

# 再生可能エネルギーを用いた窒素肥料合成：CONFETI（EU）

・スペインのバルセロナ自治大学が主導するCONFETIコンソーシアムは、CO<sub>2</sub>とN<sub>2</sub>から電気化学的に尿素へ変換する技術及び太陽光を用いた光触媒により硝酸をアンモニアにリサイクルする技術を研究。

- ・微生物燃料電池とソーラーパネルを活用し、再生可能エネルギー由来の電力を供給。
- ・尿素製造の実証システムは以下の組合せ。
  1. N<sub>2</sub>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、CO<sub>2</sub>を捕捉する固体電解質
  2. N<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>を尿素に変換する光触媒・電極触媒技術
  3. 根圏微生物からエネルギーを生成して電気化学反応を行う微生物燃料電池
  4. 太陽光による光触媒技術を用いて硝酸塩(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)をアンモニアに還元する光化学リアクター

## 【社会実装状況】

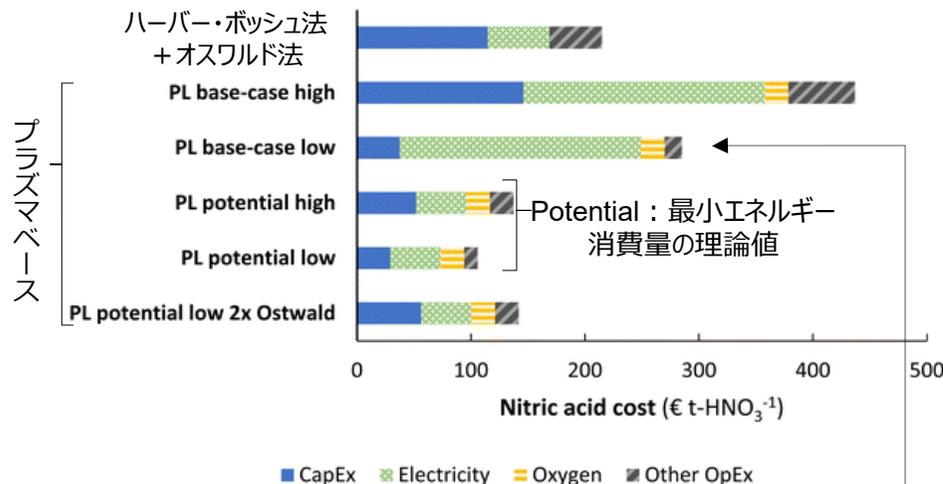
- ・研究段階

## 【予算】

- ・Horizon
- ・3,992,975ユーロ
- ・2023年11月～2026年10月

※CONFETIコンソーシアムメンバーのベルギー アントワープ大学は、Horizon2020のSCOPEプロジェクト（2019年4月～2026年3月、助成金9,979,269ユーロ）に参画。プロジェクトではN<sub>2</sub>固定における化石燃料由来の熱エネルギーの代替としてプラズマ、電気、光触媒を比較検証

プラズマベースのNO<sub>x</sub>生産コスト分析 (SCOPEプロジェクト)



High：現行のマイクロ波／DBDプラズマ発生装置の推定コスト  
Low：大規模装置の推定コスト

- ・オランダ・VitalFluid社の窒素固定モジュール（消費電力15kW、硝酸塩の生成量：1.3 kg/時間）は、エネルギー消費量は2.58 MJ/molNで、PL base-case (2.4 MJ/molN)と同程度と推計。
- ・消費電力15kWであることから、大規模装置としてPL base-case low程度の生産コストとなる予想。

出典：<https://doi.org/10.1039/D3EE90066E>、農林水産省「研究開発動向等調査委託事業 2023 (海外・異分野動向調査)」を基に作成

## 網目状基材による無土壌栽培：MEAPLANT（イタリア）

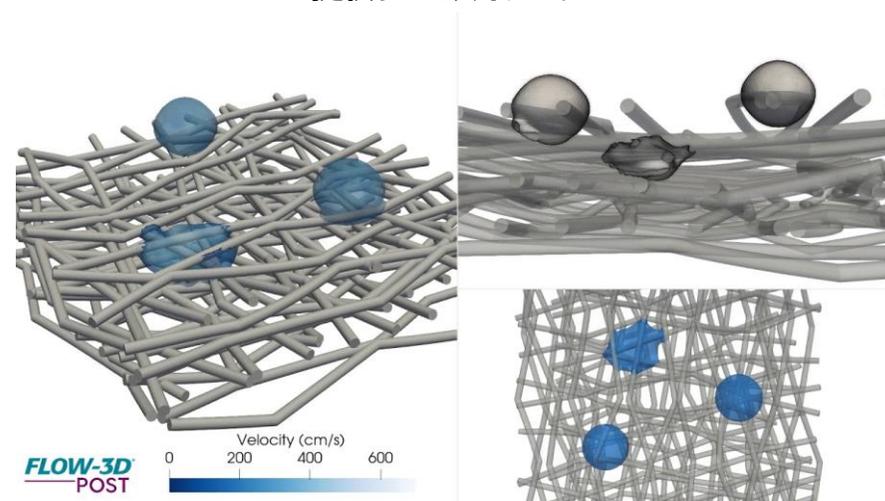
- イタリアのスタートアップ企業MEAPLANT社は、液滴を形成して効率よく養液供給できる無土壌栽培用の網目状基材を開発し、現在実証中。

- 通常無土壌栽培で使用される多孔質基材は、水と無機塩を吸収・保持するため、塩害や真菌性病害リスクが存在。
- 本基材では疎水性又は弱親水性の細い糸からなる網目状の構造に、灌漑水の液滴を形成。植物の根は、液滴から直接水と栄養素を吸収。
- 最大90%節水可能で、異なる作物を一緒に栽培することも可能。
- 無土壌栽培で栽培される作物の他、通常は無土壌栽培されない作物（ブドウ、柑橘類、リンゴ）を栽培可能。

### 【社会実装状況】

- 実証段階

提供サービスイメージ



出典：<https://meaplant.com/>

# ゲノム編集によるウリ科植物の茎伸長制御：中国農業科学院

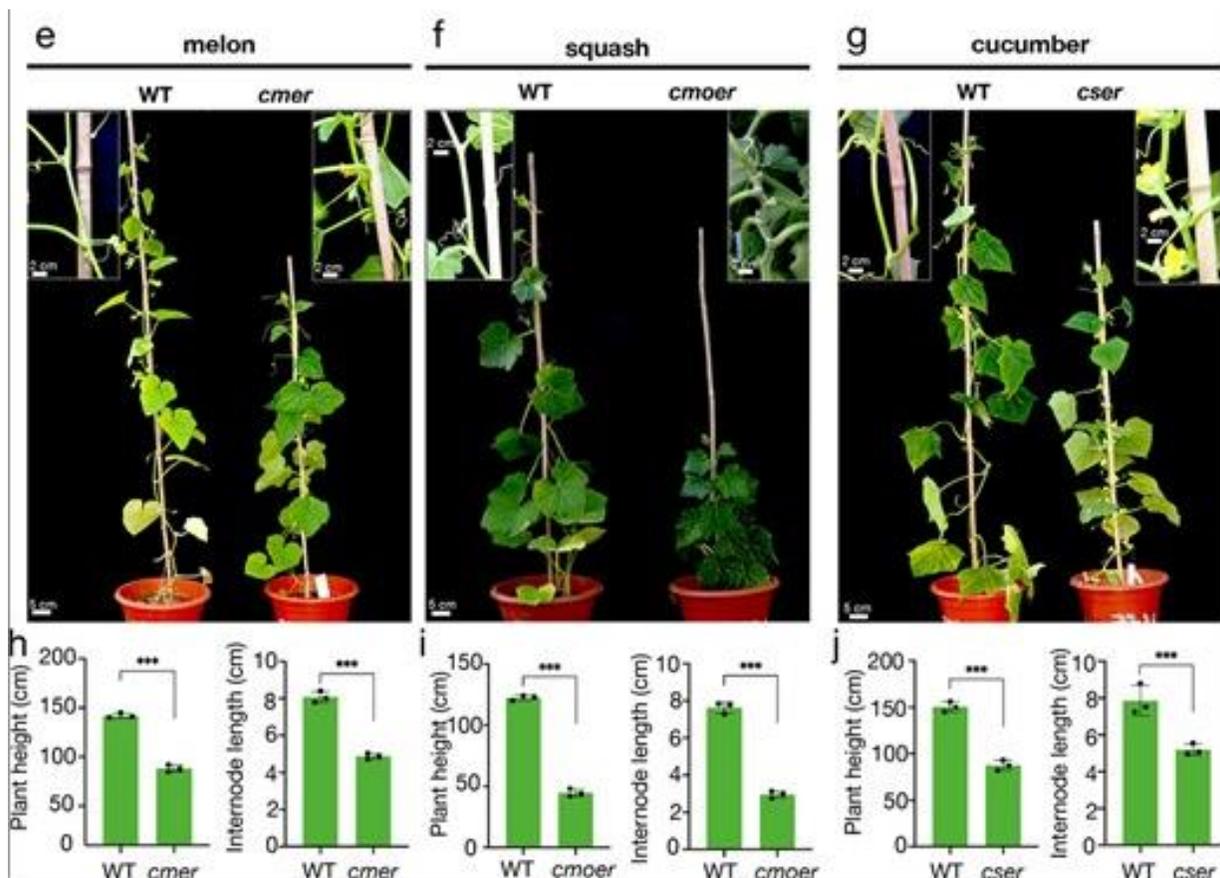
- 中国農業科学院は、施設園芸における収量増及び作業効率向上を目的として、ウリ科植物の茎の伸長を抑制する遺伝子改変システムを研究。

- 植物の遺伝子組換えやゲノム編集では、アグロバクテリウムを用いる方法が一般的だが、ウリ科植物ではこれに抵抗性があることが課題。
- 本研究では、子葉節外植片をマイクロブラシや超音波で処理することでアグロバクテリウム感染を促進し、メロンとカボチャの効率的な遺伝子改変を実現。
- これを用いて、植物の節間長を制御する *ERECTA* (*ER*) 遺伝子ファミリーを標的として CRISPR/Cas9 でゲノム編集し、節間が短いコンパクトなメロン、カボチャ、キュウリを作出。

## 【社会実装状況】

- 研究段階

メロン、カボチャ、キュウリの*ER*遺伝子変異体



出典：https://doi.org/10.1093/hr/uhab086

## 二倍体ジャガイモ育種：ポテト2.0プロジェクト（米国）

• 米国のウィスコンシン大学が主導するポテト2.0プロジェクトでは、四倍体のジャガイモを二倍体にして、ジャガイモのゲノム編集を効率化する研究を実施。

- ジャガイモは四倍体作物。二倍体ジャガイモは、四倍体に比べて重複する遺伝子の数が半分になるため、育種プロセスを効率化可能。
- 半数体を誘導できる特別な二倍体（IVP101）と交配させることで、四倍体の近縁種の最適な遺伝子をそのまま残した二倍体ジャガイモを生産。
- 二倍体の場合、収量が低下するという研究もあるが、最近の研究では大きなジャガイモが作れることや、収穫量も四倍体に匹敵する可能性があるという論文もある。

### 【社会実装状況】

• 研究段階

### 【予算】

- USDA NIFA SCRI助成金
- 3,008,623ドル
- 2019年9月～2024年8月

### 四倍体ジャガイモから二倍体を生成するためのハイスループット法

ウィスコンシン州のレッド・ノーランド品種と二倍体IVP101の交配により得られた種子から、四倍体のIVP101との雑種である可能性が高い斑点発現種子を排除。残った種子から、最終的にIVP101の染色体を持たない二倍体ジャガイモを複数確認。



単離されたジャガイモ系統の一つ

出典：<https://doi.org/10.1007/s12230-021-09844-1>

# ゲノム編集ポプラ：ジョージア大学（米国）

- 米国のジョージア大学は、木材として幅広く用いられるポプラに対するゲノム編集により、通常7～10年かかる雌株の開花期間を3～4か月に短縮。

- ポプラは、「雌雄異株」であり、雄株と雌株を一緒に植えることで結実。
- 通常雄株は3～4か月で開花するが、雌株は7～10年を要するため、効率良い育種のために雌株の開花時期の短縮が課題。

- ポプラの雌株だけで発現する性スイッチ遺伝子をゲノム編集により機能欠失することで性転換が生じ、3～4か月で雄花と雌花を咲かせることを確認。
- 雌花の開花期間が大幅に短縮されることで育種評価の迅速化に期待。

## 【社会実装状況】

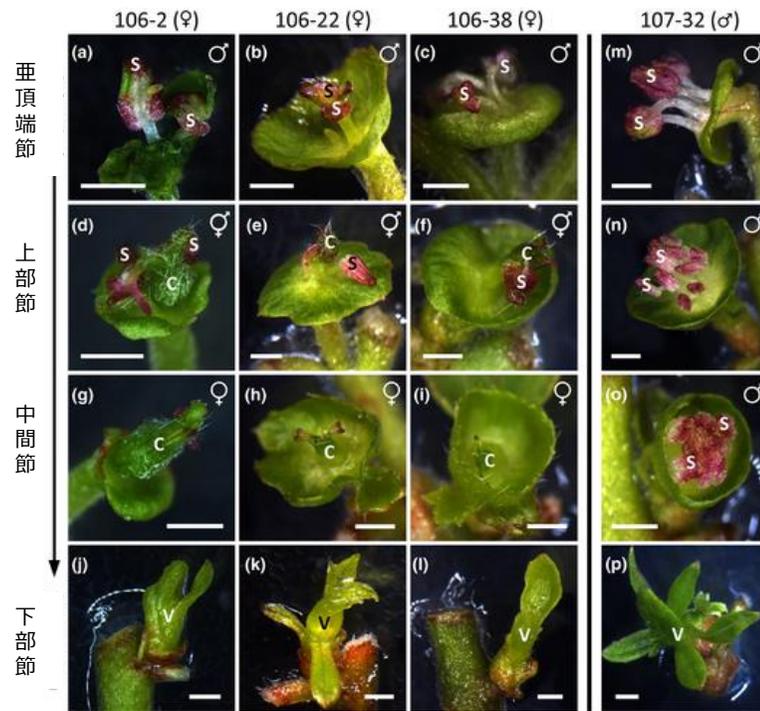
- 研究段階

## 【予算】

- この研究の一部は、米国バイオエネルギー・イノベーション・センター（米国エネルギー省科学局生物・環境研究局）と、ジョージア・リサーチ・アライアンス・ハンク・ヘインズ・フォレスト・バイオテクノロジー基金から資金提供

## ポプラ変異体雌株における雌花・雄花発生

- a-c：垂頂端節に雄花と雄しべを確認、
- d-f：上部節に雄しべと心皮を持つ花を確認
- g-i：中間節に雌花を確認、j-l：下部節に枝芽を確認
- m-p：対照群（雄株）



ゲノム編集した雌花

対照群  
(雄花)

出典：https://doi.org/10.1111/nph.18624

# 合成酵母ゲノムプロジェクト : Sc2.0

• 国際研究コンソーシアム「Sc2.0」は、真核生物である酵母を対象として、合成DNAがゲノムの半分  
以上を占める酵母を作出。

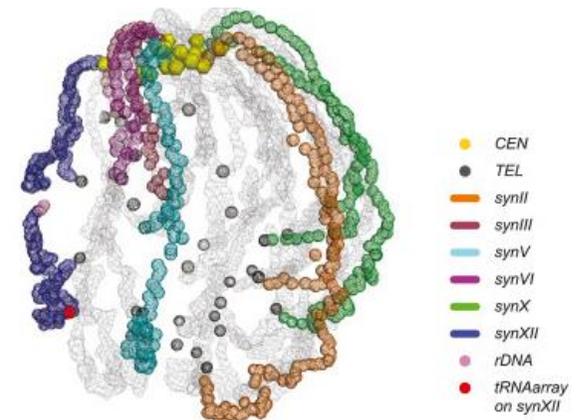
- 酵母の16染色体すべてを人工合成することを目標として、米国、英国、中国を中心に250人以上の研究者によって2006年からプロジェクトが進行。
- ウイルスや原核生物は、ゲノムサイズが小さく1本の染色体として核膜に覆われずむき出しで細胞質中に存在しているため、人工合成して細胞へ導入することが比較的容易。
- 一方、酵母等の真核生物は、ゲノムサイズが大きく複数本の染色体として細胞内で核膜に包まれて存在するため、人工合成して細胞へ導入することが比較的困難。
- 2023年には、8本の新しい合成酵母染色体を構築し、16本のうち14本の染色体の合成が完了。また付属品として酵母が持つ275個のtRNA遺伝子を1本の染色体に集めた「tRNAネオ染色体」を合成。
- 合成染色体を1本ずつ持つ、8種類の酵母株を作成した後、Endoreduplication intercrossoverにより、最終的に7.5本の合成染色体を有する複製能力のある単一の酵母細胞「syn7.5」を作出（ゲノムの50%超が合成DNA）。

## 【社会実装状況】

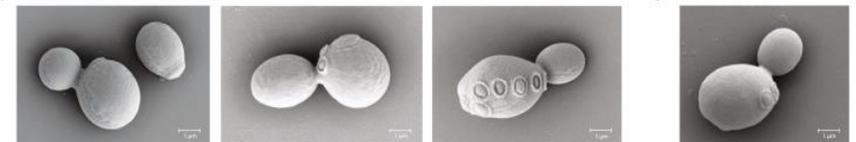
- 研究段階

## 複数の合成染色体を持つ酵母

複数の合成染色体を含む3Dゲノム組織イメージ



複数の合成染色体を持つ単一酵母細胞(I)と野生型細胞(J)



出典 : <https://doi.org/10.1016/j.cell.2023.09.025>

# 高速型ミオシンによる植物成長促進：早稲田大学、千葉大学

- 早稲田大学と千葉大学は、緑色藻類のシャジクモとシロイヌナズナのミオシン遺伝子を元に作成した高速型融合ミオシンをカメラナに異種発現させ、成長促進や種子数増加に成功。
- カメラナの種子由来の油脂は、バイオディーゼルの原料として利用されており、種子の生産性の向上は重要。
- ミオシンタンパクはそのモーター領域を通じて細胞に運動エネルギーを生み出し植物の成長に関与。
- 早稲田大学と千葉大学は、シロイヌナズナミオシンXIのモーター領域を生物界で最も大きなエネルギーを生むミオシンXIである緑色藻類シャジクモミオシンXIの同領域と遺伝子工学的に置換することで、高速型融合ミオシンXI遺伝子を開発。
- カメラナに、高速型融合ミオシンXI遺伝子を導入した結果、草丈や葉の成長促進のみならず、早期花成を促すとともに、種子の収量が野生株と比べて約2倍に増加。

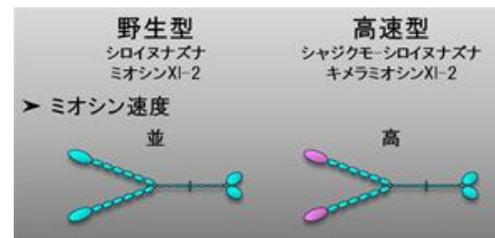
## 【社会実装状況】

- 研究段階

## 【予算】

- JST ALCA「原形質流動の人工制御：植物バイオマス増産の基盤技術としての確立」
- 6000万円～1億8000万円
- 2014年10月～2019年3月

## カメラナにおける 高速型シロイヌナズナミオシンXI-2の発現



	野生型	高速型
原形質流動速度	並	高
細胞サイズ	並	大



出典：https://www.waseda.jp/top/news/68768

## 豚タンパク質発現ダイズ：Moolec Science（ルクセンブルク）

- ルクセンブルクの分子農業企業Moolec Scienceは、豚肉タンパク質を大量生産できるダイズ「Piggy Sooy」を開発。

- インゲンマメのphaseolinプロモーターを利用し、protein body（タンパク質貯蔵顆粒）特異的に豚ミオグロビンタンパクを高蓄積（最大26.6%）するダイズ「Piggy Sooy」を開発。2024年4月にUSDA-APHISの認可を取得、2027年の発売に向けて米国3州で野外圃場試験を実施。
- その他、 $\gamma$ -リノレン酸を高蓄積する遺伝子組換えベニバナを用いたオイル「GLASO」（2025年上市予定）、ウシミオグロビンタンパク質を高蓄積する遺伝子組換えエンドウ豆「PEEA1」（2028年上市予定）を開発。
- 豚肉、鶏肉、牛肉のミオグロビン含有量は、100グラムあたり4グラムである一方、同社のダイズのミオグロビンの量は約4～5倍。
- 1haで収穫できる大豆から最大約200kgの豚ミオグロビンタンパク質を生産できる試算。

### 【社会実装状況】

- 実証段階

### 【予算】

- 2022年米国NASDAQ上場
- 2024年売上高560万ドル

### 提供サービスイメージ



出典：<https://moolecscience.com/>