

戦略的創造研究推進事業(ALCA)
技術領域(プロジェクト名)「生物資源の制御による
バイオマス・有用成分の増産」

課題名「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」

終了報告書

研究開発期間 平成26年10月～令和2年3月

研究開発代表者:富永基樹
(早稲田大学, 教育・総合科学学術院,
理学科, 准教授)

○報告書要約 (和文)

研究開発代表研究者 : 早稲田大学 准教授 富永 基樹

研究開発課題名 : 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

1. 研究開発の目的

石油や石炭などの化石燃料は有限であると共に、その燃焼により排出される二酸化炭素は地球温暖化の主要因となっている。植物バイオマスは、太陽エネルギーを用いて二酸化炭素を固定し生成されるため、カーボンニュートラルな無限のエネルギー源と考えられる。近年植物バイオマスの増産を目指し、バイオテクノロジーによって、単位面積当たりの植物収量を増やす試みが行われている。植物は、葉で二酸化炭素から光合成により糖をつくり、根から無機塩類や水を吸収し、それらを体内に巡らせることにより成長している。植物の増産には、産物や吸収物を植物全体に巡らせる物質輸送の強化が不可欠である。我々は、植物の細胞内輸送である原形質流動を発生しているモータータンパク質ミオシンの運動速度を人工的に高速化することにより、成長促進や種子増産を促し、あらゆる植物に適用可能な普遍的バイオマス増産技術の開発を進める。

2. 研究開発の概要

(1) 内容→(2) 成果

早稲田大・富永グループ

- ・ 基本原理の解明
- 陸上植物の基部に位置するゼニゴケ XI をシロイヌナズナで発現することにより、原形質流動が成長制御システムとして陸上植物に保存されている事を見いだした。
- 原形質流動が、植物細胞の極性成長に関わっていることを見いだした。
- ・ 速度改变型ミオシン XI による植物成長の制御
- 高速化するミオシン XI の種類によって、前期成長促進(XI-2)、後期成長促進(XI-K)、早期花成(XI-B)が明らかとなった。
- ・ バイオディーゼル生産植物カメリナや樹木モデル植物ポプラの増産
- 高速型ミオシン XI の発現により、カメリナ種子の増産や、ポプラバイオマスの増産に成功した。

千葉大・伊藤グループ

- ・ シロイヌナズナミオシン XI の運動機能の同定
- 全シロイヌナズナミオシン XI の運動速度と、酵素活性の同定に成功した
- ・ トウモロコシミオシン XI のクローニング
- 発現の高いトウモロコシミオシン XI を同定し、遺伝子のクローニングと高速化に成功した。
- ・ 新・高速型ミオシン XI の開発
- シャジクモ (*Chara braunii*) 由来のモータードメインを利用し、従来(現)高速型の 3 倍、野生型の 7 倍の速度を発生する新・高速型キメラミオシン XI の開発に成功した。
- ・ イネモデル植物ブラキポディウム的大型化と種子の増産
- 新・高速型の発現により、ブラキポディウム的大型化と種子の増産に成功した。

JT・樋井グループ

- ・ トウモロコシにおける高速型ミオシン XI の発現
- 本研究で用いたトウモロコシミオシン XI (ZmXI-3, 7) の高速化による、T1 世代の評価では大型化効果が認められなかった。

(3) 今後の展開:

原形質流動の高速化技術は様々な植物に適用可能である。例えば資源植物として重要視されているトウモロコシや大豆、サトウキビ等を大型化することにより、バイオマスエネルギーや飼料の増産と同時に地球規模での二酸化炭素削減が期待できる。

○Report summary (English)

Principal investigator: Waseda University associate professor Motoki Tominaga
R & D title: Artificial control of cytoplasmic streaming: establishment as a basic technology for plant biomass enhancement.

1. Purpose of R & D

Fossil fuels such as oil and coal are finite, and the carbon dioxide emitted is a major cause of global warming. Plant biomass is considered a carbon-neutral infinite energy because it is generated by fixing carbon dioxide by plants using photosynthesis. Recently, to increase the plant biomass production per unit area, various biotechnological attempts have been made to increase the plant yield. Plants grow by synthesizing sugar from carbon dioxide by photosynthesis in the leaves, absorbing inorganic salts and water from the roots, and circulating them inside the plant body. To increase the production of plants, it is essential to enhance the mass transport of products throughout the plant. We will develop the universal biomass production technology that can be applied to every plant by artificially accelerating the velocity of the motor protein myosin, which is responsible for intracellular transport in plants (cytoplasmic streaming).

2. Outline of R & D (1) Contents:→(2) Achievements:

Waseda University/Tominaga Group

- Basic mechanism
 - We found that cytoplasmic streaming was conserved in land plants as a growth control system by expressing *Marchantia polymorpha* myosin XI in Arabidopsis, which is located at the base of land plants.
 - We found that cytoplasmic streaming is involved in the polar growth of plant cells.
- Regulation of plant growth by speed-modified myosin XI
 - High-speed myosin XI-2, myosin XI-K, and XI-B promote early growth, late growth, and early flowering, respectively.
 - Product enhancement of biodiesel production plant Camerina and tree model plant poplar.
 - We succeeded in increasing seed production of camelina and biomass production of poplar by expressing high-speed myosin XI.

Chiba University/Ito Group

- Identification of motor function of all Arabidopsis myosin XIs.
 - We succeeded in identifying the velocity and enzymatic activity of all Arabidopsis myosin XIs.
- Cloning of maize myosin XI.
 - We identified a ubiquitously expressed maize myosin XI and succeeded in generating high-speed maize myosin XI.
- Development of new high-speed myosin XI.
 - Using a motor domain derived from *Chara braunii*, we have succeeded in developing a new high-speed chimeric myosin XI that generates 3 times faster than the conventional (current) high-speed type and 7 times faster than the wild-type.
- Growth enhancement and increased seed production of rice model plant Brachipodium.
 - We succeeded in increasing the size and the production of seeds of Brachipodium by expressing the new high-speed type.

JT/Hiei Group

- Expression of high-speed myosin XI in maize.
 - High velocity corn myosin XI (ZmXI-3, 7) did not show any effects on enhancement in the T1 generation.

(3) Future developments:

The technology for acceleration of cytoplasmic streaming velocity can be applied to various plants. For example, by increasing the size of corn, soybeans, sugar cane, etc., important resource plants, it is expected that the production of biomass energy and feed will be increased, and at the same time the global reduction of carbon dioxide will be achieved.