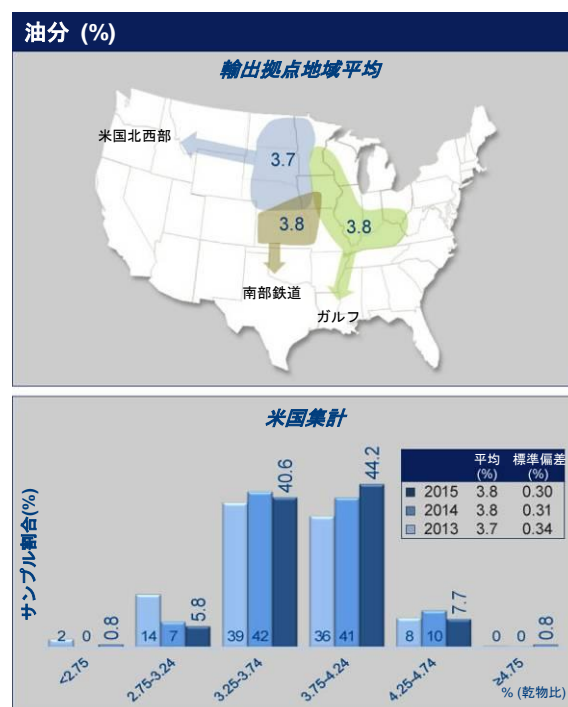
III. 品質検査結果 (続き)

3. 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り、脂溶性ビタミンを利用可能にし、特定の必須脂肪酸をもたらします。油分はトウモロコシのウェットミリングおよびドライミリング工程の重要な併産物でもあります。報告結果は乾物比の値です。

結果

- 2015年の米国集計油分含有率の平均（3.8%）は2014年と同じで、2013年および4YA（3.7%）を上回っている。
- 2015年の米国集計油分含有率の標準偏差（0.30%）は2014年（0.31%）、2013年（0.34%）および4YA（0.32%）を下回っている。
- 2015年の油分含有率のばらつき幅（2.5~5.4%）は2014年（2.8~5.0%）および2013年（2.0~5.0%）とほぼ同じである。
- 2015年の油分含有率の分布では、3.74%以下のものがサンプルの47.2%、3.75%から4.24%のものが44.2%、4.25%以上のものが8.5%を占めている。この分布は2014年または2013年よりも2015年では油分含有率の高いサンプルが幾分多いことを示している。
- ガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA の油分含有率平均値はそれぞれ3.8%、3.7%、3.8%である。2015年、2014年、2013年、および4YAで、ガルフ ECA および南部鉄道網 ECA の油分含有率平均値は米国北西部 ECA の値を上回っている。





### III. 品質検査結果 (続き)

#### まとめ：化学的ファクター

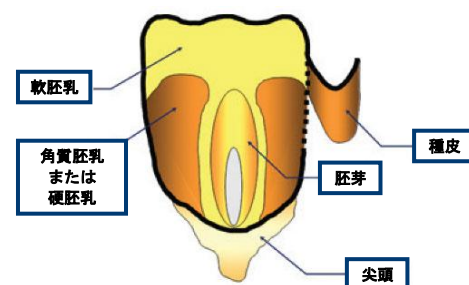
	2015年収穫					2014年収穫			2013年収穫			4年平均 (2011-2014)		
	サンプル数 <sup>1</sup>	平均	標準偏差	最小	最大	サンプル数 <sup>1</sup>	平均	標準偏差	サンプル数 <sup>1</sup>	平均	標準偏差	平均	標準偏差	
<b>米国集計</b>						<b>米国集計</b>			<b>米国集計</b>			<b>米国集計</b>		
タンパク質 (乾物比 %)	620	8.2	0.53	5.6	11.3	629	8.5*	0.55	610	8.7*	0.66	8.8	0.62	
デンプン (乾物比 %)	620	73.6	0.61	70.5	76.3	629	73.5*	0.63	610	73.5*	0.65	73.3	0.64	
油分 (乾物比 %)	620	3.8	0.30	2.5	5.4	629	3.8	0.31	610	3.7	0.34	3.7	0.32	
<b>ガルフ</b>						<b>ガルフ</b>			<b>ガルフ</b>			<b>ガルフ</b>		
タンパク質 (乾物比 %)	577	8.1	0.52	6.0	11.3	583	8.4*	0.55	557	8.5*	0.64	8.7	0.62	
デンプン (乾物比 %)	577	73.7	0.62	70.7	76.3	583	73.6*	0.64	557	73.5*	0.67	73.4	0.65	
油分 (乾物比 %)	577	3.8	0.32	2.5	5.4	583	3.8	0.32	557	3.7	0.35	3.8	0.33	
<b>米国北西部</b>						<b>米国北西部</b>			<b>米国北西部</b>			<b>米国北西部</b>		
タンパク質 (乾物比 %)	329	8.7	0.58	5.6	11.3	262	8.7	0.56	259	9.1*	0.69	8.9	0.61	
デンプン (乾物比 %)	329	73.5	0.60	70.5	75.6	262	73.4*	0.60	259	73.4*	0.61	73.3	0.61	
油分 (乾物比 %)	329	3.7	0.28	2.5	4.6	262	3.6*	0.29	259	3.5	0.33	3.6	0.30	
<b>南部鉄道網</b>						<b>南部鉄道網</b>			<b>南部鉄道網</b>			<b>南部鉄道網</b>		
タンパク質 (乾物比 %)	402	8.3	0.48	6.4	11.3	371	8.6*	0.57	313	9.1*	0.78	9.1	0.65	
デンプン (乾物比 %)	402	73.5	0.60	71.7	76.3	371	73.4*	0.60	313	73.2*	0.64	73.1	0.64	
油分 (乾物比 %)	402	3.8	0.30	2.5	4.6	371	3.7	0.28	313	3.7*	0.34	3.7	0.32	

\* 有意水準95%での両側t検定に基づき、2014年の平均値が2015年と有意に異なり、2013年の平均値が2015年と有意に異なることを示している。

<sup>1</sup> ECAの結果は複合統計によるものであるため、ECA3地域のサンプル数を合計すると米国集計を上回る。

## D. 物理的ファクター

物理的ファクターは等級ファクターや化学組成以外の品質特性です。物理的ファクターにはストレスクラック、穀粒重量、穀粒容積・真の密度および完全粒の割合や角質（硬）胚乳の割合が含まれます。こうした物理的ファクターの試験を実施することで、保管性や取扱い中の破損の可能性だけでなく、トウモロコシを様々な用途で使用する際の加工特性に関する追加情報を得ることができます。こうした品質特性はトウモロコシ穀粒の物理組成の影響を受けませんが、物理組成自体が遺伝的特質、生育および取扱い状況の影響を受けます。トウモロコシの穀粒は胚芽、尖頭、種皮または果皮、胚乳という4つの部分から構成されています。右図に示すように、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、胚芽には油分と多少のタンパク質が含まれており、種皮および尖頭のは大半は繊維です。

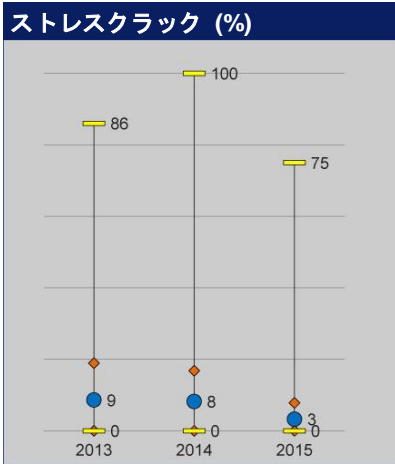


図は K. D. Rausch University of Illinois の提供による。

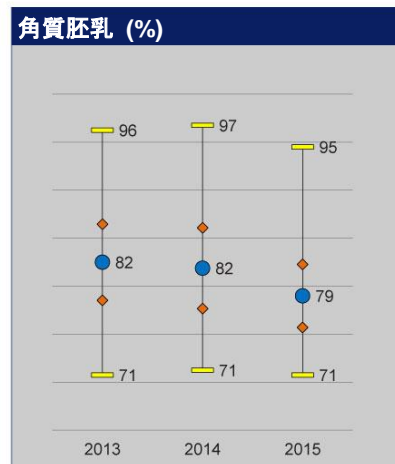
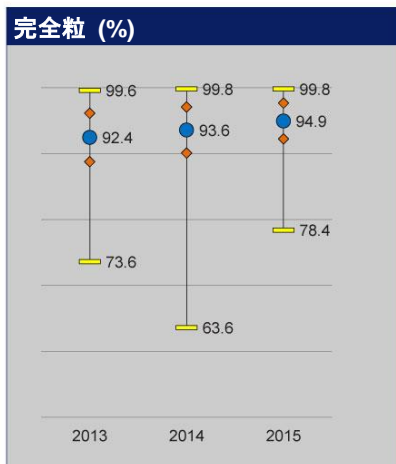
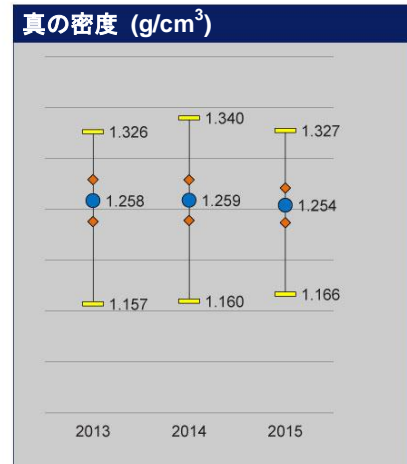
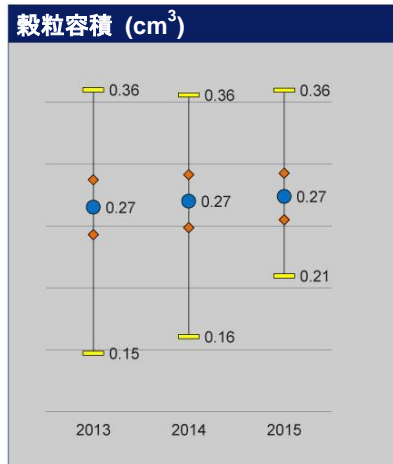
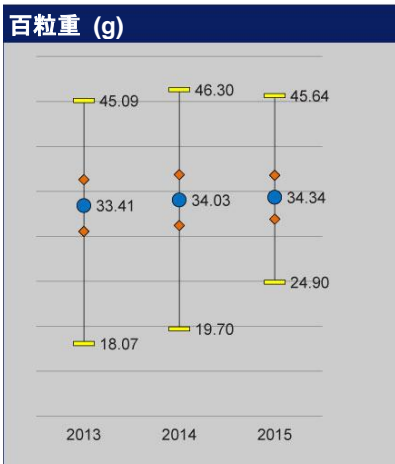
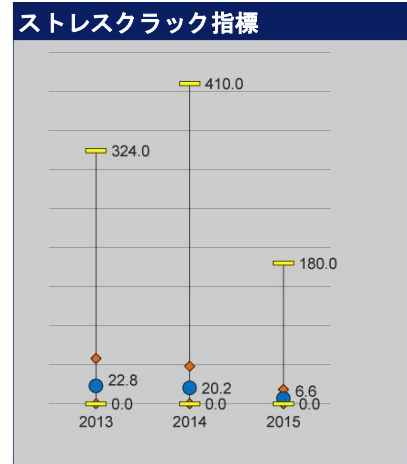
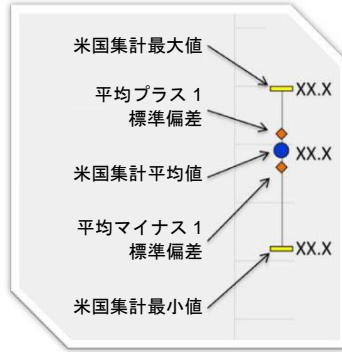
### まとめ：物理的ファクター

- 米国集計平均のストレスクラック(3%)およびストレスクラック指標(SCI)(6.6)の値は2014年、2013年および4YAを下回り、トウモロコシの破損し易さの程度が過去数年を下回することを示唆している。順調な生育・成熟状況であったことに加え、圃場乾燥が良好で収穫が早期に行われたために、人工的な乾燥が減り、2015年のストレスクラックおよびSCIの値の大幅な低下に結びついた。
- 3ECAの中では南部鉄道網 ECA のSCIが2015年、2014年、2013年および4YAのいずれでも最も低い値である。南部鉄道網 ECA ではストレスクラックの割合(%)も2015年、2014年、2013年および4YAすべてで最低のレベルにある。
- 2015年の米国集計の百粒重平均値(34.34g)は2014年、2013年および4YAを上回っている。
- 2015年の米国集計穀粒容積平均値(0.27cm<sup>3</sup>)は2014年、2013年および4YAと同じである。ただし分布からは、2015年は過去2年よりもサイズの大きな穀粒の割合が大きいことが示唆される。
- ECA別にみると、2015年、2014年、2013年および4YAのいずれでも、米国北西部 ECA の穀粒容積および百粒重の値が最も低い。
- 2015年の米国集計の真の密度平均値は1.254 g/cm<sup>3</sup>で、2014年および2013年をわずかに下回り、4YAを下回っている。過去5年にわたり、真の密度はタンパク質含有率が高い年度に高くなる傾向が見られる。
- 真の密度が1.275 g/cm<sup>3</sup>を上回る穀粒は少なく、2015年のトウモロコシが2014年および2013年よりも幾分柔らかいことが示唆される。
- 2015年、2014年、2013年および4YAのいずれでも、3ECAの中では米国北西部 ECA の真の密度および容積重が最も低い。
- 2015年の米国集計の完全粒の平均値は94.9%で、2014年、2013年および4YAを上回っている。
- 完全粒の分布をみると、2015年の完全粒の割合は2014年および2013年を上回っている。完全粒の値が高く、ストレスクラックの値が低いということは、取扱いが容易で破損が最小限であることを示唆している。
- 米国集計の角質胚乳の平均値(79%)は2014年、2013年および4YAを下回っている。
- 2015年の角質胚乳値の分布は過去2年よりも硬胚乳のサンプルの割合が小さいことを示している。
- 角質胚乳と真の密度は同じ方向に変動すると考えられ、2012年のように干ばつが発生する年は高い値となり、2015年のように単収が増加してタンパク質が減少する年はこれらの値は低くなる。

III. 品質検査結果 (続き)



### グラフの見方





## 1. 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）胚乳内部の亀裂を意味します。通常、ストレスクラックのあるトウモロコシの種皮（外皮）には損傷が見られず、ストレスクラックが存在しても、一見するだけでは穀粒になんら問題はないように見えることがあります。

ストレスクラックの原因は穀粒の角質胚乳内の水分や温度の変化から生じる圧力の蓄積です。これは、ぬるい飲み物に氷を入れたときに氷の内部に発生する亀裂に例えることができます。軟質の粉状胚乳では硬質の角質硬胚乳ほど内部ストレスが蓄積されることはありません。従って、角質胚乳の割合が大きいトウモロコシでは柔らかなトウモロコシよりもストレスクラックが発生しやすくなります。ひとつの穀粒に亀裂が1本だけの場合も、2本またはそれ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による急激な水分除去です。強度のストレスクラックは次のように様々な用途に影響を及ぼします。

- 全般：取扱中に破損し易くなることから、破損粒の増加につながり、加工業者にとって洗浄処理中にこれら除去する必要性が高まり、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より困難になるため、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（ドライミリング業者の主製品）の収量が低下する。
- アルカリ処理：不均一な水分吸収が過剰または不十分な処理結果に結び付き、これが処理バランスに影響を及ぼす。

生育状況は作物の成熟度や収穫時期、人工乾燥の必要性に影響を及ぼしますが、こうした要素は地域によって異なるストレスクラックの程度にも影響を与えます。例えば、降雨による作付けの遅れや低温といった気象に関係するファクター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ることもあり、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。

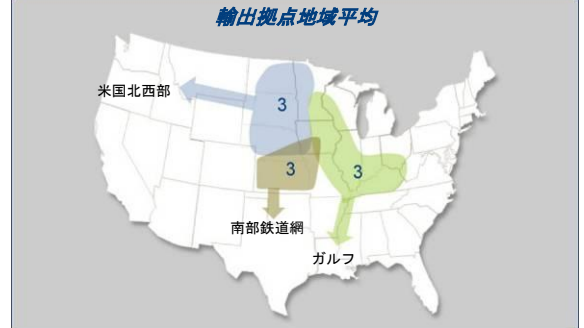
ストレスクラックの計測法には「ストレスクラック率」（1本以上の亀裂のある穀粒の割合）や、1本、2本およびそれを超えるストレスクラックの加重平均を示す「ストレスクラック指標」（SCI）などがあります。「ストレスクラック率」ではストレスクラックのある穀粒の数のみを測定しますが、SCIはストレスクラックの深さを示します。例えば、穀粒の半数にストレスクラックが1本だけある場合、「ストレスクラック率」は50%で、SCIは50（50×1）です。ところが、こうした亀裂のすべてが複数（2本超）のストレスクラックである場合には、取扱中に破損が発生する可能性が高くなり、「ストレスクラック率」は50%のままであるのに対し、SCIは250（50×5）となります。「ストレスクラック率」もSCIも数値が低い方が望ましいのは同じです。ストレスクラック率が高い年度ではSCIの方が貴重な情報を提供してくれます。つまり、SCIの数値が高ければ（恐らく300から500）、非常に高い割合でそのサンプルには複数のストレスクラックが存在することが示唆されるためです。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方が品質を大幅に低下させます。

### III. 品質検査結果 (続き)

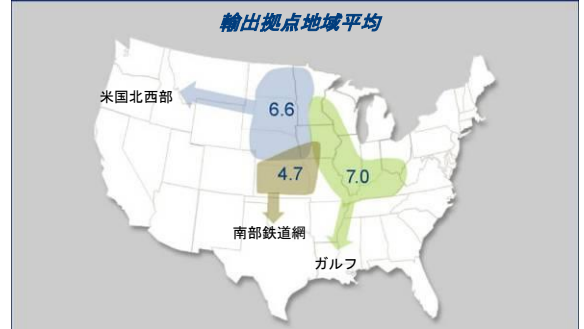
#### 結果

- 2015年の米国集計のストレスクラック率は平均3%で、2014(8%)、2013年(9%)および4YA(6%)を下回っている。
- 2015年の米国集計ストレスクラック率の標準偏差(5%)は2014年(9%)、2013(10%)および4YA(7%)を下回っている。
- 2015年のストレスクラック率のばらつき幅は0~75%で、一方2014年は0~100%、2013年は0~86%である。
- 2015年のストレスクラック率10%未満のサンプルの割合(93.2%)は2014年(79%)および2013年(80%)を大幅に上回っている。また、2015年のストレスクラック率20%超のサンプルの割合は3.1%で、2014年(9%)および2013年(11%)を下回っている。
- ストレスクラック率の分布は、2015年トウモロコシの破損し易さが2014年および2013年を下回っていることを示している。
- 2015年のストレスクラック率の平均はすべてのECA地域で3%である。2015年、2014年、2013年および4YAのいずれでも、南部鉄道網 ECA のストレスクラック率が最も低いか、同率1位である。
- 2015年米国集計 SCI の平均値は6.6で、2014年(20.2)、2013年(22.8)および4YA(14.2)を下回っている。
- 2015年の米国集計 SCI のばらつき(標準偏差11.7)は2014年(27.7)、2013年(35.1)および4YA(20.7)を下回っている。
- 2015年のSCIのばらつきの幅は2014年および2013年より小さくなっている。
- 2015年のサンプル中、SCIが40未満のものは95.8%で、2014年の89%および2013年の86%を上回っている。SCIが80を超えるものは2014年では7%、2013年では9%であるのに対し、2015年のサンプルではわずか1.8%にすぎない。このような分布は、2014年および2013年と比較して2015年では収穫時の水分含有率が低く、人工乾燥の必要性が少なかったことに起因していると考えられる。
- ガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA の SCI 平均値はそれぞれ7.0、6.6 および4.7である。
- 2015年、2014年、2013年および4YAのいずれでも、SCIの値が最も低いのは南部鉄道網 ECA である。南部鉄道網 ECA の SCI の低さは、おそらく同地域を構成する州で一般的にみられる圃場乾燥能力の高さと関係があると考えられる。
- ほぼ75%の良好から優良の生育状況に恵まれたトウモロコシの割合が非常に大きかったこと、成熟および登熟が良好であったこと、早期収穫状況および圃場乾燥条件に恵まれていたことが人工的な乾燥を減らし、2015年のストレスクラック率および SCI の値の大幅な減少に結び付いた。

#### ストレスクラック (%)



#### ストレスクラック指標 (SCI)

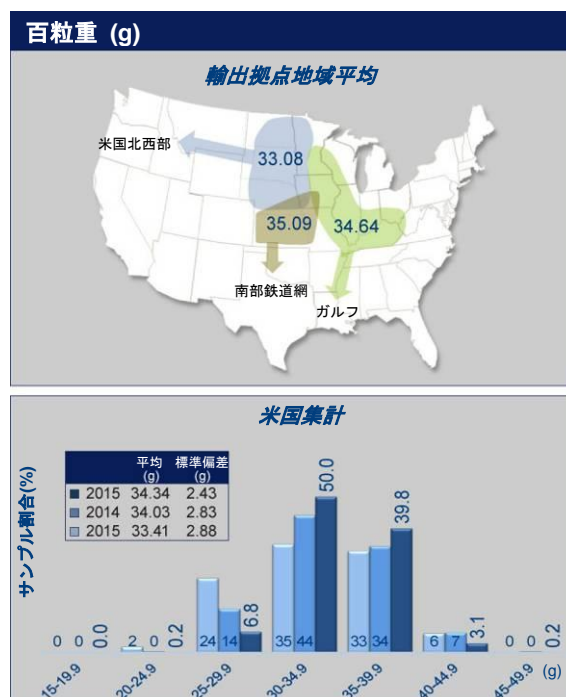


## 2. 百粒重

百粒（100-k）の重量（グラム表示）をみると、百粒重の値が増加するに従って穀粒のサイズが大きくなることがわかります。穀粒の大きさは乾燥速度に影響を及ぼします。穀粒のサイズが大きくなると表面積に対する容積の比率が高くなり、この比率が高くなると乾燥速度が遅くなります。さらに、多くの場合、大きく均一なサイズの穀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。角質（硬）胚乳の量が多いトウモロコシのスペシャルティ品種では穀粒の重量は高くなる傾向があります。

### 結果

- 2015年の米国集計サンプルの百粒重平均値は34.34 gで、2014年（34.03 g）、2013年（33.41 g）および4YA（33.77 g）を上回っている。
- 2015年の米国集計の百粒重のばらつき（標準偏差2.43 g）は2014年（2.83 g）、2013年（2.88 g）および4YA（2.78 g）を下回っている。
- 2015年の百粒重のばらつきの幅は24.90～45.64 gで、2014年（19.70～46.30 g）、2013年（18.07から45.09 g）および4YA（16.59～46.30 g）よりも小さい。
- 2015年の百粒重の分布をみると、35 g以上のものが43.1%で、これに対し2014年は41%、2013年は39%である。この分布は過去2年よりも2015年のほうがサイズの大きな穀粒の割合が大きいことを示している。
- 米国北西部 ECA の平均百粒重が最も軽く（33.08 g）、これに対しガルフ ECA は34.64 g、南部鉄道網 ECA は35.09 gである。2014年、2013年および4YA のいずれでも、米国北西部 ECA の百粒重が最も軽い。



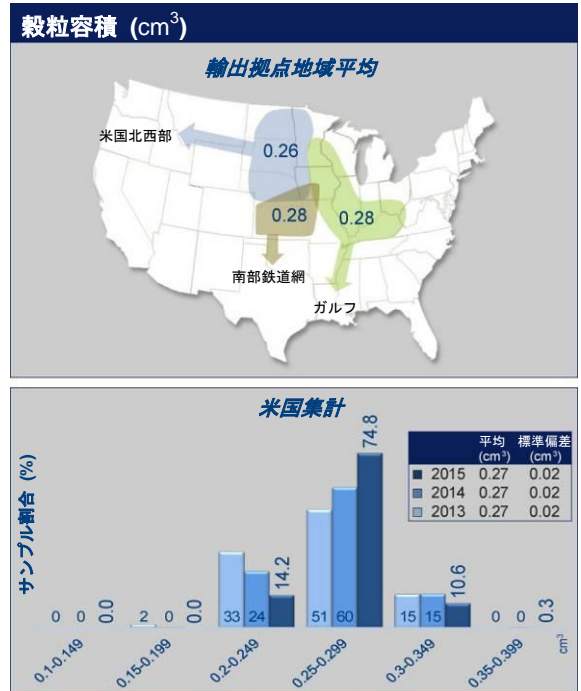
III. 品質検査結果 (続き)

3. 穀粒容積

cm<sup>3</sup>単位で表示される穀粒容積は生育状況を示すことがよくあります。乾燥した条件下では穀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。加えて、粒が小さいと加工業者の洗浄損が増加し、繊維収率が高まる可能性があります。

結果

- 2015年の米国集計の穀粒容積の平均値は 0.27 cm<sup>3</sup> で、2014年、2013年および4YAと同じである。
- いずれの年度でもばらつきに変化はない。米国集計穀粒容積の標準偏差は2015年、2014年、2013年および4YAのいずれでも 0.02 cm<sup>3</sup> である。
- 2015年の穀粒容積の最大値と最小値の幅 (0.15 cm<sup>3</sup>) は2014年および2013年を下回っている。
- 2015年の穀粒容積の分布では、穀粒容積が0.25 cm<sup>3</sup> 以上のものが 85.7%を占め、これに対し2014年は 75%、2013年は 66%である。この分布は2015年のトウモロコシに含まれるサイズの大きな穀粒の割合が過去2年を上回っていることを示している。
- ガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA の穀粒容積の平均はそれぞれ 0.28 cm<sup>3</sup>、0.26 cm<sup>3</sup>、0.28 cm<sup>3</sup> である。2015年、2014年、2013年および4YAのいずれでも、米国北西部 ECA の穀粒容積平均が他の ECA2 地域を下回っている。





#### 4. 真の密度

真の密度は百粒のサンプルの重量を同じ百粒の体積、すなわち押し分け容積で除して求め、 $\text{g/cm}^3$ 単位で報告します。真の密度は穀粒の硬度を相対的に示す指標で、アルカリ処理およびドライミリングを行う業者にとって有用な数値です。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中に破損が発生し難いものの、高温乾燥が用いられるとストレスクラックを発生させるリスクが上昇します。真の密度が  $1.30 \text{ g/cm}^3$  を超えると、ドライミリングやアルカリ処理に適した非常に硬質なトウモロコシであることが示唆されます。真の密度が  $1.275 \text{ g/cm}^3$  程度、あるいはそれを下回る場合には、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用の加工が容易になります。

#### 結果

- 2015年の米国集計の真の密度は平均  $1.254 \text{ g/cm}^3$  で、2014年 ( $1.259 \text{ g/cm}^3$ )、2013年 ( $1.258 \text{ g/cm}^3$ ) および4YA ( $1.265 \text{ g/cm}^3$ ) を下回っている。
- 2015年の米国集計の真の密度のばらつき ( $0.017 \text{ g/cm}^3$ ) は2014年 ( $0.020 \text{ g/cm}^3$ )、2013年 ( $0.021 \text{ g/cm}^3$ ) および4YA ( $0.019 \text{ g/cm}^3$ ) を下回っている。
- 2015年の真の密度のばらつきの幅は  $1.166 \sim 1.327 \text{ g/cm}^3$  で、2014年は  $1.160 \sim 1.340 \text{ g/cm}^3$ 、2013年は  $1.157 \sim 1.326 \text{ g/cm}^3$  である。
- 2015年の真の密度の分布では  $1.275 \text{ g/cm}^3$  以上のものはわずか18.7%で、これに対し、2014年はサンプルの30%、2013年は34%である。多くの場合、 $1.275 \text{ g/cm}^3$  を超える値は硬いトウモロコシ、これを下回るものは柔らかいトウモロコシであることを示すと考えられるため、この2015年の穀粒分布は過去数年よりも柔らかいトウモロコシであることを示唆している。
- 2015年のガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA の真の密度の平均値はそれぞれ  $1.255 \text{ g/cm}^3$ 、 $1.249 \text{ g/cm}^3$ 、 $1.255 \text{ g/cm}^3$  である。2015年、2014年、2013年および4YA のいずれでも、米国北西部 ECA の真の密度および容積重の平均値が他の ECA 地域の数値を下回っている。
- かさ密度としても知られている容積重は1クォート入るカップに詰め込むことのできる質量を基にしている。右図に示すように、容積重は真の密度の影響を受ける(相関係数は0.78)が、同時に水分含有率、種皮の損傷(完全粒)、破損およびその他のファクターの影響も受ける。2015年の容積重は  $58.2 \text{ lb/bu}$  で、2014年の  $57.6 \text{ lb/bu}$  や2013年の  $57.9 \text{ lb/bu}$  を上回っている。真の密度が低いにもかかわらず、2015年の容積重は依然として高い値を示すと考えられるが、これは水分含有率が低く、完全粒の割合が大きく、損傷率が低いためである。



### III. 品質検査結果 (続き)

#### 5. 完全粒

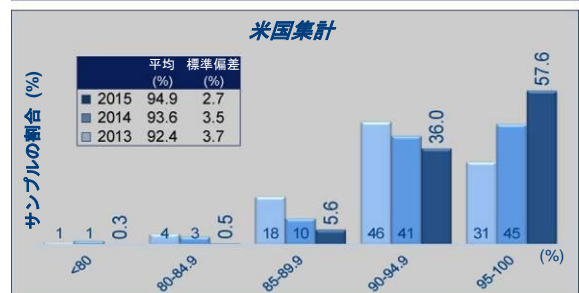
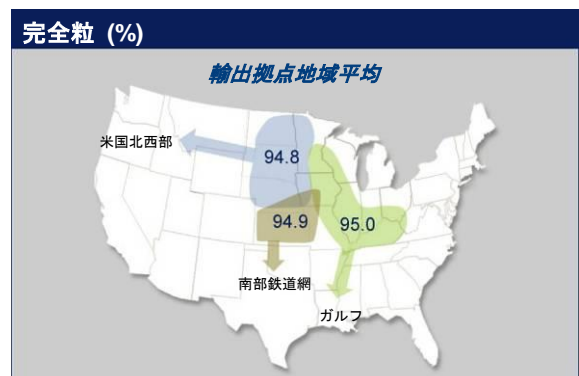
その名称から、完全粒と BCFM との間に多少の負の相関関係があるかのように思われますが、完全粒試験は BCFM 試験による破損トウモロコシの割合とは異なる情報を提供するものです。破損トウモロコシ粒は物質のサイズだけで決まります。完全粒というのはその名が示すように、サンプルに含まれる完全に無傷で、種皮に損傷がなく、欠損のない穀粒のことで、値はパーセントで示されます。

主として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。第一はアルカリ処理および浸漬工程での吸水状態に影響を及ぼすという理由です。穀粒に割れ目または種皮に亀裂があると、水分は無傷で完全な穀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、ソリュブルの損失、不均一な処理、高額な費用のかかる運転停止といった事態や、仕様から逸脱した製品といった結果を招きかねません。指定した完全粒レベルを上回るトウモロコシには、契約によってプレミアムを支払う企業さえあります。

第二に、穀粒が無傷で完全であると保管中にカビが発生しにくく取扱い中の破損も少なくなります。軟質トウモロコシよりも硬胚乳の方が完全粒の維持に適していますが、完全粒を提供するために最も重要な要素は収穫・取扱いです。この要素はコンバインの適切な調整に始まり、これに続いて、圃場からエンドユーザーに至るまで必要なコンベヤや複数回にわたる取扱い作業によって穀粒が受ける衝撃の程度も含まれます。その後の取扱いのひとつひとつがさらなる損傷につながります。通常、水分含有率の高い状態（例えば 25%超）で収穫すると、低い状態で収穫する場合よりもトウモロコシの種皮損傷が起こりやすくなります。

#### 結果

- 2015 年の米国集計トウモロコシの完全粒平均値は 94.9%で、2014 年 (93.6%)、2013 (92.4%) および 4YA (93.5%) を上回っている。
- 米国集計の完全粒の標準偏差は 2.7%で、2014 年 (3.5%)、2013 年 (3.7%) および 4YA (3.6%) を下回っている。
- 2015 年の完全粒のばらつき幅 (78.4~99.8%) は 2014 年 (63.6~99.8%)、2013 年 (73.6~99.6%) を下回っている。
- 2015 年のサンプル中、完全粒が 90%以上のものが 93.6%を占め、これに対し 2014 年は 86%、2013 年は 77%であった。この分布は過去 2 年よりも完全粒サンプルの割合が大きいことを示している。
- ガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA の完全粒の平均値はそれぞれ 95.0%、94.8%、94.9%である。2015 年 (94.8%)、2014 年 (92.5%) および 4YA (93.2%) で完全粒の値が最も低いのは米国北西部 ECA である。



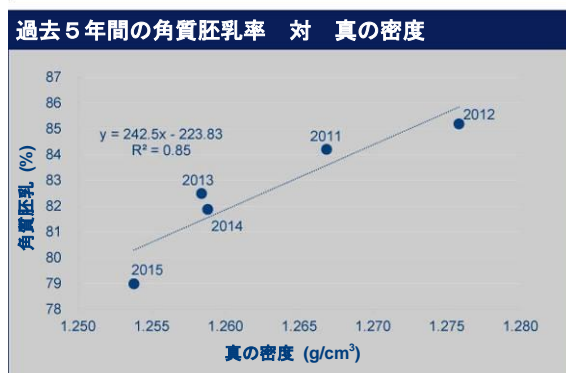
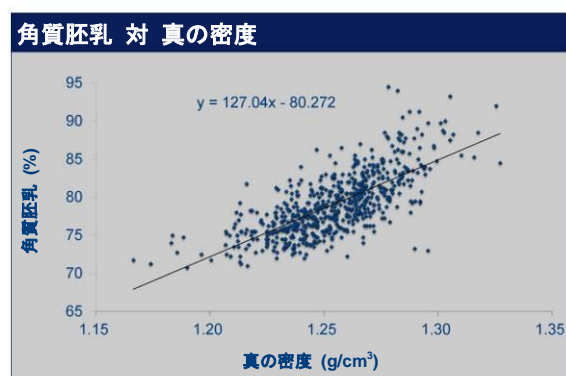
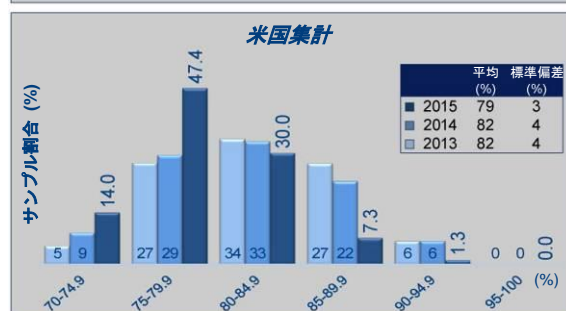
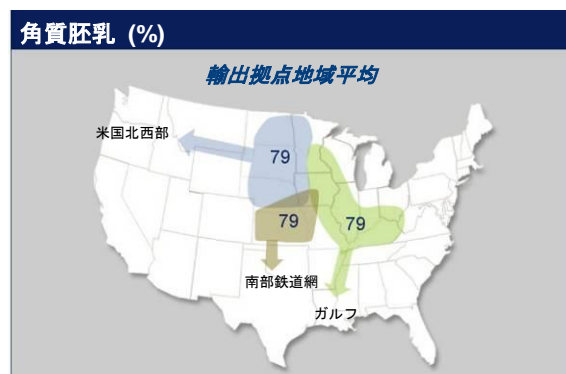
## 6. 角質（硬）胚乳

角質（硬）胚乳試験では穀粒の全胚乳中、角質胚乳すなわち硬胚乳が占める割合を測定しますが、この値は通常 70～100%の間となります。軟胚乳と比較して角質胚乳の量が多いほどトウモロコシ粒は硬くなるとされています。加工の種類によって硬さの程度が重要になってきます。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とされます。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、ウェットミリングや家畜飼料には軟質から中程度のトウモロコシが用いられます。

硬度は破損のしやすさ、飼料利用性や飼料効率、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、角質胚乳率には良いも悪いもなく、それぞれのエンドユーザーにとって望ましい特定の角質胚乳率の範囲が存在するにすぎません。ドライミリングおよびアルカリ処理を行う業者の多くは角質胚乳率が 90%を超えるトウモロコシを好み、一方ウェットミリングおよび飼料業者は一般に 70～85%の範囲のトウモロコシを好みます。しかしながら、ユーザーの好みには例外が存在することも確かです。

### 結果

- 2015 年の米国集計角質胚乳率の平均（79%）は 2014 年および 2013（両年とも 82%）、および 4YA（83%）を下回っている。
- 米国集計の角質胚乳率標準偏差は 3%で、2014 年、2013 年および 4YA（いずれも 4%）を下回っている。
- 2015 年の角質胚乳率のばらつき幅は 2014 年および 2013 年とほぼ同じである。
- 2015 年のサンプル中、角質胚乳率が 80%未満のものは 61.4%で、2014 年の 38%、2013 年の 32%を大幅に上回っている。この分布は 2015 年のサンプルでは硬胚乳率の高いトウモロコシの割合が過去 2 年の割合を下回っていることを示している。
- 角質胚乳率の平均はガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA の 3 地域いずれも 79%と同一の値となっている。
- 右図は 2015 年のサンプルの角質胚乳率と真の密度との間に弱いながらも正の相関関係（相関係数 0.72）があることを示している。
- 2 番目の図は過去 5 年の米国集計の角質胚乳率および真の密度の平均値を示したものである。この図から、米国集計の真の密度の平均が高い年は米国集計の角質胚乳率の平均も高いことが分かる。



### III. 品質検査結果 (続き)

#### まとめ：物理的ファクター

	2015年収穫					2014年収穫			2013年収穫			4年平均 (2011-2014)	
	サンプル 数 <sup>1</sup>	平均	標準 偏差	最小	最大	サンプル 数 <sup>1</sup>	平均	標準 偏差	サンプル 数 <sup>1</sup>	平均	標準 偏差	平均	標準 偏差
<b>米国集計</b>						<b>米国集計</b>			<b>米国集計</b>			<b>米国集計</b>	
ストレスクラック (%) <sup>2</sup>	620	3	5	0	75	629	8*	9	610	9	10	6	7
ストレスクラック指標 <sup>2</sup>	620	6.6	11.7	0	180	629	20.2*	27.7	610	22.8	35.1	14.2	20.7
百粒重 (g)	620	34.34	2.43	24.90	45.64	629	34.03*	2.83	610	33.41	2.88	33.77	2.78
穀粒容積 (cm <sup>3</sup> )	620	0.27	0.02	0.21	0.36	629	0.27*	0.02	610	0.27*	0.02	0.27	0.02
真の密度 (g/cm <sup>3</sup> )	620	1.254	0.017	1.166	1.327	629	1.259*	0.020	610	1.258*	0.021	1.265	0.019
完全粒 (%)	620	94.9	2.7	78.4	99.8	629	93.6*	3.5	610	92.4*	3.7	93.5	3.6
角質胚乳 (%)	620	79	3	71	95	629	82*	4	610	82*	4	83	4
<b>ガルフ</b>						<b>ガルフ</b>			<b>ガルフ</b>			<b>ガルフ</b>	
ストレスクラック (%) <sup>2</sup>	577	3	5	0	75	583	9*	10	556	9	11	6	7
ストレスクラック指標 <sup>2</sup>	577	7.0	12.4	0	180	583	24.1*	33.3	556	23.5	39.5	15.5	23.7
百粒重 (g)	577	34.64	2.47	24.90	45.64	583	34.88	2.90	556	34.10	2.94	34.36	2.81
穀粒容積 (cm <sup>3</sup> )	577	0.28	0.02	0.21	0.36	583	0.28	0.02	556	0.27*	0.02	0.27	0.02
真の密度 (g/cm <sup>3</sup> )	577	1.255	0.017	1.166	1.327	583	1.262*	0.020	556	1.261*	0.020	1.267	0.019
完全粒 (%)	577	95.0	2.8	78.4	99.8	583	93.8*	3.3	556	92.4*	3.8	93.7	3.6
角質胚乳 (%)	577	79	3	71	95	583	82*	4	556	83*	4	84	4
<b>米国北西部</b>						<b>米国北西部</b>			<b>米国北西部</b>			<b>米国北西部</b>	
ストレスクラック (%) <sup>2</sup>	329	3	4	0	75	262	6*	6	259	10	10	6	6
ストレスクラック指標 <sup>2</sup>	329	6.6	11.9	0	159	262	12.8*	17.1	259	27.4	31.1	13.5	16.6
百粒重 (g)	329	33.08	2.29	26.03	44.66	262	30.92*	2.57	259	30.33*	2.70	31.65	2.59
穀粒容積 (cm <sup>3</sup> )	329	0.26	0.02	0.21	0.35	262	0.25*	0.02	259	0.24	0.02	0.25	0.02
真の密度 (g/cm <sup>3</sup> )	329	1.249	0.017	1.174	1.318	262	1.246	0.021	259	1.241*	0.022	1.254	0.020
完全粒 (%)	329	94.8	2.6	78.4	99.8	262	92.5*	4.4	259	92.5*	3.3	93.2	3.7
角質胚乳 (%)	329	79	3	71	91	262	81*	4	259	80*	3	83	4
<b>南部鉄道網</b>						<b>南部鉄道網</b>			<b>南部鉄道網</b>			<b>南部鉄道網</b>	
ストレスクラック (%)	402	3	3	0	50	371	6*	6	312	5*	6	4	4
ストレスクラック指標 <sup>2</sup>	402	4.7	8.2	0	180	371	11.4*	15.3	312	11.7*	16.5	8.3	11.3
百粒重 (g)	402	35.09	2.49	24.90	45.64	371	34.47*	2.83	312	34.23*	2.87	33.99	2.89
穀粒容積 (cm <sup>3</sup> )	402	0.28	0.02	0.21	0.36	371	0.27*	0.02	312	0.27*	0.02	0.27	0.02
真の密度 (g/cm <sup>3</sup> )	402	1.255	0.017	1.166	1.327	371	1.263*	0.019	312	1.267*	0.020	1.270	0.018
完全粒 (%)	402	94.9	2.8	79.8	99.8	371	93.9*	3.2	312	92.5	3.5	93.6	3.4
角質胚乳 (%)	402	79	3	71	93	371	82*	4	312	83*	4	83	4

\* 有意水準 95%での両側 t 検定に基づき、2014 年の平均値が 2015 年と有意に異なり、2013 年の平均値が 2015 年と有意に異なることを示している。

<sup>1</sup> ECA の結果は複合統計によるものであるため、ECA3 地域のサンプル数を合計すると米国集計を上回る。

<sup>2</sup> 収穫密度平均を予測するための相対 ME は±10%を超えている。



## E. マイコトキシン

マイコトキシンは穀物に自然発生する菌類から産生される毒性のある化合物です。マイコトキシンを多量に摂取した場合には、動物にも人間にも健康被害が発生する可能性があります。トウモロコシ粒には数種のマイコトキシンが発見されていますが、その中でアフラトキシンとデオキシニパレノール（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 2 種と考えられています。

これまでの収穫時品質報告書と同じく、本年の報告のために、2015 年収穫サンプルに対しアフラトキシン試験と DON 試験を実施しました。マイコトキシンの産生はトウモロコシの生育状況に大きく左右されるため、この *収穫時品質報告書* の目的を考慮し、収穫時のトウモロコシからアフラトキシンと DON が検出された事例に限って報告します。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。

収穫時品質報告書のマイコトキシンに関するレビューは、輸出用の米国産トウモロコシにマイコトキシンが存在するか否かを予測したり、その程度を予測することを意図して行うものではありません。米国の穀物流通経路には複数の段階があり、また業界を指導するための法律や規制が存在するため、輸出用トウモロコシのマイコトキシンのレベルは圃場から輸送された時点で最初に検出される可能性のあるマイコトキシンのレベルを下回ります。また、本報告書の趣旨は、調査対象全 12 州および 3 つの輸出拠点地域（ECA）のマイコトキシン事例の全てを網羅・評価すると主張することではありません。本 *収穫時品質報告書* に記載されている結果は、圃場から出荷されたばかりのトウモロコシにマイコトキシンが存在する可能性についての、ひとつの目安としてのみ使用されるべきものです。当協会が何年分もの *収穫時品質報告書* を積み重ねていくに従って、トウモロコシ収穫時の年度別マイコトキシン発生パターンが分かってくるようになります。アメリカ穀物協会の *2015/16 年トウモロコシ輸出貨物報告書* は輸出時におけるトウモロコシの品質を報告するもので、2015/16 年の米国輸出トウモロコシに存在するマイコトキシンについてさらに正確な目安を提供しています。

### 1. アフラトキシンおよび DON の有無の評価

2015 年の生育状況が米国産トウモロコシに発生する総アフラトキシンおよび DON に及ぼす影響を評価するため、全サンプル採取地域の 600 サンプルの、少なくとも 25% について系統的な加重試験を実施しました。サンプリング基準は「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が、結果としてマイコトキシン試験の対象サンプル数は 173 になりました。

検出限界（LOD）と呼ばれる基準値を用いて、サンプルのマイコトキシンが検出可能レベルか否かを見極めました。本 2015/16 年報告書に用いられた分析キットの LOD はアフラトキシンで 2.5 ppb（10 億分の 1）、DON で 0.3 ppm（100 万分の 1）です。本試験に用いられたマイコトキシン試験方法の詳細については、「試験分析方法」のセクションに記載しています。

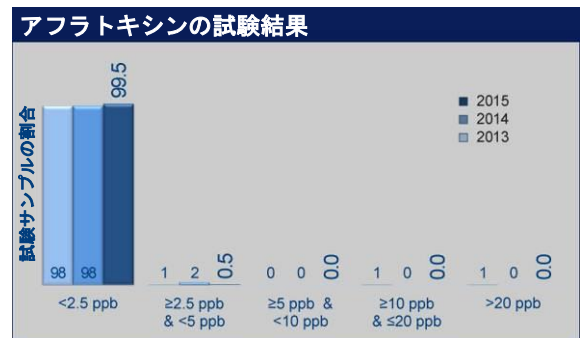


### III. 品質検査結果 (続き)

#### 結果：アフラトキシン

2015年のアフラトキシンについては、合計185サンプルを対象として分析を実施しました。この数は2014年および2013年のアフラトキシン試験のサンプル数（182と179）とほぼ同じです。2015年の調査結果は以下のとおりです。

- 184サンプル、すなわち185サンプルの99.5%に検出可能レベルのアフラトキシンは認められなかった（LOD 2.5 ppb未満）。これは検出可能レベルのアフラトキシンが認められなかったサンプルの割合が98%であった2014年および2013年をわずかに上回っている。
- 1サンプル、すなわち185サンプルの0.5%がアフラトキシンのLODである2.5 ppb以上だが、5ppbは下回っている。
- 185サンプル中0.0%、すなわちいずれのサンプルもアフラトキシン・レベルは5 ppb以上10 ppb未満に該当しない。
- 185サンプル中0.0%、すなわちいずれのサンプルもアフラトキシン・レベルは10 ppb以上かつFDAの規制レベルである20 ppb以下に該当しない。
- こうした2015年の結果は、185サンプル、すなわち185サンプルの100%がFDAの規制レベルである20 ppb以下であることを示しており、これに対し2014年および2013年の値はそれぞれ100%と99.4%である。



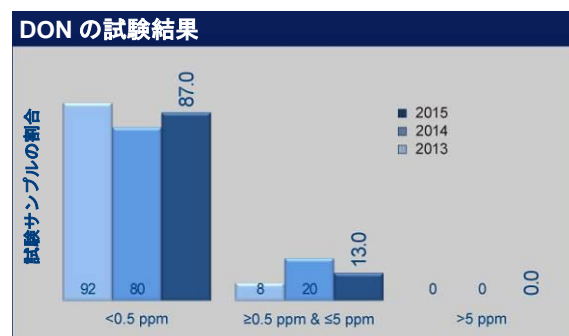
2015年のアフラトキシン調査結果を2014年および2013年の調査結果と比較すると、2015年もすべてのASDでアフラトキシン検出率が2014年および2013年の作物シーズンと同レベルであることが分かります。違いは大きくないものの、2015年の作物シーズンのLODを下回るサンプルの割合は2014年および2013年の割合をわずかに上回っています。FDA規制レベルを上回ったサンプルについては、2014年がゼロで、2013年は1件（<1%）でしたが、2015年はゼロでした。これは2015年がより一層良好な天候に恵まれていた（ストレスが少ない）ことがひとつの要因と考えられます（2015年の生育状況の詳しい情報については、「作物状況および気象状況」のセクションを参照のこと）。2015年の受粉期および登熟期の天候は低温多雨であったため、結果として植体はストレスに曝されることがありませんでした。こうした状況によりアフラトキシンは発生しにくくなりました。

### III. 品質検査結果 (続き)

#### 結果 : DON (デオキシニバレノールまたはボミトキシン)

2015年のDONについては、合計185サンプルをまとめて分析しました。これは、2014年および2013年のDON試験サンプル数(182と179)とほぼ同じです。2015年の調査結果は以下のとおりです。

- 試験の結果、161サンプル、すなわち185サンプルの87.0%が0.5 ppm未満となっている。
- 試験の結果、24サンプル、すなわち185サンプルの13.0%が0.5 ppm以上かつFDA勧告レベルである5 ppm以下となっている。
- 試験の結果、185サンプルのすべて、すなわち100%がFDA勧告レベルである5 ppm以下となっている。
- 2015年の0.5 ppm未満のサンプルの割合(87.0%)は2014年(80.2%)を上回り、2013年(91.6%)を下回っている。



- 試験の結果、2015年の試験サンプルの100%が5 ppm以下で、2014年および2013の結果と同じである。

2015年のDON調査結果を2014年および2013年の調査結果と比較すると、2015年のサンプルのうち0.5 ppmを下回る結果となったサンプルの割合は2014年の値から増加していますが、2013年の穀物シーズンに記録されたレベルには及びません。これら3年のいずれの調査結果もすべて5 ppm未満となっていますが、2015年の0.5 ppm未満のサンプルの割合が2014年を上回ったのは、前年よりもDON発生を招き難い気象条件であったことと関係があると考えられます。

## 2. 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や保管の環境条件の影響を受けます。こうした差があるため、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にばらつきが発生します。いずれの生産地域の生育状況下でも、どのような種類のマイコトキシンのレベルも上昇しない年もあれば、ある地域の環境条件によって、特定のマイコトキシン産生が人間や家畜へのトウモロコシの消費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シンに敏感です。そのため、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界値が設けられ、この限界値を超えると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、毒素や汚染物質が規制値を超え、FDAが規制措置や法的措置を取ることを決めた場合に、FDAの見解では同機関にはそうした措置を裏付ける科学的なデータがあると産業界に示すシグナルの役割を果たしています。輸入品または国産の飼料サプリメントを適切な方法で分析し、適用される規制レベルを上回っていることが明らかになった場合には、粗悪品とみなされ、FDAによって押収されたり、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関して、FDAが人間や動物の健康を守る上で安全性に十分な余裕があると判断するレベルについて、業界を指導するために設けられたものです。FDAは強制措置を実施する権利を有していますが、勧告レベルの基本的な目的は強制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(NGFA)の「FDAマイコトキシン規制ガイダンス」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閲覧することができます。

<http://www.ngfa.org/wp-content/uploads/NGFAComplianceGuide-FDARegulatoryGuidanceforMycotoxins8-2011.pdf>

### III. 品質検査結果 (続き)

#### 3. 背景：アフラトキシン

トウモロコシに関わる最も重要なマイコトキシンはアフラトキシンです。Aspergillus 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いくつかの種類があり、中でも最も広く知られている菌種は *A.flavus* です。菌やアフラトキシンによる穀物汚染は収穫前または貯蔵前に圃場で広がることがあります。この収穫前の汚染はアフラトキシンに付随するほとんどの問題の原因になっていると考えられています。A.flavus は高温で乾燥した環境条件下や、干ばつが長引いた場合よく増殖します。高温で乾燥した条件が他地域よりも一般的である米国南部の州では、深刻な問題となることがあります。通常、菌が攻撃するのはトウモロコシの穂の中のわずかな数粒に過ぎず、多くの場合、害虫が作った傷口から穀粒の内部へと侵入していきます。干ばつ条件下では絹糸から個々の穀粒へと進行して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、G2 の 4 種類です。一般にこれらの 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 は食品および飼料中に最も多く検出されるアフラトキシンで、かつ最も毒性が高い種類でもあります。研究により、B1 は動物にとって自然発生する強力な発癌性物質であり、人間の癌の発生にも強いつながりの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 という異なる種類のアフラトキシンに変化させ、乳汁に蓄積されることがあります。

アフラトキシンは人間や動物の体内で主に肝臓を攻撃することで毒性を現します。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、動物の中で最も敏感な種である家禽やカモでは死に至ることもあります。アフラトキシンが体内に入ると、家畜では飼料効率あるいは繁殖力が低下し、人間、動物のいずれも免疫系が抑制される可能性があります。

FDA は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、食品や穀物、家畜飼料についてはアフラトキシンの規制レベルを設定しています（以下参照）。

こうした基準値を超えるアフラトキシンが検出されたトウモロコシをブレンドすることについて、FDA は追加的な方針および法規定を設けています。基本的に現時点では、FDA は、アフラトキシンに汚染されたトウモロコシに、汚染されていないトウモロコシを混合することにより、アフラトキシンのレベルを食品または飼料に許容される程度にまで引き下げることを認めていません。

米国から輸出されるトウモロコシについては、連邦法に従ったアフラトキシン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、試験は FGIS で行う必要があります。FDA の規制レベルである 20 ppb を超えているトウモロコシについては、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は相対的に低いレベルになっています。

アフラトキシン規制レベル	基準
0.5 ppb (アフラトキシンM1)	食用牛乳
20 ppb	幼若動物（幼若家禽含む）および乳畜、または最終目的が不明である動物への使用が意図されるトウモロコシおよびその他の穀物
20 ppb	トウモロコシおよび綿実粕を除く飼料
100 ppb	繁殖肉牛および繁殖豚、または成熟期の家禽の使用が意図されるトウモロコシおよびその他の穀物
200 ppb	100 ポンド以上の仕上期の豚への使用が意図されるトウモロコシおよびその他の穀物
300 ppb	仕上期（すなわち飼養場）の肉牛への使用が意図されるトウモロコシおよびその他の穀物、ならびに肉牛、豚、家禽への使用が意図される綿実粕

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



#### 4. 背景 : DON (デオキシニバレノール) またはボミトキシシ

DON は一部の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、こうした特定菌種の中で最も重要なものが、赤カビ病 (または red ear rot) の原因にもなる *Fusarium graminearum* (Gibberellazeae) 菌です。Gibberellazeae 菌は開花時期の気象が低温または適温で、かつ多雨になると発生し易くなります。菌は絹糸から下に広がって穂に入り、DON を産生するだけでなく、トウモロコシの穂の穀粒にはっきりとわかる赤い変色を起こします。トウモロコシを圃場でそのままにしておく菌が広がり続け、穂を腐らせることがあります。Gibberellazeae 菌によるトウモロコシのマイコトキシン汚染は、多くの場合、収穫を延ばしすぎたり水分含有率の高いトウモロコシを保存したりすると発生すると考えられます。

たいていの場合、DON が問題になるのは単胃動物で、口および喉の炎症の原因となる可能性があります。結果としてこうした動物はやがて DON に汚染されたトウモロコシを食べなくなり、増体率は低下し、下痢や不活動、腸出血が引き起こされることもあります。免疫系を抑制する可能性もあり、そうなるさまざまな感染病にかかり易くなります。

FDA は DON について勧告レベルを設定しています。トウモロコシを含む製品に適用される勧告レベルは以下のとおりです。

- 豚用の穀物および穀物併産物については 5 ppm、飼料の 20% を超えてはならない。
- 鶏および畜牛の穀物および穀物併産物については 10 ppm、飼料の 50% を超えてはならない。
- その他すべての動物用の穀物および穀物併産物については 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 DON の定性試験または定量試験のいずれかを実施します。

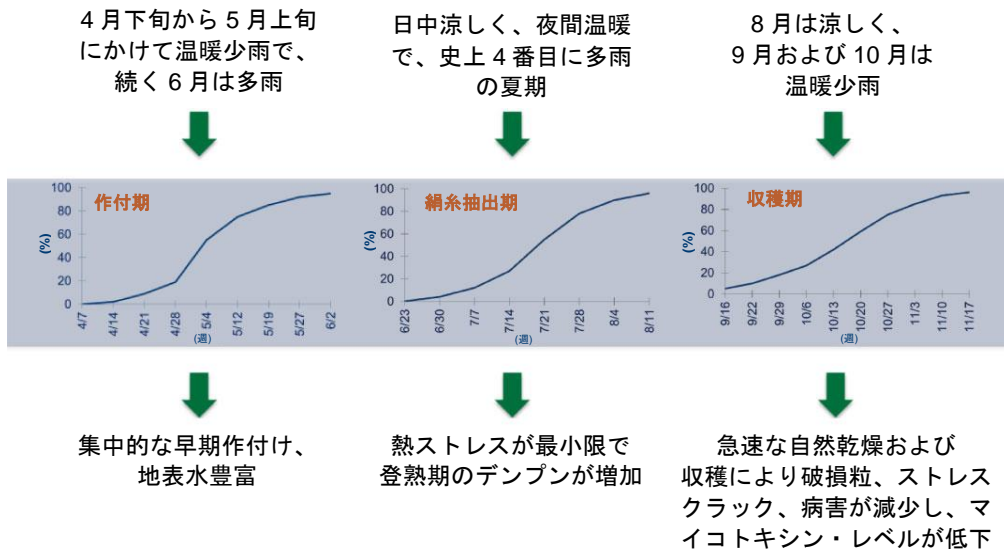


## IV. 作物状況および気象状況

天候はトウモロコシの作付作業、生育条件および圃場での穀粒発育に重要な役割を果たし、ひいては最終的な穀物の単収および品質に影響を及ぼします。2015年の栽培シーズンは全体として作付け時期が早く、生育期（発芽から受粉までの成長期間）は低温多雨で、自然乾燥および収穫が素早く行われました。2015年のトウモロコシは生殖成長期の作柄状況の格付け<sup>1</sup>では過去5年の中で上位2番目となり、結果として単収が増加し、全体として穀粒の高い品質が期待されます。2015年栽培シーズンの主要な出来事を以下にまとめます。

- 春の気温および降水量には大きなばらつきがみられたが、トウモロコシの半分が平均よりも2週間早く作付けされた。
- 生育期後半から受粉期は低温多雨に見舞われたため、窒素肥料が流出し、窒素吸収が限られ、タンパク質および角質胚乳の蓄積量が減少した。
- 生殖成長期は低温少雨であったため、登熟期のストレスが減少し、いずれのECA地域でも平均を上回るデンプンが蓄積された。
- 温暖で雨が少なかったため、成熟、自然乾燥および収穫が早まったが、北部地域ではこれが特に顕著であった。

以下のセクションでは、2015年の栽培シーズンの天候が米国コーンベルトのトウモロコシの単収および穀粒品質にどのような影響を及ぼしたか検証します。



<sup>1</sup> 米国農務省 (USDA) はトウモロコシの生産サイクル期間を通じ毎週米国産トウモロコシの格付けを実施している。この格付けは予測単収および数多くの要因により植体を受けるストレスに基づき行なわれ、この要因には極端な気温、過剰または不十分な降雨、病害、害虫被害または雑草圧等がある。

IV. 作物状況および気象状況 (続き)

A. 作付および初期生育状況- 春 (3月~5月)

温暖少雨の春により早期作付けが促がされた後多雨を迎える

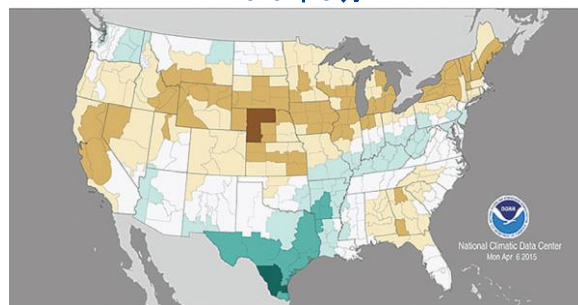
トウモロコシの単収および品質に影響を及ぼす気象要素には、トウモロコシ成長期直前やシーズン中の降雨量・気温があります。こうした気象要素は作付されたトウモロコシの品種や土壌の肥沃性と相互作用します。穀物の単収は1エーカー当たりの植体数、1植体当たりの穀粒数および各穀粒の重量によって変化します。作付時期の気温が低温または高温であると、植体数が減少したり、植体の成長が妨げられるたりすることがあり、いずれの場合でも単収は減少することになります。根系が深くまで発達し、期間後半に水に到達しやすくなるため、作付期や生育期初期の乾燥した天候は有利に働きます。

主要トウモロコシ生産地域全体を見ると、2015年は北部および西部地域では、3月および4月は作付期としては比較的温暖で少雨でしたが、中央コーンベルト地帯の南側や東側では降水量が多かったため、主要な生産地域で作付けの遅れがみられました。スタートはゆっくりとしたものですが、その後大半のトウモロコシは4YAを上回る早い時期に作付けが完了しました。5月は米国記録史上(121年を上回る期間)最も降水量の多い月となり、その多くがトウモロコシ生産地域の広範囲に影響を及ぼしました。

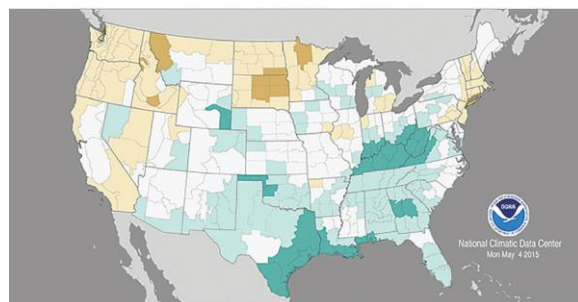
さらに具体的に言うと、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA のほとんどの地域では3月と4月は温暖少雨でしたが、続く5月は低温多雨となり、トウモロコシの生育、成長を遅らせることになりました。

ガルフ ECA の東半分地域では3月は気温が平均を下回り、降水量は平均を上回ったため、早期の作付けが妨げられました。5月までにこの東部地区は平均を大幅に上回る気温および下回る降水量となりました。他の地域ではスポット的な大雨が肥料流出を引き起こし、低地では植体が水害に見舞われ、農場内の所々で発育不全の植体が発生し、全体的な作物状況が悪化しました。

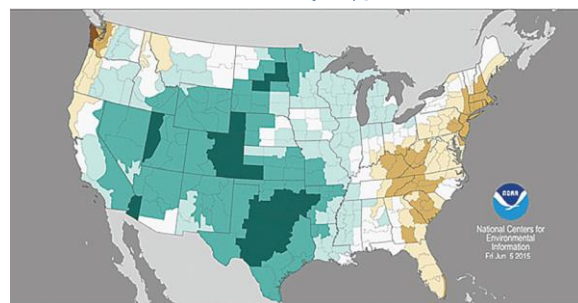
区域別降雨量ランク  
(対象期間: 1895-2015)  
2015年3月



2015年4月

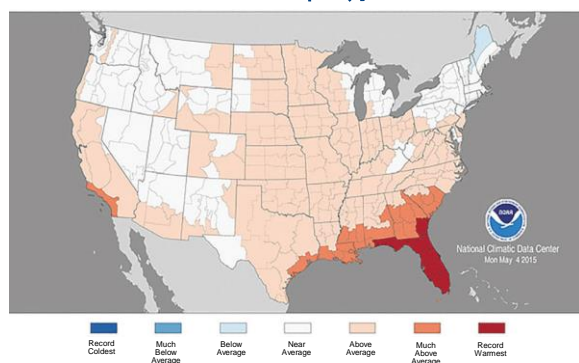


2015年5月

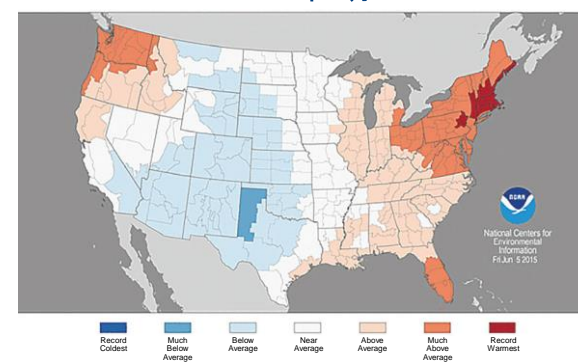


区域別平均気温ランク  
(対象期間: 1895-2015)

2015年4月



2015年5月





IV. 作物状況および気象状況 (続き)

**B. 受粉および登熟の状況-夏 (6月から8月)**

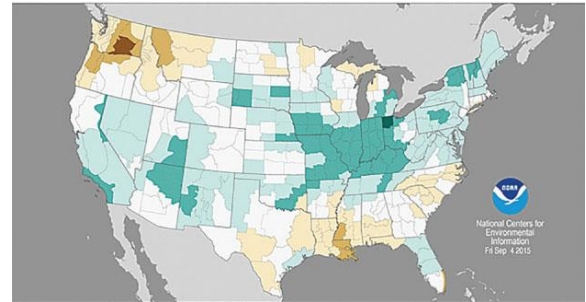
**記録的多雨の6月、低温の夏期がデンプン蓄積に有利に働く**

トウモロコシは通常7月に受粉しますが、この時の温度が平均を上回ったり、雨が不足したりすると一般に穀粒数が減少します。7月と8月の登熟期の気象条件は最終的な穀粒の組成に決定的な影響を及ぼします。この時期、降雨量がほどほどで気温、特に夜間気温が平均を下回ると、デンプンと油分の蓄積が促がされ単収が増加することになります。登熟期の後半(8月から9月)に降雨量がほどほどで温暖であれば、窒素吸収や光合成が継続します。窒素も登熟期後期に葉から穀粒へと再移動し、結果として穀粒のタンパク質と硬胚乳が増加します。

2015年は全体としては作付けが早期に行われたため、6月の昼間の長さを有効に活用して植体の最適な成長が見込める状況となりました。ところが6月に入り、トウモロコシ生産地域全体が多雨となり、圃場が水害に見舞われました。この過剰な雨で、窒素が植体内に蓄積するより前に土壌から窒素肥料が一部流出してしまい、最終的なタンパク質含有率や角質胚乳の低下が予測されました。加えて、トウモロコシ価格が低下し、投資回収率も低下していたため、生産者は作付前肥料や側方肥料を潤沢に使用することをためらったこともタンパク質の蓄積の低下につながった可能性があります。しかしながら多くの生産者は6月の降雨の後に肥料をある程度散布することができ収穫量を最大にすることができました。6月の降雨は南部鉄道網 ECA の長期にわたる干ばつを最短に縮めることに寄与し、穀物の生育に必要な地表水が豊富に供給されることになりました。

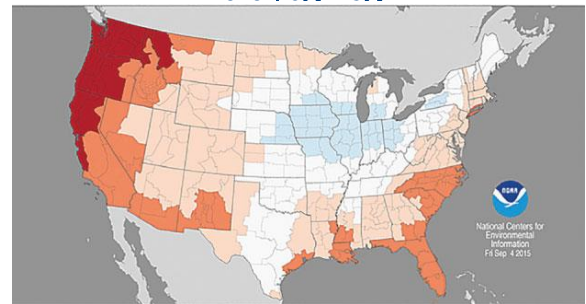
夏が進むにつれ、3ECA すべての地域が非常に降水量の多い早期生育期から降雨量の少ない登熟期へと移っていきました。この移行期間中に受粉が行われましたが、雨が降りやすい中で受粉が行なわれた圃場はフザリウムに感染し易くなりました。平均気温は標準か、ややそれを下回る程度で推移し、いずれの ECA でも通常起こる日中と夜間の気温差は中程度でした。こうした状況により、日中と夜間が暖かかったため、熱ストレスは最小限になり、デンプンの蓄積が促進され、また穀粒も大きくなりました。ガルフ ECA の多くの地区で8月は低温になりましたが、米国北西部 ECA は平均かそれを上回る気温となって登熟期が長くなり、その結果タンパク質やデンプン、油分の含有率は長年の平均値に近づきました。

**区域別降雨量ランク**  
(対象期間: 1895-2015)  
2015年6月~8月



出典: Regional Climate Centers

**区域別平均気温ランク**  
(対象期間: 1895-2015)  
2015年6月~8月



出典: Regional Climate Centers



IV. 作物状況および気象状況 (続き)

C. 収穫の状況 (9月から10月+)

温暖少雨の天候が長引き、成熟および収穫が早まる

生育期の終盤になると、穀粒の乾燥状態は日光、気温、湿度、ハイブリッド種子、土壌水分の程度によって変わってきます。晴天で暖かく、湿度の低い日が続くと、トウモロコシは最も効果的に乾燥し、品質への悪影響が最小限になります。生育期終盤のこの他の気象に関する懸念事項は氷点下の気温です。穀粒が十分に自然乾燥する前の早い時期に霜に見舞われると、単収の減少や容積重の低下、ストレスクラックを招くことがあります。加えて、時期尚早に収穫すると、水分の多い穀粒は乾燥したトウモロコシよりも破損し易さが高まる可能性もあります。

一般に、米国産トウモロコシの80%は10月末までに収穫されます。ところが2015年は晩夏の気温が高く雨も少なかったため、トウモロコシは早く成熟し、自然乾燥し、収穫されることになりました。これは特に南部鉄道網 ECA で顕著でした。穀粒に亀裂を生じさせたり、収穫時や病害の問題を引き起こしたりする早霜が見られたのは限られた地域ででした。角質胚乳の減少も柔らかな穀粒につながり、収穫時のストレスクラックも減少しました。

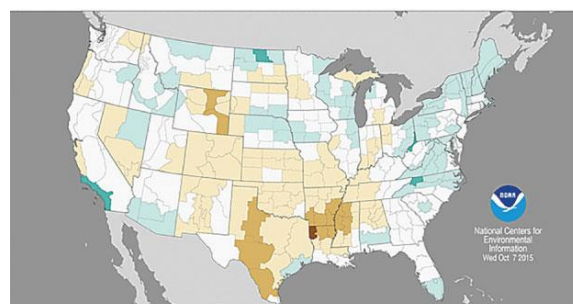
受粉期直後の低温多雨によりフザリウム系のイヤーマールド (Gibberella ear rot) が広まるケースが2015年にみられ、特にガルフ ECA および南部鉄道網 ECA で顕著でした。ただし、フザリウムが産生するマイコトキシン DON は収穫の遅れ、あるいは水分の多いトウモロコシの保管とよく関連付けられます。2015年は2014年よりも収穫が早く、その結果前年よりも DON レベルが低下しました。

また、アフラトキシンの産生は高温、少雨、干ばつといった条件下で盛んになります。トウモロコシ生産地域のうち中部の広範な一帯が少雨でしたが、植体が熱ストレスを受けることはありませんでした。そのため、生育状況はアフラトキシンを産生するカビの発生を招き易いものにはなりませんでした。

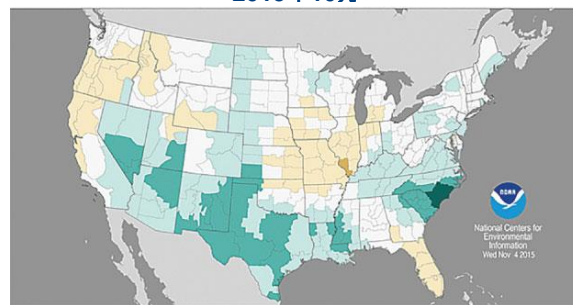
区分別降雨量ランク

(対象期間: 1895-2015)

2015年9月



2015年10月

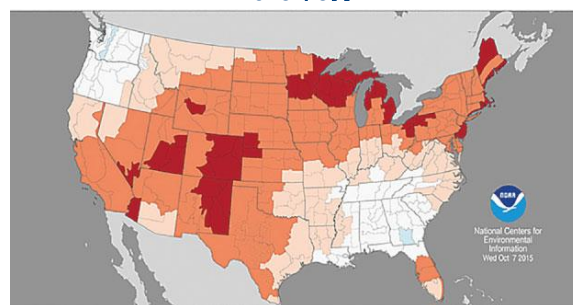


出典: Regional Climate Centers

区分別平均気温ランク

(対象期間: 1895-2015)

2015年9月



出典: Regional Climate Centers

IV. 作物状況および気象状況 (続き)

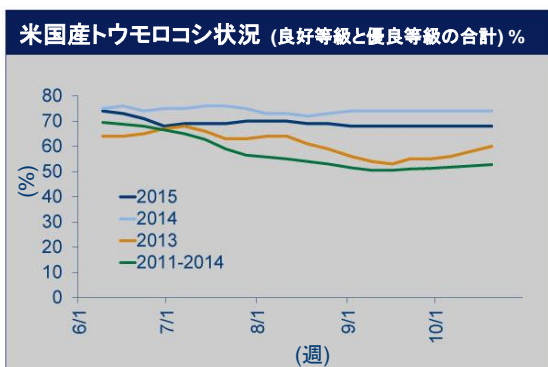
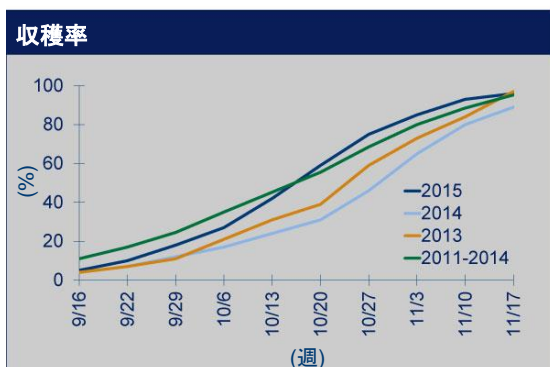
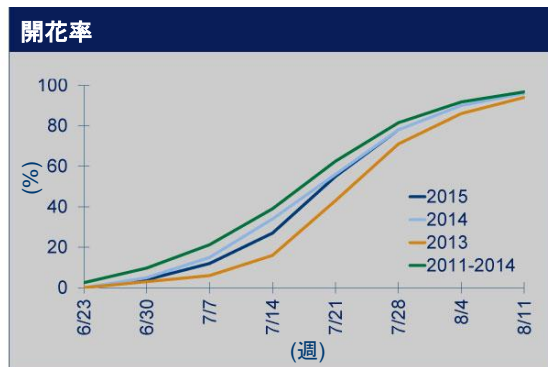
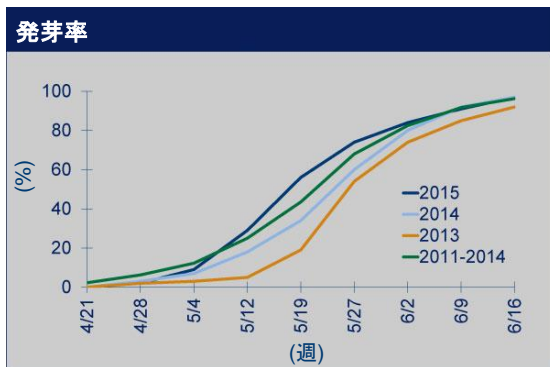
D. 2015 年平均と 2014 年、2013 年および 4YA との比較

2015 年は 2014 年と同様に気温が低かったが、初期に降雨量が増加したためほぼ記録的ともいえる単収が達成された

2014 年も 2015 年も 4 月は平均より遅い作付けでしたが、2015 年では 5 月前半に 4YA よりもまる 1 週間早く作付けしました。その後 6 月と 7 月は平均を下回る気温と多雨で、植体の成長および絹糸抽出または受粉は 4YA よりも 1 週間遅れました。2014 年の植体の成長率と絹糸抽出期は 4YA とほぼ同じで、2013 年の遅れとは対照的です。2014 年と同様、2015 年は大半のトウモロコシ生産地域での降雨量は中程度で、平均を上回る穀粒数の受粉となり、過剰降雨による被害にあわなかった農場では高い単収の見込みが確実に became。

穀粒が成長する期間は、2014 年、2015 年ともに 4YA を下回る気温となりました。2013 年は一時的な干ばつや熱ストレスに見舞われましたが、2014 年は雨量が豊富で土壌の潤いが増しました。2015 年は早期の雨が夏までに広範囲に広がりました。2015 年の収穫のスタートは遅れましたが、その後、数週間続いた降雨と氷点下の気温のため収穫が 4YA より遅れた 2014 年および 2013 年とは対照的に、4YA をすぐに追い越す勢いで進みました。

2015 年のほとんどの期間、トウモロコシのほぼ 70%が良好から優良の生育状況と評価され、植体の健全性が証明され、優れた光合成、デンプン蓄積や単収の増加に結びつくこととなりました<sup>2</sup>。このような高い評価は記録的な単収となった 2014 年ほどではありませんがその差はほんのわずかです。対照的に、2011 年から 2013 年は生育状況が悪く、これが 2014 年および 2015 年と比較した場合の 4YA の生育状況評価の低さに反映されています。2013 年のトウモロコシの健全性は 2014 年および 2015 年を下回りますが、これは同年の穀粒の生育期に熱や短期間ながら厳しい干ばつが発生したためです。



<sup>2</sup> 「良好」等級は単収予測が標準的であることを意味している。水分レベルが適切で、病害、害虫被害および雑草圧は低レベルである。「優良」等級は単収予想が標準を上回り、トウモロコシのストレスはわずかまたは全く存在しないことを意味している。病害、害虫被害および雑草圧はごくわずかである。

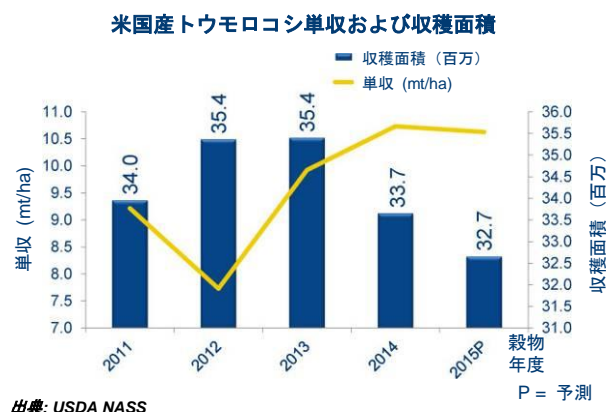


## V. 米国産トウモロコシの生産量、消費量および見通し

### A. 米国産トウモロコシの生産量<sup>1</sup>

#### 1. 米国の平均生産量および単収

- 2015年11月のUSDAの世界農産物需給予測（World Agricultural Supply and Demand Estimates : WASDE）報告書によると、2015年トウモロコシの米国平均単収は10.6 mt/ha（169.3 bu/ac）と予測されている。これは2014年を0.1 mt/ha（1.7 bu/ac）下回り、記録史上2番目に多い平均単収となる。
- 2015年の収穫面積は32.7百万ha（80.7百万ac）と予測されている。これは2014年を1.0百万ha（2.5百万ac）下回る値である。この2015年の予測値32.7百万haは過去80年で11番目、過去10年では7番目となる。
- 2015年の米国産トウモロコシ総生産量は346.8百万mt（13,654百万bu）と予測されている。これは2014年よりも約14.3百万mt（562百万bu）少なく、米国記録史上3番目の記録となる。
- 2015年の収穫面積は2009年以来最低となったが、単収の平均値では2番目の記録となる。そのため、生産量は3番目の記録となる。

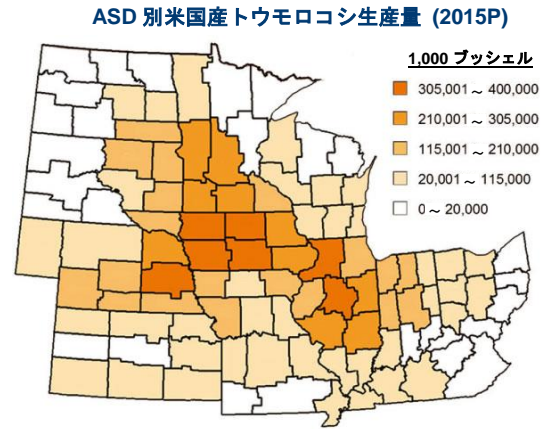


<sup>1</sup> mt - メートルトン、 mmt - 百万メートルトン、 ha - ヘクタール、 bu - ブッシェル、 mil bu - 百万ブッシェル、 ac - エーカー

V. 米国産トウモロコシの生産量、消費量および見通し (続き)

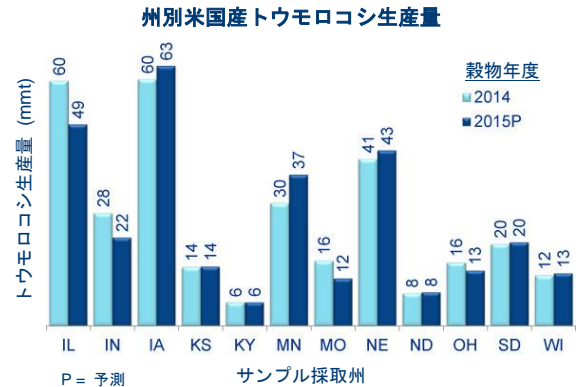
2. ASD 別および州別生産量

収穫時報告書はトウモロコシ生産量の多い米国内の地域すべてを網羅しています。これは USDA 農業統計地域 (ASD) 別の 2015 年トウモロコシ予測生産量を示した地図で確認することができます。



出典: USDA NASS and Centrec Estimates

2015 年のトウモロコシ生産量が、記録的な生産量となった 2014 年をわずかに下回ることになったのは、主としてイリノイ州、インディアナ州、ミズーリ州およびオハイオ州の生産量が 2014 年を下回っていることに起因しています。残り 8 州のうち、5 州の 2015 年の生産量は 2014 年とほぼ同じで、3 州 (アイオワ、ミネソタおよびネブラスカ) の 2015 年の生産量は 2014 年を上回っています。



出典: USDA NASS

米国産トウモロコシ生産量の表は、各州の 2014 年トウモロコシ生産量と 2015 年予測生産量との差を量 (mmt) および割合 (パーセント) で示したものです。この表には 2014 年と 2015 年予測との間の収穫面積と単収の相対変動も含まれています。緑のバーは 2015 年予測値を 2014 年の値と比較した場合の相対的な増加、赤のバーは相対的な減少を示しています。この表から、収穫面積は大幅に変化することなくあってもわずかな減少の範囲内にあることが分かります。単収は様々で、ミネソタ州では大幅に増加 (10% を超える増加) し、イリノイ、インディアナ、ミズーリおよびオハイオの各州では大幅に減少 (10% を超える減少) しています。

米国産トウモロコシ生産量

州	2014 年	2015 年 予測	差		相対的变化 (%)*	
			MMT	%	エーカー	単収
イリノイ	60	49	(11)	-18%	—	—
インディアナ	28	22	(6)	-22%	—	—
アイオワ	60	63	3	5%	—	—
カンザス	14	14	0	1%	—	—
ケンタッキー	6	6	0	1%	—	—
ミネソタ	30	37	7	23%	—	—
ミズーリ	16	12	(4)	-27%	—	—
ネブラスカ	41	43	2	5%	—	—
ノースダコタ	8	8	0	3%	—	—
オハイオ	16	13	(2)	-13%	—	—
サウスダコタ	20	20	0	2%	—	—
ウィスコンシン	12	13	1	4%	—	—
合計	361	347	(14)	-4%		

\*緑は 2015 年が 2014 年を上回っていることを示し、赤は 2015 年が 2014 年を下回っていることを示す。バーの高さは相対量を示す。

P=予測  
出典=USDA NASS

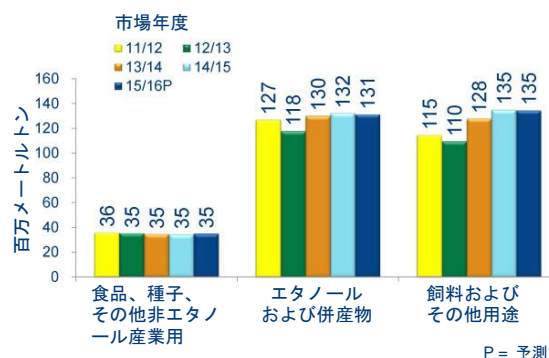


## V. 米国産トウモロコシの生産量、消費量および見通し (続き)

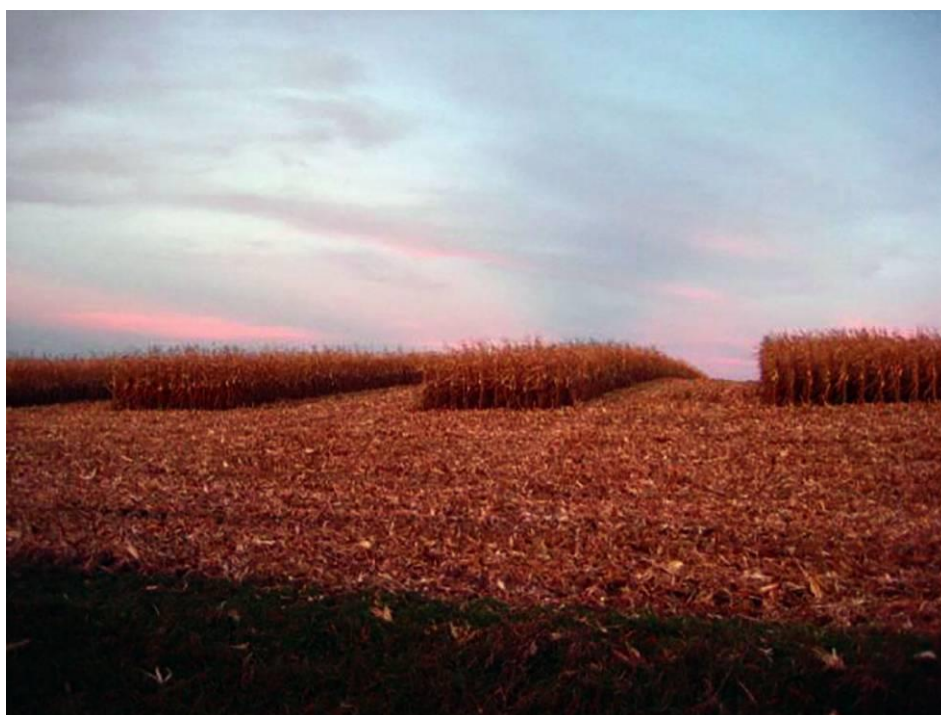
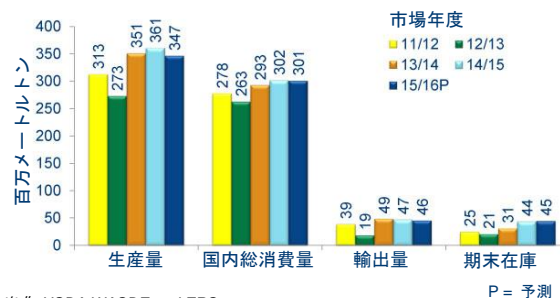
### B. 米国産トウモロコシの消費量および期末在庫

- 食品、種子およびその他非エタノール業界で用いられる米国産トウモロコシの消費量は過去 4 年の市場年度全体を通じてほぼ一定である。
- エタノール製造に用いられる米国トウモロコシについては、2012/2013 市場年度 (MY12/13) が MY11/12、MY13/14 および MY14/15 を下回っているが、消費全体に占めるエタノール生産用トウモロコシの割合は過去 4 年の市場年度全体を通じて大幅な変化をみせていない。
- MY13/14 が MY12/13 から回復した後、国内の家畜・家禽飼料原材料向けトウモロコシの直接消費は、豊富な供給や、他の飼料原材料と比較してトウモロコシ価格が低下したことにより、引き続き堅調である。
- MY12/13 以降米国産トウモロコシ輸出は高水準を維持しているが、これは主として米国産トウモロコシの生産量が記録的な増加となり、価格が低下したことによる。
- 2012 年は干ばつにより生産量が減少し、そのため MY12/13 の期末在庫も大幅に減少し、多くの年度と比較して最低の値となった。しかしながらその後のトウモロコシ生産量の増加は、期末在庫の回復に寄与している。

米国産トウモロコシの消費量



米国産トウモロコシ生産量および総消費量



## V. 米国産トウモロコシの生産量、消費量および見通し (続き)

### C. 見通し

#### 1. 米国の見通し

- 記録的なトウモロコシ生産量となった 2014 年をわずかに下回るものの、2015 年のトウモロコシ生産量は MY15/16 の供給量を潤沢にする。トウモロコシ供給量が豊富であるため依然価格低下圧力がかかっている。豊富な供給量および低価格は、MY14/15 にのみわずかに及ばないものの、MY15/16 の国内消費量を記録史上第 2 位と予測される主要な要素となっている。
- MY15/16 の食品、種子およびその他非エタノール業界用 (FSI) のトウモロコシ消費量は MY14/15 と比較して大きな変化はないと予測され、過去 4 年間の市場年度のパターンが続く。
- MY15/16 のエタノール用トウモロコシ予測消費量は前市場年度とほぼ同じで、ガソリン価格が低下しているため国内のガソリン需要が高まり、したがって国内エタノール市場が拡大することになる。ただし、エタノールのブレンドの壁 (ガソリンと混合することのできるエタノールの最大値) によって米国のエタノール消費量は今後も制限を受ける状態が続く。
- MY15/16 の家畜と家禽飼料用の消費量およびその他用途の国内消費量は、MY07/08 以降最大レベルに達した MY14/15 とほぼ同じと見込まれる。トウモロコシ価格が低下していること、家畜の頭数が回復していること、家畜への飼料給与期間が長くなっていることによって、飼料原材料としてのトウモロコシの需要が後押しされられると思われる。
- MY15/16 期間中の米国産トウモロコシ輸出量は前年を約 3.5% 下回り、MY12/13 を 6.3% 下回ると予測される。ドルが強く、国内のトウモロコシ需要も増加することが予測されており、現在は米国産トウモロコシの輸出市場での価格競争力は低下している。ただし、供給量が豊富であるため、輸出量は MY11/12 および MY12/13 を上回る可能性が高いと考えられる。
- MY15/16 のトウモロコシ期末在庫は前市場年度の値を 1.6% 上回ると予測され、これは主に数年連続で生産量が増加しているためである。これにより、3 年続けて対消費在庫率が上昇することになる。

#### 2. 世界の見通し

##### 世界の供給

- MY15/16 期間中の世界のトウモロコシ生産量は過去最高となった前年を僅かに下回ると予測されるが、これは米国および米国以外の主要トウモロコシ生産国の生産量減少によるものである。
- アルゼンチン、ブラジル、EU、メキシコおよびウクライナの MY15/16 の生産量の減少はカナダ、中国、エジプト、南アフリカおよび東南アジアの生産量の増大により相殺されることになる。
- 米国の輸出量がわずかに減少するだけでなく、MY15/16 の米国以外のトウモロコシ輸出量の合計は MY14/15 を下回ると予測される。
- 米国以外の主要トウモロコシ輸出国であるアルゼンチン、ブラジルおよびウクライナの輸出量も減少することが予測される。

##### 世界の需要

- MY15/16 の世界のトウモロコシ消費量は MY14/15 をごくわずかに下回ると予測される。
- MY15/16 のトウモロコシ消費量は EU、エチオピアおよびウクライナで MY14/15 を下回るが、中国、ブラジル、ロシアおよびアルゼンチンで上回ると予測される。
- MY15/16 の世界のトウモロコシ輸入量は前年対比でわずかな増加が見込まれ、EU の輸入量は増加、エジプトおよび日本の輸入量はわずかな増加が予測される。こうした輸入量の増加分は中国の MY15/16 年トウモロコシ輸入量の減少分で相殺されるとみられている。

## V. 米国産トウモロコシの生産量、消費量および見通し (続き)

### 市場年度別米国産トウモロコシ供給および消費の要約

メートル単位系	11/12	12/13	13/14	14/15	15/16P
<b>面積 (100万ヘクタール)</b>					
作付	37.2	39.4	38.6	36.7	35.8
収穫	34.0	35.4	35.4	33.7	32.7
単収 (mt/ha)	9.2	7.7	9.9	10.7	10.6
<b>供給量 (100万メートルトン)</b>					
期首在庫	28.6	25.1	20.9	31.3	44.0
生産量	312.8	273.2	351.3	361.1	346.8
輸入量	0.7	4.1	0.9	0.8	0.8
供給量合計	342.2	302.4	373.0	393.2	391.6
<b>消費量 (100万メートルトン)</b>					
食品、種子およびその他非エタノール業界用	36.2	35.5	34.8	34.5	35.1
エタノールおよび併産物	127.0	117.9	130.1	132.3	131.5
飼料およびその他用途	114.8	109.6	128.0	135.0	134.6
輸出	39.1	18.5	48.8	47.4	45.7
消費量合計	317.1	281.5	341.8	349.2	346.9
期末在庫	25.1	20.9	31.3	44.0	44.7
平均農家出荷場価格 (\$/mt*)	244.87	271.25	175.58	145.662	131.88-155.50

米英単位系	11/12	12/13	13/14	14/15	15/16P
<b>面積 (100万エーカー)</b>					
作付	91.9	97.3	95.4	90.6	88.4
収穫	83.9	87.4	87.5	83.1	80.7
単収 (bu/ac)	146.8	123.1	158.1	171.0	169.3
<b>供給量 (100万ブッシェル)</b>					
期首在庫	1,128	989	821	1,232	1,731
生産量	12,314	10,755	13,829	14,216	13,654
輸入量	29	160	36	32	30
供給量合計	13,471	11,904	14,686	15,479	15,415
<b>消費量 (100万ブッシェル)</b>					
食品、種子およびその他非エタノール業界用	1,424	1,397	1,370	1,359	1,380
エタノールおよび併産物	5,000	4,641	5,124	5,209	5,175
飼料およびその他用途	4,519	4,315	5,040	5,315	5,300
輸出	1,539	730	1,920	1,864	1,800
消費量合計	12,482	11,083	13,454	13,748	13,655
期末在庫	989	821	1,232	1,731	1,760
平均農家出荷価格 (\$/bu*)	6.22	6.89	4.46	3.70	3.35-3.95

P: 予測

\* 農家出荷価格は農場出荷量に基づいた加重平均である。

15/16Pの平均農家出荷価格はWASDE11月予測価格に基づく。

出典: USDA WASDE and ERS

## VI. 調査および統計分析の方法

### A. 概要

本 2015/16 年収穫時報告書の調査デザインとサンプリングおよび統計分析の要点は以下の通りです。

- 過去 4 年の収穫時報告書のために開発した方法に沿って、米国産トウモロコシ輸出量の 98% を占める 12 の主要トウモロコシ生産州を対象とし、農業統計地域 (ASD) にしたがってサンプルを層別比例配分した。
- 信頼度 95% で最大 ±10% の相対許容誤差 (相対 ME) を達成するため、12 州から合計 600 のサンプルを採取した。
- 2015 年 9 月 23 日から 11 月 23 日の間に、農家の搬入トラックのトウモロコシから採集されブレンドされていない全 620 のサンプルを、地域のエレベーターから入手した。
- 他の品質ファクターの試験に用いた 12 州の ASD について、マイコトキシン試験のために層別比例配分サンプリング法を用いた。このサンプリングの結果、185 サンプルをアフラトキシンと DON の試験に採用した。
- 層別比例配分サンプリングのための標準的な統計手法を用いて、米国集計と 3 つの輸出拠点地域 (ECA) の加重平均および標準偏差を計算した。
- サンプルの統計的妥当性を評価するため、米国集計と 3 つの ECA のレベルで各品質項目の相対 ME を計算した。品質ファクターの結果の相対 ME は、3 つの項目すなわち総損傷、ストレスクラックおよびストレスクラック指数 (SCI) を除いて ±10% 未満となった。これらの 3 つの品質ファクターについては、その正確性が低いことは望ましくはないものの、これらの相対 ME レベルは推算を無効にするものではない。
- 2015 年と 2014 年、および 2015 年と 2013 年間の品質ファクターの平均値の統計的差異を求めるため、信頼度 95% で両側 t 検定を実施した。

農業統計地域 (ASD)



### B. 調査デザインとサンプリング

#### 1. 調査デザイン

本 2015/16 年収穫時品質報告書では、米国産トウモロコシ輸出量の約 98% を占める 12 の主要生産州のイエロー・コモディティー・コーン为目标母集団としています。流通経路の最初の段階で米国産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、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。

階層化では調査対象母集団を地域、すなわち階層 (ストラータ) と呼ばれる重複のない部分母集団に分割します。今回の試験では、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。USDA のトウモロコシ生産データは、海外輸出予測を伴い、米国産トウモロコシ輸出量の 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用いられています (出典: USDA/GIPSA)。ASD は部分母集団、すなわち今回のトウモロコシ品質調査に用いられる階層です。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に占める割合を計算してサンプリング比 (ASD ごとのサンプル総数のパーセント) を求め、最終的に各 ASD から採取すべきトウモロコシ試料の数を決定しました。ASD それぞれに予測される生産量や海外輸出レベルの割合が異なるため、2015/2016 年収穫時報告書のために採取するサンプルの数は ASD ごとに異なるものになりました。



## VI. 調査および統計分析の方法 (続き)

採取したサンプル数は、当協会が一定レベルの正確度で種々の品質ファクターの平均値を推算できるように決定しました。2015/16年収穫時報告書のために採用した正確度は信頼度95%で相対誤差範囲(相対ME)が±10%未満です。こうしたトウモロコシの品質ファクターなどの生物データでは、相対ME±10%未満は適切な目標レベルであるといえます。

目標とする相対MEを満たすことのできるサンプル数を決定するために、理想を言えば品質ファクターそれぞれについて母分散(たとえばトウモロコシ収穫時の品質ファクターのばらつき)を用いるべきです。品質ファクターのレベルや数値に分散が大きいほど、定めた信頼度での真の平均値を推算するために多くのサンプルが必要となります。これに加えて、多くの場合品質ファクターのばらつきはそれぞれに異なります。結果として、各品質ファクターについて同レベルの正確度を得ようとすると、異なる数のサンプルが必要となります。

今年のトウモロコシ評価に用いられる17の品質ファクターの母分散は未知であるため、2014/2015年収穫時報告書からの分散推計値を代用しました。2014年の629サンプルの結果を用いて、14の品質ファクターについて相対MEが±10%となるよう、ばらつきと最終的に必要となるサンプル数を計算しました。破損粒、異物、熱損傷は試験対象外としました。ストレスクラック指数(SCI)では相対MEは11%となり、米国集計の中で相対MEが±10%を超える唯一の品質ファクターとなりました。これらのデータから、総サンプル数が600あれば米国集計について望ましいレベルの正確度で品質特性の真の平均値を推算できることが分かりました。ただし、SCIは例外としました。

等級、水分含有率、化学的特性および物理特性を試験したトウモロコシのサンプルと同じ層別比例サンプリング手法を適用してマイコトキシン試験を行いました。同じサンプリング手法を用いるだけでなく、信頼度95%レベルで相対MEが±10%であること、すなわち同じ正確度であることが望ましいと考えました。少なくとも目標サンプル総数(600件)の25%を試験することによって、そのレベルの正確度を得ることができると推測されました。言い換えれば、最低150サンプルを試験することによって、信頼度95%で何パーセントのサンプルがFDAのアフラトキシン規制レベルの20ppbを下回っているかということを相対ME±10%以下で示すことができます。さらに、何パーセントのサンプルがFDAのDON勧告レベルの5ppmを下回っているのかを、相対ME±10%、信頼度95%で推算することができます。層別比例サンプリング手法ではサンプルリング対象地域のASDそれぞれから少なくとも1サンプル試験しなければなりません。目標サンプル総数(600)の25%を試験し、各ASDのサンプルを最低でも1サンプル試験するというサンプルリング基準を満たすため、マイコトキシン試験の目標サンプル数は185としました。

## 2. サンプリング

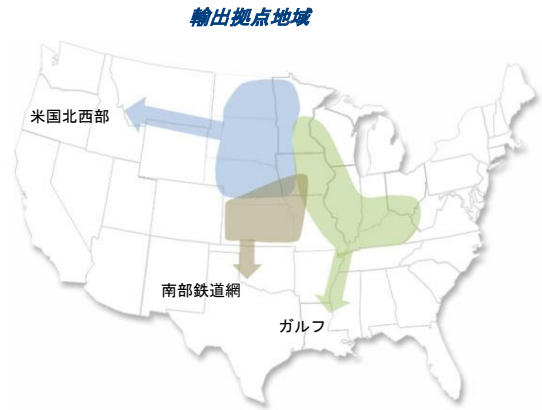
無作為抽出のプロセスは、郵便、ファックス、電子メールおよび電話を使用して12州の地域エレベーターに依頼することから始まりました。2,050から2,250グラムのサンプル用トウモロコシを提供することに同意してくれたエレベーター宛に返送料金前払いのサンプルキットを郵送しました。トウモロコシの収穫が30%以上終了した時点で、その地域のエレベーターからサンプルを採取しました。この30%という収穫基準は、今年度のトウモロコシの収穫や、エレベーターのインセンティブプレミアムなどの理由により通常より早い時期に収穫した新しいトウモロコシのために、生産者が保管サイロを清掃する際に出てくる古いトウモロコシ試料を受け取ることがないように定めたものです。個々のサンプルは、圃場から到着したトラックがエレベーターの通常の試験を受ける時に抽出したものです。各エレベーターからこの試験用として入手するサンプルの数は、サンプル提出を快諾してくれたエレベーターの数と当該ASDで必要とされるサンプルの目標総数にあわせて決定しました。1個所で採取したサンプル数は最大で4サンプルです。農場の搬入トラックから採取された、ブレンドされていない総数620のサンプルは、2015年9月23日から11月23日の間に地域のエレベーターから受け取り、その後試験しました。

VI. 調査および統計分析の方法 (続き)

C. 統計分析

等級ファクター、水分含有率、化学組成および物理的ファクターに関するサンプルの試験結果を米国集計としてまとめ、以下に示す輸出拠点地域 (ECA) と名付けた 3 大輸出経路それぞれにトウモロコシを供給する 3 つの複合地域グループについても数値をとりまとめました。

- 通常米国ガルフの港からトウモロコシを輸出する地区で構成されるガルフ ECA
- 米国北西地区の港およびカリフォルニアの港からトウモロコシを輸出する地区で構成される米国北西部 (PNW) ECA
- 通常トウモロコシをメキシコに輸出する地区で構成される南部鉄道網 ECA



サンプル試験結果の分析にあたって、当協会は加重平均および標準偏差を含め、層別比例サンプリング用の標準的な統計手法に従いました。米国集計の加重平均および標準偏差に加え、ECA それぞれ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により、これら ECA へと輸出用トウモロコシを輸送する地域が重複しています。そのため、各 ECA の複合統計値は各 ECA へと移動するトウモロコシの推定比率に基づいて算定しました。結果として、トウモロコシのサンプルが複数の ECA の値として現れる可能性があります。こうした推計作業は業界の情報、輸出データおよび米国内のトウモロコシの流通についての研究評価に基づいて実施しました。

本 2015/2016 年収穫時報告書では新規に、過去 4 年の収穫時報告書 (2011/12 年、2012/13 年、2013/14 年および 2014/2015 年) の品質ファクター平均値の単純平均および標準偏差を採用しました。この単純平均は米国集計と 3ECA 地域それぞれについて求めたもので、本報告書の本文および要約の表では「4YA」と表示しています。

相対 ME は米国集計と各 ECA の品質ファクターごとに計算しました。米国集計、ガルフ ECA および米国北西部 ECA の SCI とストレスクラック、南部鉄道網 ECA の SCI、および米国北西部 ECA の総損傷を除くすべての品質項目で、相対 ME は±10%を下回りました。総損傷、ストレスクラックおよび SCI の相対 ME を右の表にまとめました。

	相対ME		
	総損傷	ストレスクラック	SCI
米国集計		11%	14%
ガルフECA		11%	14%
米国北西部ECA	10%	14%	19%
南部鉄道網ECA			17%

これら品質ファクターの正確度のレベルが低いことは望ましくはないものの、これらの相対 ME レベルは推算を無効にするものではありません。「等級ファクターおよび水分含有率」と「物理的性質」をまとめたそれぞれの表の脚注に、相対 ME が±10%を超えている項目を記載しています。

「品質試験結果」セクション中で言及している 2015 年と 2014 年、および 2015 年と 2013 年間の試験結果の統計差または有意差については、信頼度 95%で両側 t 検定においてその妥当性を確認しています。t 検定は 2013/14 年収穫時報告書と 2015/16 年収穫時報告書および 2014/15 年収穫時報告書と 2015/16 年収穫時報告書の結果を比較して算出しました。

## VII. 試験分析方法

トウモロコシのサンプル（各サンプル約 2200 グラム）は地域の穀物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（IPG ラボ）に直接届けられました。試験期間中に劣化することを避けるため、サンプルは到着後すぐに、必要に応じて、最適な水分含有率になるまで乾燥させました。次に、サンプルは Boerner のディバイダーを用いて 1100 グラムのサブサンプルに 2 分割しましたが、この時、トウモロコシのサンプルの特性が両サブサンプル間で均等に分配されるよう配慮しました。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）に送付しました。CDGI は USDA の連邦穀物検査局（FGIS）の指定を受けたイリノイ州中部-東部担当の公的な穀物検査サービス機関です。等級試験の手順は FGIS が発行している穀物検査ハンドブックに従ったもので、次のセクションで説明しています。残りのサブサンプルは IPG ラボでの、業界の基準または長年実践され十分に確立された方法に従った化学組成およびその他の物理的ファクターの分析に用いました。IPG ラボは多くの試験に適用される国際規格 ISO/IEC 17025:2005 の認証を受けています。この認証の全容については <http://www.pjview.com/clients/pjl/viewcert.cfm?certnumber=1752> を参照してください。

### A. トウモロコシ等級ファクター

#### 1. 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穀物の量を示す単位です。容積重はトウモロコシの等級基準のための FGIS 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試験用のカップに、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あふ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、カップの中に残ったトウモロコシの重量を測定します。その後、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、報告に用います。

#### 2. 破損粒 & 混入異物（BCFM）

破損粒 & 混入異物（BCFM）は FGIS 米国公式穀物規格の一部であり、等級付けのための格付け基準のひとつです。

この 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計測します。BCFM の計測では破損トウモロコシと異物を区別することができます。目開き 12/64 インチの丸孔篩を通過し、目開き 6/64 インチの丸穴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 丸穴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 は当初サンプルに占める割合を重量比（パーセント）で報告します。

#### 3. 総損傷／熱損傷

総損傷は穀物等級基準のための FGIS 米国公式規格の一部です。

損傷粒の内容を調べるため、訓練を受けライセンスを有する試験担当者が BCFM の存在しない代表的なサンプル 250 グラムを対象に目視検査を実施します。損傷の種類にはブルーアイモールド、コプロット、乾燥機による損傷粒（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。総損傷率はサンプルの総損傷粒の重量比（パーセント）で報告します。

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穀粒やそのかけらが含まれます。熱損傷粒は訓練を受けライセンスを有する試験担当者が BCFM の存在しないトウモロコシのサンプル 250 グラムを対象として目視検査を実施して確定します。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。

## VII. 試験分析方法 (続き)

### B. 水分

トウモロコシがエレベーターに到着した時点で電子水分計に記録された水分が報告されます。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。水分が多くなるにしたがって誘電率が上昇します。水分は総水分重量比として報告します。

### C. 化学組成

#### 1. NIR近似分析 - トウモロコシ

トウモロコシの化学組成（タンパク質、油分およびデンプン濃度）は近赤外透過型分析計（NIRT）を用いて計測します。NIRTはそれぞれのサンプルに対して特定の光の波長の特異な相互作用を利用するものです。サンプルに含まれる油分、タンパク質およびデンプンの濃度を予測するために、従来からある化学的方法に適合するよう校正します。これはトウモロコシを破壊しない分析方法です。

タンパク質、油分およびデンプンについては、400～450gのサンプルを対象として、全粒用 Foss Infratec 1229 近赤外透過測定器（NIRT）を用いて化学組成試験を実施しました。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。結果は乾物比で報告します（無水物質のパーセント）。

### D. 物理的ファクター

#### 1. 百粒重、穀粒容積および真の密度

百粒重は、1群百粒の2反復群を対象として、最短 0.1 mg まで測定する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報告します。

各百粒反復群の穀粒容積はヘリウム比重瓶を用いて計測し、穀粒当たりの体積を  $\text{cm}^3$  で表します。1 穀粒当たりの容積は通常  $0.18\sim 0.30 \text{ cm}^3$  の範囲にあり、前者は小型トウモロコシ、後者は大型トウモロコシ粒となります。

各百粒サンプルの真の密度は、外観が完全なトウモロコシ百粒の質量（または重量）を同じ百粒の体積（押しつけ容積）で除して求めます。2 反復群のそれぞれの結果の平均をとります。真の密度は 1 立方センチメートル当たりのグラム数 ( $\text{g/cm}^3$ ) で報告します。トウモロコシ粒の真の密度は、「無加工の状態」での水分がおおよそ 12～15%で、通常  $1.16\sim 1.35 \text{ g/cm}^3$  です。





## 2. 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。外観に損傷のないトウモロコシ 100 粒について、その 1 粒 1 粒を調べます。光は角質胚乳すなわち硬胚乳を通過するため、各穀粒のストレスクラックの損傷度を評価することができます。穀粒は (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。パーセント比率で表されるストレスクラックの値は、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。ストレスクラックの値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。ストレスクラックが存在する場合は、亀裂が 2 本以上あるよりも 1 本である方が良好と言えます。使用目的に応じて容認できる亀裂のレベルを指定するエンドユーザーもいます。

ストレスクラック指標 (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 本のみの粒の割合 (%)

**DSC** は亀裂が 2 本の粒の割合 (%)

**MSC** は亀裂が 3 本以上の粒の割合 (%)

SCI の値は 0~500 の範囲内で、高い値はサンプルのストレスクラックの数が非常に多いことを示しており、ほとんどの用途で望ましくありません。

## 3. 完全粒

完全粒試験では、50 g のクリーンな (すなわち BCFM が含まれていない) トウモロコシを 1 粒ずつ調べます。亀裂、破損または欠けのある粒だけでなく、種皮の損傷が顕著な粒も取り除きます。残った完全粒の重量を測定し、結果を当初 50 g のサンプルに占める割合 (パーセント) で示します。同じ試験を実施し、「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% というのは亀裂&破損率 3% に相当します。

## 4. 角質 (硬) 胚乳

角質 (または硬) 胚乳試験では照明付きの台の上に胚芽を上向きに配置し、外観上良好なトウモロコシ 20 粒を目視で等級付けします。各粒の等級の基礎となるのは全胚乳中推定される硬胚乳の割合です。軟胚乳は不透明で光を遮断しますが、角質胚乳は半透明です。穀粒の先端部の軟胚乳がどの程度胚芽の方に向かって伸びているかを見極め、標準ガイドラインに照らし合わせて格付けを行います。外観上良好な 20 粒の平均角質胚乳等級を報告します。70~100% の範囲で角質胚乳の等級を定めますが、大半のトウモロコシ粒は 70~95% の範囲に入ります。

## VII. 試験分析方法 (続き)

### E. 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方法は複雑です。多くの場合、マイコトキシンを産生する菌は圃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、仮にトウモロコシにマイコトキシンが存在していても、そ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や分布に決定的に左右されることになります。このロット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を問いません。

トウモロコシの輸出には正確な結果が不可欠であるため、FGIS のサンプリング手順はマイコトキシンの真の濃度の過大評価や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、2015/16 年収穫時報告書のマイコトキシン評価の目的は、輸出用トウモロコシのマイコトキシンのレベルを特定することではなく、現時点の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。

2015/2016 年収穫時報告書用としてアフラトキシンおよび DON の発生頻度を明らかにするため、IPG ラボで FGIS プロトコルや承認された試験キットを用いてマイコトキシン試験を実施しました。FGIS のプロトコルでは、トラック上のトウモロコシから 908 グラム (2 ポンド) 以上のサンプルを採取しアフラトキシン試験用に粉碎し、約 200 グラムのサンプルを DON 試験用に粉碎することが求められています。今回の試験ではアフラトキシン分析用として、穂から取り出した 2 キロのトウモロコシ穀粒の調査サンプルを 1000 グラムのラボサンプルに小分けしました。この 1 キロのサンプルを Romer Model 2A ミルで粉碎し、その 60~75% が 20 番のメッシュスクリーンを通過するようにしました。このサンプルをよく混合して各マイコトキシンの試験用としてそれぞれ 50 g を取り分けました。アフラトキシン分析用として EnviroLogix AQ 109 BG、DON 分析用として AQ 254 BG の定量試験キットを使用しました。DON の抽出には水 (5:1) を、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を用いて試験し、マイコトキシンの定量化には QuickScan システムを用いました。

EnviroLogix 定量化試験キットは、マイコトキシン濃度が「検出限度 (LOD)」と呼ばれる特定のレベルを超えた場合にその濃度を知らせるものです。LOD は、分析上の空白 (マイコトキシンが存在しない) を測定する方法とは統計的に異なる分析方法を用いて測定することのできる最低濃度と定義されます。マイコトキシンの種類、テストキット、コモディティの組み合わせが異なれば、この LOD も変化します。EnviroLogix AQ 109 BG および AQ 254 BG の LOD はアフラトキシンでは 2.5 ppb (10 億分の 1) で DON では 0.3 ppm (100 万分の 1) です。

Envirologix AQ 109 BG の試験キットを用いたアフラトキシンや、AQ 254 BG のキットを用いた DON の定量化については FGIS から性能書が発行されています。



## VIII. 米国産トウモロコシ等級および換算

### 米国産トウモロコシの等級および等級要件

等級	ブッシェル (ポンド) 当たりの最小容積重	最大限度		
		損傷粒		破損粒&異物 (パーセント)
		熱損傷 (パーセント)	総損傷 (パーセント)	
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

米国サンプル等級とされるトウモロコシは、(a) 米国等級No.1、2、3、4、5のいずれの要件も満たしていないトウモロコシ、(b) 総重量でサンプル重量の0.1パーセントを上回る石、2片以上のガラス、3粒以上のタヌキマメ属 (*Crotalaria spp.*) の種子、2粒以上のトウゴマ (*Ricinus communis L.*) の実、4粒子以上の未知の異物または一般に認識されている有害物質/有毒物質、単独か組み合わせて8粒以上のオナモミ (*Xanthium spp.*) 等の種子、または1000グラム中0.20パーセントを超える動物汚物を含むトウモロコシ、(c) かび臭、酸敗臭または商業的に受け入れられない異臭を放つトウモロコシ、または (d) 発熱しているか、その他低品質が明白であるトウモロコシです。

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換算

トウモロコシ換算		メートル換算	
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	1ハンドレッドウエイト=	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 kg/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





# U.S. GRAINS COUNCIL

20 F Street, NW Suite 600  
Washington, DC 20001

Phone: +202-789-0789  
Fax: +202-898-0522

Email: [grains@grains.org](mailto:grains@grains.org)  
Website: [grains.org](http://grains.org)

## People's Republic of China

Beijing  
Tel1: +86-10-6505-1314  
Tel2: +86-10-6505-2320  
Fax: +86-10-6505-0236  
[grainsbj@grains.org.cn](mailto:grainsbj@grains.org.cn)

## Egypt

Cairo  
Tel: +20-100-1000149  
[grains@grains.org](mailto:grains@grains.org)

## Japan

Tokyo  
Tel: +81-3-6206-1041  
Fax: +81-3-6205-4960  
[tokyo@grains.org](mailto:tokyo@grains.org)

## Korea

Seoul  
Tel: +82-2-720-1891  
Fax: +82-2-720-9008  
[seoul@grains.org](mailto:seoul@grains.org)

## Mexico

Mexico City  
Tel1: +52-55-5282-0244  
Tel2: +52-55-5282-0973  
Tel3: +52-55-5282-0977  
Fax: +52-55-5282-0969  
[mexico@grains.org](mailto:mexico@grains.org)

## Middle East and Africa

Tunis  
Tel: +216-71-191-640  
Fax: +216-71-191-650  
[tunis@usgrains.net](mailto:tunis@usgrains.net)

## South and Southeast Asia

Kuala Lumpur  
Tel: +603-2093-6826  
Fax: +603-2093-2052  
[grains@grainsea.org](mailto:grains@grainsea.org)

## Taiwan

Taipei  
Tel1: +886-2-2523-8801  
Fax: +886-2-2523-0149  
[taipei@grains.org](mailto:taipei@grains.org)

## Tanzania

Dar es Salaam  
Tel: +255-68-362-4650  
[mary@usgrainstz.net](mailto:mary@usgrainstz.net)

## Western Hemisphere

Panama City  
Tel: +507-315-1008  
Fax: +507-315-0503  
[LTA@grains.org](mailto:LTA@grains.org)