

戦略的創造研究推進事業 CREST

研究領域

「二酸化炭素資源化を目指した植物の物質生産力
強化と生産物活用のための基盤技術の創出」

研究課題「シンク/ソース同時改良による植物生産
性強化の基盤開発」

研究終了報告書

研究期間 平成24年10月～平成30年 3月

研究代表者:重岡 成
(近畿大学農学部、教授)

§ 1 研究実施の概要

(1) 実施概要

本研究では、単位面積当たりの収穫量とハーベストインデックスが作物中でほぼ最大であるイモ類(サツマイモ、ジャガイモ)を研究対象植物に用いた。光合成カルビン回路の律速である2つのホスファターゼ反応をラン藻由来のフルクトース-1,6-/セドヘプツロース-1,7-ビスホスファターゼ (FBP/SBPase) で強化し、野生種スイカの乾燥時の急速な根の発達に関わる *CLRAN1* 遺伝子を導入することによって、ソースとシンク間の代謝連携を解析するとともに、個々の遺伝子の生産機能強化能力を評価することを目指して研究した。さらに、ストレス耐性に関わる遺伝子を導入することによって、悪環境下での生産性強化を試みた。近畿大学グループはサツマイモに、植物ハイテック研グループはジャガイモに、これら遺伝子を導入した形質転換体を作出するとともに、それぞれのイモ類の生産性強化の為に遺伝子資源(プロモーターなど)の単離解析、および葉緑体形質転換技術を確立した。作出した形質転換体は研究室で解析すると共に、筑波大学グループによって特定網室栽培を行い、形質転換植物の実用環境での評価を進めた。

サツマイモは分子生物学的な情報がほとんどないことから、近畿大学グループではまず CaMV35S プロモーター制御下で *FBP/SBPase* 遺伝子を葉緑体で恒常的に発現させたサツマイモ形質転換体を作出した。*FBP/SBPase* の高発現が見られた株では光合成活性の上昇が認められたにもかかわらず、生育促進およびバイオマスの増大は認められなかった。モデル植物での *FBP/SBPase* 発現解析の結果から、*FBP/SBPase* の恒常的発現は生育には負の効果を示すと予想されたことから、サツマイモの緑色組織で特異的に発現する RuBisCO スモールサブユニットプロモーター (*pIbRbcS1*) を単離し、このプロモーター制御下で *FBP/SBPase* を発現させた“改良型 *FBP/SBPase* 導入サツマイモ” (*IbRbcS1pro:FS* 株) を作出した。*IbRbcS1pro:FS* 株の光合成活性は非組換え体の約 1.3 倍に上昇しており、地上部は非組換え体と比較して有意に増加していた。この系統の塊根数は非組換え体と比較して増加していたが、塊根重量に有意差は認められなかった。また、筑波大学グループにより特定網室での生育特性を比較したところ、いずれの形質転換体もグロースチャンバー内での結果と同様の傾向を示した。さらに、同グループにおいて、*IbRbcS1pro:FS* 株にシンク能力の高いオキコガネを台木として接ぎ木すると、バイオマス生産量が増加する傾向が見られたことから、サツマイモのように明確なシンク器官を有する植物では、やはりソースとシンクを同時に強化することが重要であることが再認識された。そこで、シンク強化遺伝子である *CLRAN1* 遺伝子をサツマイモの根で発現制御させるプロモーターを単離するために RNA-seq 解析を行い、不定根原基に特異的に発現する PLATZ (plant AT-rich sequence and zinc-binding protein; *IbPLATZ*) 転写因子を同定した。さらに *IbPLATZ* 遺伝子のプロモーター領域を単離し、*IbPLATZ* プロモーター制御下で *GUS* を発現させた形質転換シロイヌナズナにおいて発現が根端特異的であることを明らかにした。*IbRbcS1* プロモーター制御下で *FBP/SBPase* 遺伝子を、*IbPLATZ* プロモーター制御下で *CLRAN1* 遺伝子を同時に導入したサツマイモを作出が完了し、チャンバーおよび特定網室での解析を並行して進めている。

植物ハイテック研グループでは、動物細胞では腫瘍増殖に関係ある因子として知られている RAN1 タンパク質が、ジャガイモでは塊茎の基盤組織である地下ほふく枝(ストロン)の発達促進に関連することを明らかにした。かつ、そのジャガイモ内生プロモーターを明らかにして、それを用いた *RAN1* 遺伝子の発現制御を行い、塊茎数を増加することによるシンク能力の強化を図った。この時、同時に *FBP/SBPase* 遺伝子の核ゲノム導入によるソース能力の強化も実施し、植物体当たりの塊茎乾燥重量が約 1.2 倍になったジャガイモラインの作出に成功した。さらに、ジャガイモの葉緑体ゲノムに *FBP/SBPase* 遺伝子を導入する研究により、ソース能力の強化を実証した。また、サツマイモの葉緑体ゲノムにも *FBP/SBPase* 遺伝子を導入し、世界で初めてサツマイモの葉緑体形質転換に成功した。

筑波大学グループがストレス耐性付与を目指して作出したマンダリン遺伝子導入ジャガイモは、非組換え体で見られる塩ストレス条件下でのクズイモ化による塊茎生産量の減少が抑えら

れており、全塊茎重および塊茎 1 個重が有意に増加していた。一方、近畿大学グループが作出した *HsfA2* 遺伝子導入サツマイモは、強光・乾燥条件下での可視傷害が軽減されており、光合成活性当たりの総バイオマス生産量は非組換え体と比較して有意に増加していた。これらの組換え体を用いて、ソース/シンク能強化植物に先立って生物多様性影響評価試験を行うことにより、遺伝子組換えイモ類の第一種使用申請に必要なデータ類の取得に関するストラテジーを確立した。

(2) 顕著な成果

<優れた基礎研究としての成果>

1.

概要: (200 字程度)

サツマイモ葉より *rbcS* 遺伝子 (*lbrbcS1* および *lbrbcS2*) を単離し、シロイヌナズナを用いた *GUS* レポーターアッセイにより、*pIbrbcS1* は緑葉組織・明期特異的プロモーターであることを明らかにした (Gene 2015)。さらに、本プロモーターを用いてラン藻由来 *FBP/SBPase* 遺伝子をサツマイモに導入したところ、光合成能の向上および地上部バイオマスの増産が見られることを明らかにした。

2.

概要: (200 字程度)

ジャガイモにおいて、*RAN1* タンパク質を介したストロンの発達促進機能を捉えた。さらに、ジャガイモ内生 *RAN1* 遺伝子のプロモーターによる *RAN1* 遺伝子の発現制御技術確立し、また *FBP/SBPase* 遺伝子との核ゲノム同時導入によってジャガイモのシンク・ソース同時強化に成功した。

3.

概要: (200 字程度)

ジャガイモの葉緑体形質転換技術の確立に成功した。これまでのタバコおよびレタス葉緑体形質転換体と同様に、ジャガイモ葉緑体には RuBisCO 大サブユニットと同程度の外来タンパク質を蓄積する能力を有することを明らかにした。また、*FBP/SBPase* 遺伝子を葉緑体ゲノムに導入することにより、光合成を向上させることに成功した。

<科学技術イノベーションに大きく寄与する成果>

(新産業の創出への手掛かりなど出口を見据えた基礎研究から、企業化開発の手前までを含め、科学技術イノベーションに大きく貢献する成果など)

1.

概要: (200 字程度)

ジャガイモの葉緑体形質転換技術の確立に成功した。これまでのタバコおよびレタス葉緑体形質転換体と同様に、ジャガイモ葉緑体には RuBisCO 大サブユニットと同程度の外来タンパク質を蓄積する能力を有することを明らかにした。医療用タンパク質などの有用タンパク質遺伝子を同時に導入することによって、現時点で不要と考えている地上部を有用タンパク質の高生産に利用できる。

§ 2 研究実施体制

(1) 研究チームの体制について

①「近畿大学」グループ

研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
重岡 成	農学部バイオサイエンス学科	教授	H14.10～
田茂井 政宏	農学部バイオサイエンス学科	准教授	H24.10～
大鳥 久美	農学部バイオサイエンス学科	研究支援者	H24.11～
吉村 和也	中部大学応用生物学部 食品栄養科学科	准教授	H24.10～
田部 記章	農学部バイオサイエンス学科	博士研究員	H25.5～
玉置 優子	農学部バイオサイエンス学科	研究支援者	H29.7～

研究項目

・遺伝子導入によるサツマイモの生産性増大及びストレス耐性能付与とその評価

②「植物ハイツック」グループ

研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
横田 明穂	(株)植物ハイツック研究所	取締役(奈良先端 大名誉教授)	H24.10～
牛山 敬一	(株)植物ハイツック研究所 研究開発部	部長	H24.12～
蘆田 弘樹	神戸大学発達科学部人間発達環境学研究科	准教授	H24.10～
宗景 ゆり	関西学院大学理工学部 大学院理工学研究科	准教授	H24.10～
小川 太郎	(株)植物ハイツック研究所 研究開発部	研究開発部次長 (博士研究員)	H24.12～
蘆田 佳子	(株)植物ハイツック研究所 研究開発部	博士研究員	H27.10～
加藤 彰	(株)植物ハイツック研究所 研究開発部	博士研究員	H24.10～
佐野 和子	(株)植物ハイツック研究所 研究開発部	研究員	H24.12～
米光 歩	(株)植物ハイツック研究所 研究開発部	研究補助員	H26.4～
青木 洋代	(株)植物ハイツック研究所 研究開発部	研究補助員	H26.6～
渡邊 園恵	(株)植物ハイツック研究所 研究開発部	研究補助員	H28.4～
中川 明生	(株)植物ハイツック研究所	温室栽培補助員	H25.7～

	所 研究開発部		
木村 愛子	奈良先端科学技術大学院大学	博士研究員	H25.4～H27.9
森川 かおる	奈良先端科学技術大学院大学バイオサイエンス研究科	研究技術員	H24.10～H26.3
原田 麻記	奈良先端科学技術大学院大学	技術補佐員	H26.4～H28.3

研究項目

・ジャガイモにおけるシンク器官の機能強化遺伝子の解析とソース機能強化遺伝子とのシナジー評価、ならびにイモ類の葉緑体形質転換法の確立と生産機能強化への応用

③「筑波大学」グループ

研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
菊池 彰	筑波大学生命環境系	教授	H24.10～
渡邊 和男	同上	教授	H24.10～
小口 太一	同上	助教	H24.10～
高安 聡子	筑波大学研究推進部	契約職員	H25.4～
大高 優	同上	非常勤職員	H24.10～
小田嶋 恵美子	同上	非常勤職員	H24.12～
古川 由香	同上	非常勤職員	H25.11～
辻 恵美	同上	非常勤職員	H24.11～H25.7

研究項目

- ・ 環境ストレス耐性遺伝子組換えイモ類の作出と選抜
- ・ 遺伝子組換えイモ類の第一種使用に向けた試験栽培と生物多様性影響評価試験
- ・ 遺伝子組換えイモ類の第一種使用申請と隔離ほ場栽培試験
- ・ 遺伝子組換えイモ類のリスク管理に関わる基盤研究
- ・ 遺伝子組換えイモ類の導入候補地の選定、法的手続きの見きわめと栽培計画の検討

(2)国内外の研究者や産業界等との連携によるネットワーク形成の状況について

北海道大学の田中歩グループのステイグリーン植物解析のために、ラン藻 *FBP/SBPase* 遺伝子を譲渡。光合成の強化が老化に及ぼす影響を解析。

§ 3 研究実施内容及び成果

3. 1 遺伝子導入によるサツマイモの生産性増大及びストレス耐性能付与とその評価 (近畿大学重岡グループ)

(1)研究実施内容及び成果

・光合成およびシンク能増強に適したプロモーターの探索およびサツマイモ用ベクターの構築と利用

サツマイモは分子生物学的な情報がほとんどないことから、FBP/SBPaseを緑色光合成器官で明期特異的に発現させたサツマイモ作出に向け、ジャガイモRbcAcプロモーターおよびサツマイモRbcSプロモーターの取得を行った。サツマイモ葉よりRuBisCOスモールサブユニット (*RbcS*) 遺伝子2種類を単離したが [DDBJ accession No. LC036584 (*IbRbcS1*)、および LC036585 (*IbRbcS2*)]、*IbRbcS1*のみが緑葉組織に発現していた(図1-1)ことから、*IbRbcS1*プロモーター(開始コドン上流の -991 bp)を決定した。シロイヌナズナを用いたGUSレポーターアッセイにより、*IbRbcS1*プロモーターは緑葉組織特異的かつ明期特異的に機能することが明らかとなった(図1-2)ことから、サツマイモでのFBP/SBPase発現には *IbRbcS1*プロモーターが適していることが示唆された。

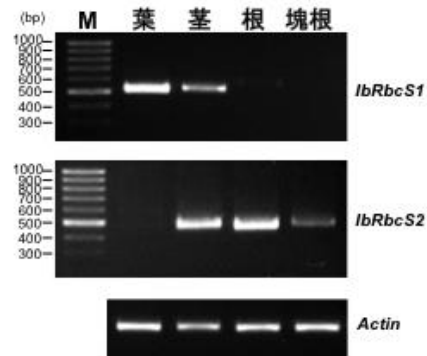
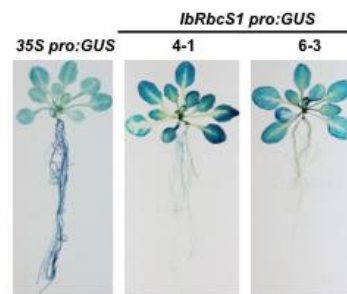


図 1-1. サツマイモ *IbRbcS1*, *IbRbcS2* 遺伝子の組織特異的発現様式

図 1-2. サツマイモ *IbRbcS1*, *IbRbcS2* プロモーターの GUS レポーターアッセイ



・FBP/SBPaseを葉緑体内に発現させたソース能強化形質転換サツマイモの作出と評価

CaMV35S プロモーター制御下で FBP/SBPase を葉緑体に恒常的に発現させたサツマイモ形質転換体 (35Spro:FS 株) を作出した。FBP/SBPase の高発現が見られた株では、総 FBPase 活性は非組換え体の約 2.2 倍に、2,000 $\mu\text{mol photons/m}^2/\text{s}$ での光合成活性は非組換え体の約 1.9 倍に上昇していたが、いずれの系統においても生育促進およびバイオマスの増大は認められなかった。また、これらの株を筑波大学の特定網室で栽培試験を行ったが、グロースチャンバー内での結果と同様の傾向を示した。イネでの FBP/SBPase 発現解析の結果から、FBP/SBPase の恒常的発現は生育に負の効果を示す場合があることを明らかにしている。そこで、サツマイモから単離した緑色組織で明期特異的に発現する *IbRbcS1* プロモーター制御下で FBP/SBPase を発現させた“改良型 FBP/SBPase 導入サツマイモ” (*IbRbcS1*pro:FS 株) 2 系統を作出した。

・サツマイモ由来のシンク特異的プロモーターの単離およびソース/シンク能同時強化形質転換サツマイモの作出

サツマイモ腋芽での *CLRANI* 遺伝子高発現に適したプロモーターの探索を行うための実験系として、水耕栽培によりサツマイモ腋芽を効率的に回収する系を構築した。この系を用いて得られた茎および不定根原基から RNA をそれぞれ抽出し、次世代シーケンサーを用いた RNA-seq 解析を行った。その結果、約 6,000 遺伝子が茎と比較して不定根原基で 2 倍以上高発現していることを明らかにした。発現量の高い遺伝子上位 100 遺伝子を機能別に分類したところ、これまでに他の植物の胚発生に関与する遺伝子ホモログが多く含まれていた。このことは、今回のアッセイが正確に行われたことを強く示唆する。また、このうちの約半数が unknown に分類された(図 1-3)。

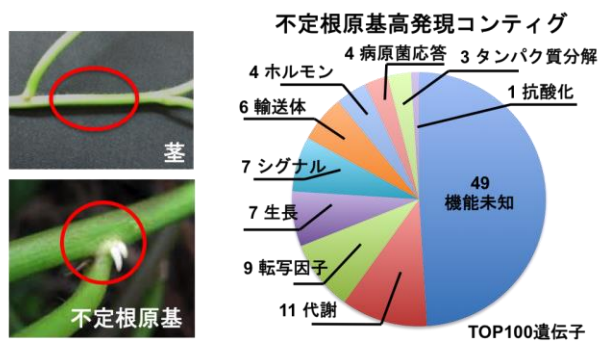


図 1-3 RNA-seq 解析によるサツマイモ不定根原基と茎のトランスクリプトーム比較。不定根原基での発現が茎の 2 倍以上のものかつ不定根原基での発現が高い TOP100 を機能別に分類。不定根原基に発現していた胚発生および細胞分化に關与する遺伝子。

機能	遺伝子名	発現比
胚発生	AP2-like エチレン応答転写因子 (BBM)	- 11.23
	AP2-like エチレン応答転写因子 (AIL6)	- 10.35
	AP2-like エチレン応答転写因子 (PLT2)	- 9.92
	AP2-like エチレン応答転写因子 (PLT3)	- 9.29
	Late embryogenesis abundant protein-related (LEA)	- 10.62
	オーキシン応答転写因子 (ARF5)	- 9.11
	Scarecrow (SCR)	- 8.66
細胞分化	GIGANTEA	- 10.43
	extensin-like	- 9.56
	beta expansin 1 precursor	- 9.08

この内ランダムに抽出した 20 遺伝子のサツマイモ組織における発現を解析した結果、機能未知の転写因子である *PLATZ* (plant AT-rich sequence and zinc-binding protein; *IbPLATZ*) 遺伝子の発現が不定根原基特異的であることを見出した。*IbPLATZ* 遺伝子は不定根原基での発現が茎での発現の約 100 倍であることから、*CLRAN1* 遺伝子のシンク器官特異的高発現に適していると考えた。そこで *IbPLATZ* のプロモーター領域約 2 kbp を単離し、GUS をレポーター遺伝子として発現させた形質転換シロイヌナズナを作出した。形質転換シロイヌナズナにおける GUS の発現は根特異的にみられ、特に根端に強く発現していた。

・植物由来ストレス耐性遺伝子を導入した形質転換サツマイモの作出と評価

シロイヌナズナ *HsfA2* 遺伝子を CaMV35S プロモーター制御下で高発現させた形質転換サツマイモ 2 系統を作出した (35Spro:HsfA2 株)。パラコート処理による酸化ストレス感受性試験を行ったところ、Pro35S:HsfA2 株は非組換え体と比較してパラコート耐性を示し、クロロフィルの減少も顕著に抑制されていた (図 1-4)。また、また、グロースチャンバー内 (600 $\mu\text{mol photons/m}^2/\text{s}$) での生育を非組換え体と比較したところ、植え付け後 100 日後の形質転換株の塊根部の生重量に非組換え体と比較して変化は認められなかった (図 1-5)。以上のことから、*AtHsfA2* のサツマイモへの導入は、酸化ストレス耐性を付与することが示された。これらの株は、筑波大の特定網室においてストレス耐性能評価を行ったが、中間評価での指摘を受け、平成 27 年度末で終了した。

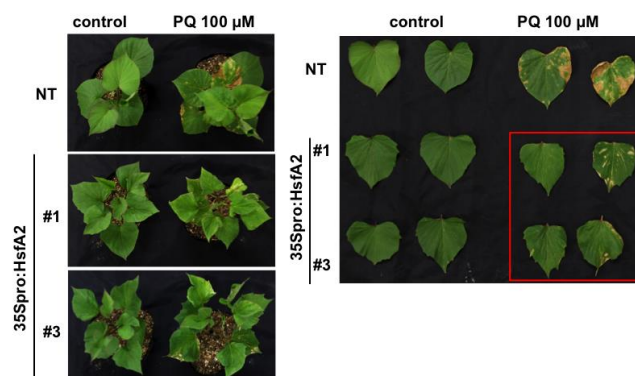


図 1-4 35Spro:HsfA2 株のパラコートストレス耐性能向上

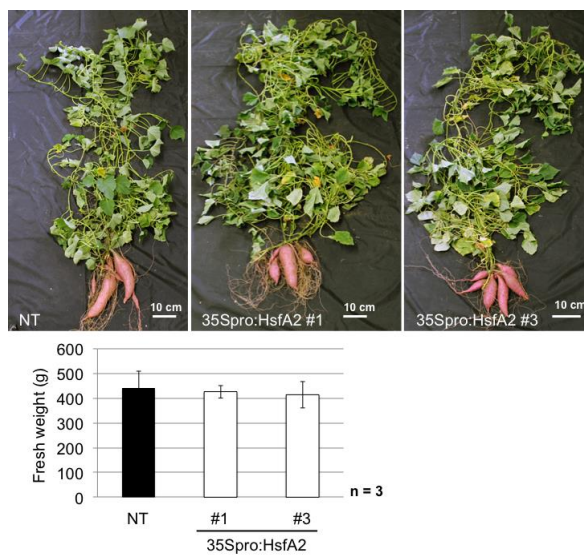


図 1-5
Pro35S:HsfA2 株の生育および塊根生産性

3.2 ジャガイモにおけるシンク器官の機能強化遺伝子の解析とソース機能強化遺伝子とのシナジー評価、ならびにイモ類の葉緑体形質転換法の確立と生産機能強化への応用(植物ハイテック 横田グループ)

(1)研究実施内容及び成果

(a) ジャガイモにおけるシンク器官の機能強化遺伝子の解析とソース機能強化遺伝子とのシナジー評価

・特定網室における生物多様性影響評価試験

組換え生物の第二種使用等で規定される特定網室における栽培実験による生物多様性影響評価試験を計画した。テストケースとして葉緑体形質転換タバコを奈良先端科学技術大学院大学で第二種使用等するために、平成 26 年 1 月 27 日に大臣確認を受けた。その後、特定網室と第一種使用等の屋外圃場をともに保有する筑波大学に作業の中心を移した。

・高収量形質を呈するジャガイモの栽培形質の解析

本事業に先立つ ALCA 事業（平成 23 年 3 月～平成 24 年 9 月）で高収量形質を呈するジャガイモとして、メイクイン (MQ) 品種に野生種スイカ由来の根伸長因子、*CLRAN1* 遺伝子 (Akashi, K. et al. Biosci. Biotechnol. Biochem. 2016 80: 1907-1916) を核ゲノムに導入した株、ラン藻由来の光合成遺伝子、*FBP/SBPase* を核ゲノムに導入した株、それら二つを同時に核ゲノムに導入した株を作出していた。本事業でそれらの栽培形質を詳細に解析し直した。その結果、全ての株が高収量形質を再現しなくなっていた（データ未提示）。そこで、組換えに用いるプラスミド・コンストラクトをより高発現が期待できるものに改良したものを加え、かつ、実験に用いる品種にデジレ (DES) 品種を加えて新たな形質転換株の作出を行った。この研究結果は後述する。

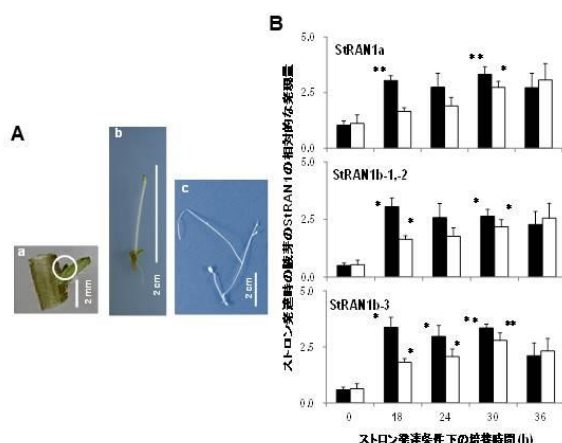


図 2-1 ジャガイモの *in vitro* ストロン発達系とストロン発達条件下の腋芽における *StRAN1* の発現量の変化

A: ジャガイモの *in vitro* におけるストロン発達系。a. ジャガイモ腋芽 (図中の○)。b. *in vitro* で発達中のストロン。c. ストロン上に発達したマイクロチューバ。マイクロチューバを形成したために b の組織をストロンと同定。B: ストロン発達条件下の腋芽における *StRAN1* の qRT-PCR による発現量の解析。ジャガイモは 2 種類の *StRAN1* を持つ。4 種類の *StRAN1a* 転写物を 1 グループ (*StRAN1a*)、3 種類の *StRAN1b* を 2 グループに分けて定量。黒カラムと白カラムは 2 つの遺伝子を qRT-PCR の計算基準に用いたことを示す。0 h 時の *StRAN1a* を 1.0 とした相対的な発現量で表示。

・内生 *RAN1* 発現の時間的・空間的解析

CLRAN1 はジャガイモ内生 *RAN1* である *StRAN1a*、*1b* とアミノ酸レベルの相同性が 95.0% と 94.1% でホモロジーが高い。このことは *CLRAN1* の生化学的機能と *StRAN1* の生化学的機能が同じであることを示す。ここで、ジャガイモ塊茎の基盤組織である地下ほふく枝 (ストロン) の発生時における *StRAN1* 遺伝子の発現挙動を解析した。先行して行っていた ALCA 事業で確立した *in vitro* ストロン発達系 (図 2-1A) を活用して、同じ培養条件でジャガイモ腋芽からストロンを発達させた。ストロン発達時の遺伝子発現量を解析した結果、二つの *StRAN1* 遺伝子は共に、培養開始後、18 h 以降に発現量が急激に上昇した (図 2-1. B)。 *StRAN1* はストロンの発達を促進し、*CLRAN1* 遺伝子の導入は *StRAN1* 機能を補強してストロン組織発達を促進すると考えた。

・ソース能とシンク能を同時に強化したジャガイモの作出とそれを用いたソースとシンク

間の代謝連携の解析

ジャガイモ・MQ 品種と DES 品種に対して、*FBP/SBPase* 遺伝子と *CLRAN1* 遺伝子を同時に核ゲノム導入した。その結果、ジャガイモのシンク／ソースの同時強化が、塊茎収量を増加させることに有効であることが示された。

(b) イモ類の葉緑体形質転換法の確立と生産機能強化への応用

・ジャガイモとサツマイモの葉緑体形質転換法の確立と *FBP/SBPase* 遺伝子の導入

ジャガイモの葉緑体形質転換法は、海外の研究グループから主に DES 品種を用いた方法が報告されている。本研究では DES 品種に加えて、国際的に初めての試みとして MQ 品種を材料として、光合成機能の大幅な強化を目的に葉緑体形質転換を実施した。はじめに 2 品種に極めて高い配列相同性を示すベクターを遺伝子銃によって本葉切片に撃ち込み、*FBP/SBPase* 遺伝子が導入された葉緑体形質転換カルスの作出を試みた。その結果、MQ 品種で葉緑体形質転換法を確立する事に成功した。

サツマイモでは、これまでに安定的な葉緑体形質転換の成功例は無い。そこでソース機能の大幅な強化を目的に、葉緑体形質転換法の確立と *FBP/SBPase* 遺伝子の導入を試みた。遺伝子導入カルスの薬剤選抜を実施した結果、カルスの段階ではあるが、世界で初めてサツマイモの葉緑体形質転換に成功した。

・ジャガイモへの多重遺伝子導入と生産性評価

FBP/SBPase を葉緑体ゲノムに導入したジャガイモに他の機能遺伝子を導入することを計画したが、多重に遺伝子を導入した形質転換体を得ることができなかった。そこで、葉緑体組換えジャガイモの接ぎ木植物を作成して 2 つの遺伝子が機能するジャガイモの生産性評価を行った。栽培 116 日目に収穫し、会計重量を比較したところ、CR18/CR18 と FS129/CR18 間で大きな差はなく、FS129 で見られた塊茎の萎縮は認められなかった (図 2-2)。この結果は、ソース強化ジャガイモにおいてもシンク能力がリミットとなり光合成活性をフィードバック阻害してしまうが、シンク能力の同時強化により改善することを示唆している。



図 2-2 FS129 を用いた接ぎ木実験による塊茎生産能力の解析

3.3 環境ストレス耐性遺伝子組換えイモ類の作出と選抜および遺伝子組換えイモ類の第一種使用に向けた試験栽培と生物多様性影響評価試験（筑波大学 菊池グループ）

(1)研究実施内容及び成果

・環境ストレス耐性遺伝子組換えイモ類の作出と選抜

環境ストレス耐性を付与させることが期待されるマングローブ由来の マングリン遺伝子、アッケシソウ由来の *AGP*(アラビノガラクトタンパク質) 遺伝子、イグサ由来の *RBP*(RNA binding protein) 遺伝子をジャガイモに導入し、環境ストレス下でも塊茎生産が維持出来る慣用ストレス耐性ジャガイモの作出を目指しプロジェクトを推進した。

当初、エスケープによる再分化個体の取得が多く、思うように形質転換系統数を増やす事ができない問題があったが、選抜マーカーの変更や形質転換効率に寄与する薬剤の添加などの形質転換系の改良等により、以前より効果的に形質転換体が得られる実験系の調整が出来た。選抜マーカーには除草剤耐性遺伝子、添加薬剤はアセトシリゴンからクロロキシニルへ変更し、形質転換体の作出を進めた。

マングリン遺伝子の導入をジャガイモへ実施し 156 個体の再分化個体を得た。このうち 60 が独立した系統であり、うち 37 系統で導入遺伝子の存在が確認されている。一方、*AGP* 遺伝子の導入についても遅れて着手し、43 個体の再分化個体を得た。このうち 25 が独立した系統であり、うち 2 系統で導入遺伝子の存在が確認されている。しかし、形質転換作出効率を上げる実験に注力したことと、中間評価の結果、平成 27 年度末を以て終了することとなったため、イグサ由来の *RBP* 遺伝子を導入したジャガイモは得られていない。

マングリン遺伝子に関して、得られた 37 系統のうち維持増殖できた 35 再分化体に対し、塩ストレス環境下での成長量を指標に耐塩性評価を実施し、12 再分化体を選抜した。その後、サザンブロット分析により系統の独立性を確認したところ、一部に同一系統と思われるものが含まれており、独立した 9 系統を選抜することが出来た。マングリン遺伝子に関しては耐性系統の選抜を終了する事とし、得られた選抜系統は、次ステップとなる「遺伝子組換えイモ類の第一種使用に向けた試験栽培と生物多様性影響評価試験」へ供することとした。

・遺伝子組換えイモ類の第一種使用に向けた試験栽培と生物多様性影響評価試験

i) 環境ストレス耐性ジャガイモの評価試験

前研究項目で作出された マングリン遺伝子を導入した形質転換体に関して、塩ストレス環境下での成長量を指標に耐塩性評価を実施し、独立した 9 系統を選抜することが出来た。

一方、遺伝子組換え体の屋外栽培となる第一種使用申請を行うために必要となる、生物多様性評価試験を実施した。土壌微生物相への影響評価と周辺植生への影響評価試験として、サンドイッチ試験、鋤込み試験、後作試験を実施した。その結果、組換え体は非組換え体と比較して有意な差異が認められなかった。本試験は、まだ 1 回しか実施出来ていないため、繰り返しの試験を行い、屋外栽培試験となる第一種使用申請の要件を整える計画であった。しかし、本実施項目は中間評価の結果、平成 27 年度末を以て終了することとなった。

ii) 環境ストレス耐性サツマイモの評価試験

環境ストレス耐性の強化を目的としてシロイヌナズナ由来ヒートショック転写因子である *HsfA2* 遺伝子を導入した遺伝子組換えサツマイモ栽培試験に着手した。導入遺伝子をカリフラワーモザイクウイルス 35S プロモーターにより制御した 2 系統 (35Spro:*HsfA2* #1 と #3) に関する評価を行った。

各 1 個体の譲渡を受け、馴化後、直ちに特定網室において高温ストレス耐性の評価を実施した。*HsfA2* 導入株では非組換え体に比べ、コンダクタンスが低く (図 3-1: ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$)、蒸散が抑制されていることが考えられ、葉の表面温度が高い傾向にあった。しかし、*HsfA2* 導入株では光により葉に生じる可視障害が軽減される傾向が認められている (図 3-2)。生産された塊根について、組換え体と非組換え体の間に顕著な形態差異は認められなかった (図 3-3)。蒸散量が低いため (図 3-1)、光合成量は低いが (図 3-4: ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$)、有為に光合成の低下が認められる 1 系統 (#1) において、バイオマス (茎葉と塊根の総量) が高い結果となった。当該系統は非組換え体よりも光合成あたりのバイオマスが増大していることから、呼吸等による消耗が抑制され、光合成生産物が植物体に維持されている事が考えられた。再度、個体数を増やし再現性を確認した。

その結果、同様にコンダクタンスが低下しているにも関わらず (図 3-5: * $p < 0.05$)、茎葉を含めた総バイオマスでは差異はなく、光合成あたりの総バイオマ

スは組換え体が高い (図 3-6)。これは、呼吸等による消耗が抑制され、光合成生産物が植物体に維持されている事が考えられた。また、栽培試験と並行し、第一種使用申請に必要な生物多様性影響評価試験をあわせて実施しており、非組換え体との間に有意差は認められていない。なお、本実施項目は中間評価の結果、平成 27 年度末を以て終了することとなった。

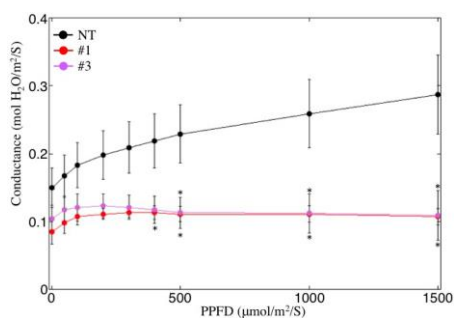


図 3-5. コンダクタンス

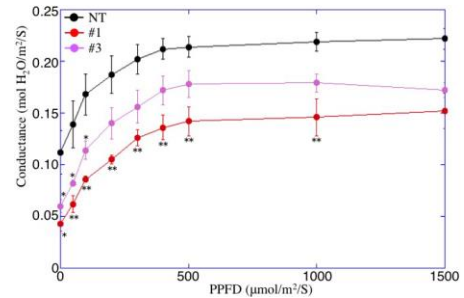


図 3-1. *HsfA2* 系統のコンダクタンス



図 3-2. 可視障害の軽減

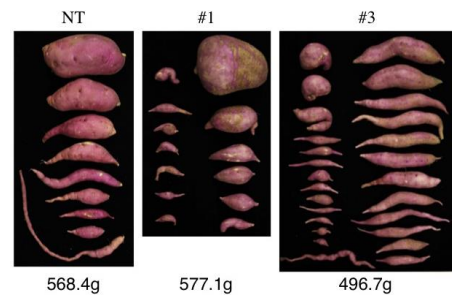


図 3-3. 得られた塊根

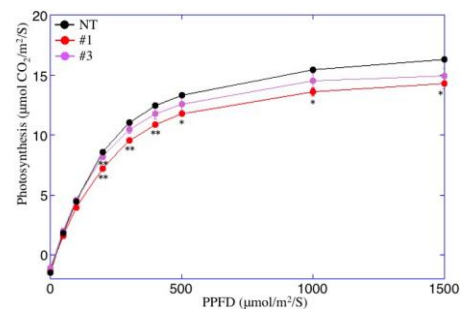


図 3-4. 光合成量

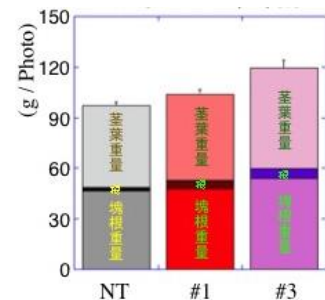


図 3-6. 光合成あたりのバイオマス量

iii) 光合成能力を強化した遺伝子組換えサツマイモの評価

光合成能力の強化を目的として *FBP/SBPase* 遺伝子を導入した遺伝子組換えサツマイモ栽培試験に平成 25 年度より着手した。導入遺伝子をカリフラワーモザイクウイルス 35S プロモーターにより制御した初期型 2 系統 (35Spro:FS1-1 と 35Spro:FS20-1) に関する評価を行った。

譲渡を受けた材料には、糸状菌などの混入から植物材料の維持・増殖が困難であったが、除去に成功した 1 系統 (35Spro:FS1-1) 1 個体のみの網室栽培試験を実施した。組換え体では蔓の伸長が鈍く、節間が短くなるという形態的差異が認められ (図 3-7)、写真から収穫時における推定受光面積を推計したところ、収穫時の有効葉面積を写真より推計したところ、非組換え体の 60% に低下していた。一方、光合成能の測定を行ったが有意な差異は認められていない。また、収穫量も非組換え体の 94% となり、導入遺伝子の効果を確認することは出来なかった。1 系統・1 個体のみの栽培であるため、遺伝子導入による効果であるかは言及できない結果となった。

系統数を増やし (2 系統各 2 個体) 再評価として、光合成能と塊根の生産性の評価を実施した。その結果、両指標とも非組換え体に比べ若干増加する個体が認められている (図 3-8)。本形質転換体は *FBP/SBPase* 遺伝子を恒常的に発現するものであるが、有為差のあるかたちで光合成と収穫が増加すると言った結果を得る事はできなかった。イネなどの先行研究から、光誘導型の発現様式に変更する事で、導入遺伝子の効果を有効に引き出すことが明らかとなっており、光誘導型プロモーターを用いたサツマイモ形質転換体の評価に変更することとなった。

ることとなった。

緑色組織で明期特異的発現を示す形質転換体は、サツマイモから単離された *IbRbcS1* プロモーターにより *FBP/SBPase* 遺伝子を制御させた“改良型 *FBP/SBPase* 導入サツマイモ” (*IbRbcS1pro:FS* 株) となる。先行して得られた 1 系統 (*IbRbcS1pro:FS-1*)・2 個体について、栽培評価を行った。恒常発現型と同様 (図 3-7)、蔓の伸長が非組換え体と比べ鈍い傾向が認められた (図 3-9)。栽培期間中、光合成測定を複数回実施したところ、遺伝子組換え体で光合成能力が高く評価出来る場合もあるが、非組換え体に比べ、有意差を見出すことは出来なかった。また、塊茎生産も非組換え体に比べ低下する結果となった。

そこで、さらに作出された複数系統の中から屋内評価により有望選抜された 1 系統の *FBP/SBPase* 導入系統 (*IbRbcS1pro:FS-2*) に関する集中評価を行う事とした。特定網室における光合成特性、生産性評価の栽培試験を非組換え体 5 個体、組換え体 5 個体用いて、春～夏、冬～春の 2 回実施した。春夏の試験結果では、非組換え体に比べ遺伝子組換え体は、定植時の大きさを揃えたものの、主蔓の成長が特に初期に鈍く、全体として節間の詰まった形態を示すことが明らかとなった。そのため収穫時の地上部の様子が大きく異なってい

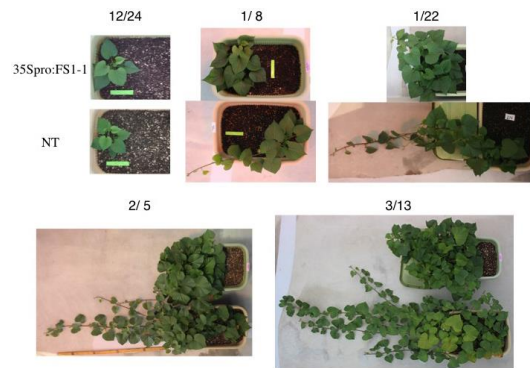


図 3-7. 網室栽培中のサツマイモ

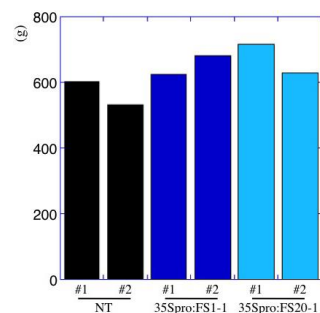


図 3-8. 個体別塊根生産



図 3-9. 栽培中の光誘導型形質転換体

た。真上からの評価とはなるが、植物体の占める面積を写真から評価し非組換え体と組換え体を比較したところ、74%に低下していた。得られた塊根重量も非組換え体に比べ72%に低下していた。こうしたバイオマス量の低下は地下部のみならず地上部でも起こっている事が明らかとなった。一方、栽培中の光合成活性は天候の影響等で変動が大きかったが、115%となり組換え体で高いという結果が得られた。若干ではあるが、組換え体で光合成能の上昇が認められたことから、導入遺伝子の効果で光合成量が上昇したと仮定し、光合成量と各部位の重量を組換え体5個体内で比較を行い、上昇した光合成により得られた同化産物が植物体のどの部位の成長に寄与したのかを推測した。その結果、有為差が認められるレベルではないが光合成量の増加は総バイオマスの増加に寄与している事が考えられ、それは、主に地上部の成長に関わっていることが明らかとなった。この推計値から、地上部の光合成能が強化されても地下部のバイオマス上昇に繋がらないことが示唆された。古くから、サツマイモはシンク=ソースのバランスが重要であることが言われている作物である。地下部肥大を起こさない野生種を台木、栽培品種を穂木として行った接ぎ木試験では、栽培品種を台木とした場合よりも地上部の光合成能が抑制される結果があり、シンク能が不十分であると、ソース能も抑制されることが知られている。つまり、地下部のシンク力強化を行わずに地上部の光合成能強化だけでは不完全であることが想定された。しかし、本プロジェクトではソース能が強化されたサツマイモの形質転換体は作出には至っておらず、遺伝子組換えによる実証は難しい。サツマイモではソース能の評価が実施されていないが、「多収」品種が知られている。そこで、光合成能が強化された形質転換体の元品種である高系14号に比べ、多収であることが知られているオキコガネを用いた接ぎ木試験を計画した。

光合成能を強化した遺伝子組換え高系14号(IbRbcSlpro:FS-2)を穂木、オキコガネ非形質転換体を台木とした接ぎ木試験を実施した。接ぎ木の歩留まりを危惧し多数試行したが、各15個体を確保することが出来た。これまでの形質転換体と同様、蔓長の伸長が非組換え体に比べ緩やかであるため、節間が詰まるという表現型が保持された。遺伝子組換え体の塊茎生産が有為差のあるレベルで高いという結果を得る事を期待したが、組換え体での節間が詰まるという形質がネックになっていると思われる。この形質は導入遺伝子を恒常的に発現させた初期型形質転換体でも認められたものであり、*FBP/SBPase* 遺伝子による作用である事が考えられる。しかし、接ぎ木によりシンク力を上げることにより、推定有効葉面積が非組換え体に近づいていることから、シンク力のさらなる強化により地上部のネガティブな形質を消失させ、且つ、地下部のポジティブな形質を増強出来る可能性がある。残り半年の評価は、*FBP/SBPase* と *RAN-GTPase* の両遺伝子を導入した形質転換体が作出されたため、同時強化された新たな形質転換体の評価を実施する予定である。

・遺伝子組換えイモ類の第一種使用申請と隔離ほ場栽培試験

当初計画では平成26年に着手予定であったが、組換え体の作出、優良系統の評価等に時間を要し、計画が大幅に遅れている。特定網室評価で優良となった系統が得られ、第一種使用に必要な評価データが整い次第、申請に着手する。

・遺伝子組換えイモ類のリスク管理に関わる基盤研究

遺伝子組換えイモ類の新興国や発展途上国での植栽を念頭に、非組換え体の栽培を通じて、遺伝子組換えイモ類の生物学的封じ込め手法の検討を行うものである。既にジャガイモの栽培管理法は設定済みであるが、サツマイモに関して野良イモ萌芽の有無についての検討を行った。サツマイモでもジャガイモのように収穫後、畑に残された塊根が翌春に萌芽するか土中に埋め翌春の萌芽を観察した。秋口の暖かさで萌芽した個体が認められたものの、その後の霜により、萌芽個体は死滅した(図3-10)。

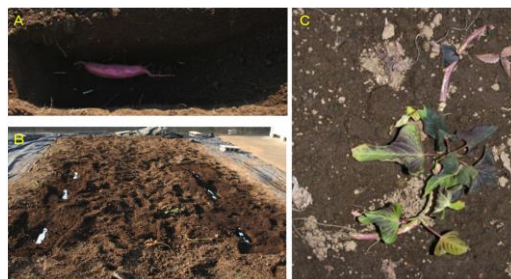


図3-10. サツマイモの越冬試験

さらにこれらの塊根は翌春までに腐敗し越冬できた塊根は無かった。本プロジェクトで隔離ほ場試験を実施する計画の筑波地区では、特別な管理手法は不要であることが明らかとなった。

・遺伝子組換えイモ類の導入候補地の選定、法的手続きの見きわめと栽培計画の検討

当初計画では平成 27 年度に着手予定であったが、評価会の意見により中止することとなった。

§ 4 成果発表等

(1)原著論文発表 (国内(和文)誌 0 件、国際(欧文)誌 6 件)

1. Noriaki Tanabe, Masahiro Tamoi and Shigeru Shigeoka (2015) The sweet potato *RbcS* gene (*IbRbcSI*) promoter confers high-level and green tissue-specific expression of the GUS reporter gene in transgenic *Arabidopsis*. *Gene* **567**, 244–250
2. Kinya Akashi, Kazuya Yoshimura, Masataka Kajikawa, Kouhei Hanada, Rina Kosaka, Atsushi Kato, Akira Katoh, Yoshihiko Nanasato, Hisashi Tsujimoto and Akiho Yokota (2016) Potential involvement of drought-induced Ran GTPase CLRan1 in root growth enhancement in a xerophyte wild watermelon. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* **80**, 1907–1916
3. Takunari Kono, Sandhya Mehrotra, Chikako Endo, Natsuko Kizu, Mami Matusda, Hiroyuki Kimura, Eiichi Mizohata, Tsuyoshi Inoue, Tomohisa Hasunuma, Akiho Yokota, Hiroyoshi Matsumura and Hiroki Ashida (2017) A RuBisCO-mediated carbon metabolic pathway in methanogenic archaea, *Nature communications* **8**:14007
4. Kumi Otori, Noriaki Tanabe, Toshiki Maruyama, Shigeru Sato, Shuichi Yanagisawa, Masahiro Tamoi, and Shigeru Shigeoka. (2017) Enhanced photosynthetic capacity increases nitrogen metabolism through the coordinated regulation of carbon and nitrogen assimilation in *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Plant Research* **130**, 909–927
5. Kumi Otori, Masahiro Tamoi, Noriaki Tanabe, and Shigeru Shigeoka. (2017) Enhancements in sucrose biosynthesis capacity affect shoot branching in *Arabidopsis*. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* **81**, 1470–1477
6. Akiho Yokota (2017) Revisiting RuBisCO (Awards Review). *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* **81**, 2039–2049

(2)その他の著作物(総説、書籍など)

1. 横田明穂、重岡 成:シンク・ソース強化によるスーパー植物の開発 (Development of Super-plants through Fortifying Sink/Source Performance). *バイオインダストリー* **31**(4), 20–29 (2014)
2. Kazuo Watanabe, Potato genetics, genomics, and applications. *Breeding Science* **65**:53–68 (2015)
3. Akira Katoh, Hiroki Ashida, Ichiro Kasajima, Shigeru Shigeoka and Akiho Yokota (2015) Potato Yield Enhancement through Intensification of Sink and Source Performances. *Breeding Science* **65**, 77–84
4. Akira Kikuchi, Huu Duc Huynh, Tsukasa Endo, Kazuo Watanabe, Review of recent transgenic studies on abiotic stress tolerance and future molecular breeding in potato. *Breeding Science* **65**:85–102 (2015)
5. 田部記章、田茂井政宏、菊池彰、横田明穂、重岡成. ソースおよびシンク能力の改変に

よる植物バイオマス生産能強化, 光合成研究 27, 103-109, 2017

(3)国際学会発表及び主要な国内学会発表

① 招待講演 (国内会議 6 件、国際会議 2 件)

1. 重岡 成、畑でつくるサプリメント、日本農芸化学会北海道支部夏期シンポジウム、旭川国際会議場(北海道旭川市)、2013 年 8 月 10 日
2. 重岡 成、光合成生物の環境ストレス応答・耐性の分子機構に関する研究、日本農芸化学会関西・中四国・西日本支部 日本ビタミン学会近畿・中国四国・九州沖縄地区 2013 年度 合同広島大会/県立広島大学 広島キャンパス、2013 年 9 月 5 日
3. 重岡 成、Improving growth and environmental stress tolerance of plants by molecular engineering、Toward the use of atmospheric CO₂-from photosynthesis to biorefinery、東京大学弥生会館(東京都文京区)、2013 年 11 月 8 日
4. 田茂井政宏、Enhancement of photosynthesis and productivity by introducing the Calvin cycle enzymes、Productivity Improvement of Plants: From Model to Crop Plants、東大寺総合文化センター金鐘ホール(奈良市)、2014 年 1 月 10 日
5. 横田 明穂、学会賞受賞講演、日本農芸化学会 2014 年度大会、京王プラザホテル(東京都新宿区)、2014 年 3 月 27 日
6. 重岡 成、光合成生物によるバイオ燃料、食品、医薬品の生産、第 3 回奈良まほろば産学官連携懇話会、帝塚山大学学園前キャンパス、2015 年 9 月 3 日
7. 田茂井政宏、光合成機能を向上させた形質転換植物による代謝・形態形成制御機構の解明、第 107 回醗酵学懇話会、サントリーワールドリサーチセンター(京都府相楽郡)、2015 年 8 月 20 日
- *8. Masahiro Tamoi, Shigeru Shigeoka, Improvement of photosynthesis and productivity of crop plants and microalgae by genetic engineering of the Calvin cycle, Yamada Conference-International Symposium on Dynamics and Regulation of Photosynthesis, 奈良春日野国際フォーラム 麓〜I・RA・KA~, 2015 年 10 月 29-31 日

② 口頭発表 (国内会議 16 件、国際会議 0 件)

1. 大鳥久美、窪 康至、Daniel Padilla-Chacon、田茂井政宏、横田明穂、重岡 成、サツマイモ形質転換法の改良と FBP/SBPase 導入による光合成能および生産性への影響、日本農芸化学会 2013 年度大会、東北大学、2013 年 3 月 26 日
2. 田茂井政宏、大鳥久美、Padilla-Chacon Daniel、田部記章、重岡 成、炭素分配による側枝形成の制御機構、本農芸化学会関西・中四国・西日本支部 日本ビタミン学会近畿・中国四国・九州沖縄地区 2013 年度合同広島大会、県立広島大学広島キャンパス、2013 年 9 月 5 日
3. 田部記章、豊田雄介、大鳥久美、Padilla-Chacon Daniel、田茂井政宏、重岡 成、サツマイモ由来 Rubisco small subunit プロモーターの単離と発現解析、日本農芸化学会 2014 年度大会、明治大学・生田キャンパス(神奈川県川崎市)、2014 年 3 月 28 日
4. 加藤 彰、福井由記、蘆田弘樹、明石欣也、梶川昌孝、重岡 成、○横田明穂、ジャガイモ塊茎を形成するストロン原基である地中腋芽における RanGTPase 1 の発現解析、日本農芸化学会 2014 年度大会、明治大学・生田キャンパス(神奈川県川崎市)、2014 年 3 月 28 日
5. 加藤 彰、重岡 成、横田明穂、ジャガイモ・ストロン分化時に発現する遺伝子の網羅的な解析、日本農芸化学会 2014 年度大会、明治大学・生田キャンパス(神奈川県川崎市)、2014 年 3 月 28 日
6. 大鳥久美、福井祥太、Padilla-Chacon Daniel、田部記章、田茂井政宏、重岡 成、側枝形成における植物ホルモンを介した糖シグナリングの関与、日本農芸化学会 2014 年度大会、明治大学・生田キャンパス(神奈川県川崎市)、2014 年 3 月 28 日
7. 小林宏太、田部記章、大鳥久美、伊藤茜、田茂井政宏、横田明穂、重岡成、シロイヌナズナ

熱ショック転写因子 HsfA2 過剰発現サツマイモの酸化ストレス耐性能、日本農芸化学会関西支部大会、奈良県 奈良先端科学技術大学院大学、2014 年 9 月 19-20 日

8. 加藤 彰、重岡 成、横田明穂、“ジャガイモ・シンク能力の増大を目指した腋芽発達関連因子の活用”、日本農芸化学会関西支部大会、奈良県 奈良先端科学技術大学院大学、2014 年 9 月 19-20 日
9. 伊藤 茜、田部 記章、小林 宏太、大鳥 久美、田茂井 政宏、重岡 成、サツマイモ不定根形成に関わる制御因子の同定、日本農芸化学 2015 年度大会、岡山大学、2015 年 3 月 26-29 日
10. 小林 宏太、田部 記章、大鳥 久美、伊藤 茜、高安 聡子、菊池 彰、横田明穂、田茂井 政宏、重岡 成、シロイヌナズナ熱ショック転写因子 HsfA2 過剰発現によるサツマイモの酸化ストレス耐性強化、日本農芸化学 2015 年度大会、岡山大学、2015 年 3 月 26-29 日
11. 加藤 彰、重岡 成、横田明穂、“ジャガイモ腋芽がストロンに分化する際に発現する遺伝子の網羅的な解析”、日本農芸化学会 2015 年度大会、岡山県 岡山大学、2015 年 3 月 26-29 日
12. 富本優美、田部記章、田茂井政宏、菊池 彰、横田明穂、重岡 成、ソース/シンク能同時強化サツマイモの作出に向けたサツマイモ根特異的プロモーターの単離、日本農芸化学会 2017 年度大会、京都女子大学(京都府京都市)、2017 年 3 月 19 日
13. 大鳥久美、田部記章、田茂井政宏、重岡 成、糖シグナリングによる側枝形成制御の分子機構、日本農芸化学会 2017 年度大会、京都女子大学(京都府京都市)、2017 年 3 月 19 日
14. 永田慎梧、大杉紗世、山田晃世、小関良宏、渡邊和男、菊池彰、マングローブ植物の耐塩性遺伝子を導入したジャガイモの選抜と解析、園芸学会平成 29 年度秋季大会、酪農学園大学(北海道江別市)、2017 年 9 月 3 日
15. 富本優美、田部記章、大鳥久美、菊池 彰、田茂井政宏、横田明穂、重岡 成、ソース・シンク同時強化サツマイモの作出とその評価、日本農芸化学会 2018 年度大会、名城大学(愛知県名古屋市)、2018 年 3 月 17 日
16. 加藤 彰、小川太郎、蘆田佳子、佐野和子、青木洋代、米光 歩、渡辺園恵、重岡 成、横田明穂、ジャガイモへの多重遺伝子導入による光合成と塊茎形成能力の同時強化、日本農芸化学会 2018 年度大会、名城大学(愛知県名古屋市)、2018 年 3 月 17 日

③ ポスター発表 (国内会議 11 件、国際会議 1 件)

1. 大鳥久美、西中大記、田部記章、Padilla-Chacon Daniel、田茂井政宏、重岡 成、C/N バランス制御の初期応答に及ぼす光合成機能強化の影響、第 4 回日本光合成学会、名古屋大学野依記念学術交流館(名古屋市)、2013 年 5 月 31 日
2. Padilla-Chacon Daniel、田部記章、大鳥久美、丸田隆典、田茂井政宏、重岡 成、Analysis of sugar signaling pathway via plastid Invertase in Arabidopsis seedlings、第 4 回日本光合成学会、名古屋大学野依記念学術交流館(名古屋市)、2013 年 5 月 31 日
3. 田茂井政宏、大鳥久美、福井祥太、Padilla-Chacon Daniel、田部記章、重岡 成、光合成能強化シロイヌナズナの生育初期における C/N バランス制御、第 55 回日本植物生理学会年会、富山大学五福キャンパス(富山県五福)、2014 年 3 月 18 日
4. 大鳥久美、田部記章、小林宏太、田茂井政宏、重岡成、植物ホルモンを介した側枝形成におけるショ糖生合成系の関与、第 56 回日本植物生理学会年会、東京農業大学、2015 年 3 月 16-18 日
5. Sayo Ohsugi, Akiyo Yamada, Yoshihiro Ozeki, Taichi Oguchi, Kazuo N. Watanabe, Akira Kikuchi、Molecular characterization of salinity tolerance inducing gene Mangrin from mangrove via transgenic potato、第 56 回日本植物生理学会年会、東京農業大学(東京都世田谷区)、2015 年 3 月 16-18 日
6. 伊藤 茜、田部記章、田茂井政宏、横田明穂、重岡 成、シンク能強化のためのサツマイモ由来不定根原基形成因子の単離、第 57 回日本植物生理学会年会、岩手大学上田キ

ャンパス（岩手県盛岡市）、2016 年 3 月 18-20 日

7. 田部記章、大鳥久美、田茂井政宏、横田明穂、重岡 成、ラン藻 FBP/SBPase 導入によるサツマイモバイオマスへの影響、日本農芸化学会 2016 年度大会、札幌コンベンションセンター（北海道札幌市）、2016 年 3 月 27-30 日
8. 大鳥久美、岩城孝平、田部記章、田茂井政宏、重岡 成、糖シグナリングによる側枝形成機構の解明、日本農芸化学会 2016 年度大会、札幌コンベンションセンター（北海道札幌市）、3 月 27-30 日
9. 伊藤 茜、田部記章、田茂井政宏、横田明穂、重岡 成、RNA-seq 解析によるサツマイモ不定根原基形成機構の解明、日本農芸化学会 2016 年度大会、札幌コンベンションセンター（北海道札幌市）、3 月 27-30 日
10. Noriaki Tanabe, Masahiro Tamoi, Akira Kikuchi, Akiho Yokota and Shigeru Shigeoka, Genetic engineering in sweet potato for the improvement of productivity, The 17th International Congress on Photosynthesis Research, Maastricht, The Netherlands, 2016. August 7-12
11. 田部記章、富本優美、大鳥久美、田茂井政宏、横田明穂、重岡 成、シンク／ソース同時強化形質転換サツマイモの作出と解析、ユウグレナ研究会第 33 回研究集会、とかちプラザ（北海道帯広市）、2017 年 8 月 26 日
12. 瀬古友梨恵、村上 聡、田部記章、田茂井政宏、重岡 成、サツマイモ由来機能道転写因子 IbPLATZ の機能解析、ユウグレナ研究会第 33 回研究集会、とかちプラザ（北海道帯広市）、2017 年 8 月 26 日

(4)知財出願

①国内出願（1 件）

1. 発明の名称 「塊茎生産能または匍匐枝形成能が野生株に比して向上している匍匐枝形成植物の作製方法、当該方法によって作製された匍匐枝形成植物」
出願人 横田明穂、蘆田弘樹、明石欣也、牛山敬一、重岡成
登録日 2015 年 8 月 7 日
登録番号 特許 5 7 8 7 4 1 3 号

②海外出願（0 件）

③その他の知的財産権 該当なし

(5)受賞・報道等

①受賞

- *1. 日本農芸化学会功績賞、横田明穂、2014 年 3 月 27 日
- *2. 日本農芸化学会賞、重岡 成、2013 年 3 月 24 日

②マスコミ(新聞・TV等)報道(プレス発表をした場合にはその概要もお書き下さい。) 該当なし

③その他 該当なし

(6)成果展開事例

①実用化に向けての展開 該当なし

②社会還元的な展開活動

§ 5 研究期間中の活動

5. 1 主なワークショップ、シンポジウム、アウトリーチ等の活動

年月日	名称	場所	参加人数	概要
2014 年 1 月 10 日	Productivity Improvement of Plants: From Model to Crop Plants	東大寺総合 文化センタ ー・金鐘ホ ール	81 人	JST 戦略的創造研究推進事 業 国際強化支援策シンポ ジウム

§ 6 最後に



図6-1 JST 戦略的創造研究推進事業 国際強化支援策シンポジウム“Productivity Improvement of Plants: From Model to Crop Plants”を開催した東大寺総合文化センター



図6-2 JST 戦略的創造研究推進事業 国際強化支援策シンポジウム“Productivity Improvement of Plants: From Model to Crop Plants”の講演者およびオーガナーザー