

本件配布先: 産総研 → 経済産業記者会、経済産業省ベンクラブ、
文部科学記者会、科学記者会、筑波研究学園都市記者会
森林総研→林政記者クラブ、農林記者会、農政クラブ

イネの遺伝子を使ってポプラの木質を増強

ー 木質由来の燃料や材料の高効率な生産と高強度木材の開発を目指して ー

平成 28 年 1 月 27 日

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

国立研究開発法人 森林総合研究所

国立研究開発法人 科学技術振興機構

■ ポイント ■

- ・ イネ由来の木質生産を制御する遺伝子を、ポプラに導入して木質を増強
- ・ ポプラの成長に悪影響なく木質生産性を約 4 割、木材の強度を約 6 割向上
- ・ 木質由来の燃料や材料の高効率生産や、高強度木材の開発、CO₂ 削減への貢献に期待

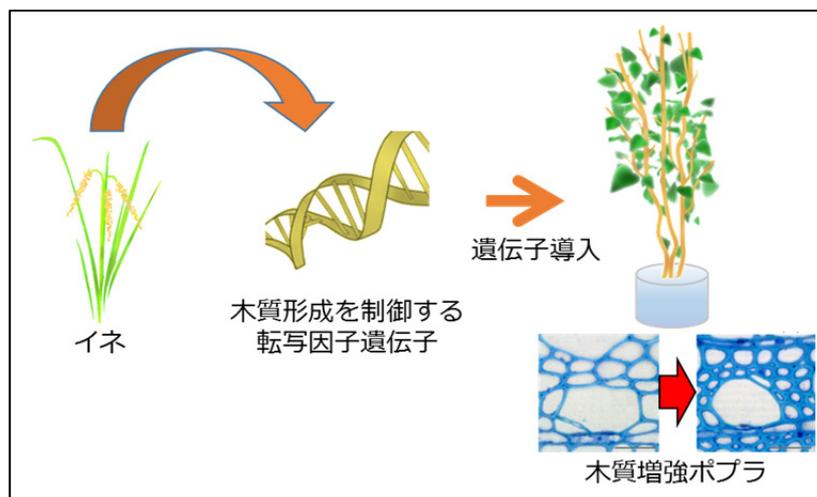
■ 概要 ■

国立研究開発法人 産業技術総合研究所【理事長 中鉢 良治】(以下「産総研」という)生物プロセス研究部門【研究部門長 田村 具博】植物機能制御研究グループ 坂本 真吾 産総研特別研究員、光田 展隆 主任研究員らは、国立研究開発法人 森林総合研究所【理事長 沢田 治雄】(以下「森林総研」という)森林バイオ研究センター【センター長 吉田 和正】森林バイオ研究室 高田 直樹 主任研究員、谷口 亨 室長と共同で、イネの遺伝子を使ってポプラの木質を大幅に強化する技術を開発した。

この技術はイネの木質生産を制御している O_sSWN1 転写因子 を、遺伝子組換えによりポプラに導入して、ポプラの成長には悪影響を及ぼさずに木質生産性を約 4 割高め、木材の強度も約 6 割向上させることができる。将来的には、木質由来のバイオエタノール や バイオプラスチック の高効率生産、高い強度を持った木材の開発、さらに木質由来の次世代燃料・材料の高効率生産がもたらす CO₂ の排出削減への貢献が期待される。

なお、本技術開発は、国立研究開発法人 科学技術振興機構 (JST) 戦略的創造研究推進事業 (先端的低炭素化技術開発: ALCA) の研究開発課題の一環として行われ、2016 年 1 月 27 日 19 時 (日本時間) に *Scientific Reports* にオンライン掲載される。

_____ は【用語の説明】参照



イネの木質生産を制御する転写因子遺伝子をポプラに導入して木質を増強

本件配布先: 産総研 → 経済産業記者会、経済産業省ペンクラブ、
文部科学記者会、科学記者会、筑波研究学園都市記者会
森林総研→林政記者クラブ、農林記者会、農政クラブ

■ 開発の社会的背景 ■

地球温暖化を抑制するため、また、将来枯渇する化石燃料を代替するため、植物由来の燃料や材料の開発が進められている。ところが現在の植物由来バイオエタノールやバイオマテリアルは、食糧生産との競合が問題となっており、食糧ではない木質を原料とした第二世代のバイオエタノールやバイオマテリアルの開発と普及が期待されている。このため、植物の木質生産性の向上は重要な課題の一つであるが、これまで木質生産を増強しようとする植物の成長に悪影響が生じるといった問題があり、植物の成長を阻害せずに木質生産性を向上させる技術が求められていた。

■ 研究の経緯 ■

産総研では、植物の転写因子に関する研究開発を進めており、これまでも独自の転写因子改変技術である CRES-T 法 の開発や、それを利用した「バラ咲きシクラメン」の開発(2010 年 3 月 16 日 産総研プレス発表)、クチクラ形成を制御する転写因子の発見(2013 年 5 月 24 日 産総研プレス発表)、シロイヌナズナの木質生産を制御する転写因子 NST1、NST3 の発見などの世界をリードする成果を上げてきた。また、森林総研では樹木の育種や遺伝子組換え技術の開発で卓越した成果を挙げてきた。今回、両者は転写因子を利用して植物の木質の生産性や加工性を向上させる研究開発に取組み、本研究成果をあげることに成功した。

なお、この研究は、JST の戦略的創造研究推進事業(先端的低炭素化技術開発:ALCA)の技術領域「バイオテクノロジー」【運営総括:近藤 昭彦】研究開発課題「ゼロから創製する新しい木質の開発(平成 23 年度~)」【研究開発代表者:光田 展隆】の一環として行われた。

■ 研究の内容 ■

今回の技術は、シロイヌナズナの木質生産を制御する NST1 転写因子と NST3 転写因子の相同遺伝子であるイネの木質生産を制御する OsSWN1 転写因子が、非常に強く木質生産を活性化できることを利用し、その遺伝子をポプラの繊維細胞で主に発現させるものである。このイネの OsSWN1 遺伝子を繊維細胞で発現させるために、シロイヌナズナの NST3 遺伝子の植物体内での発現部位を決定している領域(プロモーター)を使用した。NST3 転写因子遺伝子は繊維細胞で主に発現しており、そのプロモーターは繊維細胞での遺伝子発現を誘導できる。これらを組み合わせた遺伝子コンストラクト(図 1)を、シロイヌナズナに導入(遺伝子組換え)したところ、通常では木質生産が起きない部位でも木質生産が見られ、木質が過剰に蓄積することがわかった。一方、比較対照として OsSWN1 転写因子のかわりにシロイヌナズナが本来持つ NST3 転写因子を用いた場合は、そのような現象はほとんど見られなかった。

次にこの遺伝子コンストラクト中のイネ OsSWN1 遺伝子に、転写因子の活性を強化する領域(VP16)を付加して、ポプラに導入(遺伝子組換え)したところ、約 15 cm の幼植物ではシロイヌナズナと同様に、通常では木質生産が起きない部位でも木質生産が見られた(図 2B)。また、本来木質生産が起きる繊維細胞では、組換えポプラでは木質がより厚く蓄積していた(図 2D)。

本件配布先: 産総研 → 経済産業記者会、経済産業省ペンクラブ、
文部科学記者会、科学記者会、筑波研究学園都市記者会
森林総研 → 林政記者クラブ、農林記者会、農政クラブ

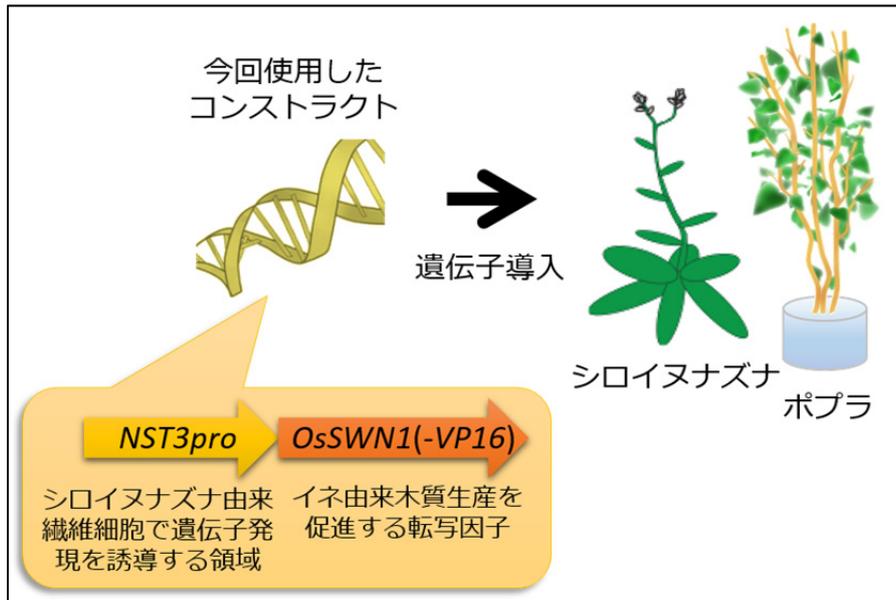


図 1 今回使用した遺伝子コンストラクト

シロイヌナズナ由来繊維細胞で遺伝子発現を誘導する領域 (NST3pro) とイネ由来木質生産を促進する転写因子遺伝子 (OsSWN1(-VP16)) とを連結した。

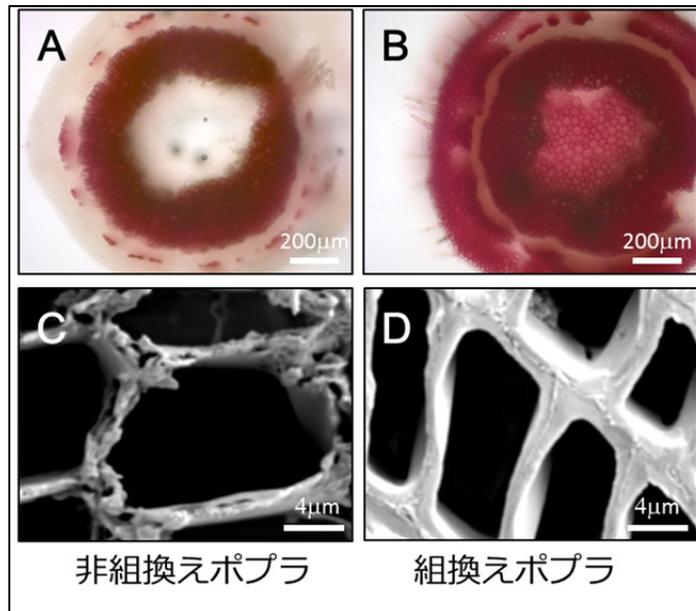


図 2 非組換えポプラ (左側) と組換えポプラ (右側) の断面図と繊維細胞

A と B の赤い染色は木質中のリグニンの存在を示したもの。組換えポプラ (B) では通常木化しない部位 (周縁部および中央部) まで木化していることがわかる。また、繊維細胞では、非組換えポプラ (C) より組換えポプラ (D) のほうが、より多く木質が蓄積していることが確認できる。

そこで、これらのポプラを約 60 cm まで成長させて詳しく調べたところ、成長には悪影響を及ぼさず木質が過剰に蓄積し、組換えポプラの茎の平均密度は非組換えポプラよりも約 4 割向上し、破断強度も約 6 割上昇していた(図 3)。

本件配布先: 産総研 → 経済産業記者会、経済産業省ペンクラブ、
文部科学記者会、科学記者会、筑波研究学園都市記者会
森林総研→林政記者クラブ、農林記者会、農政クラブ

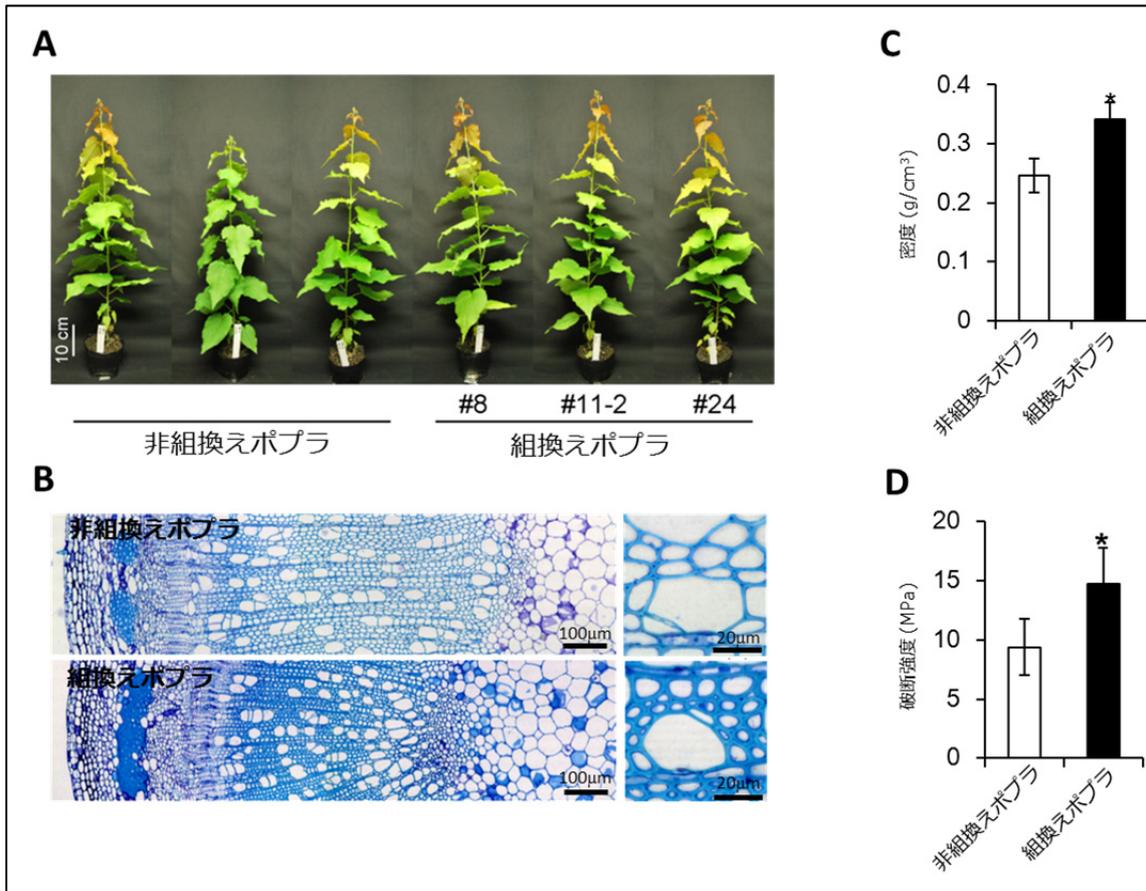


図 3 非組換えポプラと組換えポプラの生育状況 (A)、木質 (B)、密度 (C)、破断強度 (D)

約 60 cm まで生育させても成長に悪影響はなく (A)、木質の増強も維持されていることがわかる (B)。また、作成した組換えポプラの 5 系統の平均で約 4 割密度が向上し (C)、破断強度は約 6 割向上していた (D)。(C) (D) 内の「*」は非組換えポプラと組換えポプラとが統計的に有意に異なった値であったことを示している。

■ 今後の予定 ■

今後は、光合成能力の強化など他のバイオマス生産向上技術と組み合わせ、さらなる生産量の増加を目指すほか、増強された木質中のリグニンを改変するなどして加工性や糖の抽出量の向上を目指す。また、ポプラだけでなく、ユーカリやアカシアなどの樹木への今回の技術の適用を検討する。そして、2030 年頃には木質由来バイオエタノールの生産効率を 50% 向上させ、全世界で栽培する木質生産用植物の 20% にこの技術を適用して、年間約 4 千万トンの CO₂ 排出削減効果を得ることを目指す。

■ 本件問い合わせ先 ■

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

生物プロセス研究部門 植物機能制御研究グループ

主任研究員 光田 展隆

〒305-8566 茨城県つくば市東 1-1-1 中央第 6

TEL: 029-861-2641/2907 FAX: 029-861-3026

E-mail: nobutaka.mitsuda@aist.go.jp

本件配布先: 産総研 → 経済産業記者会、経済産業省ペンクラブ、
文部科学記者会、科学記者会、筑波研究学園都市記者会
森林総研→林政記者クラブ、農林記者会、農政クラブ

国立研究開発法人 森林総合研究所

森林バイオ研究センター 森林バイオ研究室

室長 谷口 亨 〒319-1301 茨城県日立市十王町伊師 3809-1
TEL: 0294-33-7348 FAX: 0294-39-7306
E-mail: toru.t@affrc.go.jp

(JST の事業に関すること)

国立研究開発法人 科学技術振興機構

環境エネルギー研究開発推進部

調査役 吉田 秀紀 〒102-0076 東京都千代田区五番町 7 K's 五番町
TEL: 03-3512-3543 FAX: 03-3512-3533
E-mail: alca@jst.go.jp

【取材に関する窓口】

国立研究開発法人 産業技術総合研究所 企画本部 報道室

〒305-8560 茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第 1

つくば本部・情報技術共同研究棟 8F

TEL: 029-862-6216 FAX: 029-862-6212 E-mail: press-ml@aist.go.jp

国立研究開発法人 森林総合研究所 企画部 育種企画課

〒319-1301 茨城県日立市十王町伊師 3809-1

TEL: 0294-39-7002 FAX: 0294-39-7306 E-mail: ikusyu@affrc.go.jp

国立研究開発法人 科学技術振興機構 広報課

〒102-8666 東京都千代田区四番町 5-3

TEL: 03-5214-8404 FAX: 03-5214-8432 E-mail: jstkocho@jst.go.jp

本件配布先: 産総研 → 経済産業記者会、経済産業省ペンクラブ、
文部科学記者会、科学記者会、筑波研究学園都市記者会
森林総研 → 林政記者クラブ、農林記者会、農政クラブ

【用語の説明】

◆ポプラ

被子植物、双子葉類の早生樹。遺伝子導入(形質転換、遺伝子組換え)が比較的容易で成長も早い
ため樹木のモデル植物として使われることが多いが、地域によっては製紙原料用やバイオエタノール生
産用に植林されることもある。世界で最も植林されている樹種の一つである。

◆木質

いわゆる木、木材のことでセルロース、ヘミセルロース、リグニンが主要成分である。細胞学的には二
次細胞壁が蓄積したものである。木質は草本植物においても茎の乾燥重量の半分以上を占め、植物が
直立するために欠かせない。食用にはならないがセルロースを分解することでブドウ糖(グルコース)が
得られ、その発酵によってエタノールを生産できる。

◆OsSWN1 転写因子

イネの木質生産を担う遺伝子群の働きを制御している転写因子。後述する NST1、NST3 転写因子と
アミノ酸の並び(配列)が類似している相同転写因子である。

◆転写因子

遺伝子の上流領域に結合して、遺伝子の働き(オン、オフ)を制御するタンパク質。転写因子自体も遺
伝子によってそのアミノ酸の並び(配列)が指定されている。転写因子遺伝子は一般に全遺伝子の約 3
~10%を占めると考えられている。

◆木質由来バイオエタノール

従来バイオエタノールはトウモロコシのデンプンやサトウキビ中のショ糖(スクロース)から得られるブド
ウ糖(グルコース)を発酵させて生産されてきたが、トウモロコシやサトウキビは食用にもなるため他の生
産源が求められていた。そこで食用にならない木質中のセルロースから得られるグルコースを発酵させ
てバイオエタノールを生産する技術開発が世界中で行われている。

◆木質由来バイオプラスチック

従来バイオプラスチックはデンプンから得られる乳酸などを重合して作られることが多かったが、デ
ンプンは食用にもなるため他の生産源が求められていた。そこで食用にならない木質中のセルロースを利
用してバイオプラスチックを生産する技術開発が行われている。

◆CRES-T 法(クレスティ法)

産総研で開発した転写因子の働きを阻害する技術。転写因子の後ろに産総研で発見した転写抑制ド
メイン(=遺伝子のスイッチをオフにする機能がある領域)を付加して植物に導入(遺伝子組換え)するこ
とで、その転写因子が制御している遺伝子の働きを抑制し、その転写因子遺伝子を破壊したのと同じよ
うな効果をもたらすことができる。

本件配布先: 産総研 → 経済産業記者会、経済産業省ペンクラブ、
文部科学記者会、科学記者会、筑波研究学園都市記者会
森林総研→林政記者クラブ、農林記者会、農政クラブ

◆バラ咲きシクラメン

CRES-T 法を使って、シクラメンのおしべとめしべの形成に関わる転写因子の働きを阻害した結果できた超八重咲きのシクラメン。おしべとめしべが形成されなくなると、代わりに花卉がたくさん形成される。

◆シロイヌナズナ

植物の遺伝子研究分野において世界的に用いられているモデル植物。ライフサイクルが早く、狭いスペースで栽培できる、ゲノムサイズが小さいなどのメリットがある。どんな植物でも基本的な遺伝子セットは類似していると考えられており、シロイヌナズナでの研究成果は他の植物にも応用できることが多い。

◆NST1、NST3 転写因子

産総研で発見した、シロイヌナズナの木質の形成を根本的に制御しているマスター転写因子。前述した OsSWN1 転写因子とアミノ酸の並び(配列)が類似している。NST1 と NST3 の両遺伝子が欠損したシロイヌナズナは繊維細胞において木質を形成できないために直立できない。

◆相同遺伝子

ほとんどすべての植物は類似した遺伝子セットを持っており、ある遺伝子について別の植物でも類似した遺伝子が見つかることが多い。このような遺伝子を相同遺伝子と呼ぶ。

◆繊維細胞

植物の木部に見られる細長い細胞で、二次細胞壁(=木質)が厚く蓄積する。

◆プロモーター

遺伝子の上流領域のことで、遺伝子発現を誘導する領域である。転写因子がプロモーターと結合することで、遺伝子がいつどこで働くかが決まってくる。

◆コンストラクト

プロモーターと遺伝子、その他遺伝子発現に必要な領域を組み合わせた DNA ユニットのことで、

◆リグニン

木質中に含まれる芳香環を持った巨大複合ポリマーである。バイオエタノール製造や製紙の際にリグニンは阻害的に働くため少ない方がよいとされるが、植物を病原菌から守ったり強度を保ったりするのに必要であるとも考えられている。

◆バイオマス

主に植物が生産する有機物全般のことをバイオマスと呼ぶ。木質は植物の主要なバイオマスである。