

## トウモロコシの生産力増大を目指した管理手法

全米トウモロコシ生産者協会 (National Corn Growers Association, NCGA) では、毎年、トウモロコシの単収 (単位面積当たりの収量) コンテストを行っている。ここでは2022年のNCGA全米トウモロコシ単収コンテストの結果をもとに、米国でのトウモロコシの生産力増大を目指した管理手法の概要について、Corteva社の「Agronomy Research 2024 (<https://www.pioneer.com/content/dam/dpagco/pioneer/na/us/en/files/agronomy/DOC-Agronomy-Book-Pioneer-NA-US-V1.pdf>)」から「トウモロコシの生産力増大を目指した管理手法 (Managing Corn for Greater Yield Potential)」から抜粋して紹介する。

### トウモロコシ単収に影響を及ぼす要件

一世紀近く前に交配種のトウモロコシが導入されて以来、トウモロコシの生産性は今日に至るまで絶え間なく改良されてきた。米国でのトウモロコシ単収は、過去30年にわたって平均年率2ブッシェル/エーカーの割合で増加してきた。このような増加は、生産力を上げるための品種改良、単収を守るための遺伝子組み換え形質の導入、生産力をさらなる向上を実現可能にした農業管理の成果である。

生産者がトウモロコシ単収を上げようと努力する中、全米トウモロコシ生産者協会 (NCGA) の全米トウモロコシ単収コンテストは、環境条件と農業管理が最適化されたときに達成可能な単収の基準を提示している。NCGA入賞者の平均単収は、全米平均の2倍近くになる。

表1.NCGA全米トウモロコシ収量コンテストで300ブッシェル/エーカーを超えた州別参加者数 (2018年~2022年)

州	2018	2019	2020	2021	2022
	—参加者数—				
アラバマ	3	5	4	2	3
アーカンソー	1	0	1	4	1
カリフォルニア	3	3	2	1	0
コロラド	1	0	1	13	6
デラウェア	0	6	0	7	7
フロリダ	0	0	0	0	0
ジョージア	0	7	5	7	7
アイオワ	8	3	6	33	11
アイダホ	8	1	3	5	1
イリノイ	18	6	19	37	28
インディアナ	17	8	23	34	26
カンザス	3	2	6	13	9
ケンタッキー	4	3	3	24	1
マサチューセッツ	2	4	1	0	0
メリーランド	2	5	3	8	13
ミシガン	1	4	3	14	2
ミネソタ	0	0	5	3	4
ミズーリ	4	3	11	15	9
ノースカロライナ	1	3	0	4	1
ネブラスカ	39	7	37	96	95
ニューハンプシャー	0	0	0	0	1
ニュージャージー	1	9	9	10	4
ニューメキシコ	0	1	0	0	0
ニューヨーク	0	0	0	1	0
オハイオ	2	2	6	25	15
オクラホマ	2	0	2	7	2
オレゴン	4	7	0	0	4
ペンシルベニア	0	15	0	2	2
サウスカロライナ	0	4	3	5	0
サウスダコタ	0	0	2	3	1
テネシー	2	3	3	8	1
テキサス	7	1	2	5	3
ユタ	6	0	2	6	4
バージニア	2	9	0	12	5
ワシントン	9	7	3	4	3
ウィスコンシン	1	1	13	8	12
ウェストバージニア	0	1	2	1	1
ワイオミング	0	0	0	1	0

### 2022年NCGA全米トウモロコシ単収コンテストの傾向

2022年生育期のトウモロコシ単収は概して落ち込んだ。USDAは平均単収を172.3ブッシェル/エーカーと予測したが、これは2021年を4ブッシェル/エーカー下回り、長期トレンドラインも下回った。イリノイと北部コーンベルト州 (ウィスコンシン、ミネソタ、ノースダコタ) のトウモロコシ単収は2021年を上回ったが、これは2021年の暑く乾燥

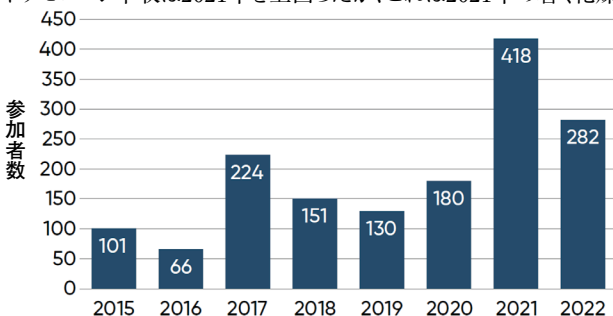


図1.NCGA全米トウモロコシ単収コンテストで300ブッシェル/エーカーを超えた年別参加者総数 (2015年~2022年)

した条件により落ち込んだ単収実績から回復したためであった。一方、その他のトウモロコシ生産州のほとんどのトウモロコシ単収が落ち込み、南東部とグレートプレーンズでは急激に減少した。干ばつストレスが2022年の単収を抑えた主なファクターであり、1年を通して米国の広い範囲に影響を及ぼした。

NCGA全米トウモロコシ単収コンテストでのトウモロコシ単収も、2022年の全体的な減少傾向を反映していた。この稿では300ブッシェル/エーカーを超える単収を上げたすべての参加者の総数を「高単収参加者」として定義する (図1)。この300ブッシェル/エーカー参加者数は、これまでのコンテストで二番目に多いものであったが、2021年に記録した歴代1位の418参加者からは大きく減少した。

コンテストでの300ブッシェル/エーカーを超える単収が、31の州で達成された。高単収参加者の大多数は、コーンベルトの中央部の農場であった。ネブラスカだけで100名近い高単収参加者を占めたが、そのほとんどすべてが灌漑をしていた。その他の80名はアイ

オワ、イリノイ、インディアナ、オハイオの参加者であった(表1)。

## 交配種の選択

異なる交配種の単収を単一環境(大学、種子会社の試験プロットなど)で試験すると、多くの場合、少なくとも30ブッシェル/エーカーの差が見られる。コンテストにおける単収水準では交配種による差は、さらに大きいことがある。適切な交配種を選択することが、コンテスト入賞の大きな決定要因になる。

現在の多くの交配種の潜在生産力は300ブッシェル/エーカーを超える。この生産力を実現するには、交配種の特性と、水分供給能力、病害虫の種類や病害頻度、登熟期間、残渣被覆、さらには播種時の土壌温度などの圃場の属性と一致させる必要がある。最大限に可能な単収を実現するために、生産者は以下を備えた交配種を選択する必要がある。

1. **最大の生産力。**多くのさまざまな環境での単収データを調べて、生産力が最も高い交配種を特定する。
2. **圃場での登熟。**利用可能な生育期間全体を利用することが、良い単収最大化方策である。
3. **ストレス下での良好な出芽。**苗立ちを揃えるのに役立つ、早期の作付けを可能にして受粉を早め、この重要な時期でのストレスを最小限に抑える。
4. **平均を超える乾燥耐性。**灌漑しない圃場のほとんどが経験する干ばつ時期に対する保証を与える。
5. **地域の病気に対する耐性。**葉、茎、イヤー(穂軸)の病気は通常の植物機能を破壊し、植物のエネルギーを流用し、立性と単収を低下させる。
6. **主な害虫(マツマダラメイガ、ハムシモドキの幼虫、タマヤナガ、セイヨウネキリムシなど)に対する抵抗性を持つ形質。**害虫は、立性を低下させ、植物機能を破壊し、穀粒を食べ、ますます多くのイヤーを倒したり落したりして単収を減少させる。
7. **収穫損失を最小限に抑える良い立性。**

## 高単収管理手法

NCGAコンテストで成績が良かった参加者は、現在の米国平均をはるかに上回る単収を上げただけでなく、単収増加率も徐々に高めている。米国の過去20年間のトウモロコシ単収の年間増加率は1.6ブッシェル/エーカーであった。一方、灌漑していない単収コンテストクラスでの入賞者の単収は年率4.7ブッシェル/エーカーで増加した。コンテストでは、誰もが入手可能なトウモロコシの交配種が作付けられ、生育条件も通常と変わらない。これは、生産力を増やすのに管理手法が重要な役割を果たしていることを示唆する。以下のセクションでは、単収が300ブッシェル/エーカーを超えたコンテスト参加者が採用した管理手法について議論する。

## 作付け手法

### 作付け密度

トウモロコシの高い単収を達成するのに最も重要なファクターの一つに、交配種がその生産力を最大化できるようにするのに十分な作付け密度の確立がある。歴史的に、作付け密度がトウモロコシの収量増加の主な促進ファクターである。

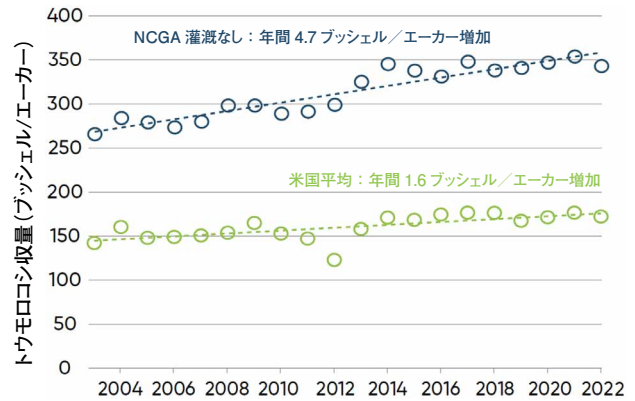


図2.NCGA全米トウモロコシ単収コンテスト灌漑なしクラスでの全国レベル入賞者の平均単収と米国のトウモロコシ平均単収(2003年~2022年)

2018年~2022年の全米トウモロコシ単収コンテストで300ブッシェル/エーカーを超えた、灌漑ありおよび灌漑なし参加者の収穫密度を図3に示す。灌漑なし参加者の平均収穫密度(36,300本/エーカー)は、5年にわたって灌漑ありの参加者のそれ(35,400本/エーカー)よりわずかに多かった。高単収環境で期待される通り、いずれもUSDA平均作付け密度(29,200本/エーカー)をはるかに上回っている。一方、300ブッシェル/エーカーを超える単収での密度の幅は28,000~56,000本/エーカーという広い範囲であったことから、特別に高い密度が必ずしも高単収に必要な条件でないことが明らかになった。作付け密度はトウモロコシの生産力を確立するのに重要であるが、単収を決定する多くのファクターの一つに過ぎない。

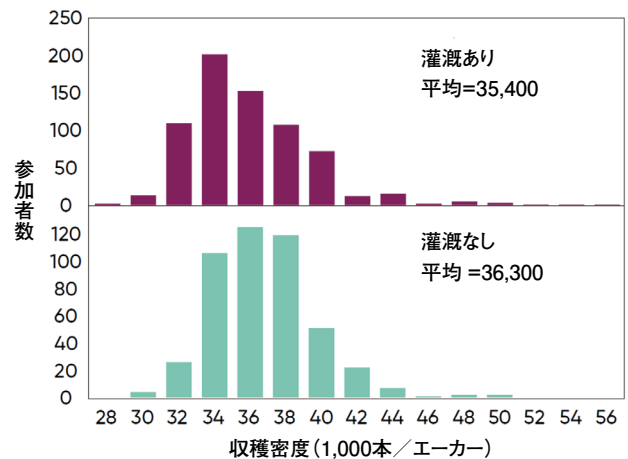


図3.NCGA全米トウモロコシ単収コンテストで300ブッシェル/エーカーを超えた灌漑ありおよび灌漑なし参加者の収穫密度とトウモロコシ単収(2018年~2022年)

## 作付け日

高単収コンテスト区画はその地域で可能な限り早い時期に作付けられるのが普通である。作付けが早いと生育期間が延び、さらに受粉も早まる。シルキング、受粉、早期の穀粒充填が6月~7月初めに終わると、暑さと水分によるストレスの影響を低減できる。

図4に示す通り、300ブッシェル/エーカーを超えたコーンベルト州の参加者の作付け日は4月9日~6月4日にわたり、全ての州での平均作付け日が5月初めの10日間に収まった。高単収参加者の作付け期間は、一般に作付け進捗全体の早いうちに行われた。米国農務省のデータによると、どの州でも、高単収参加者の平均作付け日はトウモロコシ作付け進捗の中間点の数日前であった(図4)。

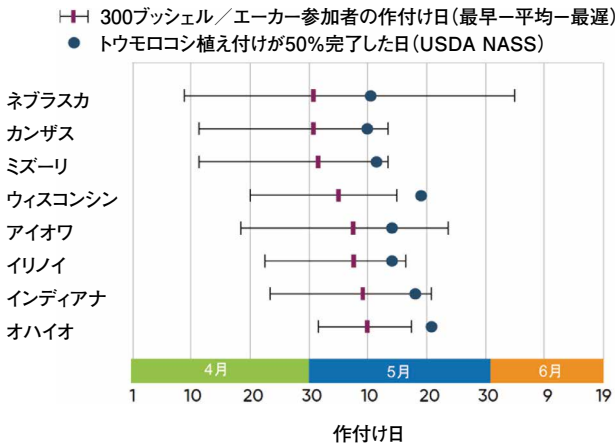


図4.2022年のNCGA全米トウモロコシ単収コンテストで300ブッシェル/エーカーを超えた、一部の州からの参加者の平均作付け日と作付け日の幅

2022年は4月の平均気温が平年を下回ったため、コーンベルトの多くで作付けが遅れ、2021年の作付け進捗より約2週間遅れた。高単収参加者の2022年の作付け日も遅れ、2021年は4月半ばから後半であったのに対して多くの参加者は5月初めに作付けた。2021年より作付けの遅れが大きかった州でも、300ブッシェル/エーカー参加者数は2021年よりはるかに減少した。これは、最高クラスの潜在生産力が作付けの遅れによって若干失われたことを示唆する。2022年のコンテストで、高単収参加者のいくつかの作付けが5月中～下旬、さらには6月初めになったことは、作付けの遅れが大き過ぎない限り、好ましい条件に恵まれさえすれば高単収を達成できることを実証するものである。とは言え、高単収を達成できる可能性は、一般に作付けが早いほど大きくなる。

### 畝の間隔

現在、米国のトウモロコシ畑の大半は30インチの畝で作付けられ、それがトウモロコシ作付面積の85%を占めている。過去5年間のコンテストでの300ブッシェル/エーカー参加者の大部分は、30インチの畝(図5)に作付けていた。近年これより広い畝間(通常、36または38インチ)の比率は一定に保たれてきた一方、狭い畝の形状(15、20、22、30インチ・ツイン)は減少してきている。

現在の標準である30インチより狭い畝の間隔は、単収増加のための播種密度の継続的な向上として注目され続けている。しかし、調査によると、北部コーンベルト以外で狭い畝が一貫して単収にもたらす利点は一般に示されていない。

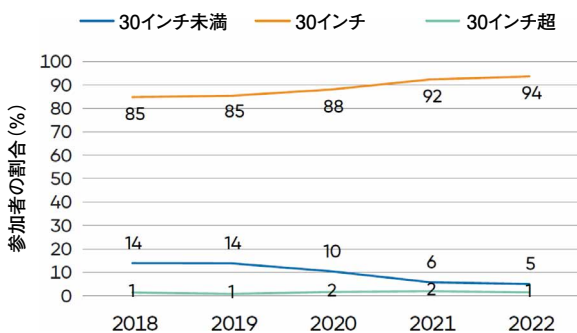


図5.NCGA全米トウモロコシ単収コンテストで300ブッシェル/エーカーを超えた参加者が使用していた畝の幅(2008年～2022年)

### 輪作

輪作は、単収を一貫して高く保つのに最もよく奨励される手法の一つである。輪作は、作物の単収を減らす病害虫の連鎖を断ち切ることができる。輪作に大豆やアルファルファのような作物を含めると、次のトウモロコシが要求する窒素の量を減らすことができる。300ブッシェル/エーカー参加者の圃場の大部分は、その前の生育期間にトウモロコシ以外の作物が植えられていた(図6)。

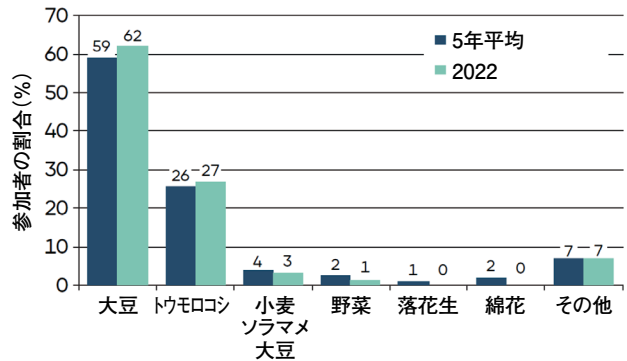


図6.NCGA全米トウモロコシ単収コンテストで300ブッシェル/エーカーを超えた参加者の前年の作物(2022年および5年平均)

すべての生育に影響する栄養分などが管理されているようにみえたり、十分供給されていたりしている場合のトウモロコシの連作よりも、輪作によってトウモロコシの連作と比べて輪作に関連する単収が増加する。これをいわゆる「輪作効果」と呼んでいる。この効果の調査研究では、平均単収増加は約5%～15%であったが、一般に高単収条件では低かった。一般に、輪作したトウモロコシは、連作したものより単収を制限するストレスによく耐えることができるが、単収コンテストの結果は、トウモロコシの連作でも高い単収を達成できることを明確に示している。

### 耕起

過去5年にわたり、NCGAコンテストで高単収を上げた参加者の約40%は従来の耕起手法を使用し、残り半分は耕起しなかったか、何らかの形態の簡易耕起手法を使用した(図7)。従来の耕起手法を使用した高単収参加者の割合は徐々に減少し、その不耕起と線状耕起が増加した。

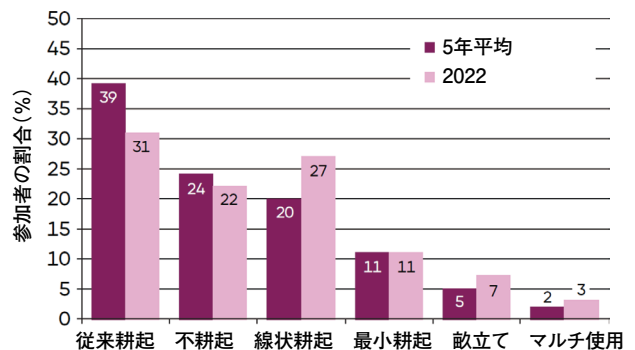


図7.NCGA全米トウモロコシ単収コンテストで300ブッシェル/エーカーを超えた参加者の耕起手法(2022年および5年平均)

### 栄養素管理

最大のトウモロコシ単収を達成するためには、タイムリーな窒素(N)の施用と既存のリン(P)、カリウム(K)、土壌のpHレベルを測定する土壌試験から始める、優れた土壌肥沃度プログラムが必要

である。

## 窒素

トウモロコシの穀粒は1ブッシェル収穫するごとに約0.67ポンドの窒素を消費し、家畜用飼料の生産には、1ブッシェルの穀粒を生産するたびに約0.45ポンドの窒素を必要とする。つまり、300ブッシェル/エーカーのトウモロコシに必要な全窒素は約336ポンド/エーカーである。窒素肥料で供給する必要がある窒素はこの量の一部に過ぎず、土壌の有機物の無機化によって土壌からも供給される。肥沃度が高い土壌では、作物が必要とする窒素の大部分が窒素の無機化によって供給されることが多い。以前のマメ科作物、堆肥施用、灌漑用水に含まれる窒素由来のものもある。300ブッシェル/エーカーを超える参加者の窒素施用量を図8に示す。

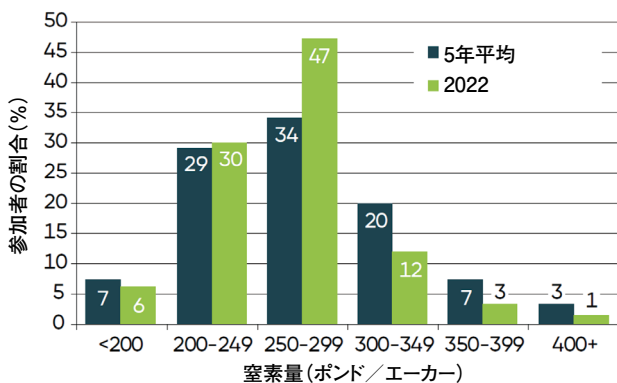


図8.NCGA全米トウモロコシ単収コンテストで300ブッシェル/エーカーを超えた参加者の窒素量(施用された全窒素(ポンド/エーカー)) (2022年および5年平均)

300ブッシェル/エーカー参加者の窒素施用量には大きな差があったが、大部分は200~300ポンド/エーカーの範囲にあった。窒素施用量が少ない一部の参加者は、堆肥を施用して窒素を補完していた。トウモロコシの単収が増えるにつれて土壌から消費される窒素も増えるが、窒素施用量を増やして高い単収を支える必要は必ずしもない。高単収に有利な気候条件もまた、有機窒素の無機化の増加と根の生長の改善を通じて、トウモロコシが土壌から得る窒素量を増やす傾向がある。

高単収参加者が施用した全窒素は、近年減少傾向にある。2016年のコンテストで300ポンド/エーカーを超える窒素を施用した高単収参加者は半数を超えていたが、2022年のそのような参加者は20%未満であった。

窒素の施用と作物による吸収の間隔が短いほど土壌から失われる窒素が少なく、作物の単収に対する制限も少なくなる点も同様に重要である。トウモロコシが吸収する窒素は、V12とVT(出穂)の間の生長発達の急激な生長期でピークを迎える。一方、要求される窒素はV6から始まって穀粒発達のR5期(初期デント)までが高い。

300ブッシェル/エーカー参加者の窒素肥料の施肥量とそのタイミングを図9に示す。秋に窒素を施肥した参加者は極めてわずかであった。多くは、作付け前または作付け時に窒素を施肥していた。300ブッシェル/エーカー参加者の80%近くが、最良のタイミングで何らかの形態での窒素を根元への施肥または灌漑とともに施肥のいずれかで進んでいた。高単収参加者の94%は窒素を複数回施肥していた。

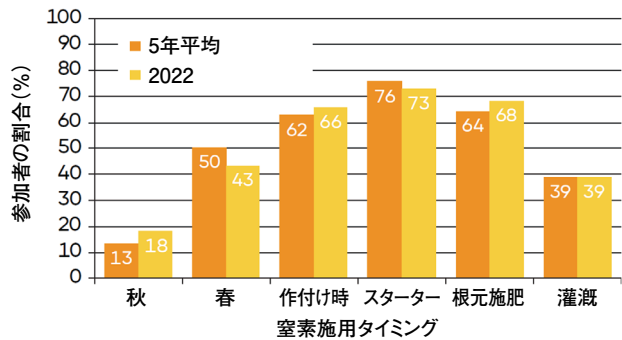


図9.NCGA全米トウモロコシ単収コンテストで300ブッシェル/エーカーを超えた参加者の窒素肥料施用タイミング (2022年および5年平均)

## 微量栄養素

300ブッシェル/エーカー参加者の39%が微量栄養素を施肥していた(図10)。最もよく施肥された栄養素は硫黄(S)、亜鉛(Zn)、ホウ素(B)であり、マグネシウム(Mg)、マンガン(Mn)、銅(Cu)を含めていた参加者もいた。微量栄養素は、多くの土壌で作物のニーズを満たすのに十分である。しかし、一部の砂地とその他の低有機物土壌は必然的に微量栄養素が不足し、pHが高い土壌は利用可能性が低下することがある。さらに、単収が増えるにつれて消費される微量栄養素も増えるため、欠乏する可能性がある。

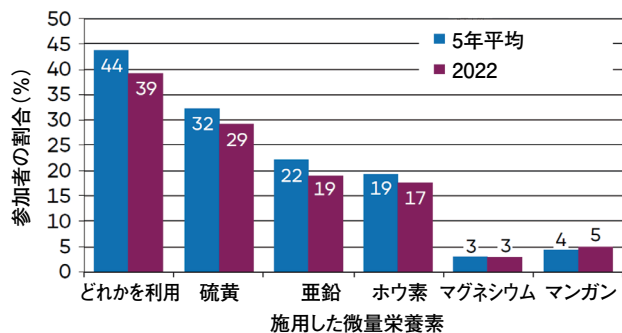


図10.NCGA全米トウモロコシ単収コンテストで300ブッシェル/エーカーを超えた参加者が施用した微量栄養素 (2022年および5年平均)

## 終わりに

NCGAの単収コンテストは毎年行われ、かなりの高単収を得る生産者も多い。単収の向上は、本稿で述べた様々な要因によるものであり、それらにかかわる新技術や新製品が生み出されている。そして、毎年その成果の解析とさらなる発展が図られている。

ネットワークに関するご意見、  
ご感想をお寄せ下さい。

**U.S. GRAINS COUNCIL** アメリカ穀物協会

〒105-0001 東京都港区虎ノ門1丁目2番20号  
第3虎の門電気ビル11階

Tel: 03-6206-1041 Fax: 03-6205-4960  
E-mail: Japan@grains.org

本部ホームページ (英語) :<https://www.grains.org>  
日本事務所ホームページ (日本語) :<https://grainsjp.org/>