

バイオ燃料の農業振興のカギとしての役割

農業を支えるエネルギー：触媒としてのバイオ燃料

2026年6月

目次

S&P Globalについて	3
S&P Global調査の謝辞	4
エグゼクティブ・サマリー	5
はじめに	7
農業は構造的転換期を迎え、岐路に立っている	9
1. 世界人口の伸びは鈍化している	10
2. 食料消費の伸びは鈍化している	10
3. バイオ燃料、特にエタノールの需要は圧迫されている	11
4. 農作物の収穫高の伸びが、食料および燃料の需要の伸びを上回っている	12
5. 農業不況の長期化と波及効果のリスク	13
農業の成長ポテンシャルを引き出す	15
1. 農業の成長ポテンシャルを引き出すための鍵となる技術	17
2. 未来のフロンティア：生物学的可能性の拡大	18
3. 作物の収量格差の解消：技術的な課題ではなく、経済的な課題である	21
4. 世界中の10億人の農家を支援する	23
農業成長の触媒としてのバイオ燃料：今後の道筋	25
5. 米国の事例：農業の成長と市場の回復力を牽引するバイオ燃料	26
6. バイオ燃料の導入と農業のレジリエンスを支える政策の枠組み	28
7. バイオ燃料の混合率は、農業にとって大きな市場の可能性を示唆している	30
8. バイオ燃料、食料、飼料の供給における新たな機会の開拓	32
9. 作付面積を維持するための触媒としてのバイオ燃料	34
10. バイオ燃料の大幅な成長は、目に見える恩恵をもたらすだろう	35
結論	38
付録A. 用語集	40
S&P Global Energy プロジェクトチーム	41

S&P Globalについて

S&Pグローバル（NYSE: SPGI）は、企業、政府、個人に対し、信頼性の高いデータ、専門知識、テクノロジーを提供し、確信を持って意思決定を行えるよう支援しています。当社は、急速に変化するグローバルな環境において、お客様が自信を持って計画を立て、果敢に行動し、繁栄するために必要な、世界をリードするベンチマーク、データ、インサイトを通じて、「**Essential Intelligence**（不可欠な知見）」を推進しています。

資本市場や商品市場における新規投資の評価支援から、エネルギー分野の拡大、人工知能（AI）の急速な進展、そして公的・民間市場の変革への対応に至るまで、当社は世界をリードする組織が、今日という時点で機会を開拓し、課題を解決し、明日のための計画を立てられるよう支援しています。詳細については、www.spglobal.com をご覧ください。

S&Pグローバル・エナジーについて

S&P Global Energyでは、世界のエネルギーおよびコモディティ市場に対する包括的な見解を通じて、お客様が優れた意思決定を行い、長期的かつ持続可能な価値を創出できるよう支援しています。当社の4つの中核事業は、価格情報およびニュースを提供する「**Platts**」、調査およびアドバイザリーサービスを提供する「**CERA**」、エネルギー拡大およびサステナビリティソリューションを提供する「**Horizons**」、そして業界連携を促進する「**Events**」です。S&P Global Energyは、S&P Global（NYSE: SPGI）の一部門です。詳細については、www.spglobal.com/energy をご覧ください。

『農業を牽引する：触媒としてのバイオ燃料』は、バイオ燃料が、生産性の向上を支え、副産物を通じて食料・飼料システムを強化し、強靱で持続可能な農業開発に寄与する、拡張性のある市場主導型の需要をどのように生み出すかを分析しています。本レポートは、S&P Global内の各グループが協力して作成したものです。

S&P Globalの調査に関する謝辞

S&P Globalは、本調査に多大な時間、洞察、専門知識を提供してくださった数多くの個人および組織に深く感謝申し上げます。皆様のご意見は、分析の構築、仮定の検証、そして農業、エネルギー、サステナビリティ各セクターの現実を踏まえた調査結果の確立において、極めて貴重なものでした。

本報告書の作成に際し、指導、技術的助言、そして継続的な協力をいただいた以下の企業に、ここに正式に謝意を表します。
The Fertilizer Institute (TFI)、Nutrien Ltd.、OCP Group、BASF、Bayer、Pairwise, Inc.、John Deere、 全米トウモロコシ生産者協会（NCGA）、全米大豆委員会（USB）、POET、Growth Energy、再生可能燃料協会（RFA）、**Farm Input Promotions Africa (FIPS-Africa)、** シード・システムズ・グループ、コバンク、オハイオ州立大学、オクラホマ州立大学、イリノイ大学、米州農業協力機構（IICA）、キップ・トム元米国大使、およびSLCアグリコラ。これらの組織・個人の専門知識と戦略的監督は、分析の枠組みを強化し、結論の信頼性を確保する上で極めて重要な役割を果たしました。

これらの協力者からは貴重な知見が提供されましたが、本報告書に含まれる分析、解釈、および結論は、**S&P Global**の単独の見解であり、必ずしも上記の協力者の見解を反映するものではありません。

エグゼクティブ・サマリー

農業は岐路に立っている

技術とイノベーションにより、米国の農家や牧場主はかつてないほど多くの食料と燃料を供給できるようになった。この傾向は、人工知能（AI）が種子技術、作物保護、再生型農業、デジタル農業の進歩を牽引するにつれて、さらに加速することが見込まれている。2025年、米国は再び過去最高の収穫量を記録し、穀物および油糧種子の史上最大の余剰量をさらに拡大させた。同様の傾向は世界中で見られている。参考までに、過去数十年間で世界のトウモロコシの収量は年率1.5%増加しており、これが2025年の世界の穀物、油糧種子、繊維の在庫量を10億トン近くまで押し上げる一因となった。

一方で、世界の需要は生産量の増加に追いついていない。人口増加が鈍化していることに伴い、一人当たりの食料消費量も減少傾向にある。例えば、世界の一人当たり肉消費量の伸び率は、1990年代後半の約2.4%から2025年には0.7%へと鈍化し、2050年にかけてはわずか0.1%の伸びにとどまると予想されており、多くの市場で需要がほぼ飽和状態にあることを示している。

バイオ燃料の需要も、自動車の燃費向上、運転パターンの変化、電気自動車への依存度の高まりを背景に、同様の圧力に直面している。現在の混合率（約10%）を維持した場合、米国の道路輸送用燃料としてのエタノール需要は、2050年までに50%近く（約66億ガロン）減少する可能性がある。

需給の不均衡は、すでに米国の農業経済にとって主要な長期的課題として浮上している。最新の米国情勢調査データによると、2002年から2022年にかけて、農業部門では209,000軒の農場と5,800万エーカーの農地が失われた。この減少は2017年から2022年にかけての期間が最も顕著で、2,000万エーカーが失われた。飼料の新たな需要先が発生せず、米国がエタノール混合率10%を維持するというシナリオ下では、2050年までに米国のトウモロコシ生産者が耕作する面積はさらに約31%減少することになる。これは、ノースカロライナ州に相当する広さの土地での生産が停止することに等しい。このシナリオでは、農業生産能力の喪失により、農家や消費者は食料と燃料の両市場における変動の激化にさらされると同時に、バイオ燃料需要の停滞に伴う構造的なリスクが浮き彫りにされるだろう。

これに対し、ステークホルダーは、農業コミュニティの成長を再活性化し、イノベーションを推進し、より少ない資源で世界に食料と燃料を供給する農業の能力を拡大するための新たな道筋を模索する必要がある。バイオ燃料の需要が拡大するシナリオ下では、米国の農業生産は堅調を維持し、国内および国際市場に対し、トウモロコシ、エタノール、その他の農産物を安全かつ豊富で信頼性の高い長期的な供給源として提供し続ける。こうした文脈において、バイオ燃料は次のような可能性を秘めた、他に類を見ない強力な触媒として際立っている：

1. 米国の農場に長期的な収益性を回復させ、農村地域への投資を促進する
2. 持続可能な原料への需要を喚起し、先進的な農業手法を先駆けて導入する農家に報いる市場を創出する
3. 世界規模での食糧、経済、エネルギーの安全保障を強化する

農業の持つ潜在能力の全体像について、証拠に基づいた議論を行うため、本S&Pグローバル・エナジーの調査では、独自のデータセット、定量モデル、シナリオ分析に加え、アグリビジネスおよびバイオ燃料のバリューチェーンをリードする主要関係者からの実情に基づく知見を組み合わせている。仮定を検証し、調査結果を現実の状況に即したものとするため、農家、資材・技術提供者、穀物・油糧種子加工業者、バイオ燃料生産者、業界団体、市場専門家、学者らに対し、計25件以上のインタビューを実施した。

こうした文脈において、本調査は、食糧と燃料の競合に関する旧来の仮定に異議を唱える。なぜなら、従来の需要だけでは、高まる生産性を吸収しきれなくなっているからである。また、技術主導の進歩を通じて、農業がいかにして再生可能エネルギーへの高まる需要を満たせるかを示している。

現在および新たなトレンドに基づき、農業生産性の次の波は、複合技術によって牽引されることになる。バイオテクノロジー、AI、および高度なデータ分析の融合により、**2050年までに米国のトウモロコシ収量は年率1.6%向上し、農家が新技術への投資意欲を持つことを前提として、作付面積を拡大することなく生産量を50%近く増加させることが可能となる。**

この最適化されたシナリオの下では、**2050年までに世界のバイオ燃料生産量は3倍以上になる見込みである。**さらに、バイオ燃料の生産からは、食品システムに還元される貴重な併産物（タンパク質ミールやDDGS）が生み出される。**2025年と比較して、このシナリオでは食料および飼料の供給量が45%増加する。**これは、投入コストの削減や世界的な食料の安定供給の強化に寄与し得る、意義深い増加である。重要な点として、こうした生産量の増加は、広範な耕作地の拡大ではなく、収量の向上と既存の農地のより集約的な利用によって達成されるものであり、森林伐採を伴わずにバイオ燃料の成長を実現できることを示している。

同時に、再生可能燃料は、約**9,400億ガロン規模の液体燃料市場**において、ますます大きなシェアを占めるようになり、消費者にとっての完成燃料コストの低減につながる。さらに、最近の原油・ガソリン価格の変動が激しかった時期（例：ホルムズ海峡における原油供給の途絶、ロシアによるウクライナ侵攻など）は、燃料市場が世界的な供給途絶や地政学的リスクに対して脆弱であることを浮き彫りにし、国内で生産される再生可能エネルギー源としてのバイオ燃料が、価格変動を緩和し、エネルギー安全保障を強化する上で果たす役割と安定性を再確認させた。

本報告書は、その結論として、バイオ燃料が農業産物の新たな需要を創出すると同時に、食糧、エネルギー、気候変動に関する目標の達成に寄与し得ることを示しており、これは農村部の経済発展と世界的なクリーンエネルギーへの移行にとって、双方に利益をもたらすものである。



はじめに

農業は、食料・エネルギー安全保障、ならびに農家や農村コミュニティの経済発展において中心的な役割を果たしている。さらに、農業は、大規模に生産可能な低炭素バイオ燃料の原料を供給する能力を通じて、エネルギー安全保障、エネルギー源の多様化、脱炭素化においてますます重要な役割を担っている。過去数十年間、農業分野における食料需要の伸びは、人口増加と所得向上によって牽引されてきた。これらは、一人当たりの食料消費量の増加、特に発展途上国（とりわけ中国）における肉類消費の増加といった食生活の変化を支えてきた。農産物を原料とするバイオ燃料の需要も着実に伸びており、これが世界の農業をさらに支えている。バイオ燃料が穀物および油糧種子の需要に占める割合は、**2000年には1%未満であったが、2025年には8%近くに達した**。これらの要因が相まって、穀物および油糧種子に対する食料・燃料需要の着実な増加を牽引してきた。

世界の農業は構造的転換期を迎えつつある。人口増加の鈍化と一人当たりの肉消費量の抑制により、食料需要の伸びは鈍化している一方で、新たな政策措置が講じられない限り、バイオ燃料需要はガソリン使用量の減少により圧迫されることになる。同時に、技術の進歩により農業全体の生産性は向上している。**2025/26年産期に見られたような記録的な豊作により、世界の穀物、油糧種子、繊維作物の在庫は10億トンを超え、持続的な供給過剰状態が生じている**。このような環境下では、耕作地の縮小や農家の収益性の低下、あるいは新たな需要源の創出のいずれかを通じて調整が行われることになるだろう。

この不均衡は、余剰生産量を吸収する現行市場の能力には限界があることを露呈しており、短期的な景気後退というよりは、構造的な変化を反映している。新たな市場が開拓されなければ、持続的な余剰生産は価格の下落圧力となり、農家の所得を蝕み、農村経済を弱体化させ、長期的な投資やイノベーションを阻害する可能性が高い。

こうした背景のもと、本**S&P**グローバル・エナジーの調査では、**3つの主要なテーマ**について考察する。第一に、従来の食糧需要だけでは生産性の向上を吸収しきれなくなっていることから、「食糧対燃料」という議論の変化を示す構造的シフトを検証する。第二に、主要な農業供給国に限定されない、各国における農地生産性や加工効率の多角的な向上を通じて、世界の農業が生産量を増加させる大きな可能性に焦点を当てる。第三に、バイオ燃料が、スケーラブルな需要を創出すると同時に、タンパク質、繊維、油脂などの副産物を生み出し、それらを食料・飼料システムに再統合することで、農業開発の触媒としてどのように機能し得るかを評価する。

本調査は、農業ビジネスおよびバイオ燃料のバリューチェーン全体にわたる実情に基づく視点に立脚しており、農家、技術・投入資材供給業者、加工業者、バイオ燃料生産者、業界団体、および専門家らへの**25件以上のインタビュー結果**が反映されている。分析によると、これまで食料需要が農業の成長を牽引してきた一方で、将来の拡大は新たな需要市場の有無にますます依存するようになっている。こうした状況において、バイオ燃料は、農業部門における生産量の拡大、安定性、および長期的な収益性を支える重要な触媒として台頭しつつある。

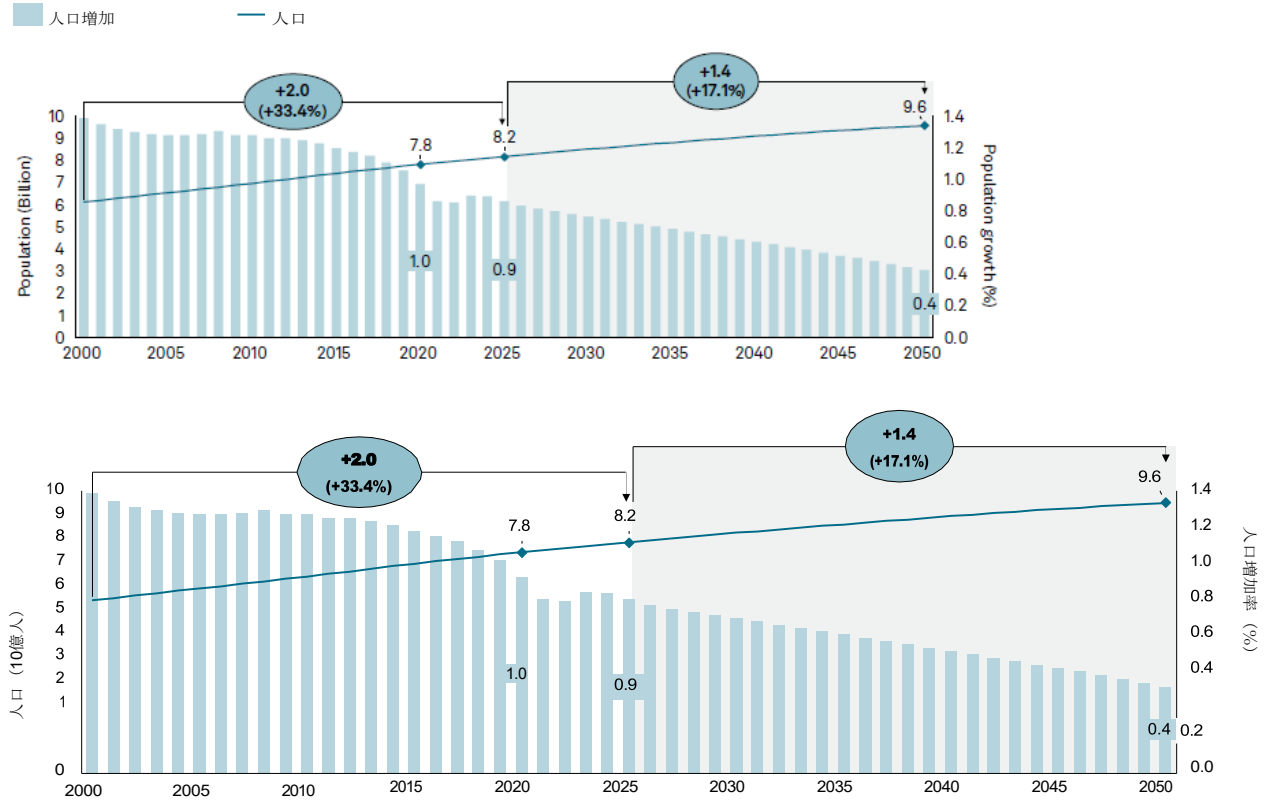


構造的転換期を迎える農業は、岐路に立っている

1. 世界の人口増加は鈍化しつつある

人口増加は鈍化し始めており、年間増加率は2050年までに約0.4%まで低下すると見込まれている。これは、出生率が広範囲にわたり低下していることが要因であり、2050年までに1人当たりの出生数が約2.1人という人口置換水準に近づくと予測されている。大半の高所得国では、出生率はすでに人口置換水準を下回っており（米国は1人あたりの出生数が1.7人）、日本、中国、EUなどの地域では人口減少が現実のものとなりつつあり、2050年までにピーク時より2億2000万人以上減少すると予測されている。この変化は、地域の食料需要パターンや貿易の流れを一新することになるだろう。

図1. 世界の総人口と人口増加率



出典：S&P Global Energy

© 2026 S&P Global

2. 食料消費の伸びは鈍化している

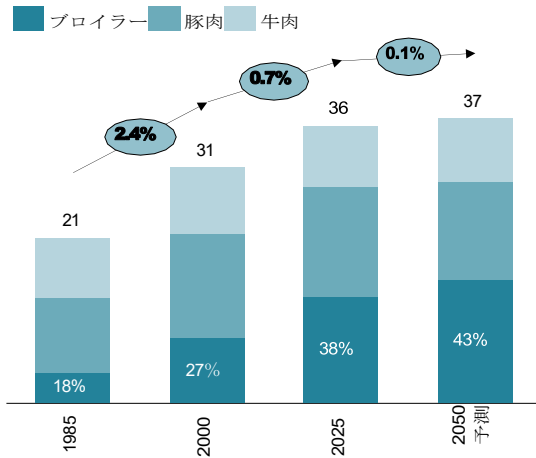
世界の伝統的な主食穀物の1人当たり消費量は、成長余地が限られている。小麦の消費量は1人当たり95~100kgで安定しており、米の消費量は1人当たり60~65kgで概ね横ばいのままである。一方、大麦の消費量は、1980年代後半の1人当たり約35kgから現在では20kgを下回る水準まで着実に減少し、2050年にかけてもさらに緩やかな減少が続くと予測されている。

こうした傾向は、食生活の多様化や人口の高齢化により一人当たりの追加的な食料需要が減少していることから、消費動向が成熟段階にあることを反映している。その結果、一人当たりの穀物消費量は将来の数量増加にほとんど寄与しないと予想され、需要の拡大は個人の摂取量の増加よりも、ますます人口増加に依存するようになることが裏付けられている。

食生活が動物性タンパク質へとシフトすることで、「飼料から肉への乗数効果」を通じて穀物や油糧種子の使用量が増加するため、食肉消費は依然として農業需要にとって極めて重要である。

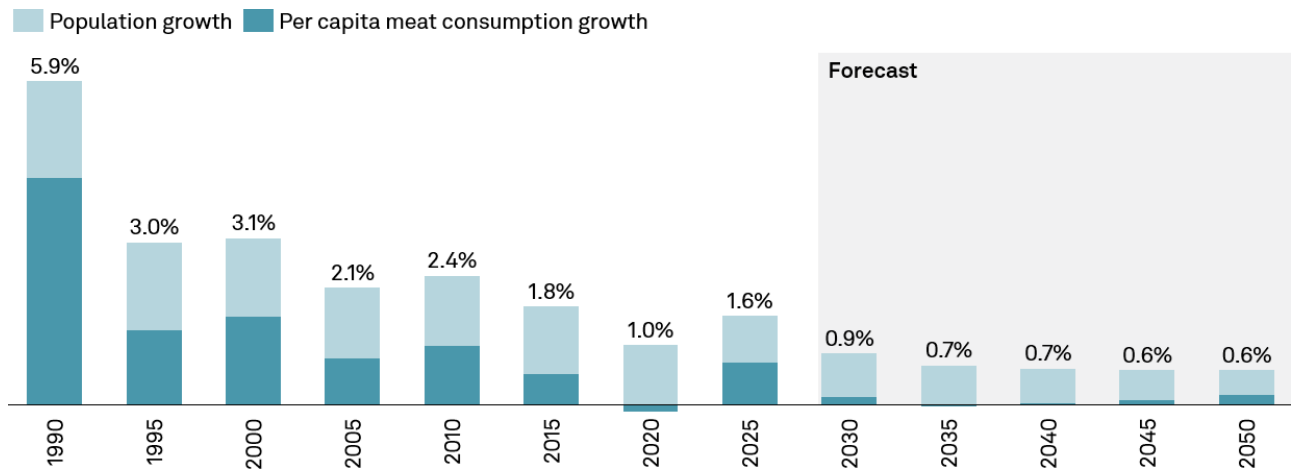
これまで飼料用穀物や油糧種子の消費拡大を支えてきた一人当たりの食肉需要は、中国を含む多くの地域で消費水準が成熟期に近づくにつれ、著しく鈍化している。今後、2050年までに世界の一人当たり食肉消費量はわずかに増加するにとどまると予測される。全体として、一人当たりの食肉消費量の年間成長率は、1990年代後半の約2.4%から2025年までに0.7%へと鈍化し、2050年にかけてはわずか0.1%の伸びにとどまると予想されており、多くの市場ではほぼ飽和状態にあることを示している。

図2. 世界の1人当たり食肉消費量
5年ごとの平均 (kg/人)



同時に、食肉消費の傾向は、飼料効率の高いタンパク質へとシフトしつつある。飼料要求率はタンパク質の種類によって異なり、家禽は生産量1単位あたり約1.7単位の飼料を必要とし、豚肉は約3単位、牛肉は遺伝的要因や生産システムに応じて4.5～7.5単位の範囲となる。ブロイラーが世界の総食肉消費量に占める割合は、1985年の18%から2025年には38%に増加し、2050年までに43%までさらに上昇すると予測されている。これは、手頃な価格と汎用性を重視する消費者の嗜好を反映している。世界の食肉消費に占める家禽肉の割合が上昇するにつれ、食肉需要全体の飼料集約度は低下し、飼料市場の構造が再編されるとともに、総タンパク質需要が増加しているにもかかわらず、穀物および油糧種子の消費の伸びは鈍化している。

図3. 世界の食肉消費量の伸び
5年ごとの平均



出典：S&P Global Energy

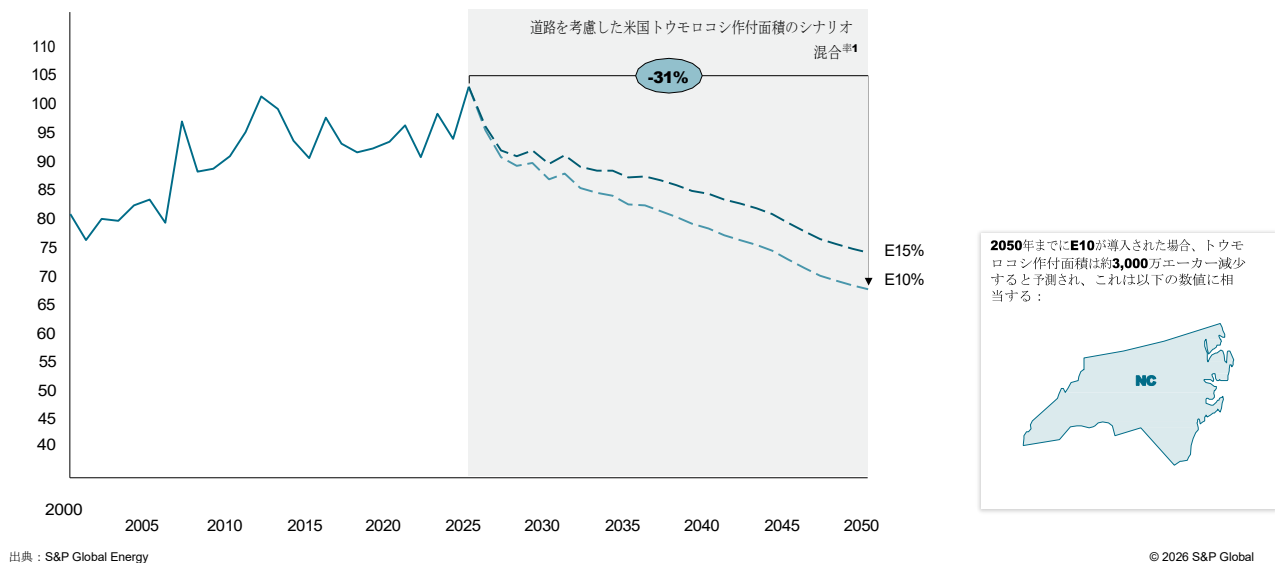
© 2026 S&P Global

3. バイオ燃料、特にエタノールの需要は圧力にさらされている

主にガソリンを中心とする液体道路用燃料の需要は、自動車の燃費効率の向上、運転パターンの変化、人口動態の変化、および電気自動車の普及拡大により、減少すると予想される。現在、米国においてエタノール使用を支援する唯一の拘束力のある全国的な政策は、再生可能燃料基準（RFS）であり、これに基づき、エタノールの混合率は10%近くで維持されている。この混合率では、ガソリン消費量の減少に伴い、米国はエタノールの市場シェアを徐々に失うことになり、その結果、2050年までに2025年と比較して66億ガロンのエタノール需要が失われることになる。

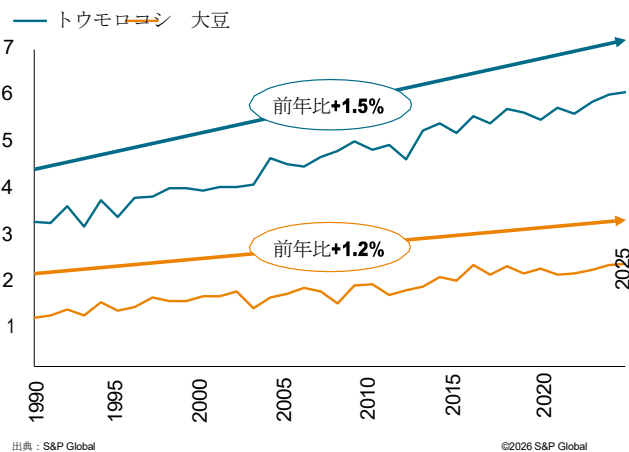
現在、米国のトウモロコシ作付面積の約**36%**がエタノール生産に充てられているため、エタノール需要の低迷はトウモロコシ価格に持続的な下落圧力をかけ、農家の収益性を低下させ、最終的には耕作地の減少につながるであろう。新たな飼料需要源が見込めない状況下で、米国が**10%**のエタノール混合率を維持するシナリオでは、**2050年**までに米国のトウモロコシ生産者の耕作面積は約**31%**減少することになり、これはノースカロライナ州の面積に相当する土地での生産停止に相当する。農業生産能力の喪失は、農家や消費者を食料と燃料の両方においてますます変動の激しい市場にさらすことになり、バイオ燃料需要の停滞に伴う構造的なリスクを浮き彫りにすることになる。

図4. 道路用エタノール需要に基づく米国のトウモロコシ作付面積の必要量
百万エーカー



4. 農業生産量は、食料および燃料の需要を上回っている

図5. 世界のトウモロコシおよび大豆の収量
1ヘクタールあたりのメトリックトン



人口増加の勢いにより、食料および飼料の絶対的な需要は引き続き拡大するものの、その伸び率は鈍化しており、年間**1%**未満にとどまると予想される。この伸び率では、農場レベルで継続的に生じている生産性の向上を吸収するにはもはや不十分である。過去数十年間、トウモロコシや大豆などの主要作物の収量は、市場の拡大や技術の進歩に応じて増加してきた。例えば、世界のトウモロコシの収量は、過去**35**年間で年間**1.5%**増加した。

生産性の向上と需要の拡大との間には、かつてはこうした相関関係があったが、現在は弱まりつつある。

食料および燃料の消費の伸びが鈍化する中、収量の継続的な向上は構造的な需要ギャップを生み出している。

新たな需要源が生まれない限り、この変化は過去のパターンからの根本的な断絶を意味し、農業を長期にわたる低迷サイクルのリスクにさらすことになる。需要の伸びの鈍化と生産性の向上が重なることで、農場の収益性が脅かされ、価格の変動性が高まり、農業システムのバランスを回復させる上で、政策、イノベーション、そして新たな市場の創出の重要性が増している。

人口増加および穀物・肉類の一人当たり消費量は減速しており、場合によっては減少している。その結果、食料および飼料の需要だけでは、継続的な生産性の向上分を吸収しきれなくなっている。これは過去の傾向からの根本的な転換であり、農業を岐路に立たせている。

米国はこの不均衡の震源地に位置しており、農業技術の導入と収量増加における世界的なリーダーシップに加え、世界最大のトウモロコシ輸出国かつ最大のエタノール市場という立場を兼ね備えている。米国の農家は、穀物や油糧種子の輸出需要の低迷に加え、国内のエタノール需要が横ばいである影響をすでに感じ始めている。こうした圧力は、過去最高水準の穀物在庫、価格の下落、そして農村地域全体における財政的ストレスの増大という形で現れている。最新の米国国勢調査データによると、トウモロコシと大豆の価格は数十年ぶりの安値水準にある。農業部門では、**2002年から2022年にかけて20万9,000軒の農場と5,800万エーカーの農地が失われた**。中でも**2017年から2022年にかけての減少幅が最も大きく、2,000万エーカーが失われた**。

「米国の農家は、利益率が低い環境下にあっても、他に選択肢がないため、毎年生産量を増やし続けている。特にバイオ燃料を通じた新たな需要先がなければ、生産性の向上が市場の需要を上回り、その不均衡は農家にとっても貸し手にとっても経済的に持続可能ではない。」

ジャッキー・ファトカ、**CoBank** 農業資材・バイオ燃料担当主任エコノミスト

5. 長期化する農業不況のリスクと波及効果

農業市場では、価格が生産者と最終需要者を結びつけることで、需給が絶えず調整されている。需要のシグナルが強ければ、農業はそれに反応し、投資とイノベーションが続き、収量が向上し、生産量が拡大する。しかし、消費がそれに追いつかない場合、調整メカニズムとして価格が機能する。その結果、農業はしばしば、十分な生産縮小によって市場の均衡が回復するまでの間、過剰生産と低価格を特徴とする過渡期を経験することになる。作付面積の調整にとどまらず、価格の低迷が長期化すると、革新的な技術の導入意欲が損なわれ、投資が遅れ、イノベーションが阻害される。こうした圧力は業界再編を加速させ、農村部の経済活動を抑制し、環境保全と長期的な生産性の成長の両方を損なう恐れがある。

過去の事例を分析すると、過去の時期と今日の農業が直面している課題との間に明確な類似点が浮かび上がる。生産性は向上しているものの、その根底にある経済的要因や長期的な人口動態・消費動向は、短期的な市場サイクルというよりは、構造的な不均衡を示唆している。1980年代の米国における農業不況は、需要の伸び不足が如何に巨額の余剰を生み出し、米国および世界全体の農業経済に影響を及ぼし得るかを示す顕著な例であり、これには、農産物価格の長期的な下落、債務の増加、広範な倒産、および土地資産価値の急激な下落が含まれる。収益性の低下は、収量向上や持続可能性を高める取り組みといった革新的な技術への投資意欲を弱め、長期的には耕作面積や収量に対する下押し圧力を強め、1980年代に見られたような投資撤退と農業危機の悪循環に陥るリスクを高めることになる。

「1980年代は、農家に市場がなくなると何が起こるかを私たちに教えてくれた。バイオ燃料はその流れを逆転させた——そして、私たちは再びあの時代に戻る余裕などないのだ。」

キップ・トム、元米国国連食糧農業機関大使

農業の景気後退の影響は、作物生産者に留まらず、農業バリューチェーン全体、すなわち投入資材の供給業者（農業機械、種子、農薬、肥料の供給業者など）にまで波及し、経済的影響をさらに増幅させることになるだろう。

主要輸出国における長期にわたる農業の低迷は、その国だけに留まるものではなく、生産過剰や持続的な価格下落圧力を通じて世界市場に波及する。1980年代に見られたように、先進国における直接農業補助金は、生産コストを下回る場合も多いにもかかわらず、生産と輸出を継続させ、世界的な価格下落を招いた。その負担を最も重く背負われるのは、長期にわたる不況を乗り切るための財政的余力を持たない開発途上地域の農家であり、その結果、農業開発や農村の生計が損なわれることになる。時間が経つにつれ、これは国内生産の意欲を削ぎ、輸入への依存度を高め、地政学的緊張や物流ショックが発生した際の供給途絶への脆弱性を増大させ、長期的な食料安全保障を弱体化させる恐れがある。

こうした動態は、強靱な生産システムを維持し、イノベーションへのインセンティブを保ち、長期的な開発、食料・エネルギー安全保障、および気候目標を支援する上で、堅調な国内農業市場の重要性を浮き彫りにしている。

この新たな局面は、循環的な景気後退というよりは構造的変革を反映しており、バイオ燃料は、農業余剰を吸収できる拡張性があり能力のある市場として、また、より広範な経済的・エネルギー的・持続可能性上の便益をもたらすものとして、こうした構造的変化に対する重要な対応策として位置づけられている。



農業の成長の可能性を解き放つ

本レポートにおける農業の潜在力の定義

定義の枠組み：本報告書における「収量最適化」の概念は、**SPGE**の予測ではない。**SPGE**の予測が使用される場合は、明示的に「**SPGE**リファレンスケース」と表記される。これは、現行の政策、技術開発、および平均的な気象条件の仮定の下で、過去の収量トレンドが継続することを前提としたものである。

最適収量の概念：「最適収量」とは、研究およびインタビュープロセスを通じて得られた知見に基づき、持続的なイノベーションと技術導入のインセンティブを前提とした成果を指す。また、これは収量拡大を牽引する需要構造が存在することを前提としている。最適収量は、生物学的または技術的な上限をはるかに下回る水準である。

技術に基づく構築：推計は、農家が現在利用可能な技術に基づいており、その導入率は経済的実現可能性、農家のインセンティブ、および予想される資本配分によって決定される。

枠組みの要因：最適収量は、遺伝子型、環境、管理（**GEM**）の相互作用によって決定され、これには種子イノベーション（育種、ハイブリッド品種、遺伝子組み換え作物、次世代遺伝子技術）、肥料、作物保護、および精密農業管理が含まれる。

動的なイノベーションの道筋：収量の増加は、既存の生物学的潜在能力の実現度向上と、遺伝的上限の上昇の両方を反映しており、**AI**を活用した育種やバイオテクノロジーによって加速すると予想される。本フレームワークは、研究期間内に予想される技術的進歩を取り入れつつ、歴史的に見て未知のイノベーションがトレンドを上回る収量向上をもたらし続けてきたことを認識している。

市場および政策の推進要因：最適化された作物収量の概念は、農業需要と作物収量の拡大を推進する市場需要や政策枠組みという形のインセンティブが存在することを前提としている。

土地利用：耕作地の拡大は、環境的にセンシティブな地域によって制約および制限を受けている。したがって、生産量の増加は、耕作面積の拡大というよりは、主に集約化（収量ギャップの解消）によって牽引される。

食料、飼料、バイオ燃料の配分ロジック：人口増加と食生活上のニーズを考慮し、食料および飼料の需要を優先する。地域レベルで食料および飼料の不足が解消された後、残りの余剰生産分は、バイオ燃料およびバイオベースの工業用途に利用可能とみなされる。

気候変動の文脈：気候変動は、研究対象期間を通じて測定可能な影響を及ぼすと想定されており、**2050年以降**、その実質的な影響は強まると見込まれる。本分析の対象期間内において、技術の進歩により、干ばつ、高温、害虫、病害に対する耐性が向上し、気候変動による圧力が部分的に相殺されることが期待され、収量ポテンシャルに対する短期的な制約が軽減される。

バイオ燃料が農業成長の触媒となり得る作物と国々

本分析は、農業拡大の可能性を秘めた特定の作物および国々に焦点を当てている。選定されたエタノール原料には、トウモロコシ、小麦、ソルガム、米、サトウキビ、キャッサバが含まれ、再生可能ディーゼルおよびバイオディーゼルは、大豆およびキャノーラ／ナタネに基づいて評価される。

対象国：ブラジル、カナダ、中国、EU、ガーナ、インド、ケニア、ナイジェリア、タンザニア、タイ、ウガンダ、米国

バイオ燃料原料の潜在能力には以下が含まれる：

- トウモロコシ：米国、ブラジル、インド、EU、中国、ナイジェリア、ケニア、ガーナ、ウガンダ、タンザニア
- 小麦：米国、カナダ、EU
- サトウキビ：ブラジル、インド、タイ
- キャッサバ：ナイジェリア、ガーナ、ウガンダ、タンザニア、タイ
- 米：ブラジル
- ソルガム：米国、ブラジル、ナイジェリア
- 大豆：米国、ブラジル
- 菜種／キャノーラ：カナダ、中国、EU

これら選定された国々は、**2025年の世界のエタノール生産量の約93%、HEFAバイオ燃料に関連する大豆油およびキャノーラの供給量の78%、世界の穀物生産量の56%、サトウキビ生産量の64%、キャッサバ生産量の37%**を占めていた。最適化された収量や生産量について世界合計が参照される場合、その集計値は、これらの国々のカバー率に基づき、同じ割合を用いて推計される。

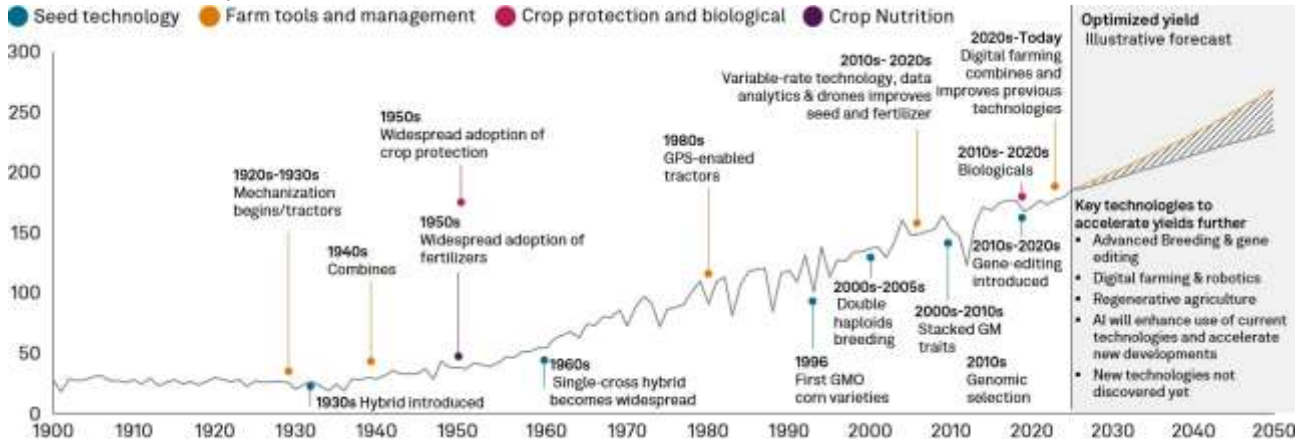
1. 農業の潜在能力を引き出す鍵となる技術

20世紀初頭、技術の導入が限定的で投資インセンティブも弱かったため、作物の収量は概ね横ばい状態が続いていた。この傾向は1940年代から1950年代にかけて、農業機械、肥料、農薬の普及に伴い変化し、生産性の持続的な上昇傾向が始まった。その後のイノベーションの波は、収量向上の積み重ねをもたらした。これには、1960年代以降のハイブリッド品種の普及や1990年代の遺伝子組み換え作物の導入といった種子技術に加え、2000年代には複合形質、改良ハイブリッド品種、GPS搭載農業機械の導入などが含まれる。各技術革新の波は、それ以前の波による成果をさらに強化し、生産性の向上を農業システムに深く定着させた。

ここ数十年間、収量向上のペースは、デジタル農業技術、可変施用、リモートセンシング、生物学的投入資材、その他のイノベーションによって牽引されてきた。これらのツールは、作物管理の精度と効率を向上させ、投入資材の集約度を低減しつつ生産量を増加させた。

図6. 成長の原動力としての技術の例：米国のトウモロコシ収量

1エーカーあたりのブッシェル



出典：S&P Global Energy

© 2026 S&P Global

1900年代初頭以降、作物の収量は増加しているものの、実際の収量は依然として農学的潜在能力を大きく下回っている。例えば、米国のトウモロコシ収量は、1980年代初頭の1エーカーあたり約100ブッシェルから、1990年までに1エーカーあたり120ブッシェル以上に上昇し、2025年には全国平均で1エーカーあたり約186ブッシェルに達した。しかし、アイオワ州などの主要なコーンベルト州では、同年にすでに1エーカーあたり210ブッシェルを超えていたことから、平均的な収量と、条件が改善された状況下で現在達成可能な収量との間に大きな隔たりがあることが浮き彫りになっている。未開拓の潜在能力を示す証拠として、全米トウモロコシ生産者協会が毎年実施している収量コンテストが挙げられる。そこでは、既存の技術や精密管理手法の導入により、現在の米国平均の3倍を超える収量が達成されている。

2. 未来のフロンティア：生物学的潜在能力の拡大

歴史的に、農業のイノベーションは、従来の育種技術によってすでに組み込まれている、あるいは強化された生物学的潜在能力を保護することに重点を置いてきた。遺伝的な上限を拡大することよりも、植物へのストレスを最小限に抑えることに重点が置かれていた。このアプローチは、変動する条件下でも収量を維持するために、害虫や病害に対する防御的なハイブリッド品種や形質、化学的な作物保護、および栄養管理プログラムに大きく依存していた。

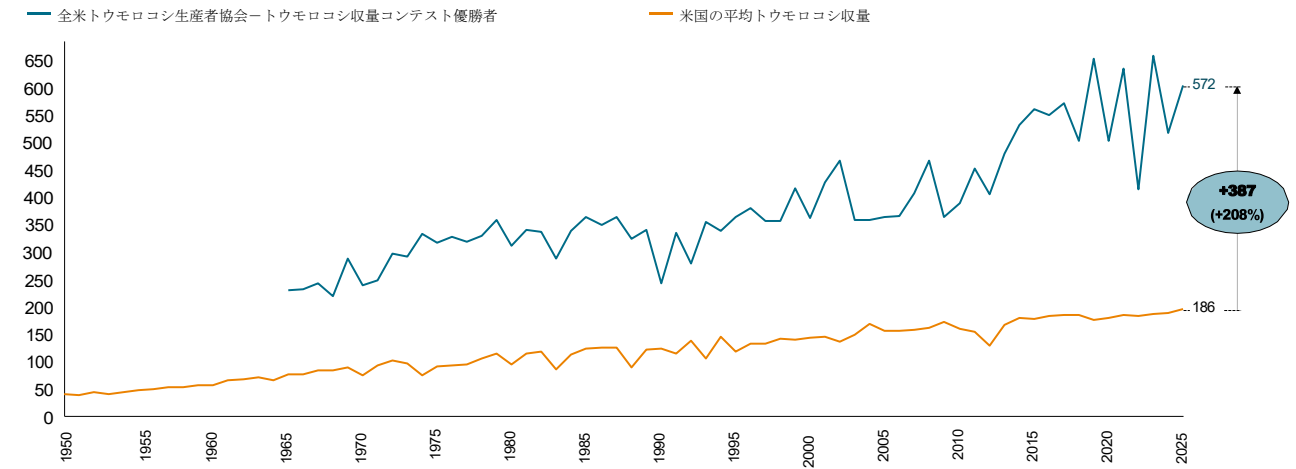
「バイオテクノロジー形質、育種、遺伝子編集といった技術や能力を、包括的な研究体制に統合し、ストレス耐性のある種子を可能な限り迅速に生産することで、農家が引き続き収量向上の恩恵を受けられるようにしなければならない。」

エルザンディ・オースタイゼン、バイエル社 トウモロコシ戦略責任者

今日、新たなフロンティアが台頭しつつある。毎年開催される米国のトウモロコシ収量コンテストは、トウモロコシの収量ポテンシャルが固定されたものでも、上限があるものでもないことを示している。特に、2010年以降、トップクラスの収量の上昇ペースが加速しており、これは最近および現在進行中のイノベーションがもたらす多大な影響を浮き彫りにしている。バイオテクノロジー、AI、そして高度なデータ分析の融合は、既存のポテンシャルを最適化する新たな方法を明らかにするだけでなく、生物学的ポテンシャルそのものを積極的に拡大している。

図7. 米国の平均収量と収量コンテスト優勝者の比較

1エーカーあたりのブッシェル数



出典：NCGA/S&P Global Energy

© 2026 S&P Global

農業バイオテクノロジー研究の新たなフロンティアには、AIを活用したデジタルツインなどのツールが含まれる。これらの仮想作物モデルは、実地での導入に先立ち、植物の成長、養分の配分、環境ストレスへの反応を検証し、さまざまな土壌、気候、管理手法にわたる評価を可能にする。この機能により、科学者は収量を予測・最適化し、デンプンや油分の含有量増加、気候ストレスへの耐性向上、特定の農業システム下での性能最適化など、特定の最終用途に合わせて作物の特性を調整できるほか、試行錯誤を減らし、開発リスクとコストを低減できる。

種子開発においては、AIを活用した育種、遺伝子編集、予測モデリングにより、研究者は費用と時間を要する圃場試験に着手する前に、最適な形質の組み合わせや生育条件をシミュレーションすることができる。このアプローチにより、開発期間を短縮し、研究コストを削減するとともに、光合成効率、根の構造、ストレス耐性の向上を実現することで生物学的フロンティアを拡大し、単に既存の性能を維持するだけでなく、実質的に収量の限界値を押し上げられる。

「予測から設計へ：作物育種の歴史の大部分において、私たちは交配によって何が得られるかを予測してきました。遺伝子編集とAIの登場により、私たちは、植物本来の生物学の範囲内でありつつも、形質を設計し始めているのです。」

PairWise 研究開発担当上級副社長、アロン・フンメル氏

今後の収量増加は、育種、デジタル農業、再生農業技術、ロボティクス、そしてAIを活用した最適化におけるイノベーションによってもたらされると予想される。例えば、2010年代に始まった遺伝子編集の研究は、まだ実用化されておらず、したがって収量の傾向には影響を与えていない。また、AIは意思決定の最適化、複雑なデータストリームの統合、イノベーションサイクルの加速を通じて、既存および新興技術の影響力を増幅させると期待されている。これらの進展を総合すると、農業システムは生物学、計算科学、自動化の融合をますます特徴とするものとなり、将来的なブレークスルー（その一部は現在も出現しつつあるか、あるいはまだ発見されていないものも含む）が、連続的かつ相乗的なイノベーションの波を通じて長期的な生産性を強化していくことが示唆される。

「将来のトウモロコシの収量ポテンシャルは、主に、より精密な圃場および個体レベルの管理、生物学への深い理解、**的を絞った施肥タイミング**、そして高度な分析や**AI**といったデータ駆動型ツールの活用を通じた、**マイクロレベルでの最適化**によってもたらされるだろう。」

ジェド・パウアー、全米トウモロコシ生産者協会（**NCGA**）会長

本報告書における収量最適化の概念の中心にあるのは、相乗的に広がるイノベーションの波であり、種子、農学、農業機械、データツール、農場管理がいかに互いに補完し合い、その効果を倍増させているかを示している。これらの要素を組み合わせで一貫して適用することで、収量ポテンシャルは、個々の技術が単独で実現できる水準をはるかに超えて向上する。

平均的な農場の収量とコンテストレベルの収量との間の格差が拡大していることは、生産性が農家のイノベーション導入率によって大きく制約されており、その導入率には経済的インセンティブや市場のシグナルが影響していることを浮き彫りにしている。**2025年**のパデュー大学による精密農業ディーラー調査によると、収量向上に不可欠な多くの先進技術が、米国では依然として広く活用されていないことが示されている。グリッドまたはゾーンごとの土壌サンプリングの導入率は依然として**50%**を下回っており、可変施肥率は生産者のわずか**40~45%**に留まり、衛星画像や航空写真の活用率は約**30%**、クラウドベースの農場データプラットフォームや分析サービスの利用は農場のわずか**20~30%**にとどまっている。

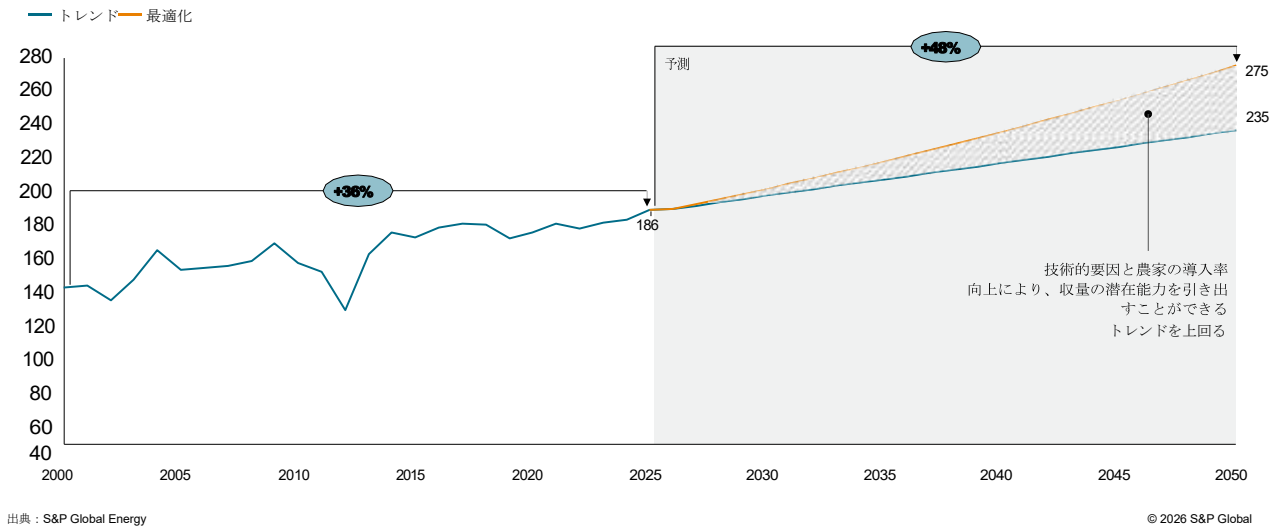
「歴史が示すように、農家は生産規模を拡大することができ、継続的な技術革新により、より少ない投入でより多くの生産を行うという効率化が可能になります。需要の兆しが見られれば、さらに多くの技術が導入され、供給もそれに追従すると確信しています。」

ジョシュ・ガレットソン、ジョン・ディア社 再生可能燃料・企業戦略担当ディレクター

メッセージは明確である。技術によって収量の限界値は拡大するが、農家はその限界値に到達できるかどうかは市場のインセンティブによって決定される。米国でさえ、精密農業やデジタルツールの導入が広く遅れている状況は、バイオ燃料や輸出といった強力な需要シグナルが投資とイノベーションを引き続き支える限り、さらなる収量向上が達成可能であることを示している。

堅調で持続的な市場こそが、イノベーションを維持し、農家に先進技術の導入を促すために必要な需要構造を生み出す。こうした高成長の条件下では、米国のトウモロコシ収量は**2050年**まで年平均成長率（**CAGR**）約**1.6%**で伸び、過去の長期的な傾向である約**1.2%**を上回る可能性がある。

図8. 米国のトウモロコシ収量：SPGE基準ケースと最適化シナリオ



この収益成長の加速は、複数の技術が相まって相互に補完し合う形で導入されることによって推進されるであろう：

先進的な種子技術：種子分野における継続的なイノベーションにより、ストレス耐性や病害抵抗性の向上を通じて、大幅な収量増加が期待できる。

作物の栄養管理：デジタルツールを活用したスマートな栄養管理と可変施肥により、肥料の使用を最適化し、環境への影響と投入コストを低減しつつ、収量を向上させることができる。

作物保護の強化：総合的害虫管理（IPM）や次世代の作物保護技術、生物製剤は、収量ポテンシャルを守ることができる。

農業用ツールと管理：デジタル技術、AIを活用した分析、および再生農業の実践を取り入れることで、土壌の健康、水利用効率、そして全体的な生産性が向上する。

技術の相互作用：総収量の最適化は、これらの技術を組み合わせて導入することにかかっている。複数の革新技术を組み合わせることで、個々の技術がもたらす効果を相乗的に高め、さらなる成果を生み出す。

農家の導入率：新技術の急速な導入は、米国の持続的な収量増加を支える重要な要因であり、米国の生産システム全体におけるさらなる収量向上の推進において中心的な役割を果たしてきている。

3. 作物の収量格差の解消：技術的な課題ではなく、経済的な課題

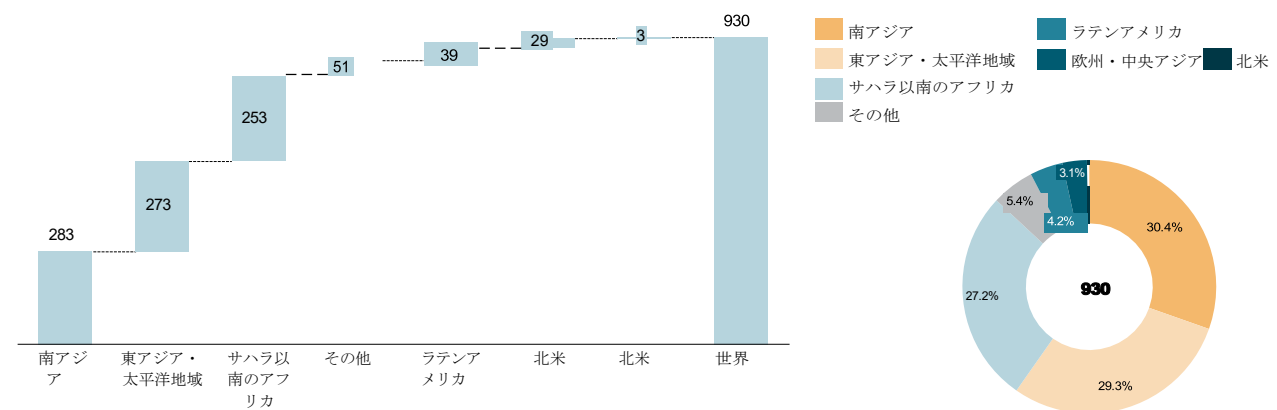
国や作物によって収量に大きな差が生じるのは、農家が収量向上技術の各層を異なる速度で導入しているためである。需要、インセンティブ、イノベーションへのアクセスが充実している地域では、収量は急速に上昇する。逆に、これらの条件が弱い地域では、収量は潜在能力をはるかに下回ったままとなる。

この格差の主な要因として、技術の導入がしばしば挙げられますが、それは確かに一因です。しかし、より深く決定的な要因は需要です。収量格差を解消するには、技術の導入、管理の改善、支援的な政策が必要ですが、これらはすべて市場の信頼と投資インセンティブに大きく依存しています。そして、価格が統制されたり、世界的な価格が構造的に低迷し続けたりすると、これらの要素は損なわれてしまいます。

4. 世界中の10億人の農家を支援する

農業は依然として世界的に重要な雇用源であり、9億3000万人以上がこの部門に直接収入を依存しており、さらに多くの人々が自給自足的な生産を通じて食料を農業に依存している。農業・食品システムは、世界の雇用の約40%を占めている²。農業への依存度は地域によって大きく異なり、アジアやアフリカでは、同セクターが総雇用の50%近くを占めている。農業セクターの安定性は世界的に戦略的に重要な課題であり、食料安全保障、農村の生計、マクロ経済の安定、社会的結束に直接的な影響を及ぼす。

図10. 2024年の農業従事者数
15歳以上の就業者数（百万）



出典：S&P Global Energy

© 2026 S&P Global

数十年にわたり、米国やブラジルなどの国々における農業は、食料およびバイオ燃料需要の拡大から恩恵を受けてきた。この需要拡大が、革新的な技術への投資や農家による技術導入拡大に必要な自信を生み出したのである。長期間にわたり一貫して導入されてきたこれらの技術の累積的な効果が、収量と生産量の向上を後押ししている。国内のバイオ燃料生産におけるもう一つの重要な側面は、バリューチェーン全体および経済全般に及ぼす影響であり、雇用創出や地域開発を促進している。

「生産性の向上は、信頼関係の構築や『4R』のような枠組みへのアクセスを伴う長期的な取り組みです。ブラジルのような組織化されたシステムでは進展が速い一方、アフリカの分散した生産者には協同組合組織が必要です。技術へのアクセスは可能であるにもかかわらず、肥料の使用に関する指導は依然として重要な課題となっています。」

OCFグループ 気候行動プログラム シニアリード、ユルサ・ベン・ブカー

² FAOSTAT、総雇用に占める農業・林業・漁業（AFS）雇用の割合。

米国やブラジルは最も先進的な事例を提供している一方で、多くの地域における農業システムは、需要シグナルの弱さや技術へのアクセス制限によって依然として制約を受けている。信頼できる市場が存在しない状況では、農家が収量向上策に投資するインセンティブは限られており、その結果、生産性の格差、農村部の貧困、そして土地や生物多様性の劣化が恒常化している。

アフリカは、インセンティブの弱さや市場の歪みが、資源が豊富な地域であっても国内生産を抑制しうることを如実に示している。多くの地域において、土壌の酸性度を是正したり、肥料の効率的な利用を図ったり、土壌有機物を増やしたりといった基本的な農業手法を導入すれば、収穫量を大幅に増やし、農家の所得を向上させ、回復力を強化することができる。こうした可能性があるにもかかわらず、**2024年にはアフリカで3億人以上が栄養不足に陥っていた**。さらに、アフリカ大陸では年間**2,000億ドル**近くの食料を輸入しており、多くの国が食料安全保障上のリスクにさらされている。本報告書の目的は過去の欠点を指摘することではないが、開発努力における根強い課題の一つは、農家の所得、イノベーション、技術導入を支えることのできる、自給自足的な消費を超えた信頼できる市場が欠如していることである。

「栄養効率の向上はかねてより優先課題とされてきましたが、その導入は最終的には生産者にとって明確な経済的価値があるかどうかにかかっています。農家がメリットを実感し、成果に対して報酬を得られるようになれば、長期的に取り組みを継続する可能性が高まります。低炭素の原料を普及させるには、農場データ、管理手法、そして測定可能な成果の価値を認識するシステムが必要となります。持続可能性は、生産者の長期的な収益性を支えるときに最も効果を発揮するのです。」

サリー・フリス博士、ニュートリエン・アグ・ソリューションズ・持続可能な農業プログラム担当ディレクター

農業の強化は、世界の低所得地域における食料・エネルギー安全保障、持続可能性の向上、および経済発展を促進するための、最も効果的かつ拡張性の高い道筋である。こうした文脈において、バイオ燃料は、農産物に対する追加的かつより予測可能な需要を創出することで、安定化の役割を果たすことができる。適切な政策と持続可能性の保護措置に裏打ちされれば、バイオ燃料は所得安定化および農村開発の手段として機能し、農業システムのレジリエンスを強化すると同時に、エネルギーの多様化や長期的な食料安全保障の目標達成にも寄与することができる。

「技術的な可能性は存在しますが、それを実現するには投資が必要です。成功するためには、市場を構築し、地域の農業エコシステムを強化するウィンウィンの事例が必要です。市場が統合されるにつれ、収量向上のインセンティブが自然と農業生産性の向上を支え、食糧供給の改善に寄与することになります。解決策は、現地で真に機能するものに合わせて設計されなければなりません。」

デビッド・ブリスト、**FIPS**アフリカ**CEO**



農業成長の触媒としてのバイオ燃料——今後の道筋

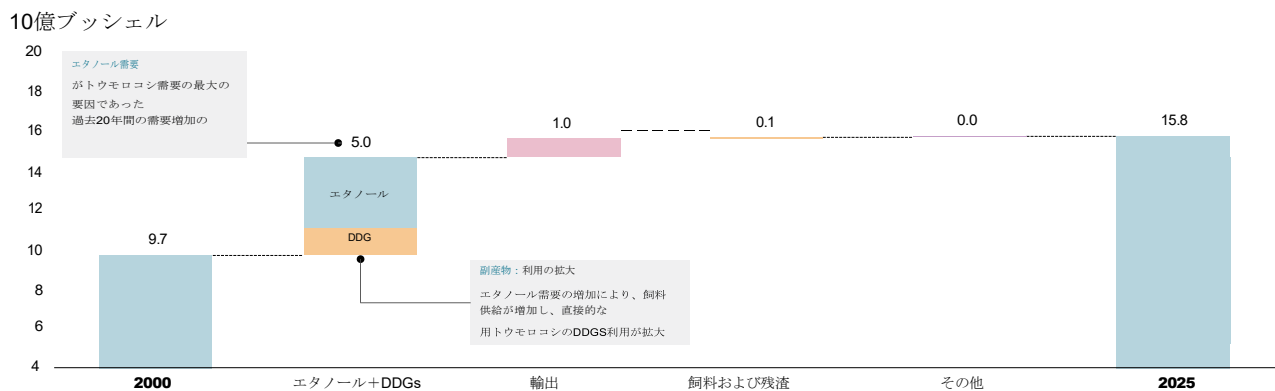
1. 米国の事例：農業の成長と市場の回復力を牽引するバイオ燃料

米国では、エネルギー価格の高騰を受けて、**2005年にRFS（再生可能燃料基準）が導入され、2007年に拡大された**。その目的は、外国産石油への依存度を低減することでエネルギー安全保障を向上させることにあった。この明確な政策シグナルを受けて、米国のトウモロコシ生産は新たな機会に対応するために急速に拡大し、バイオ燃料は農産物にとって重要な市場として台頭した。

エネルギー価格の変動が激化している現在の状況は、**RFSの当初のエネルギー安全保障上の根拠をさらに強めている**。国内のバイオ燃料生産は、石油市場の混乱に対する戦略的な緩衝材としての役割を果たし続け、価格の安定を支えつつ、輸入エネルギー源への依存度を低減させている。

下の図に示すように、**2000年以降のトウモロコシ需要の純増加分の約83%は、エタノール生産の拡大に起因している**。この需要の伸びは、同期間中に年率約**1.2%**という持続的な収量向上と相まって、**2000年以降、米国のトウモロコシ総生産量を約70%増加させることにつながった**。現在、米国のトウモロコシ由来エタノールは、米国のガソリン消費量（世界最大の燃料市場）の約**10%**を占めている。

図11. 米国におけるトウモロコシの用途別推移



出典：S&P Global Energy

© 2026 S&P Global

米国は大豆および大豆油の生産において世界をリードしている。バイオマス由来ディーゼル燃料に対する再生可能燃料基準（RFS）の再生可能燃料割当量（RVO）の引き上げにより、国内の大豆圧搾能力への大幅な投資が促進され、大豆油の需要増加に対応して、**2022年以降、その能力は4億8,000万ブッシェル（20%増）増加した**。大豆油および大豆への需要増加は、輸出が低迷していた期間（例：中国が米国産大豆の輸入の一部を南米に切り替えた）において、米国産大豆相場を下支えした。

さらに、EPAが2026年3月に設定したRVOでは、バイオマス由来ディーゼルの需要が**2025年の54億2,000万ガロンから2027年までに89億5,000万ガロンへと大幅に増加することが定められている**。明らかに、新たなRVOは、米国の農家、大豆のサプライチェーン、およびバイオ燃料利用の拡大に対する継続的な支援を示唆している。加えて、EPAは米国産原料を優先する意向を示唆している。より広く見れば、バイオ燃料は米国および世界において、油糧種子および植物油の需要を牽引する重要な要因となっている。

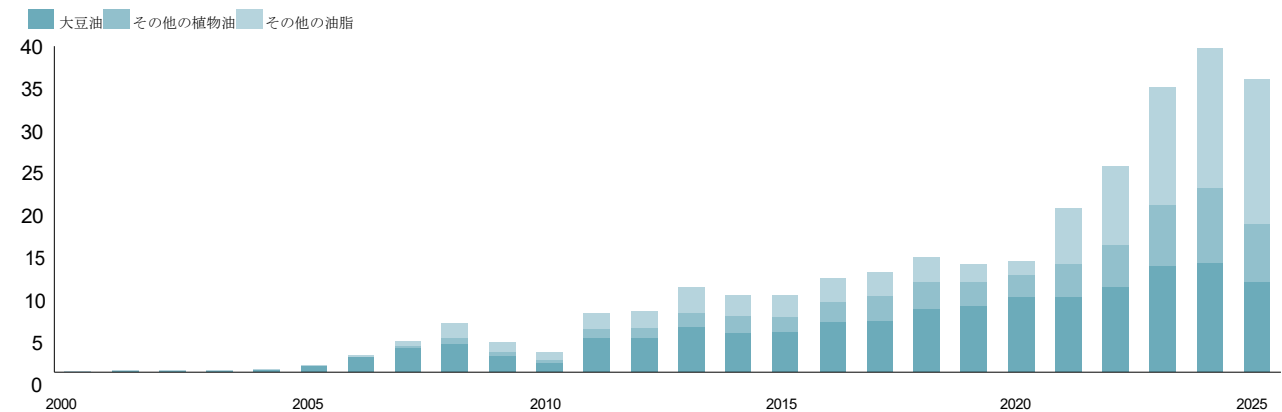
「バイオディーゼルや再生可能ディーゼルが登場した今、大豆の価値の約半分はその油に由来しています。かつては需要が限られていたため、ほとんど注目されていなかったものです。」

ティム・オストレム、全米大豆協会（**USB**）理事

過去2年間、再生可能ディーゼルの原料供給のうち輸入原料が27～28%を占めていましたが、大豆油は引き続き米国の主要な原料であり続けると予想される。需要の継続的な伸びと、米国産バイオ燃料および原料を支援する政策上のインセンティブが、大豆の需要を下支えし、農業部門全体を支えることになるであろう。

図12. 米国におけるバイオマス由来ディーゼル原料の使用状況

10億ポンド



出典：S&P Global Energy

© 2026 S&P Global

これと並行して、バイオ燃料の生産では、トウモロコシの穀粒由来のデンプンや油、および油糧種子由来の油が利用される。エタノール生産の副産物として得られるコーン油は、バイオ燃料の生産や家畜飼料の原料として利用できる。残りのタンパク質と繊維は、通常は家畜飼料としてサプライチェーンに還元される。このプロセスにより、**DDGS**やタンパク質ミール（大豆ミールなど）といった副産物の供給が拡大し、作物がいわば「食料・飼料・燃料」の3つの市場を同時に満たすという多面的な役割が強化される。

バイオ燃料の需要は、輸出と国内消費のバランスを取り、価格リスクを低減し、長期投資を支える安定性をもたらす一方、国内の食料および飼料供給を増加させることで、米国農業および農村地域を強化してきた。これにより、**2000年代初頭以降**、農業輸出額は**50%近く拡大**した（すなわち、輸出品目に**DDGS**やバイオ燃料が加わったことによる）。

米国のバイオ燃料の成長は、農村経済への影響を示す好例でもある。**2000年代初頭のバイオ燃料の拡大は**、農場の収益性向上と時期を同じくし、それがひいては農地価格の下支えとなった。もちろん、バイオ燃料は、継続的な食料需要と相まって、技術開発および導入に向けた長期的な投資を正当化する需要のシグナルを提供した。参考までに、農地価格は**2000年以降**（名目ベースで）**300%上昇**しており、農村経済に繁栄をもたらすとともに、農業サプライチェーン（すなわち、農業機械、種子、肥料、作物保護、貯蔵、販売・取引、飼料・食品加工）における投資とイノベーションを支えている。農家の所得増加と農地価格の上昇という同様のパターンは、他の地域でも見られる。

過去の記録によれば、需要が旺盛だった時期には、先進的な種子の形質から精密農業に至るまで、収量向上技術の導入が加速していたことが示されている。こうした投資は、ひいては収量と供給の成長をさらに後押しした。

もし米国でバイオ燃料がなくなったらどうなるであろうか？

トウモロコシや大豆の国内需要は大幅に減少するであろう。同時に、収量の継続的な向上は穀物の構造的な供給過剰のリスクを高め、価格に持続的な下落圧力をかけることになる。このような環境下では、米国は余剰穀物を低価格で輸出することになり、世界的な農業の停滞を助長し、政府支援への依存度を高め、納税者にとっての財政負担を増大させることになる。

国内では、こうした状況により作付面積の縮小、投資の減少、技術進歩の鈍化、米国農家の所得の急激な悪化を招き、農村地域における破産のリスクも高まるであろう。

価格への影響にとどまらず、バイオ燃料が廃止されれば、タンパク質を含む副産物の供給が減少することで、相互に関連し合う食料・飼料・エネルギー市場に混乱が生じ、化石燃料への依存度が高まり、世界の食料・飼料・エネルギー市場の変動性がさらに増大することになる。

過去の経験は、こうしたリスクを浮き彫りにしている。穀物の供給過剰によって引き起こされた**1980年代**の農業不況は、農家の倒産を広範囲にわたり招き、農村経済に長期にわたる打撃を与え、世界的な影響をもたらした。そこから得られる教訓は明確である。すなわち、農業は需要の減少に円滑に適応することはできない。その代わりに、長期にわたる低価格、財政的苦境、そして投資不足に陥るのである。

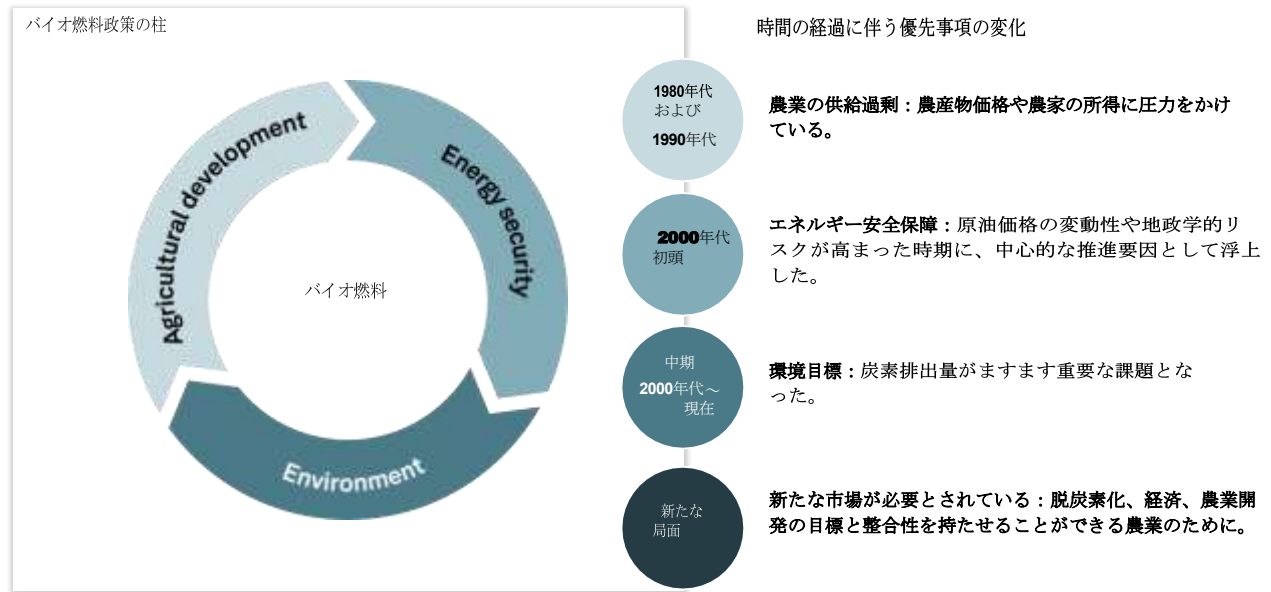
2000年代初頭、バイオ燃料は構造的な需要源を提供することで、農業が生産ポテンシャルに近い水準で運営されることを可能にし、こうした動態を逆転させる一助となった。こうした文脈において、バイオ燃料は、農場の存続を確保し、食料安全保障を支え、消費者の燃料コストを削減する手段として機能すると同時に、ゼロエミッション燃料への道筋も提示してきた。

バイオ燃料は、**3つ**の核心的な目標を同時に達成している。すなわち、米国の納税者に直接的な税負担を課すことなく農業支援メカニズムとして機能し、費用対効果の高い燃料混合成分としての役割を果たし、将来の脱炭素化に向けた拡張可能な道筋を提供するものである。

2. バイオ燃料の導入と農業のレジリエンスを支える政策枠組み

バイオ燃料は、市場のインセンティブを農業、エネルギー、気候変動の目標と整合させる政策枠組みを通じて、世界的に普及してきた。適切に設計されたこれらの政策は、効率性を報い、イノベーションを促進し、農村経済を支える持続的な需要シグナルを生み出す。アジア、米国、ラテンアメリカでは、農業政策と農村開発が依然として中心的な推進力となっている一方、エネルギー安全保障はそれほど目立たないものの、アジアとラテンアメリカにおける需要の基盤であり続けている。対照的に、**EU**や北米では、近年、環境および脱炭素化の目標が政策の主要な推進力となっている。地域ごとのアプローチ（すなわち、米国、ブラジル、**EU**、アジア）の多様性は、政策の設計は異なっても、その重要性は普遍的であることを裏付けている。バイオ燃料は、エネルギー、農業、気候における構造的な課題に対する、政策によって可能となった対応策である。

図13. バイオ燃料政策の優先事項の変遷



出典：S&P Global Energy

© 2026 S&P Global

米国では、連邦政府のRFSプログラムを補完する州レベルの政策が台頭している。カリフォルニア州のLCFSは、炭素集約度の低い原料に対してプレミアムを付与することで大豆の需要を押し上げている一方、アイオワ州のE15アクセス基準などのエタノール義務化措置では、小売業者に対しE15の提供が義務付けられている。

ブラジルはまた、農業開発とエネルギー安全保障を結びつける統合的なバイオ燃料モデルを提示している。バイオ燃料は、義務的な混合要件（現在、ガソリンには最大30%のエタノールが、化石ディーゼルには15%のバイオディーゼルが混合されている）によって支えられているほか、フレックス燃料車の普及率も高い。これにより、エタノール価格が有利な場合には、消費者は義務混合率を超えてエタノールの使用量を増やすことができる。2025年には、エタノールがブラジルの軽自動車用燃料総量の50%以上を占めたが、これは混合義務と消費者の自主的な選択を反映したものである。この枠組みは、ライフサイクルにおける温室効果ガス（GHG）排出削減量に基づいてバイオ燃料に報奨を与える「レノババイオ（RenovaBio）」炭素クレジット制度によって強化されている。

こうした文脈において、燃料セグメントを検証すると、政策の重要性はさらに際立つ。道路輸送分野では、混合義務や低炭素燃料基準が、供給量の増加と混合率の上昇に直接つながっている。航空分野では、持続可能な航空燃料（SAF）の導入経路が、需要を喚起するために政策インセンティブがいかに不可欠であるかを示している。船舶用燃料については、新たな国際規制や炭素価格設定に関する議論が、再生可能かつ低炭素なバイオ燃料への道を開いている。

最も重要なのは、最も堅固なバイオ燃料政策とは、通常、これら3つの要素——農家や農村経済の支援、エネルギーのレジリエンスの向上、そして測定可能な気候便益の実現——をすべて整合させたものであるということである。

EUのバイオ燃料政策：農業開発の柱の欠如

バイオ燃料用作物の上限：EUの再生可能エネルギー指令の下では、第1世代（作物由来）のバイオ燃料の使用量について、加盟国レベルで上限が設けられている。

農業への制約：食糧供給を保護することを意図していたものの、バイオ燃料の原料となる作物に対する厳格な規制により、収量と生産量は潜在能力を大きく下回る水準にとどまり、EU全域での作付面積の減少の一因となった。

作付面積の減少：2010年から2025年にかけて、食品用植物油およびバイオ燃料の原料を供給するEUの主要作物であるナタネの収穫面積は、700万ヘクタールから630万ヘクタールへと約12%減少した。一方、小麦の作付面積は8%減の約2,400万ヘクタールとなった。

輸入の増加：一人当たりの食料消費量は飽和状態にあるにもかかわらず、菜種および菜種製品の輸入量は約120%（約280万トンから630万トンへ）増加し、トウモロコシの輸入量は約160%（約740万トンから1,950万トンへ）急増した。

予期せぬ結果：欧州の農家は市場機会を失い、国内生産が外国産に取って代わられている。輸入穀物や油糧種子への依存度の高まりは、地域の食料安全保障、エネルギー安全保障、および農村開発を損なっている。

この歴史的な視点は、本報告書の中心的なテーマを裏付けている。市場主導の需要とイノベーションは、農業開発の触媒として機能する。最終市場が強化されれば、投資が続き、農村経済の成長が可能となる。一方、需要のシグナルが弱い或不確実な場合、投資は鈍化し、技術導入が遅れ、生産性の格差が持続し、食料安全保障の向上やより広範な経済発展が制限される。

「政策は、イノベーションに火をつける火花である。強力なバイオ燃料政策がなければ、米国農業の進歩を牽引するエンジンは失速し、次世代の農家は補助金に依存して生き延びる業界にとどまることはないだろう。彼らに必要なのは、施しではなく市場である。」

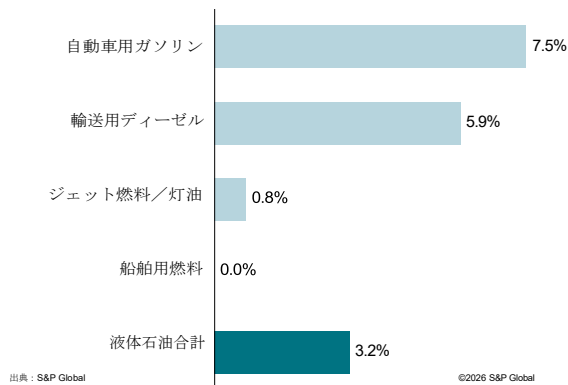
キップ・トム、元米国国連食糧農業機関大使

3. バイオ燃料の混合率は、農業にとって大きな市場の可能性を示唆している

運輸および産業部門は依然として化石燃料への依存度が高く、特に航空、海運、長距離貨物輸送といった分野では、低炭素の代替手段が限られている。バイオ燃料は、こうした脱炭素化が困難な分野において、不可欠な代替手段として台頭している。例えば、バイオ由来の原料から製造される持続可能な航空燃料（SAF）は、航空分野の排出量を削減する数少ない選択肢の一つであり、一方、エタノールは海運における重油の脱炭素化を実現する手頃な選択肢となっている。

図14. 精製液体石油製品別世界バイオ燃料混合率（2025年）

%



世界の液体燃料全体において、バイオ燃料は液体石油需要のわずか3.2%を占めるに過ぎず、混合率が現在の水準を超えて拡大すれば、その成長の可能性の大きさが浮き彫りになる。

混合利用が最も定着している道路輸送分野でさえ、世界のバイオ燃料混合率はガソリンで7.5%、ディーゼルで6%近くに過ぎない。航空燃料や船舶用燃料は将来の成長機会である。さらに、船舶用燃料、持続可能な航空燃料（SAF）、バイオベース材料を含むその他の市場への浸透は、依然として限定的である。

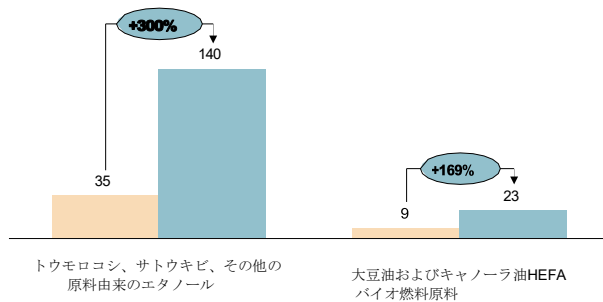
最適化シナリオの下では、トウモロコシやサトウキビなどの主要原料からの世界のエタノール生産量は300%増加する可能性があり、大豆やキャノーラ由来のバイオディーゼルなどの石油系バイオ燃料は約170%増加する可能性がある。この拡大により、バイオ燃料は約9,400億ガロン規模の世界の液体燃料市場において、バイオ燃料が占めるシェアを大幅に拡大させ、道路輸送にとどまらず、SAF（持続可能な航空燃料）、船舶用燃料、さらには発展途上地域における家庭用エネルギー利用にまでその範囲を広げることが可能となる。

図15. 市場環境が整えば、2050年までにバイオ燃料は大幅に拡大する可能性がある

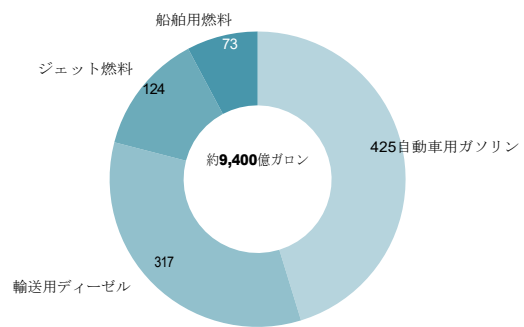
10億ガロン

最適化された技術に基づく世界のエタノールおよびバイオ燃料原料生産シナリオ¹

2025年（現状） 2050年（最適化）



世界の液体石油燃料需要 - 2025年



注：1. 2050年のバイオ燃料潜在量は、トレンド収量を超える技術的進歩に基づいて算出。数量は、2025年のエタノール生産量の約93%、およびHEFAバイオ燃料原料として大豆油・キャノーラ油生産量の78%を占める選定国（米国、ブラジル、インド、EU、ナイジェリア、ケニア、タンザニア、ガーナ、ウガンダ、中国）のデータを基に、世界生産量へ外挿して算出

出典：S&P Global Energy

© 2026 S&P Global

農業の観点から見ると、複数の最終用途セグメントにわたる混合比率の段階的な引き上げは、エネルギー転換や気候目標との整合性を保ちつつ、需要を大幅に拡大させる可能性がある。これには、E15以上といった道路用車両向けの高濃度エタノール混合燃料が含まれ、既存の燃料システム内で国内のバイオ燃料需要を拡大するための、拡張性があり、短期的に実現可能な機会となる。船舶用および航空用燃料、ならびに新興のバイオベース材料は、大規模かつ成長著しく、大部分が未開拓の市場であり、たとえ控えめな混合義務や自主的な導入であっても、農業原料に対する有意義な新たな需要を生み出す可能性がある。政策の枠組みが進化し、変換技術が成熟するにつれ、これらの用途は、従来のガソリンやディーゼルへの混合を超えた、持続的で長期的な成長の可能性を提供する。

「収益性は、最終的に技術の導入と長期的な成功を牽引するものです。競争力を維持するためには、米国の農家は国内市場および輸出市場において、堅調で信頼性の高い需要を構築しなければなりません。エタノール、船舶用燃料、その他の低炭素集約型市場は、価値を維持し、長期的な成長を支えるために不可欠です。」

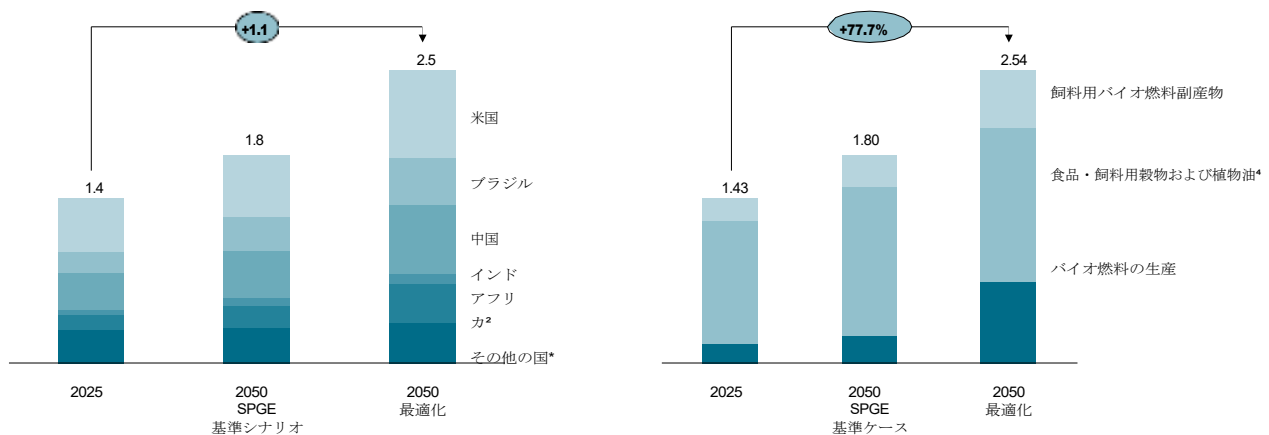
ジェド・パウアー、全米トウモロコシ生産者協会（NCGA）会長

4. バイオ燃料、食料、飼料の供給における新たな機会の開拓

最適化された生産シナリオの下では、バイオ燃料の原料生産に適した選定国における穀物および油糧種子の供給量は、2025年の水準と比較して2050年までにほぼ2倍になると予測される。

この成長は、主に耕作地の拡大ではなく生産性の向上によって牽引されると予想されており、追加生産量の約82%は収量の増加によるものとなる。耕作地の純増は限定的にとどまり、面積の増加分は、二毛作（例えば、大豆の後にトウモロコシを栽培する）や、EUにおける大麦からトウモロコシへの作付け転換など、効率向上を図る農法に集中すると見込まれる。さらに、バイオ燃料の原料生産の増加は、食料・飼料市場と競合するのではなく、それらを補完するものと予想される。実際、このシナリオに基づく総生産量は、2050年までにS&Pグローバル・エナジーの基準ケースと比較して食料・飼料の供給量を18%上回ると予測されており、これによりコストが削減され、世界的に食料の入手しやすさが向上する可能性がある。

図16. 主要国における穀物の需給見通し¹
10億Mt



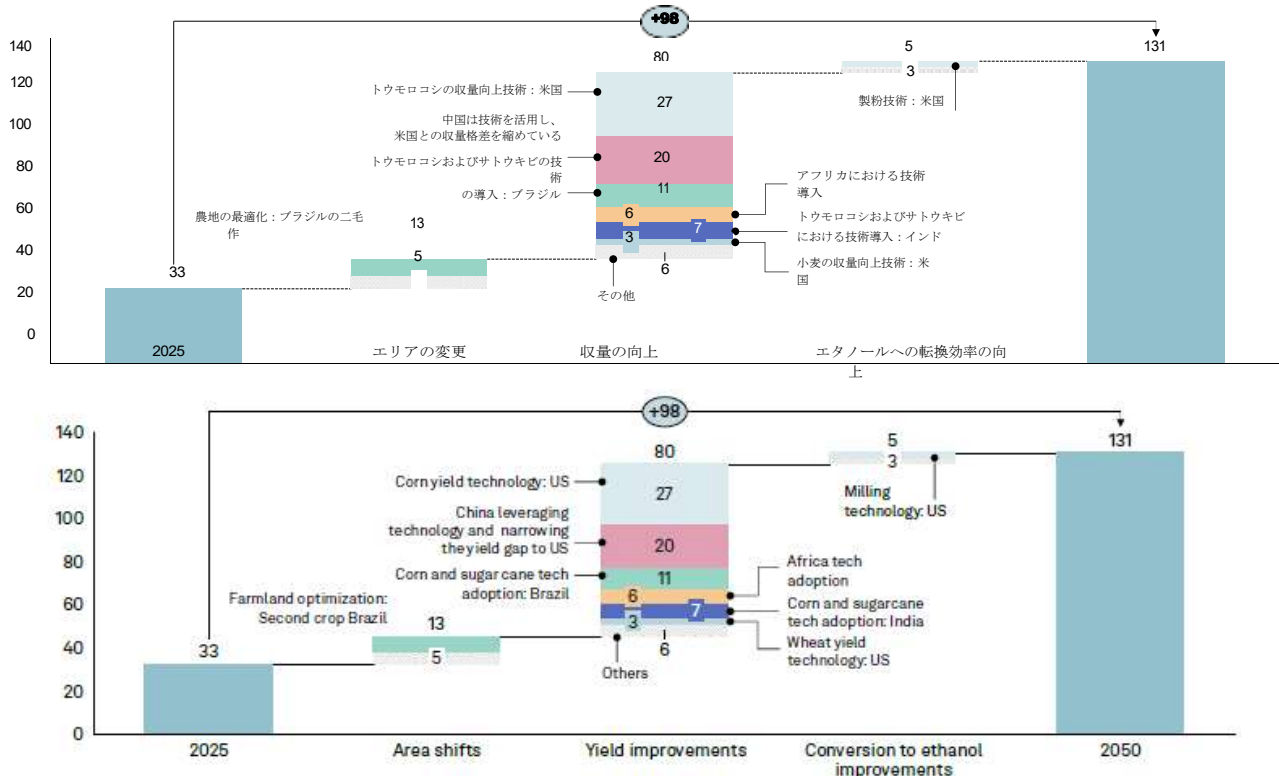
注：1. エタノール原料の潜在力が大きい国には、米国、ブラジル、インド、EU、中国、カナダ、ナイジェリア、ケニア、ウガンダ、タンザニア、ガーナ、タイが含まれる。これらの国々は、世界の穀物生産量の約56%、サトウキビ生産量の64%、キャッサバ生産量の37%を占めている。本評価ではサトウキビは対象外とした。2. ナイジェリア、タンザニア、ケニア、ウガンダ、ガーナ。3. EU、タイ、カナダ。4. 直接的な食用および工業用としての食料利用の両方を含む。

出典：FAO, USDA, S&P Global Energy

© 2026 S&P Global

最適化された生産シナリオの下では、農業技術の進歩、原料の生産性の向上、および抽出率の向上に牽引され、2050年までにバイオ燃料は大幅な拡大が見込まれている。余剰農産物をバイオ燃料に利用すれば、2050年までに世界のバイオ燃料生産量は3倍以上になる可能性がある。

図17. 主要国¹における技術的レパレッジの種類別、最適化されたエタノール生産の伸び
10億ガロン



注：1. エタノール原料の潜在力大きい国には、米国、ブラジル、インド、EU、ナイジェリア、ケニア、タンザニア、ガーナ、ウガンダ、中国が含まれる。選定された国々は、2025年の世界のエタノール生産量の約93%、HEFAバイオ燃料に関連する大豆油およびキャノーラ油の供給量の78%を占めていた。

出典：S&P Global Energy

© 2026 S&P Global

トウモロコシ由来のエタノールは、その拡張性、生産効率、および既存の燃料・農業インフラとの互換性を背景に、2050年まで主要なバイオ燃料の供給経路であり続けると予想される。米国とブラジルではすでに成熟したエタノール産業が稼働しており、トウモロコシの収量が向上し続けるにつれて、大幅な拡大が可能となる。持続的なイノベーションと技術導入のインセンティブ（例：先進的な種子技術、農法の改良、農場管理の改善）の下では、2025年から2050年の間に世界のトウモロコシ生産量は80%以上増加する可能性がある。

各地域において、農業およびバイオ燃料の拡大に伴う環境面での成果（例：森林伐採や土地利用の制限）は、適切に設計された政策枠組みに依存する。評価されたシナリオの結果は、世界的な生産拡大の主要な道筋として、耕作地の拡大ではなく、収量の向上と既存の農地の活用を重視している。

この成長は、主に耕作地の拡大ではなく、生産性の向上によって牽引されると予想される。米国だけでも、収量向上の技術導入により、耕作地の変更を伴わずに2億メトリックトン以上のトウモロコシ供給増が見込まれる。こうした変化は、広範な土地転換ではなく、経済的・農学的最適化を反映している。

その他の作物も、気候的・農学的比較優位性を反映し、将来のバイオ燃料供給において地域ごとに重要な役割を果たすと予想される。サトウキビ由来のエタノール生産は、収量の向上とエタノール変換効率の向上に支えられ、ブラジル、インド、タイで拡大が続けると見込まれる。

より幅広い原料が、供給量の漸増に寄与する可能性がある。カナダやEUでは、小麦の余剰生産に潜在的な可能性がある。小麦の作付面積が大幅に拡大する可能性は低いものの、収量の向上や変換技術の進歩により生産量は増加する可能性がある。食料需要の伸びが鈍化し、生産性が上昇し続けている地域、特にEUにおいては、従来の「食料対燃料」という議論はもはや土地利用における制約要因ではなくなっている。核心的な課題は、構造的な余剰リスクの中で、いかに作付面積と農場の存続可能性を維持するかである。

キャッサバとソルガムは、バイオ燃料の開発が開発途上地域の農業成長をいかに支えられるかを浮き彫りにしている。キャッサバはアフリカにおいて大きな成長余地があり、生産性の向上が食料と燃料の両方の需要を支えることができる。一方、ソルガムは干ばつ耐性が高いため、より乾燥した地域に適している。

代替原料の拡大は、供給の多様化、気候リスクへの曝露の低減、そして各国が地域の農業生態学的優位性に基づいて生産規模を拡大できるようにすることで、世界のバイオ燃料システムのレジリエンスを強化すると期待される。この多様性を活用することで、生産量の安定化、変動性の低減を図り、バイオ燃料の成長を農村開発やエネルギー転換の目標と整合させることができる。

5. 作付面積を維持するための触媒としてのバイオ燃料

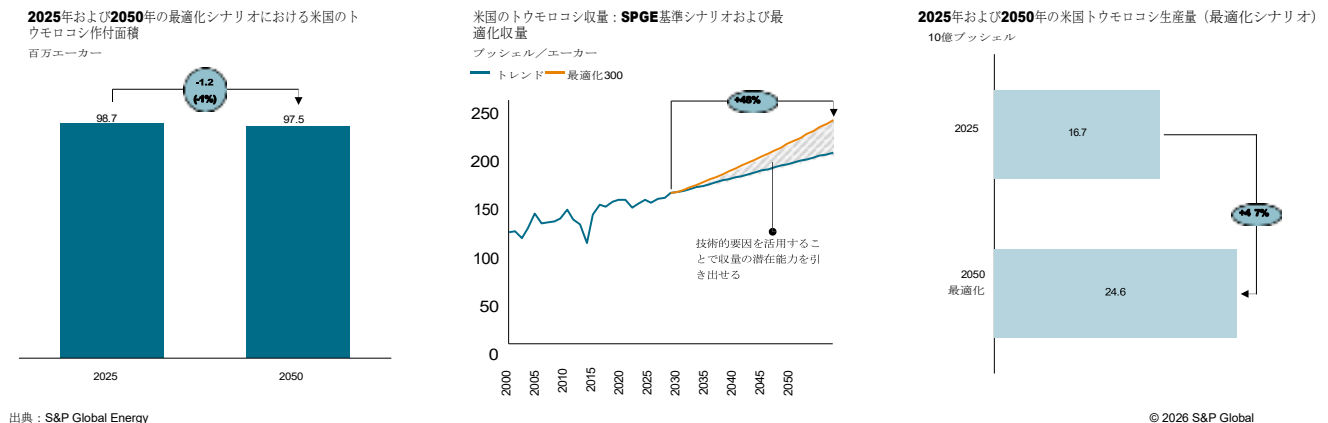
エネルギー部門と農業部門は、重要な転換点を迎えて融合しつつある。農業の生産能力は拡大を続けているが、食料や飼料といった従来の需要は頭打ちになっている。この構造的な変化は、課題であると同時に機会でもある。農業は余剰生産物を吸収するための新たな市場を緊急に必要としている一方で、エネルギー部門は拡張性のある低炭素の代替エネルギーを模索している。バイオ燃料は、まさにこの交差点に位置している。

バイオ燃料の将来は、対照的な2つの道筋によって定義される。政策の停滞と投資の限定を特徴とする「何もしない」シナリオでは、バイオ燃料はニッチな存在にとどまると予測される（例：米国のエタノール混合率は約10%のまま）。対照的に、政策のシグナル、技術の導入、市場のインセンティブによって推進される「最適化シナリオ」では、バイオ燃料は主流のエネルギー源および脱炭素化の解決策としての地位を確立する。

米国はこうした構造的変化の震源地にあり、従来の需要要因が弱まりつつある現在、バイオ燃料はトウモロコシや大豆への需要を支えることで、現在の耕作地の維持に寄与し得る。エタノールやその他のバイオ燃料を通じて追加の需要インセンティブを導入すれば、この傾向を逆転させ、トウモロコシの作付面積を安定させることができるだろう。保全の程度は、相対的な経済的インセンティブや、輪作の制限を含む農学的制約に左右される。

最適化された収量シナリオは、新技術の導入が引き続き活発であれば、2050年までに収量がどのように向上するかを示している。米国のトウモロコシ生産量は2050年までに50%近く増加する可能性があり、その結果、耕作面積を安定的に維持しつつ、作物の供給量が大幅に増加する。トウモロコシの収量向上は技術的には達成可能であるが、この成果を実現するには、収量向上技術へのアクセスと導入を促す強力な市場シグナルと、農家に対する十分なインセンティブが必要となる。

図18. 最適化シナリオに基づく米国のトウモロコシ生産ポテンシャル



6. バイオ燃料の大幅な増加は、目に見える恩恵をもたらすだろう

A) 持続可能性と脱炭素化の目標を推進

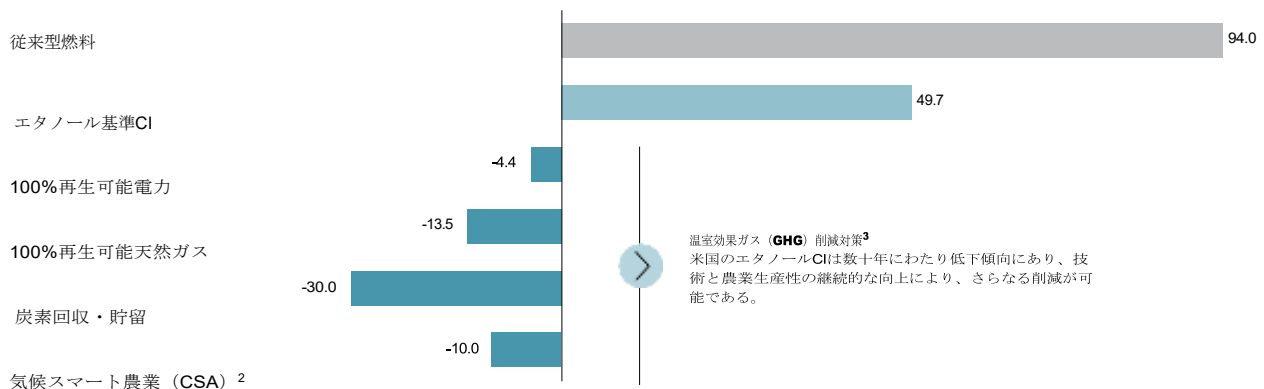
バイオ燃料は、炭素排出量の多い化石燃料の代替を通じて温室効果ガス（GHG）排出量を削減し、環境上のメリットをもたらす。農業生産性の向上やバリューチェーン全体での持続可能性への取り組みが進むにつれて、その効果はさらに高まる。道路輸送における従来の混合利用にとどまらず、航空燃料や船舶用燃料など、排出削減が困難な分野においても、バイオ燃料の重要性はますます高まっている。こうした分野では、規模の拡大と低炭素強度が新たな需要創出につながり、農業市場の安定化に寄与する可能性がある。

「世界市場は低炭素燃料を求めており、米国のエタノールはそれを供給する上で独自の強みを持っています。農場からバイオリファイナリーに至るまでの継続的なイノベーションにより、私たちは国内外の市場の需要を満たすために、コスト競争力のある低炭素エネルギーを数十億ガロン規模で供給することができます。」

グロース・エナジー（Growth Energy）CEO、エミリー・スコール

排出量は原料や農法によって異なるが、バイオ燃料は化石燃料に比べ、ライフサイクル全体を通じて一貫して大幅に低い排出量を実現している。米国では、エタノール関連の温室効果ガス（GHG）削減量は、2005年の約8 MMt CO₂eから2015年には約61 MMt CO₂eへと増加した。これは、作物の生産性、プロセスの効率、および燃料生産技術の向上を反映したものである。気候に配慮した農業、製油所での再生可能エネルギーの利用、および炭素回収を通じて、さらなる大幅な排出削減の可能性があるため、エタノールの低炭素液体燃料としての役割はさらに強化される。

図19. エタノールの炭素強度（CI）¹をさらに低減する余地
g CO₂e / MJ



1. 「CI削減」の結果は目安です。具体的な温室効果ガス（GHG）削減の実績の結果は、プラント、設備、設定によって異なる場合があります。2. CSAによるCI削減は目安であり、2024年に米国財務省とIRSが40B SAF税額控除の適格性について共同で発表した通知2024-37に基づいています。CSAバイオ燃料原料に関する米国農務省（USDA）の暫定規則（通知USDA-2024-0003）は2025年1月に公表されたが、本分析時点では最終決定されていないため、本分析では使用しなかった。3. CIがゼロを下回るのは、家畜ふん由来の燃料の場合に限られる。
出典：アルゴンヌ国立研究所の45ZCF-GREETモデルに基づくS&Pグローバル・エナジーの分析

従来の量ベースの混合義務は、農業需要と農家の収益を支えてきたが、持続可能性のパフォーマンスを区別するものではない。対照的に、IRA（インフレ抑制法）の「クリーン燃料生産クレジット（第45Z条）」などの取り組みを含む、新たに台頭しているCI（気候影響）主導の枠組みは、温室効果ガス（GHG）排出量の少ない燃料を直接的に報奨し、排出削減、土壌の健全性、および水資源保全に対する農家の貢献を評価し始めている。インセンティブをCIの成果に結びつけることで、これらの政策は経済的目標と持続可能性の目標をより適切に整合させ、不耕起栽培、被覆作物、高効率肥料といった気候スマートな農法に対する新たな収入源を創出している。

「これまで、米国の農家は、作物価格の上昇を通じて間接的にのみバイオ燃料政策の恩恵を受けてきました。IRA第45Z条は、連邦政策として初めて、農場レベルの炭素パフォーマンスを直接的な経済的価値に明示的に結びつけたものであり、農家が低炭素の原料を生産することで利益を得られる道筋を築いています。」

ジェシカ・モンセラテ - **BASF** 北米サステナビリティ責任者

B) エタノール：価格安定性を高める費用対効果の高い混合成分

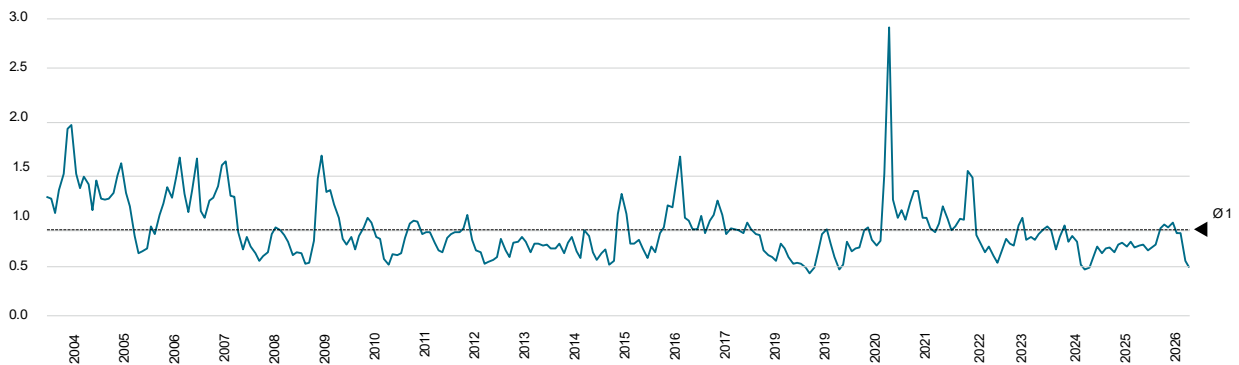
バイオ燃料は、下流の燃料市場や消費者に対しても測定可能な経済的利益をもたらす。過去の価格関係を見ると、エタノールはガソリンよりも割安で取引されることが多く、これにより混合の経済性が支えられ、完成した自動車用燃料のコストが低減されてきた。エタノールの混合価値は、2つのメカニズムによって支えられている。第一に、エタノールは本来オクタン価が高いため、より高価な精製所製のオクタン成分の使用量を削減できる。第二に、希釈用混合成分として、エタノールの価格はエネルギー調整ベースでガソリンと競合し、混合燃料全体のコスト削減に寄与する。

エタノール対ガソリンの価格比率は、エタノールが費用対効果の高い混合成分として機能し、混合業者が燃料性能を維持しつつ、石油由来燃料の一部をエタノールで代替できることを示している。2005年にRFS（再生可能燃料基準）が導入されて以来、シカゴ市場におけるエタノール対ガソリンの価格比率は、約63%の期間で1を下回っており、時間の経過とともに低下している。これは、トウモロコシの生産性向上によりエタノールの生産コストが低下し、競争力が向上したことを示している。

エタノールは国内で生産されるため、燃料価格の変動を緩和し、ガソリンスタンドでの負担軽減に寄与するとともに、国家のエネルギー安全保障を強化する役割を果たしている。

図20. エタノール価格とガソリン価格の比較（シカゴ）¹

エタノール／ガソリン価格比（%）



注：1. 本分析は、シカゴ・パイプの卸売エタノール価格とシカゴ・パイプのCBOBガソリン価格との価格関係に基づいています。

出典：S&P Global Energy

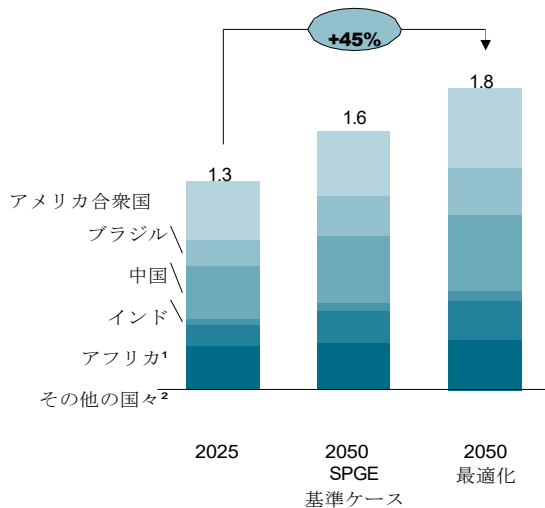
© 2026 S&P Global

さらに、トウモロコシの収量増加とエタノール変換効率の継続的な向上に牽引され、米国における1エーカー当たりのエタノール生産量は引き続き増加すると予想される。技術の進歩が収量の向上を支えており、将来的にはトウモロコシのデンプン含有量が増加し、1エーカーあたりのエタノール生産量がさらに押し上げられる可能性がある。同時に、工業的加工技術の進歩、特にトウモロコシの抽出率の向上や、酵素、酵母、AIを活用した生物学的研究の進展により、変換効率は引き続き向上している。トウモロコシの収量増加と変換効率の向上が相まって、ガソリンに対するエタノールの価値が高まると予想され、消費者価値と市場の安定性の両方が強化されるであろう。

1エーカーで生産されたトウモロコシのすべてがエタノールに変換されると仮定すると、米国のトウモロコシ由来エタノールの生産性は、2000年代初頭の1エーカーあたり約350ガロンから2025年には約550ガロンへと増加しており、最適化された技術シナリオの下では、2050年までに2050年までに約900ガロンに達する可能性がある。

C) 飼料製品の供給増加

図21. 主要国²における飼料用（副産物を含む）¹および食用としての主要作物の供給量
10億メートルトン



バイオ燃料の生産からは、食品システムに還元される貴重な副産物（タンパク質ミールおよびDDGS）が生み出される。

生産が最適化されたシナリオでは、特定の国々における穀物およびタンパク質ミールの供給量は、2025年の水準と比較して2050年までに大幅に増加すると予測されており、需要の増加に対応する上で、技術的手段、農業手法の改善、および収量の最適化が果たす役割が浮き彫りになっている。

このようなシナリオでは、これらの副産物が従来の飼料原料に取って代わり、畜産農家の飼料コストを削減し、肉や乳製品の価格をより手頃なものにする一助となる。その結果、生産性の向上により、各国は食料および飼料の供給を増やしつつ、同時に、はるかに大規模なバイオ燃料産業を支えることが可能になる。

2025年と比較して、このシナリオでは食料および飼料の供給量が食料・飼料の45%供給増をもたらす。

1. トウモロコシ、小麦、米、ソルガム、大豆、キャノーラ／菜種、キャッサバ、および粕（DDGS および油種種子粕）。2 エタノール原料としての潜在能力が高い国には、米国、ブラジル、インド、EU、ナイジェリア、ケニア、タンザニア、ガーナ、ウガンダ、中国などがある。選定された国々は、世界の穀物生産量の約56%を占めている。サトウキビは含まれていない。3. ナイジェリア、タンザニア、ケニア、ウガンダ、ガーナ。4. EU、タイ、カナダ

出典：S&P Global

©2026 S&P Global

この規模の増加は、投入コストの削減と世界的な食料の価格安定に寄与すると同時に、バイオ燃料の需要を支えることにもつながる。

具体的には、農家が同じ土地で食料とバイオ燃料用の余剰バイオマスの両方を生産する未来が想定され、エネルギー供給の拡大、排出量の削減、農業市場の活性化、そして安定した食料供給という、双方にメリットのある状況が生まれる。より広範な波及効果も甚大である。農村経済は、農業所得の増加とバイオ精製所での新たな雇用創出の恩恵を受ける。国内生産のバイオ燃料が原油価格の変動を緩和することで、消費者はより安定した、あるいはより低い燃料価格を実感できる可能性がある。また、エネルギー部門は、気候目標の達成に寄与する、よりクリーンで再生可能な燃料源を利用できるようになる。



結論

世界の農業は構造転換の時期に突入しつつある。人口増加の鈍化や、穀物・デンプン、砂糖、油糧種子、肉類の一人当たり消費量の横ばいまたは減少により、食料需要の伸びは鈍化している。新たな政策措置がない限り、バイオ燃料の需要は停滞しており、ガソリン使用量の減少によってさらに圧迫されている。一方、急速な近代化により、農家はかつてないほど多くの食料と燃料を供給できるようになった。この傾向は今後も続き、さらに加速する可能性があり、その結果、農業生産性が食料および燃料の需要の両方を上回る事態につながるだろう。

需給の不均衡は、米国の農業経済にとって主要な長期的課題として浮上している。新たな需要市場がなければ、**2050年**までに米国のトウモロコシ作付面積は**31%**減少し、約**3,000**万エーカー（ノースカロライナ州の面積に相当）が失われる可能性がある。こうした構造的変化が進むにつれ、農業が直面する核心的な課題は、将来の食料需要をいかに満たすかという点から、農家や農村経済をいかに維持していくかという点へと移行していくだろう。農産物の新規および拡大市場は、農家の所得を維持し、農地を保全し、農村経済を支えるために不可欠である。

食料消費の伸びには限界がある一方で、バイオ燃料は、実行可能な低炭素ソリューションを求める市場へのアクセスを切り開く、拡張性の高い触媒となる。実際、バイオ燃料は、農業の軌道を変え収益性を回復させるだけでなく、イノベーションと生産性の向上を加速させ、排出削減を実現し、持続可能な開発を促進する潜在力を引き出すのに十分な規模の需要源である。バイオ燃料は、現在の世界**9,400**億ガロン規模の液体燃料市場に参入し、世界のエネルギー市場において重要な役割を果たす可能性がある。

種子遺伝学、遺伝子編集、作物保護、再生型農業手法、デジタル農業、AIの進歩により、伝統的な農業国だけでなく、次の生産性向上の波から恩恵を受ける立場にあるより幅広い国々においても、さらなる収量向上が可能になりつつある。農業生産性が最適化された状況下（すなわち、持続的なイノベーションと技術導入のインセンティブが存在するが、作物の生物学的・技術的潜在能力にははるかに及ばない状況）では、土地利用を変更することなく、**2050年**までに米国のトウモロコシ生産量は**50%**増加する見込みである。世界のトウモロコシ生産量は、**2050年**までに**80%**以上増加する可能性がある。その大部分は、耕作地の拡大ではなく、現行技術を用いた収量ギャップの解消によってもたらされる。このシナリオでは、エタノールは**2025年**の約**7%**から**2050年**までに世界の道路用ガソリン需要の**50%**近くを占める可能性があり、あるいは道路輸送の枠をはるかに超えて、航空、海運、そして大規模な再生可能ソリューションを積極的に模索している、まだほとんど未開拓のバイオマテリアル市場にまで拡大する可能性がある。

この知見は、農業生産の拡大が本質的に森林伐採や大規模な土地利用の変更を必要としないことを示している。むしろ、環境保護策と並行して既存の農地の生産性を向上させることで、農業およびバイオ燃料の供給増を支えつつ、長期的な農業のレジリエンスを高めることができる。

今後の道筋は、農業が「食料か燃料か」という二者択一に直面しているのではなく、「停滞か適応か」という選択を迫られていることも示している。本報告書は、解決策が農地の拡大にあるのではなく、技術を通じて既存の土地の潜在能力を最大限に引き出すことにあることを示している。農業が苦境に立たされ、この重要な岐路に立っている今、新たな需要市場を開拓することは農家にとって不可欠である。バイオ燃料市場は、農業の余剰生産物を吸収するための、戦略的かつ拡張性があり、市場主導型の選択肢を提供しており、これは食糧需要だけではもはや果たせない不可欠な役割である。

付録A. 用語集

4R	肥料養分管理
AI	人工知能
Bu	ブッシェル
CI	炭素強度
DDGS	可溶分を含む蒸留粕
EPA	環境保護庁
EPAc05	2005年エネルギー政策法
FAO	FAO
GEM	遺伝子型 × 環境 × 管理
GHG	温室効果ガス
GMO	遺伝子組み換え生物
HEFA	水素化処理エステルおよび脂肪酸
LCFS	低炭素燃料基準
MMt	Million metric tons
Mt	メトリックトン
Mt/ha	ヘクタールあたりのメートルトン
N	窒素
NGT	新しいゲノム解析技術
NPK	窒素・リン・カリウム
OCP	Office Chérifien des Phosphates
P	リン
RFS	再生可能燃料基準
RNAi	リボ核酸干渉
SAF	持続可能な航空燃料
SPGE	S&Pグローバル・エナジー
USD/bu	1ブッシェルあたりの米ドル
USDA	米国農務省
VEETC	エタノール容積税額控除

換算単位

1ヘクタール	2.47エーカー
1 Mt	2,204.62 ポンド
1 Mtのトウモロコシ	39.37ブッシェル
1 Mtの大豆	36.74 ブッシェル
1 Mtのエタノール	334ガロン

S&P Global Energy プロジェクトチーム

プロジェクト・ディレクター
フアン・サコト
アグリビジネス・コンサルティング部門 グローバル責任者

アドバイザー
ケビン・リンデマー
米州ダウンストリーム・コンサルティング部門責任者
クリストファー・バーグ
バイオ燃料バリューチェーン・サービス責任者
ライランド・マルツバーガー
作物長期研究責任者
ジョー・ソマーズ
アグリビジネス・コンサルティング ディレクター

プロジェクトマネージャー
エマーソン・ウォーレンバーグ
アグリビジネス・コンサルティング ディレクター

プロジェクト・コンサルタント
ダニエラ・フローレス
アグリビジネス部門 プリンシパル・コンサルタント
ディエニス・ビニ
アグリビジネス部門 プリンシパル・コンサルタント
マリア・エドゥアルダ・エルタル
コンサルタント、アグリビジネス
トム・フィリップ
アグリビジネス部門 シニアコンサルタント
ローラ・クリシュフィールド
アグリビジネス部門 シニアコンサルタント
スワティ・マトゥール
アグリビジネス部門 アソシエイト・ディレクター
ヤオ・グオリン
アグリビジネス部門 シニアコンサルタント

レポートデザイン フェルナン
ダ・カペティージョ デザイナー

本レポートに関する詳細については、以下までお問い合わせください

フアン・サコト

アグリコンサルティング部門 グローバル責任者

juan.sacoto@spglobal.com

エマーソン・ウォーレンバーグ

コンサルティング・ディレクター - アグリビジネス

emerson.wohlenberg@spglobal.com

免責事項

S&P Global Energy（以下「SPGE」）は、S&P Global Inc.の事業部門です。本文書で言及されているレポート、データ、および情報（以下「成果物」）は、SPGEの著作権で保護された財産であり、SPGEのデータ、調査、意見、または見解を表しています。SPGEは、通常の業界慣行に従い、合理的な技能と注意を払って成果物を作成しました。成果物は、その当初の公表日時点の状況を反映したものです。成果物に記載された情報および見解は、予告なく変更される場合があり、SPGEには成果物を更新する義務または責任はありません（SPGEが成果物の更新に明示的に合意した場合を除きます）。政府、個人、第三者、および競合他社の行動など、合理的に予見できない事象またはそれらの組み合わせにより、予測には本質的に不確実性が伴います。本成果物は、SPGEが（専門的見地から）信頼できると判断した情報源に基づくものですが、SPGEは、その正確性または完全性について責任を負わず、また、その正確性、完全性、およびそれらに基づく意見や分析について保証するものではありません。

法律で認められる範囲において、SPGEは、成果物またはそこに含まれるいかなる記述への依存、あるいはいかなる不記載に起因して生じたいかなる誤り、不記載、損失、損害、または費用についても責任を負わないものとする。成果物は「現状有姿」で提供され、法律で認められる最大限の範囲において、SPGE、その関連会社、およびいかなる第三者プロバイダーも、成果物またはその使用によって得られる結果に関して、明示、黙示、法定的、その他いかなる形態であれ、いかなる表明、保証、条件、または約束も行いません。これには以下が含まれます：**A)** その商品性または特定の目的への適合性、または**B)** その継続性、正確性、適時性、完全性。成果物は、いかなる義務も負うことなく提供され、義務を負うことなく提供され、成果物に基づいて行動する、またはそれに依拠して自らの立場を変更する受領者は、その行為を完全に自己の責任において行うことを前提としています。

本成果物は、財務、投資、法律、または税務上の助言、あるいは受領者の企業構造や法的構造、資産または負債、財務資本や債務構造、現在または将来の信用格付けに関する助言、あるいは受領者の信用力を向上させることを目的とした助言と解釈されるべきではなく、また、いかなる投資や有価証券の売買、その他の取引、またはその他の投資決定を行うための申し出、推奨、あるいはその勧誘とみなされるべきでもありません。クライアントは、投資その他の意思決定を行うにあたり、本成果物に依拠してはならず、また、本成果物は、適切と思われるその他の照会や手続きの代替としていかなる形でも利用してはなりません。本成果物は、ESG格付け、スコア、意見、または評価の根拠または入力情報として使用してはなりません。本成果物は、SPGEの事前の書面による同意なしに、複製したり、他の者に提供したりしてはなりません。クライアントは、本成果物を使用して、無許可の投資助言や金融プロモーションを送信、実施、または奨励したり、自社の顧客やその他の第三者に対して提供される助言、推奨、ガイダンス、出版物、またはアラートを生成したりしてはなりません。本成果物のいかなる部分も、SPGEまたはその関連会社による、いかなる貸付、有価証券、または投資の売買の勧誘を構成するものではありません。SPGEの担当者は、本サービスの履行または本成果物の提供において、いかなる法域においても法的助言を提供したり、弁護士としての立場で行動したりするものではありません。SPGEは登録ロビイストではなく、特定の政策に関して政府当局者に対し、いかなる者の代理としても働きかけることはできません。成果物には、SPGEによる独立した調査および分析の結果が含まれており、あくまで一般的な情報提供のみを目的としています。成果物は、環境の保護または回復、あるいは気候変動の原因や影響の緩和のための製品、事業、または事業活動の利点を含むがこれらに限定されない、いかなる製品または事業上の利益の供給または利用を、直接的または間接的に促進することを意図したものではなく、そのように使用してはなりません。本成果物に含まれるいかなるデータや見解も、いかなる製品、事業、または事業活動の利点に関する一般向け表明を構成するものではなく、特定の措置を講じるための推奨として依拠すべきではありません。

S&P Global Inc. には、S&P Dow Jones Indices、S&P Global Market Intelligence、S&P Global Mobility、および S&P Global Ratings という部門もあり、それぞれが異なる製品やサービスを提供しています。S&P Global は、各事業部門の活動の独立性と客観性を維持するため、各部門の活動を互いに分離しています。SPGEは、価格査定や指数を含む商品情報を公表しており、価格査定の品質、独立性、および完全性を守り、実際の、あるいは認識されるいかなる利益相反からも自由であることを確保するため、SPGEの価格査定活動と、SPGEおよびS&P Global Inc.の他の事業部門が実施するその他の活動との間に、明確な組織的および運営上の分離を維持しています。本成果物は、特定の価格査定やベンチマークを推奨するものと解釈または見なされるべきではありません。

SPGEが別途明示的に合意した場合を除き、成果物は委託制作物ではなく、SPGEは、成果物に存するすべての知的財産権を含め、成果物に関するすべての権利、所有権、および利益を保有するものとします。成果物の使用は、SPGEと発注クライアントとの間で合意されたライセンス条件および制限に従うものとします。成果物に記載されているSPGEの名称およびロゴ、ならびにそれらに関連する商標は、S&P Global Inc.またはそれぞれの所有者の財産です。

S&P Global Energy

作成先：

