

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：21401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25440193

研究課題名(和文)一部のシアノバクテリアにおける澱粉性貯蔵多糖の生産メカニズム

研究課題名(英文) Mechanism for production of starch-like reserve polysaccharide in some cyanobacteria

研究代表者

鈴木 英治 (Suzuki, Eiji)

秋田県立大学・生物資源科学部・教授

研究者番号：60211984

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：光合成微生物シアノバクテリアの一部の種が、グリコーゲンではなく植物の澱粉に類似した貯蔵多糖を生産する仕組みを解明するため、本研究を行った。二種の澱粉生産株についてゲノム配列を決定し、澱粉性多糖生産能は、複数(2-3個)の枝作り酵素アイソザイムの協調的発現と強く相関することを見出した。グリコーゲン生産性シアノバクテリア株における、澱粉代謝関連異種遺伝子の発現系を構築した。無機栄養欠乏時に澱粉性多糖生産を促進する条件を見出した。また、組換え型枝作り酵素の特性解析を行い、1型、2型酵素は短い糖鎖を転移し、一方、3型は活性が低く短い糖鎖とともに長い糖鎖をも転移し得ることを見出した。

研究成果の概要(英文)：The present study was conducted to elucidate the mechanism by which a limited number of cyanobacteria (photosynthetic microorganisms) produce starch-like reserve polysaccharide seen in plants instead of glycogen in most bacteria. Genomic sequences were determined for two starch-producing strains, and the starch production was found to be tightly correlated to the coordinated expression of multiple (2 - 3) isoforms of branching enzyme. Heterologous expression system for starch metabolism genes (starch synthase I and branching enzyme I of rice, and debranching enzyme glgX2 of *Cyanobacterium* CLg1) was developed in glycogen-producing cyanobacterial strains. Growth conditions were devised to stimulate starch production under deprivation of inorganic nutrients. Finally, recombinant forms of branching enzyme were characterized; form 1 and 2 branching enzymes transferred short oligosaccharides, while the activity of form 3 enzyme was low but it transferred short and long glucan chains.

研究分野：植物生理学

キーワード：貯蔵多糖 澱粉 グリコーゲン 光合成 原核生物 細菌 シアノバクテリア

1. 研究開始当初の背景

澱粉は通例、植物のみが生産する貯蔵多糖である。シアノバクテリアの多くは貯蔵多糖としてグリコーゲンを蓄積するが、ごく一部の種では、植物の澱粉成分であるアミロペクチンと類似した不溶性の分岐多糖を生産することが見出された(Nakamura ら, 2005)。シアノバクテリアは酸素発生型光合成を営む原核生物であり、植物の葉緑体の起源と考えられている微生物群である。原始的な生物でありながら、なぜその一部が進化型とも言える、植物の澱粉に類似した貯蔵多糖を生産できるのか、その仕組みを解明したいという思いが、本研究を開始した発端である。

澱粉様多糖生産の遺伝的背景を調べるため、各種シアノバクテリアのゲノム配列を比較すると、グリコーゲン生産型のシアノバクテリアは、比較的、多糖代謝酵素遺伝子群の構成が簡素であるのに対し、澱粉生産株は同遺伝子群のアイソザイム数が多い傾向が認められた。特に、枝作り酵素(α -1,6-結合形成酵素、BE)は通常、唯一つしか存在しないが、澱粉生産性シアノバクテリア株ではいずれも BE 遺伝子が 3 種存在することが分かった。

このことから、BE 遺伝子数と産生多糖特性との相関、内在 BE 遺伝子の特異的破壊や異種 BE 遺伝子の導入などの操作が多糖代謝に及ぼす影響、酵素の特性を調べることが、本問題を解明する糸口になると考えられた。

2. 研究の目的

以上の背景に基づき、一部のシアノバクテリアにおける澱粉性多糖生産メカニズムを明らかにすることを本研究の目的とした。具体的には以下の項目に絞って、解析を行うこととした。

- (1) BE 遺伝子のコピー数が多いシアノバクテリア株に着目し、これらの貯蔵多糖構造、特性を明らかにする。
- (2) 澱粉生産性シアノバクテリアのゲノム配列を解読する。
- (3) 澱粉生産性シアノバクテリアにおける逆遺伝学的研究手法(遺伝子導入・改変技術)を開発する。また、モデルシアノバクテリア株に澱粉生産生物(植物、シアノバクテリア)由来の遺伝子を導入し、グリコーゲン代謝への影響を解析する。
- (4) シアノバクテリアにおいて澱粉生産を促進する環境要因(特に栄養欠乏条件)を明らかにする。
- (5) 澱粉生産性シアノバクテリアが保持する複数の枝作り酵素について、酵素特性を明らかにする。

3. 研究の方法

- (1) GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>) や CAZy (<http://www.cazy.org/>) などの公共遺伝子データベースを利用して、シアノバクテリア株ゲノムに

おける貯蔵多糖代謝遺伝子(特に枝作り酵素遺伝子)コピー数を調べた。特徴的な株について入手し、貯蔵多糖特性を解析した。

- (2) *Cyanobacterium* sp. NBRC 102756、*Cyanobacterium* sp. CLg1 株からゲノム DNA を抽出し、ライブラリ作製後、次世代シーケンサ(HiSeq1000, Illumina 社)を用いて配列決定を行った。得られたデータについて Velvet によるアセンブル解析を行い、公共データベースを利用して配列相同性検索を実施した。
- (3) 遺伝子導入は宿主シアノバクテリアへの染色体上へ標的遺伝子を挿入させるか、またはプラスミド上で保持させるか(後者は *Synechococcus elongatus* PCC 7942 株の場合)の方法を採った。イネ(真核生物)遺伝子を導入する場合は、遺伝子発現のためバクテリア由来のプロモーターを用いた。遺伝子導入は自然形質転換法により行った。
- (4) *Synechococcus elongatus* PCC 7942、*Cyanobacterium aponinum* PCC 10605 株について、常用する BG-11 無機塩類培地から窒素(硝酸ナトリウム)あるいは鉄を除去した培地を調製し、欠乏条件下の液体培養における貯蔵多糖の消長を測定した。また液体培養における通気ガスについて、400 ppm CO₂ を含む通常の空気から、二酸化炭素を混合した高 CO₂ (50000 ppm)、または空気を 0.1 N NaOH 500 mL に通して得た低 CO₂ (80 ppm) への切り換えを行い、多糖蓄積量への影響を解析した。
- (5) *Cyanobacterium* sp. NBRC 102756、および *Cyanothece* sp. ATCC 51142 株から抽出したゲノム DNA を鋳型とし、配列情報を基に PCR 法により BE 遺伝子をクローン化した。取得した遺伝子を発現ベクターに連結し、大腸菌での発現を行った。組換えタンパク質は Ni アフィニティークロマトグラフィー等を用いて精製した。酵素活性は沃素法により測定した。また反応産物の分岐構造は、枝切り処理、蛍光標識後、キャピラリー電気泳動法で解析した。

4. 研究成果

- (1) シアノバクテリアのゲノム情報が多く公開されたことにより、澱粉様多糖生産株と近縁のシアノテセ(*Cyanothece*) 4 株(PCC 7424、PCC 7822、PCC 8801、PCC 8802) は枝作り酵素を 2 つ持つことが明らかとなった。そこでこれらについて、貯蔵多糖の分子形態を解析した。その結果、PCC 7424、PCC 7822 株はグリコーゲン、PCC 8801、PCC 8802 株はアミロペクチン型の多糖を生産することが見出された。PCC 7424 の精製貯蔵多糖は、分子サイズがウサギ肝臓由来

のグリコーゲンと同等であった。PCC 8802 の貯蔵多糖は、アミロペクチンと同等でグリコーゲンよりも大きな分子サイズであり、グリコーゲンにはない糊化特性、A 形の結晶性など、特異な性質が見られた。活性染色法により、PCC 7424 では 2 者の枝作り酵素のうち一方 (I 型) のみが高レベルで、発現していること、PCC 8802 では 2 者の酵素が同等なレベルで、発現していることが明らかとなった。従ってアミロペクチン型多糖の生産には、複数の枝作り酵素が適正なバランスで発現していることが必要であると考えられた。また、*Cyanobacterium aponinum* PCC 10605 株は BE 遺伝子を 3 個持ち、貯蔵多糖の鎖長分布は澱粉性の特徴を示すが、ゲノム上に窒素固定遺伝子群を保持していないことが分かった。同株は、非窒素固定性、澱粉生産種の初の例となった。

- (2) *Cyanobacterium* NBRC 102756 株、*Cyanobacterium* CLg1 株のゲノム配列を解析し、ドラフト情報を取得した。両者ともにゲノムサイズは 4 Mb あまりで、GC 含量は 30% 台と低い値であった。共同研究相手である Colleoni グループは、CLg1 株を用いて、澱粉代謝に関わる変異株を多数単離した。本株のドラフトゲノム配列は、変異遺伝子を同定する上で決定的に重要な情報となり、その成果の一部は Plant Cell 誌に発表された (発表論文)。
- (3) 澱粉生産性シアノバクテリアを含む *Cyanothece*、*Cyanobacterium* 属の多くは相同的組換え能を示さず、遺伝子改変技術を容易に適用することができない。唯一、形質転換実験例が報告されている PCC 7822 株 (Min and Sherman 2011) は、本研究での解析の結果、グリコーゲン産生型であることが明らかとなった。以上の状況を踏まえ、*Cyanothece* などとは比較的的近縁種であるモデルシアノバクテリア *Synechocystis* PCC 6803 株を宿主として、澱粉生合成に重要であると報告された *Cyanobacterium* CLg1 株由来の枝切り酵素遺伝子 (*glgX2*) を導入し、形質転換株の特性を調べた。その結果、同株由来の貯蔵多糖のピーク鎖長は重合度 6 に認められ、親株 (野生株) と同様のグリコーゲンであった。すなわち、この事例においては、単一の酵素遺伝子を発現させたのみでは、貯蔵多糖構造の変換は達成できないことが示された。別個のアプローチとして、イネ由来澱粉合成酵素 (SSI)、枝作り酵素 (BE I) 遺伝子を *Synechococcus elongatus* PCC 7942 株 (対応する内在遺伝子を欠損した変異株) に導入した。その結果、SSI、BE I 遺伝子の共存下、SSI の発現が認められず、一方 BE I の発現が (BE I を

単独で導入した場合と比較して) 促進される現象が認められた。今後、遺伝子導入法 (プラスミドあるいは染色体への挿入) を改善することにより、両遺伝子の発現レベルの向上を試み、研究を継続する予定である。

- (4) 窒素固定能を持たない株として本研究により新規に見出された *Cyanobacterium aponinum* PCC 10605 について、栄養欠乏条件下 (窒素、鉄、二酸化炭素) で培養を行い、多糖蓄積量の消長を調べた。窒素、鉄欠乏条件下ではいずれも一過的な澱粉蓄積の促進が認められた。すなわち、異なる栄養欠乏条件下で、それぞれ特異的な無機栄養取り込み、代謝系が誘導されるとともに、共通して多糖合成代謝能が促進されたと推定される。そしてこのような適応現象は、窒素固定能の有無に拠らないことが見出された。一方、二酸化炭素欠乏条件下では澱粉合成の停止と蓄積量の漸減が認められ、他の栄養欠乏条件とは異なる傾向を示した。
- (5) *Cyanobacterium* sp. NBRC 102756、および *Cyanothece* sp. ATCC 51142 株由来、各 3 種の組換え型 BE (BE1、BE2、BE3) について特性解析を行った。アミロペクチンおよびアミロースを基質として酵素活性を求めたところ、両株由来の BE1 と BE2 はほぼ同一の値を示したが、BE3 の比活性は顕著に低かった。各酵素の反応産物である α -グルカンの構造 (鎖長分布) を調べた結果、BE1 および BE2 は主に重合度 6-7 の短いグルカン鎖を生成した。一方、BE3 は短い糖鎖とともに比較的長いグルカン鎖 (重合度約 30) を生成した。澱粉生産性シアノバクテリアに特有である BE3 の特性のみが異なることから、BE3 は澱粉の合成に関わる可能性が示唆された。(発表論文)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 10 件)

Suzuki E, Onoda M, Colleoni C, Ball S, Fujita N, Nakamura Y, Physicochemical variation of cyanobacterial starch, the insoluble α -glucans in cyanobacteria. Plant Cell Physiol, 査読有, 54 (2013), 465-473
DOI: 10.1093/pcp/pcs190

Suzuki E, Suzuki R, Variation of storage polysaccharides in phototrophic microorganisms. J Appl Glycosci, 査読有, 60 (2013), 21-27
DOI: 10.5458/jag.jag.JAG-2012_016

Sawada T, Nakagami T, Utsumi Y, Ohdan T, Suzuki E, Nakamura Y, Characterization of starch and glycogen branching enzymes from various sources. *J Appl Glycosci*, 査読有, 60 (2013), 69-78
DOI: 10.5458/jag.jag.JAG-2012_011

Cenci U, Chabi M, Ducatez M, Tirtiaux C, Nirmal-Raj J, Utsumi Y, Kobayashi D, Sasaki S, Suzuki E, Nakamura Y, Putaux J-L, Roussel X, Durand-Terrasson A, Bhattacharya D, Vercoutter-Edouart A-S, Maes E, Arias MC, Palcic M, Sim L, Ball SG, Colleoni C, Convergent evolution of polysaccharide debranching defines a common mechanism for starch accumulation in cyanobacteria and plants. *Plant Cell*, 査読有, 25 (2013), 3961-3975
DOI: 10.1105/tpc.113.118174

Sawada T, Nakamura Y, Ohdan T, Saitoh A, Francisco Jr. PB, Suzuki E, Fujita N, Shimonaga T, Fujiwara S, Tsuzuki M, Colleoni C, Ball S, Diversity of reaction characteristics of glucan branching enzymes and the fine structure of α -glucan from various sources. *Arch Biochem Biophys*, 査読有, 562 (2014), 476-484
DOI: 10.1016/j.abb.2014.07.032

Suzuki R, Koide K, Hayashi M, Suzuki T, Sawada T, Ohdan T, Takahashi H, Nakamura Y, Fujita N, Suzuki E, Functional characterization of three (GH 13) branching enzymes involved in cyanobacterial starch biosynthesis from *Cyanobacterium* sp. NBRC 102756. *Biochim Biophys Acta*, 査読有, 1854 (2015), 9-21
DOI: 10.1016/j.bbapap.2015.02.012

Hayashi M, Suzuki R, Colleoni C, Ball SG, Fujita N, Suzuki E, Crystallization and crystallographic analysis of branching enzymes from *Cyanotheca* sp. ATCC 51142. *Acta Crystallogr F Struct Biol Commun*, 査読有, 71 (2015), 1109-1113
DOI: 10.1107/S2053230X1501198X

岡野 邦宏, 鈴木 英治, 太田 栞, 宮田 直幸, 谷 幸則, 尾崎 保夫, 秋田県八郎湖における藍藻毒ミクロシスチンと有毒藍藻の季節的変動. *水環境学会誌 (J Jpn Soc Water Environ)*, 査読有, 38 (2015), 23-30
DOI: なし

鈴木 龍一郎, 黒木 みほ, 鈴木 英治, シアノバクテリアが蓄積する貯蔵多糖の生合

成に必要な酵素群の結晶構造解析の試み～澱粉研究における構造生物学の発展に向けて.

秋田県立大学ウェブジャーナル

査読無, B2 (2015), 73-77

DOI: なし

Suzuki E, Suzuki R, Distribution of glucan branching enzymes among prokaryotes.

Cell Mol Life Sci, 査読有, in press

DOI: 10.1007/s00018-016-2243-9

〔学会発表〕(計 31 件)

菅原 優美, 藤田 直子, 尾崎 紀昭, 鈴木 英治, シアノバクテリアにおける貯蔵多糖の多様性とその特徴, 第 5 回 日本応用糖質科学会東北支部会, 2013 年 07 月 05 日 (山形大学工学部 米沢市)

鈴木 英治, 浅野 亮樹, 志村 洋一郎, 福島 淳, 岡野 桂樹, *Parachlorella kessleri* 11h 株のゲノム解析, 日本植物学会 第 77 回大会, 2013 年 09 月 15 日 ~ 2013 年 09 月 17 日 (北海道大学 札幌市)

鈴木 英治, 小野田 美穂, 千葉 あきみ, 中村 保典, 生育条件に依存したシアノバクテリア澱粉構造の多様性, 日本応用糖質科学会 平成 25 年度大会 (第 62 回) 2013 年 09 月 25 日 ~ 2013 年 09 月 27 日 (鹿児島大学 鹿児島市)

菅原 優美, 藤田 直子, 尾崎 紀昭, 鈴木 英治, シアノバクテリア *Cyanotheca* PCC 8802, PCC 7424 における貯蔵多糖の物理化学的性質, 日本応用糖質科学会 平成 25 年度大会 (第 62 回) 2013 年 09 月 25 日 ~ 2013 年 09 月 27 日 (鹿児島大学 鹿児島市)

鈴木 龍一郎, 小出 圭一, 林 真里, 澤田 隆行, 大段 隆史, 中村 保典, 藤田 直子, 鈴木 英治, 澱粉様貯蔵多糖を蓄積するシアノバクテリア由来枝作り酵素群の機能解析 日本応用糖質科学会 平成 25 年度大会 (第 62 回) 2013 年 09 月 25 日 ~ 2013 年 09 月 27 日 (鹿児島大学 鹿児島市)

Eiji Suzuki, Storage polysaccharide and its variation in cyanobacteria, Taward experimental endosymbiosis (招待講演) 2013 年 10 月 21 日 ~ 2013 年 10 月 23 日, Banyls-sur-Mer (France)

鈴木 英治, 単細胞窒素固定ラン藻における”澱粉”生合成機構の解明に向けて, ラン藻の分子生物学 2013 (招待講演) 2013 年 11 月 22 日 ~ 2013 年 11 月 23 日 (かずさアカデミアホール 木更津市)

菅原 優美、萩原 信幸、鈴木 英治、異種枝作り酵素発現による、貯蔵多糖分子構造改変の試み、ラン藻の分子生物学 2013、2013年11月22日~2013年11月23日(かずさアカデミアホール 木更津市)

林 真里、鈴木 龍一郎、藤田 直子、鈴木 英治、澱粉様貯蔵多糖を蓄積するシアノバクテリアにおける枝作り酵素の役割、ラン藻の分子生物学 2013、2013年11月22日~2013年11月23日(かずさアカデミアホール 木更津市)

鈴木 龍一郎、藤田 直子、鈴木 英治、澱粉様貯蔵多糖を蓄積するシアノバクテリア由来グリコーゲン合成酵素の比較研究、ラン藻の分子生物学 2013、2013年11月22日~2013年11月23日(かずさアカデミアホール 木更津市)

菅原 優美、藤田 直子、尾崎 紀昭、鈴木 英治、シアノバクテリアにおける貯蔵多糖の多様性及び、形質転換株を用いた生合成メカニズムの解析、第3回 東北植物学会、2013年12月14日~2013年12月14日、(秋田市カレッジプラザ)

鈴木英治、色素体の成立と貯蔵多糖代謝の進化、第16回 植物オルガネラワークショップ(招待講演)2014年3月17日(富山大学 富山市)

Yuumi Sugawara, Nobuyuki Hagiwara, Eiji Suzuki, Structural modification of glycogen in cyanobacteria by heterologous expression of branching enzymes、第55回 日本植物生理学会年会、2014年3月18日~2014年3月18日(富山大学 富山市)

鈴木 龍一郎、種市 良祐、藤田 直子、鈴木 英治、澱粉様貯蔵多糖を蓄積するシアノバクテリア由来グリコーゲン合成酵素の機能解析、日本農芸化学会 2014年度大会、2014年3月28日~2014年3月30日(明治大学 川崎市)

菅原 優美、萩原 信幸、三浦 淳、鈴木 龍一郎、鈴木 英治、シアノバクテリアにおけるイネ澱粉代謝酵素遺伝子の発現と機能解析、日本植物学会 第78回大会、2014年9月12日~2014年9月14日(明治大学 川崎市)

澤田 隆行、中村 保典、大段 隆史、齋藤 麻美、PB Francisco, Jr、鈴木 英治、藤田 直子、下永 高弘、藤原 祥子、都筑 幹夫、C Colleoni, S Ball、生物種起源の異なる α -グルカン枝作り酵素(BE)の反応特性の多様性、日本応用糖質科学会 平成26年度大会(第63回)、2014年9月24日~2014年9月26日

(朱鷺メッセ 新潟市)

林 真里、鈴木 龍一郎、藤田 直子、鈴木 英治、澱粉様貯蔵多糖を蓄積するシアノバクテリア由来枝作り酵素の構造機能解析、日本応用糖質科学会 平成26年度大会(第63回)、2014年9月24日~2014年9月26日(朱鷺メッセ 新潟市)

鈴木 龍一郎、林 真里、藤田 直子、鈴木 英治、シアノバクテリア由来枝作り酵素群のN末端側領域の特性解析、日本応用糖質科学会 平成26年度大会(第63回)、2014年9月24日~2014年9月26日(朱鷺メッセ 新潟市)

菅原 優美、萩原 信幸、三浦 淳、鈴木 龍一郎、鈴木 英治、イネ BEI および BEIIb 発現によるシアノバクテリア貯蔵多糖の改変、日本応用糖質科学会 平成26年度大会(第63回)、2014年9月24日~2014年9月26日(朱鷺メッセ 新潟市)

鈴木 英治、大段 隆史、浅野 亮樹、小林 弥生、藤 晋一、Christophe Colleoni、Steven Ball、岡野 桂樹、福島 淳、澱粉生産性シアノバクテリア *Cyanobacterium* sp. CLg1 株のゲノム解析、第4回 東北植物学会、2014年12月13日~2014年12月14日(山形大学 山形市)

② 鈴木 龍一郎、林 真里、藤田 直子、鈴木 英治、構造生物学的アプローチによるシアノバクテリア枝作り酵素の作用機序解明の試み、第4回 東北植物学会、2014年12月13日~2014年12月14日(山形大学 山形市)

② Eiji Suzuki、Christophe Colleoni、Steven Ball、Distribution of starch-producing traits among the phylogeny of cyanobacteria、第56回 日本植物生理学会年会、2015年3月16日~2015年3月18日(東京農業大学 東京都世田谷区)

③ 鈴木 龍一郎、林 真里、藤田 直子、鈴木 英治、澱粉様貯蔵多糖を蓄積するシアノバクテリア由来枝作り酵素の構造解析と機能改変、日本農芸化学会 2015年度大会、2015年3月26日~2015年3月29日(岡山大学 岡山市)

④ Eiji Suzuki, Steven Ball, Christophe Colleoni, An evolutionary scenario for the acquisition and diversification of starch metabolism in cyanobacteria, 15th International Symposium on Phototrophic Prokaryotes, 2015年8月2日~2015年8月6日(チュービンゲン大学 ドイツ)

②⑤ 鈴木 英治、Christophe Colleoni、Steven Ball、澱粉生産性シアノバクテリアの系統内分布・多様性・進化、日本植物学会 第 79 回大会、2015 年 9 月 6 日～2015 年 9 月 8 日(朱鷺メッセ 新潟市)

②⑥ 鈴木 英治、Christophe Colleoni、Steven G. Ball、鈴木 龍一郎、原核生物における貯蔵多糖 (α -グルカン) 代謝酵素の分布、日本応用糖質科学会 平成 27 年度大会(第 64 回)、2015 年 9 月 16 日～2015 年 9 月 18 日(奈良春日野国際フォーラム 奈良市)

②⑦ 木村 友亮、鈴木 龍一郎、Christophe Colleoni、Steven G. Ball、藤田直子、鈴木 英治、澱粉生産性シアノバクテリア由来枝切り酵素の機能解析、日本応用糖質科学会 平成 27 年度大会 (第 64 回)、2015 年 9 月 16 日～2015 年 9 月 18 日(奈良春日野国際フォーラム 奈良市)

②⑧ 鈴木 英治、Christophe Colleoni、Steven G. Ball、鈴木龍一郎、原核生物におけるグリコーゲン代謝酵素の分布とシアノバクテリアの特徴、藍藻の分子生物学 2015、2015 年 11 月 16 日～2015 年 11 月 17 日(かずさアカデミアホール 木更津市)

②⑨ 木村 友亮、鈴木 龍一郎、Christophe Colleoni、Steven G. Ball、藤田 直子、鈴木 英治、シアノバクテリア澱粉の生産に必要な枝切り酵素の特性解析、藍藻の分子生物学 2015、2015 年 11 月 16 日～2015 年 11 月 17 日(かずさアカデミアホール 木更津市)

③⑩ 鈴木 英治、Christophe Colleoni、Steven Ball、鈴木 龍一郎、枝作り酵素の分布から見た原核生物における貯蔵多糖代謝の進化、第 5 回 東北植物学会、2015 年 12 月 19 日～2015 年 12 月 20 日(福島大学 福島市)

③⑪ 後藤 光寛、齊藤 健太、鈴木 龍一郎、鈴木 英治、Functional analysis of glycogen debranching enzymes in *Synechocystis* sp. PCC 6803、第 57 回 日本植物生理学会年会、2016 年 3 月 18 日～2016 年 3 月 20 日(岩手大学 盛岡市)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.dbp.akita-pu.ac.jp/~plant-physiol/naiyou3.html>

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

鈴木 英治 (SUZUKI, Eiji)

秋田県立大学・生物資源科学部・教授

研究者番号：60211984

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし